Л.В. МИЛОСЕРДОВА

СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

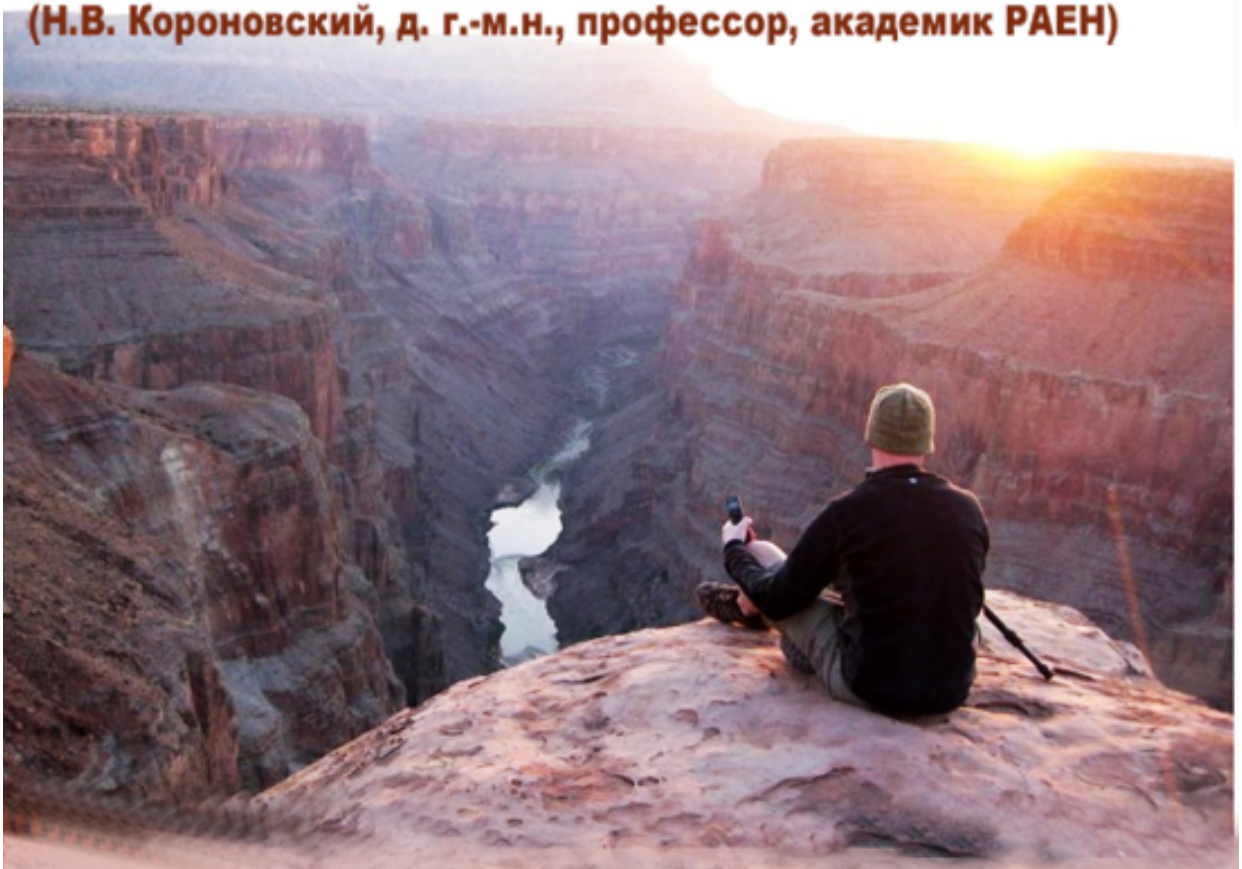
ЭЛЕКТРОННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ



Москва, 2014

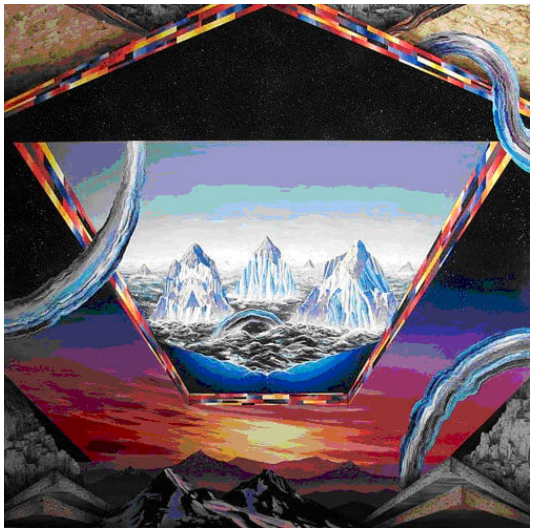
УДК 551.24
ББК 26.34я73
М60

Рецензенты: Н.Б. Кузнецов - д.г.-м.н., профессор ГИН РАН
Кафедра динамической геологии геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова
(Н.В. Короновский, д. г.-м.н., профессор, академик РАЕН)



Электронное приложение - это гипертекст с элементами обучающей программы объемом, эквивалентном примерно 70 п.л. с более чем 1000 рисунками. В него включено большое число вопросов для контроля усвоения знаний, графических упражнений и практических заданий. Оно построено на гипертекстовом взаимодействии теоретического курса, методических указаний по выполнению практических заданий и контрольных вопросов и задач. Такое издание готовится впервые. Содержание учебника основано на опыте преподавания структурной геологии в РГУ нефти и газа в течение более чем 30 лет.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению «Прикладная геология», специализация «Геология нефти и газа», направления «Технологии геологической разведки» профили «Геофизические исследования скважин» и «Сейсмология», а также для всех студентов геологических специальностей, изучающих структурную геологию.



Из картин Адама Фридма

ПРЕДИСЛОВИЕ

Работа состоит из краткого конспекта, выполненного в традиционном бумажном варианте и электронного обучающего комплекса, печатный эквивалент которого имел бы объем около 1400 страниц.

Традиционная бумажная часть может использоваться самостоятельно как учебно-методическое руководство при освоении курса структурной геологии. Оно сопровождается отсылками в электронное приложение, в котором рассматриваемые вопросы разъясняются подробно. Электронная часть выполнена как богато иллюстрированный гипертекст с элементами обучающей программы.

Учебник предназначен для студентов-нефтяников, но может быть использован при освоении курса структурной геологии студентами любых специальностей. При его подготовке автор опирался на многолетний опыт преподавания в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина и надеется, что это издание будет удобным для современного студента, желающего получить максимум знаний и умений за минимальное время.

Содержание комплекса соответствует Государственному образовательному стандарту и программе по структурной геологии для студентов, обучающихся по направлениям подготовки Прикладная геология, специализация «Геология нефти и газа» и «Технологии геологической разведки» профили «Геофизические исследования скважин» и «Сейсмология».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В первой части книги систематически описываются структурные формы. Во второй части приведены алгоритмы разнообразных структурных построений, которые сопровождаются вариантами заданий и упражнений. Если перейти по ссылке в соответствующих разделах – можно найти ответы, подсказки и описания решений задач. Третья часть книги посвящена теоретическому аппарату структурной геологии – структурным моделям, понимаемым в самом широком смысле этого слова. Описываются методы структурной геологии, современные представления о способах образования и истории развития структурных форм. В четвертой части приведены фрагменты истории структурной геологии – истории идей и персоналия – истории некоторых из тех поразительных людей, которые создавали структурную геологию.

В конце каждого раздела даны контрольные вопросы, а если перейти по ссылке – и ответы. Кроме того, в книге присутствуют словарь, и приложения, имеющие, в основном, служебный характер, а также предметный указатель.

Учебник и электронное приложение построено на гипертекстовом взаимодействии разделов, расположенных по трем осям: структурные формы, структурные построения и структурные модели – оси знаний, оси умений и оси понимания – то есть владения материалом.

В электронной части изредка встречаются повторы – как рисунков, так и текста. Они сделаны, чтобы подчеркнуть, что одно и то же явление рассматривается с разных позиций, а также не заставлять читателя отрываться от изучения содержания, чтобы разыскать требуемый фрагмент в другой части книги.

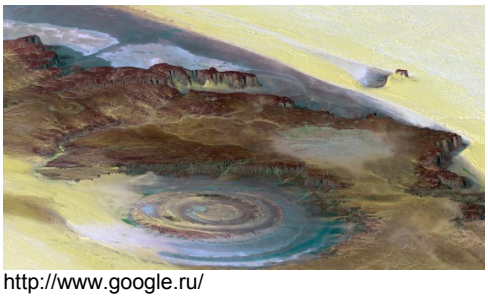
Так как учебный комплекс предназначен для студентов, специализирующихся в геологии нефти и газа, основной акцент сделан на структуры осадочных толщ, имеющих наибольшее значение для формирования залежей нефти и газа.

Оглавление поможет не заблудиться в электронной книге.

Подобное издание подготовлено впервые.

Сердечно благодарю друзей и коллег, помогавших мне при подготовке учебника – Н.С. Буслину, С.В. Касаточкина, А.В. Тевелева, Н.С. Фролову и В.Л. Холопова.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



http://www.google.ru/

…Принимая, что некое тело обладает некоторой формой и образовалось согласно законам природы, нужно обнаружить в самом теле свидетельства места и способа его образования… .

Николаус Стенон

ВВЕДЕНИЕ

Структурная геология – это наука, изучающая формы залегания геологических тел в земной коре, причины их возникновения и историю развития.

Структурная геология составляет основание геотектоники – науки о строении Земли. Размеры геологических тел, которыми интересуется структурная геология – от сантиметров, до десятков и сотен километров. История их формирования может длиться от мгновений (трещины, подводные оползни), до миллионов лет.

Структурная геология делится на ***морфологическую***, которая занимается описанием внешних признаков структурных форм и ***динамическую***, изучающую деформационные процессы, нарушающие первичные формы залегания пород. Подробнее о *предмете* структурной геологии, её методах, *целях, задачах* и *связи с другими науками* можно прочитать в разделах главы 17, в которые можно перейти по ссылкам.

Формы геологических тел, структурные формы называются геологическими структурами. ***Геологическая структура*** - пространственная форма залегания горных пород, характеризующаяся определенным расположением слагающих ее элементов. Геологические структуры – это окаменевшие результаты действия геологических процессов. Изучая структурные формы, можно понять, как образовались геологические тела. То есть причины возникновения структурных форм и история их развития – это всегда результат умозаключения, сделанного на основании изучения структурных форм и их сочетаний. Однако достоверно и точно форму геологических тел определить удается не всегда, потому, что они обычно велики и скрыты от наблюдателя. Поэтому приходится либо пользоваться косвенными методами (геофизическими, космическими), либо геометризовать*[1] структуры по разрозненным данным.

[1] Значения терминов, помеченных звездочкой, приведены в словаре

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

К настоящему времени бóльшая часть месторождений полезных ископаемых, залегающих в приповерхностных частях земной коры, обнаружена, разведана и разрабатывается. Сегодня геологи должны найти и оценить месторождения на большой глубине, в сложных геологических и географических условиях, шельфе. А представление о геологическом строении глубин формируется, в значительной степени, на основе косвенных данных и теоретических моделей. Поэтому все большую роль в нефтегазовой геологии играют науки, ориентированные на моделирование структур, слагающих недра, к которым в первую очередь относится структурная геология.

Цель курса – познакомить студентов с формами геологических тел, методами их изучения и способами изображения. В результате освоения курса студент должен знать и уметь следующее (таблица В.1):

Таблица В.1.
Знания и умения, приобретаемые в процессе изучения дисциплины

Знать (читается на лекциях)	**Уметь** (осваивается на практических и лабораторных занятиях)
1. Формы залегания геологических тел	Изображать геологические тела на геологических чертежах
2. Условия формирования геологических тел (геологических структур) разных рангов	Читать геологические чертежи и восстанавливать геологические условия возникновения и развития геологических тел на основе анализа геологических чертежей
3. Назначение различных геологических чертежей, принципы и методы их составления по различным исходным данным для структурно-геологических построений	Создавать геологические чертежи по различным исходным данным, преобразовывать одни чертежи в другие, графически представлять геологическую информацию, дешифрировать материалы аэро- и космических съемок

Из этих требований следует, что кроме знания структурных форм, после изучения курса студенты должны уметь читать и создавать геологические графические документы – карты, разрезы и другие носители геологической информации, и преобразовывать одни документы в другие.

Дисциплина опирается на знания и умения, полученные в курсах общей геологии, инженерной графики, геодезии и топографии. Перейдя по ***ссылке,*** Вы можете ответить на вопросы, решить задачи и выполнить упражнения входного контроля, позволяющие оценить Вашу готовность к освоению курса.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014


Альпы. http:/smotret-mir.ru/wp-content/uploads/2

Мы изучаем структуру, а не жонглируем движениями… Изучение морфологии структур должно пронизывать всю нашу работу от начала и до конца.
Н.С. Шатский, 8 апреля 1953 года Геологический институт АН СССР, Тектонические субботы

ЧАСТЬ I. СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ

Здесь рассмотрены простые и сложные формы залегания горных пород. Слово «форма» имеет различные значения. В данном случае под формой понимается совокупность внешних черт, наружный вид геологических тел, присущих им в природных условиях.

Одна и та же структурная форма может быть описана набором терминов, характеризующих ее различные признаки. Например, наклонная простая округлая подобная брахисинклиналь. Знание эталонных форм позволяет распознавать геометрические образы по их описаниям и составлять профессиональные описания по геологическим чертежам реальных структурных форм. Структурную форму имеют геологические тела, отделенные геологическими границами от окружающего пространства.

Глава 1. Геологические тела и геологические границы

1.1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕЛА И ИХ ВИДЫ

Геологическое тело, *это некоторый объем в недрах Земли или на ее поверхности, отличающийся от окружающего пространства по какому-либо признаку (или комплексу признаков).*

Понятие геологического тела (англ. - geological body) охватывает образования, разнообразнейшие по своим свойствам, внешнему виду, форме и величине - от миллиметров до сотен тысяч километров. Существуют бесчисленные переходы и бесконечные видоизменения в облике, размерах и формах геологических тел. В

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

одном и том же объеме их можно выделить по-разному, то есть геологическое тело обособляется из окружающего пространства в зависимости от тех характеристик недр, которые изучаются в каждом конкретном случае. Литолог опишет геологические тела, отличающиеся по вещественному составу. Стратиграф, палеонтолог отметит различные по возрасту толщи пород, нефтяник закартирует коллекторы и покрышки, пласты, насыщенные и ненасыщенные углеводородами и так далее. На рис. 1.1. приведен фрагмент разреза (А), с комплексом фауны (Б).

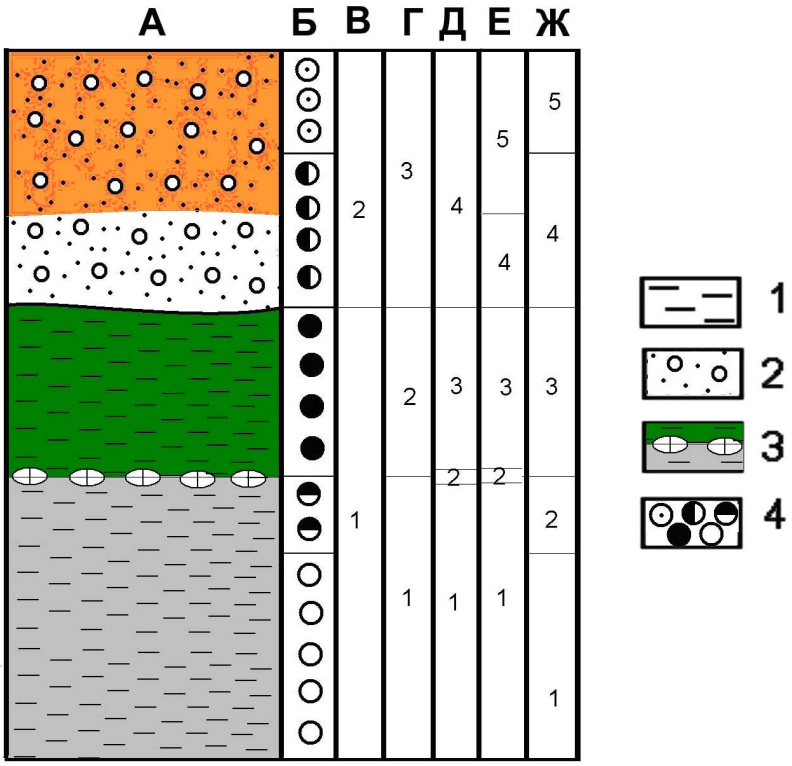


Рис. 1.1. Различные способы расчленения разреза на слои в зависимости от целей и детальности исследования (по Д.Л. Степанову и М.С. Месежникову, 1979, с упрощениями и сокращениями) А: литологическая колонка, Б: комплексы характерной фауны, В – Ж: варианты расчленения разреза 1: глины, 2: конгломераты, 3: конкреции фосфоритов, 4: различные комплексы фауны

Его можно расчленить на:

- две части (столбик В): 1 - глины и 2 - конгломераты);
- три части (столбик Г): 1 - серые глины, 2 - зеленые (глауконитовые) глины, 3 – конгломераты;
- на четыре части (столбик Д: 1 - серые глины, 2 - зеленые (глауконитовые) глины, 3 – фосфориты, 4 – конгломераты;
- на пять частей (столбик Е: 1 - серые глины, 2 - зеленые глины, 3 – фосфориты, 4 – конгломераты);
-на пять частей (столбик Ж): по комплексам фауны.

Геологическое тело может быть породным, то есть выделенным в соответствии с какими-либо признаками горной породы (например, глауконитовый песчаник, разнозернистый песчаник, диатомовый

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

песчаник, аптский песчаник, магнетитовый песчаник и т.д.) или может отражать какое-либо иное свойство некоторого объема геологического пространства (например, пористость, проницаемость, перспективность территории на какие-либо полезные ископаемые, разведанность запасов и т.д.). В структурной геологии изучается форма ***породных*** тел. При описании геологического тела указывают его размеры, форму и ориентировку в пространстве. Формы геологических тел описываются чаще всего эталонным способом. Это означает, что тело относят к какому-либо классу по форме, происхождению или совокупности признаков. Называют, например, антиклиналь, моноклиналь, лакколит и т.д., аналогично тому, как о геометрических формах, говорят куб, шар, конус, призма.

Ориентировка в пространстве, то-есть, географическая привязка геологического тела означает либо указание географических или прямоугольных координат, либо ориентировку относительно других объектов, показанных на топографических картах (населенных пунктов, характерных точек рельефа, гидросети и т.д.).

Положение геологических тел в пространстве тесно связано со временем их образования как по отношению к другим телам, так и по соотношению времени их формирования и изменяющих их нарушений. Особенно это важно для осадочных пород. По этому признаку определяют конседиментационные и постседиментационные нарушения (дислокации) – одновременные с осадконакоплением и происходящие после осадконакопления.

Словесное описание геологических тел очень громоздко и приблизительно. Наглядно, компактно и точно геологические тела представляются графически – на геологических чертежах. Важнейшими из них являются геологические карты различного типа, изображающие проекции геологических тел на горизонтальную плоскость и геологические разрезы – проекции на вертикальную плоскость. Изображение геологического тела сводится к изображению его границ. Задание точки, плоскости, поверхности изучается в курсе инженерной графики. Как это делается в геологических дисциплинах, описано во второй части. Чтобы освоить приемы задания точки, плоскости и поверхности и их взаимоотношений следует перейти по ***ссылке к 10.1*** и выполнить упражнения.

Контрольные вопросы к 1.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

1.2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ

Геологическая граница (англ. – geological boundary*)* это поверхность, отделяющая некоторый объем, занятый горными породами (геологическим телом) так, чтобы внутри него некоторое свойство (свойства) остались постоянными (другие могут меняться), а за пределами этой поверхности изменились те свойства, которые внутри границы были постоянны. В одном и том же объеме горных пород по разным признакам могут быть проведены различные геологические границы (например, выделен слой песчаника среди глин, а внутри него еще слои крупнозернистого, разнозернистого и мелкозернистого песчаника. Можно выделять те же слои по возрасту, по другим признакам). Это – резкостные границы (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Геологическая граница между гипсом кунгурского яруса нижней перми и конгломератами уфимского яруса верхнего отдела пермской системы. Южное Предуралье, правый борт р. Ассель.

Другой способ проведения геологической границы – **статистический**. Он применяется, когда переходы между конкретными геологическими телами постепенные. Например,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

песчаник с глиной, в котором постепенно уменьшается содержание песчинок, постепенно переходит в опесчаненную глину, и, наконец, в чистую глину. Этот тип границ в большой степени условный и зависит от того, по какой величине конкретного параметра (в нашем примере содержания песчинок) условились проводить данную геологическую (литологическую) границу.

Геологическая граница представляется поверхностью, то есть не имеет никакой толщины. Однако реальные геологические границы имеют некоторую толщину, свою собственную структуру, следовательно, сами являются геологическими телами при более детальном рассмотрении. То - есть то, что описывается как граница, при более подробном и детальном изучении может оказаться геологическим телом.

Чаще всего геологические границы выделяют по тому признаку, по которому выделялись геологические тела. Например, стратиграфическая, фациальная, дизъюнктивная, магматическая, граница оруденения, распространения породы-коллектора, слоя, граница поверхности несогласия и т.д. Такие границы называют ***резкостными***. Границы могут быть ***едиными***, или ***составными***. Например, граница газовой залежи частично совпадает с резкостной границей между слоями коллектора и покрышки, а частично представлена водо-нефтяным контактом. Кроме того, выделяются границы ненарушенные и нарушенные разрывами (дизъюнктивные контакты). Выделяются также условные границы различных типов – ненарушенные и нарушенные. Чаще всего это изолинии различных значений признаков недр, изогипсы залегания геологических поверхностей, границы генетических типов отложений и хроностратиграфические границы (по Ю.А. Косыгину, Ю.А. Воронину, 1965).

Кроме того, существуют произвольные границы, примером которых является, например, граница области картирования (лицензионного участка).

Иногда словом граница называют линию пересечения граничной поверхности с поверхностью или плоскостью картирования.

Контрольные вопросы к 1.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

1.3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕЛА КАК СИСТЕМЫ. ИЕРАРХИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ

В общем случае, система - это совокупность любых объектов, взаимодействующих друг с другом. Любой объект, рассматриваемый как система, состоит из некоторого числа меньших объектов, которые, в свою очередь, сложены еще более мелкими. Выделение подсистем можно продолжать до предела, требуемого решаемой задачей. Каждый из объектов, образующих систему, называют ее элементом. Главной особенностью системы, как некоторой совокупности элементов, является то, что она обладает хотя бы одним новым свойством, которое отсутствует у слагающих его элементов. Такое обобщающее, системное свойство называется ***эмерджентностью****. Например, коллекторские свойства рифогенного известняка не присущи ни минералу кальциту, ни отдельным порам, а только совокупности крупных сообщающихся пор, обусловленных конфигурацией минералов кальцита, которые, в свою очередь, обусловлены формой скелетов организмов, из которых был сформирован риф.

Совокупность связей и отношений между элементами называется *структурой* системы. Системный характер геологических тел и разнообразие их структурных связей обусловливает неоднородность геологических тел.

Любое реальное геологическое тело можно рассматривать как разные системы. Например, линзу терригенных пород среди глин можно представить как множество минеральных зерен, связанных цементом, который обусловливает совокупность зерен как единого целого. Эмерджентые свойства такой системы - пористость и проницаемость, которыми не обладают ни минеральные зерна, ни цемент. Чтобы изучить эти эмерджентные свойства, необходимо изучать и отдельные куски (штуфы) горной породы, и саму линзу как совокупность объектов, сложенных породами разных литологических типов. Возможность рассмотрения системы с различной детальностью указывает на то, что системы являются *иерархически упорядоченными* объектами, а само рассмотрение иерархическим. Совокупность элементов, принадлежащих одному масштабному размеру (уровню), называется ***иерархическим*** *(структурным)* ***уровнем*** *(рангом)*.

На каждом иерархическом уровне элементы системы характеризуются каким-то набором свойств, список которых

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

устанавливается в соответствии с целями, для которых объект рассматривается как система. В таблице 1.1. приведена схема иерархии геологических тел (по П.В. Флоренскому) с изменениями и упрощениями.

Таблица 1.1. **Иерархия геологических объектов**

Уровни генерализации	Линейный размер объекта	Примеры анализируемых объектов			Тектонические науки, изучающие объекты
		Вещественные		Временные	
		Латеральные	Вертикальные		
Глобальный	10_000 км	Поверхность планеты	Стратисфера	История литосферы	Геодинамика, геотектоника
Континентальный	**1000 км**	**Платформа, складчатая область**	**Группа, структурный этаж**	**Эра**	**Региональная тектоника, структурная геология**
Региональный	**100 км**	**Антеклиза, синеклиза**	**Система, свита**	**Период**	
Локальный	**10 км**	**Вал, свод, формация, разлом**	**Ярус, пачка**	**Эпоха**	**Структурная геология, экспериментальная тектоника**
		Региональные несогласия		**Региональный перерыв**	
Детальный	**1 км**	**Фация, складка, разрыв**	**Пачка**	**Век**	
		Локальные нсогласия		**Локальные перерывы**	
Макроуровень	**100 – 10 м**	**Складка, разрыв**	**Слоистость и ритмичность**	**Эпоха**	**Структурная геология, экспериментальная тектоника, петротектоника**
Мезоуровень	**10 м – 1 см**	**Слой, плойчатость, трещиноватость**	**Слой, поверхность напластования**		**Структурная геология, петротектоника**
Микроуровень	1 см и менее	Структура и текстура горных пород			Петрография, петротектоника

Иерархия геологических тел – это упорядоченное взаимоотношение геологических тел различных размеров. Формы залегания горных пород существуют в виде вложенных друг на друга структур разной величины. В самом грубом виде их разделяют на общекоровые и внутрикоровые (В.В. Белоусов, 1985). В строении некоторых структур – щиты, плиты – участвует вся толща земной коры, образуя общекоровые деформации. А в строении других, например, в соляном куполе, участвуют отдельные слои, поэтому он служит примером внутрикоровой деформации, поскольку проявляется локально. Рассматривая же внутреннее строение этого диапирового купола, мы увидим «вложенные» друг в друга как матрешка

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

разнообразные складки. Если изучать структуры еще более детально, такое грубое разделение усложняется, в нем обнаруживается множество дополнительных порядков структур и вызвавших их деформаций.

Таким образом, то, что выступает как неоднородность на одном иерархическом уровне, может оказаться самостоятельным геологическим телом - на более детальном. Ранги геологических тел, которыми занимается структурная геология в контексте более крупных и детальных структур, приведены в табл. 1.1. Тектонические структуры разного порядка, сформировавшиеся одновременно под действием одних и тех же сил и примерно в одном и том же месте, образуют ***парагенезисы**** в которых родство между структурами определяется тем, что все они, несмотря на разный размер и морфологическое многообразие, образуются в единых механических условиях.

Статистическое изучение размеров блоков, а также складчатых форм, показало, что их размеры дискретны и они имеют моды, отличающиеся друг от друга (по различным данным) в 2,7 – 3,5 раза.

В.И. Шкарин, обобщив обширный литературный материал по преимущественным размерам геологических тел различных районов и различного генезиса, составил график, на котором по оси X отложены размеры различных геологических тел в километрах, а по оси У – число упоминаний геологических тел данного размера в литературе (рис. 1.3).

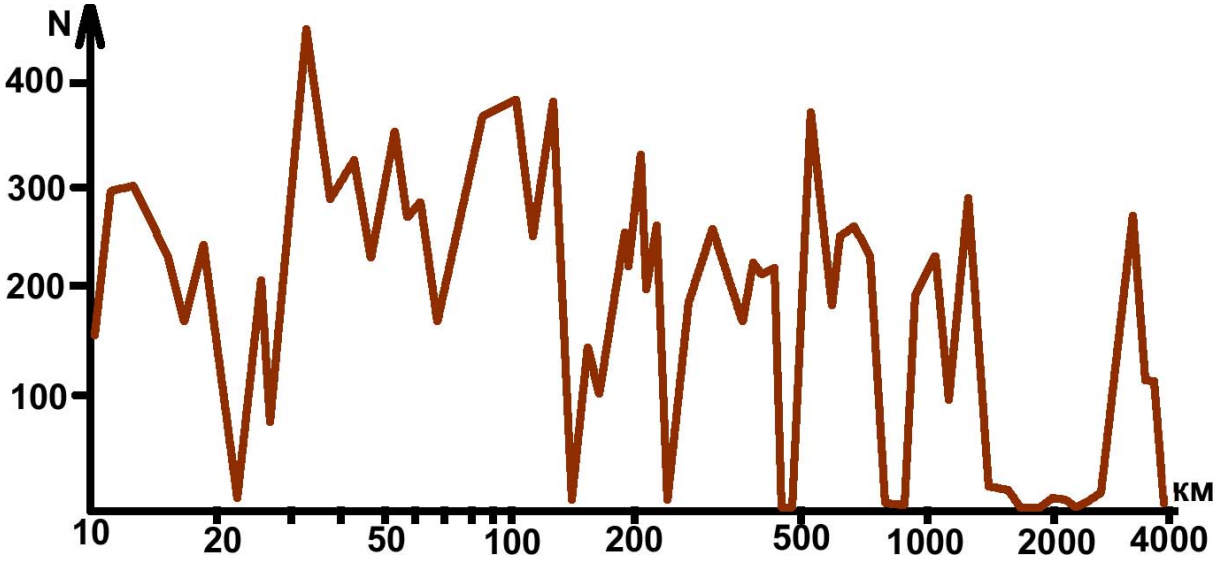


Рис. 1.3. График упоминаний размеров геологических тел в литературе. Горизонтальная ось построена в логарифмической шкале. По оси х показаны размеры структур, по оси У – число упоминаний (по В.И. Шкарину)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На полученном таким образом графике виден ряд пиков, минимумов и разрывов графика. Это можно рассматривать как доказательство того, что размеры геологических тел имеют определенные, наиболее часто встречающиеся значения. Чешские ученые Р. Квет и В. Немец (1976) предлагают следующую формулу для вычисления наиболее вероятного размера структур разного порядка:

$y_x = 2^{-x} \cdot D$,

где x – порядок структуры,

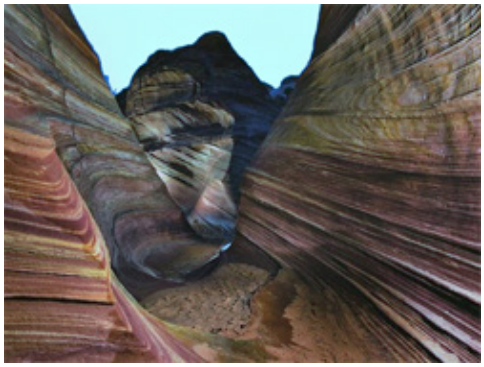
y - расстояние между структурами одного порядка,

D – диаметр Земли.

На причины этого явления существуют различные точки зрения и общепринятой пока не выработано. Однако, при изучении геологических тел, их рекомендуется изучать на нескольких иерархических уровнях – самого тела как системы, как совокупности его элементов и как элемент более крупной системы.

Контрольные вопросы к 1.3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014


https://lh4.googleusercontent.com/

Глава 2. Слой и строение слоистых толщ

По происхождению горные породы делятся на осадочные, магматические и метаморфические. Магматические и осадочные горные породы имеют характерные только для них формы залегания, а метаморфические, в зависимости от типа метаморфизма, либо сохраняют залегание тех горных пород, из которых они произошли, либо образуют свои собственные. Таким образом, форма залегания горных пород определяется их происхождением и историей развития.

Особенно важны для геологов-нефтяников формы залегания осадочных горных пород, потому что именно в них образуются основные скопления углеводородов. Кроме того, осадочные горные породы чутко реагируют на движения земной коры изменением своего положения в пространстве и формированием нарушений.

Осадочными называются горные породы, которые образуются путем накопления обломков других пород, оседания взвеси (терригенные, кластические породы), выпадения из раствора (хемогенные), или захоронения и диагенеза остатков живых организмов, и сформированных ими построек (биогенные породы, рифы). Способы формирования осадочной горной породы определяют ее характерные особенности. Чаще всего осадочные горные породы залегают в виде *слоя (пласта)*. Поэтому осадочную оболочку земной коры называют иногда стратисферой (слоистой сферой). Кроме того, осадочные породы могут залегать в виде линз, шнурков и других тел неправильной формы, а органогенные - образовывать постройки (биогермы) самого разнообразного вида.

Состав, строение и форма слоев, совместно с находящимися в породах ископаемыми органическими остатками, свидетельствуют об условиях их образования, поэтому их разрез представляет собой геологическую летопись. Не менее важны для познания истории земной коры размывы и перерывы в осадконакоплении, запечатлевшие

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

вырванные страницы геологической истории, фиксируемые ***несогласиями.***

2.1. СЛОЙ И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ

Слой – (англ. – bed, stratum, реже seam, layer) более или менее однородный, первично обособленный осадок или горная порода, ограниченный приблизительно параллельными поверхностями (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Слоистая толща

Впервые в научный обиход понятие «слой» ввел ***Леонардо да Винчи***. Однородность слоев может быть выражена в составе, текстуре, наличии окаменелостей, возрасте и других признаках.

Синонимы и близкие понятия. Помимо термина «слой» употребляется и термин «*пласт*», значение которого более разнообразно. Это:

- синоним слова «слой»;
- слой полезного ископаемого, – например, «пласт каменного угля», «нефтенасыщенный пласт», «рудный пласт» и в этом смысле, понятие пласт уже понятия слой;

Понятие слоя относится только к осадочным горным породам. В этом смысле понятие пласта шире понятия «слой»; иногда пластом называют совокупность маломощных слоев.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Существует еще понятие *«горизонт[1]»* - регионально распространенный слой, отличающийся от смежных слоев. В тех случаях, когда эти отличия ярко выражены – по цвету, составу или другим признакам, его можно использовать в роли репера при сопоставлении частных геологических разрезов пород. Такой горизонт называется ***маркирующим***. В настоящее время, при возрастающей роли сейсмических разрезов при геологическом картировании, в роли маркирующих горизонтов выступают отражающие сейсмические поверхности, сопоставляемые с теми или иными геологическими границами.

[1] У термина «горизонт есть и другие значения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.1.1. Кровля и подошва слоя

Между слоями наблюдаются поверхности раздела – поверхности наслоения, или поверхности напластования, сопровождаемые признаками перерыва в осадконакоплении. Такие межслойные перерывы коротки в масштабах геологического времени, однако их существование свидетельствует о прерывистости процесса осадконакопления, а сама ***поверхность наслоения*** - это индикатор отдельного перерыва формирования стратисферы и каждый слой отражает единичный его акт. Самая древняя часть слоя, или граница, называется ***подошвой***. В ненарушенном залегании она же - самая нижняя поверхность слоя. Самая молодая (в ненарушенном залегании самая верхняя) граница слоя называется его ***кровлей***. Эти поверхности, отделяют кровлю одного слоя от подошвы другого и являются общей частью двух смежных слоев. Иногда в старых книгах подошву слоя называют *почвой.*

Слои в процессе своего существования могут изменить свое первоначальное положение - перевернуться или стать вертикальными, поэтому, чтобы восстановить первоначальную последовательность осадконакопления, важно уметь распознавать подошву слоя.

Признаки подошвы слоя:

Уменьшение размера терригенных частиц по направлению от подошвы к кровле слоя (рис. 2.2), или уменьшение количества крупных частиц от подошвы к кровле.

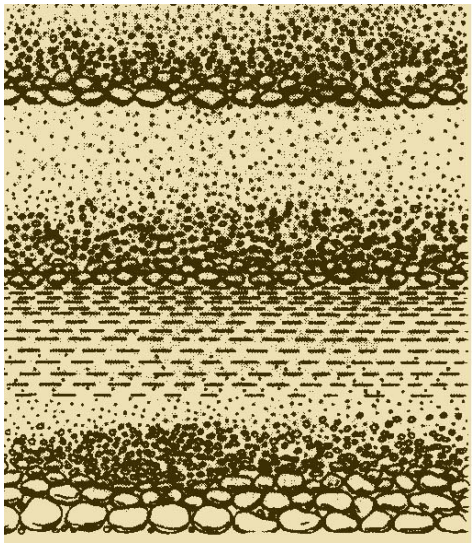


Рис. 2.2. Градационная слоистость (по А. Алисону и Д. Палмеру, 1984)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Уменьшение размеров зерен связано с тем, что при образовании осадка сначала оседают более грубые частицы, а затем все более и более мелкие, а само явление называется градационной слоистостью.

Знаки ряби (wave marks) и волноприбойные знаки (oscillation ripples) встречаются на слегка неровной поверхности напластования в виде системы небольших параллельных (знаки ряби) или дугообразно выпуклых перекрывающих друг друга (рис. 2.3) (волноприбойные знаки) гребешков и ложбинок высотой 0,5-2 см, представляющих собой окаменевшие следы волн или ветра.

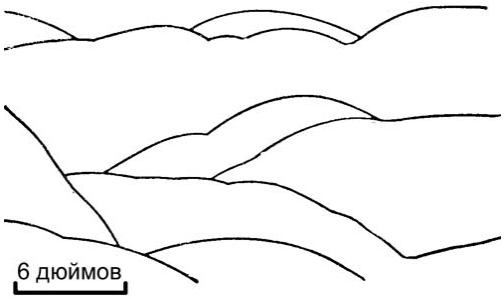


Рис. 2.3. Знаки волновой ряби в плане. Суша находится на севере, море – на юге (по Ф.Лахи, 1966)

Гребешки указывают в сторону более молодого слоя. В тех случаях, когда знаки ряби асимметричны, более крутые их стороны указывают направление движения материала, направление выпуклости указывает направление бывшего берега (рис. 2.4). Знаки ряби и волноприбойные знаки образуются только в прибрежных мелководных частях бассейнов.

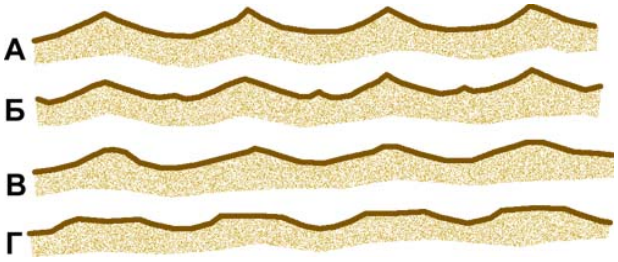


Рис. 2.4. Знаки волновой ряби в разрезе (по Ф. Лахи)

Если рябь образуется в условиях устойчивого волнения, гребни ее имеют заостренную форму, а выемки - закругленную (А). Иногда в выемках появляются гребешки второго порядка (Б). Если волнение невелико, гребешки сглаживаются (В) и даже могут превратиться в серию широких гребней и низких впадинок (Г).

Трещины усыхания (первичные трещины) образуются при высыхании осадка. Затем они заполняются инородным материалом из нового вышележащего слоя, так, что на подошве слоя образуются валики и рубцы, а на кровле – бороздки (рис. 2.5).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

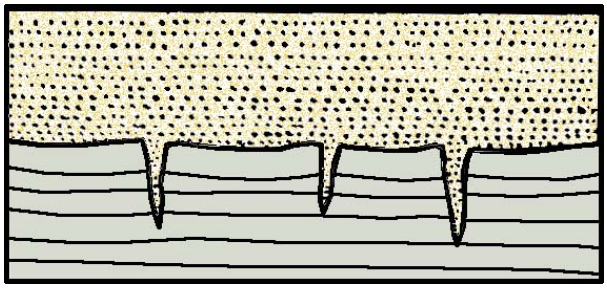


Рис. 2.5. Трещины усыхания (по Ф. Лахи, 1966)

Следы ползания животных (иероглифы, биоглифы, гиероглифы, флишевые фигуры) образуются на поверхности не затвердевшего илистого осадка. При накоплении следующего слоя осадка эти неровности заполняются и отпечатываются в виде валиков высотой до 4 см. В результате на подошве слоя образуются валики, а на кровле – бороздки (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Отпечатки следов ползанья организмов по поверхности дна. (http://www.humboldt.edu/-natmus/Case_indexes/Pennsylvan/Pennsyl/html

Чтобы не спутать иероглифы со знаками ряби (и, следовательно, кровлю с подошвой), следует посмотреть очертания систем валиков в плане – у знаков ряби они либо сравнительно прямолинейные, либо образуют закономерную систему, напоминающую рыбью чешую, а у следов ползания животных образует причудливый извилистый и незакономерный узор. В разрезе знаки ряби имеют, как правило, форму гребешков, тогда как следы ползания животных – округлую.

Признаки подошвы слоя встречаются не повсеместно, их приходится специально разыскивать в керне и обнажениях горных пород.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.1.2. Мощность слоя

Мощность (толщина) слоя - это расстояние между его кровлей и подошвой (рис. 2.7).

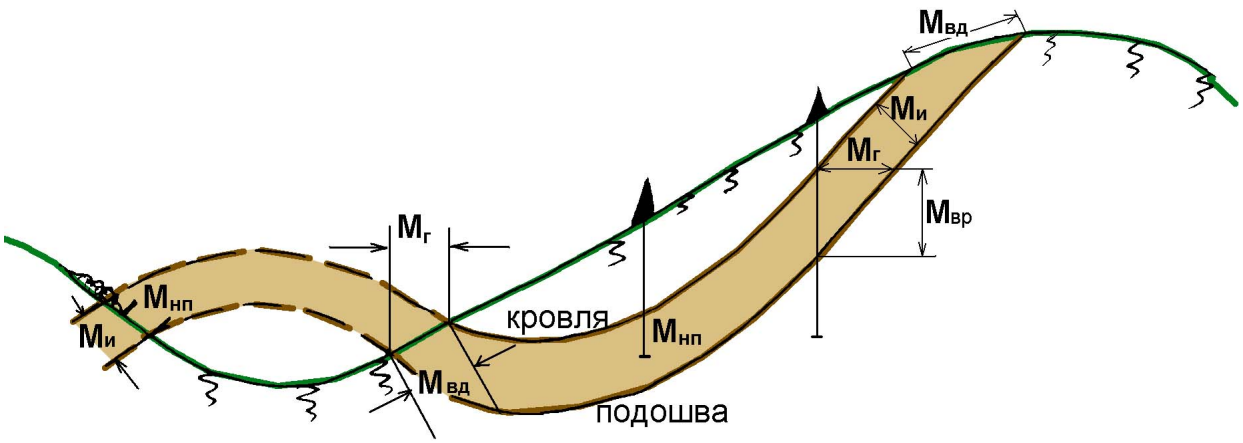


Рис. **2.7. Мощность слоя и её виды:** $М_и$ - истинная, $М_{вд}$ - видимая, $М_{нп}$ - неполная, $М_г$ - горизонтальная, $М_{вр}$ - вертикальная

Кратчайшее расстояние называется *истинной мощностью.* Если поверхности напластования не параллельны между собой, в качестве истинной мощности принимают среднее значение двух замеров. Причем один замер берется по перпендикуляру к подошве, а другой - к кровле. Кроме того, выделяют мощность: ***горизонтальную*** - расстояние между кровлей и подошвой по горизонтали, ***вертикальную*** - расстояние между кровлей и подошвой по вертикали и ***видимую*** - расстояние между кровлей и подошвой по любому другому направлению. В частных случаях истинная мощность может совпадать с видимой, горизонтальной или вертикальной мощностями. При горизонтальном залегании пласта его истинная и вертикальная толщины равны, а горизонтальная является неопределенно большой. При вертикальном залегании пласта его истинная и горизонтальная толщины равны, а неопределенно большой является вертикальная мощность.

Перечисленные толщины могут быть ***полными***, измеренными от кровли до подошвы пласта, и ***неполными***, характеризующими не весь пласт, а некоторую его часть (если в обнажении не удается

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

одновременно наблюдать кровлю или подошву пласта, или скважина вскрыла толщу не на всю мощность, не достигла ее подошвы). Значения истинных и вертикальных мощностей используются при составлении карт мощностей, палеотектонических построениях, при подсчете запасов полезных ископаемых, в том числе нефти и газа. Значения мощностей всегда положительны.

Мощность слоев, в основном, колеблется от сантиметров до нескольких метров – слой по мощности соизмерим с человеком, с тем, что можно непосредственно наблюдать при полевых работах. Площадь же распространения слоев колеблется от сотен квадратных метров до десятков квадратных километров. В зависимости от мощности слоев породы разделяются на следующие классы (табл. 2.1). Мощность слоя отражает интенсивность движения среды, в которой накапливался осадок, а также количество материала, поступающего в область осадконакопления.

Таблица 2.1. **Классификация слоистых толщ по мощности слоев.**

Массивнослоистые	Более 100 см
Крупнослоистые	100-50 см
Среднеслоистые (слоистые)	50-10 см
Тонкослистые	10-2 см
Листоватослоистые	2-0,2 см
Микрослоистые	Менее 2 мм

Закрепить свои знания, решив задачи можно перейдя по ***ссылке в 10.2. Мощность слоя и способы её определения***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.1.3. Латеральное окончание слоя

Каждый слой рано или поздно заканчивается с боков. Это окончание называется *латеральным.* Оно может быть первичным, образованным в момент формирования слоя - ***конседиментационным***, то есть образованным одновременно с процессом седиментации – выклинивание и фациальное замещение, и вторичным, образованным после формирования слоя – постседиментационным – тектоническое, магматическое, или денудационное срезание. На рис. 2.9 и 2.10 приведены изображения в разрезе и на структурной карте различных видов латерального окончания слоя. В качестве примера изображен слой наклонно залегающего песчаника, среди глин. Абсолютные отметки на разрезах даны в условных величинах.

- **Выклинивание** - уменьшение толщины слоя по протяжению до полного исчезновения и смыкание кровли с подошвой (рис. 2.8 А).
- ***Фациальное замещение*** - изменение литологического состава слоя до неузнаваемости. Например, в слое песчаника размер слагающих его песчинок по простиранию может уменьшаться до алевритовой фракции и песчаник превратится в алевролит, или глину (рис. 2.8 Б).

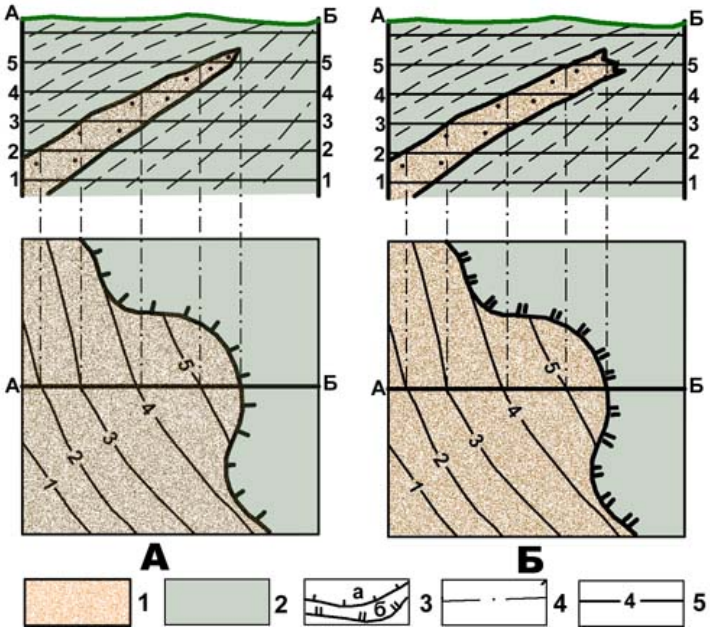


Рис. 2.8. Конседиментационное латеральное окончание слоя А – выклинивание, Б – фациальное замещение. Условные обозначения 1 – песчаники, 2 – глины, 3 – латеральное окончание в плане а – выклинивание. Б – фациальное замещение, 4 – линии проецирования, 5 - стратоизогипсы

- ***Тектоническое, или интрузивное срезание*** - срезание слоя разломом, или интрузией после его образования (рис. 2.9, А, Б).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- ***Денудационное срезание -*** исчезновение слоя в результате современного или древнего размыва (рис. 2.9, В).

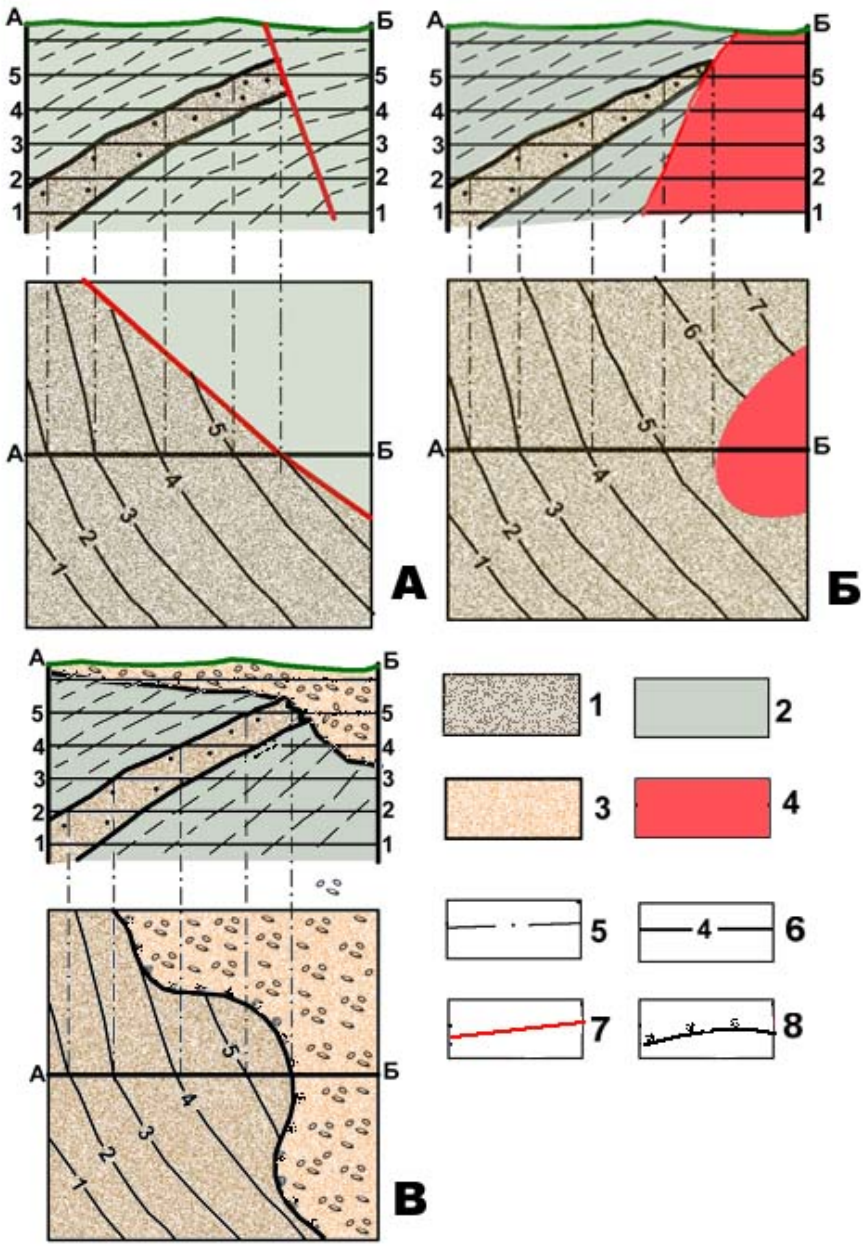


Рис. 2.9. Постседиментационное латеральное окончание слоя: А – тектоническое срезание, Б – интрузивное срезание, В – денудационное срезание. Условные обозначения: 1 – песчаники, 2 – глины, 3 – заполнение эрозионного вреза, 4 – интрузивное тело, 5 – линии проецирования, 6 – стратоизогипсы, 7 – разлом, 8 – поверхность размыва

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.1.4. Элементы слоя и его строение (текстура слоя)

Иногда слой имеет однородное строение, в нем не выделяется составных частей – тогда говорят о массивной текстуре слоя (рис. 2.10), но чаще при внимательном рассмотрении слоя можно выделить отдельные его части – элементы.



Рис. 2.10. Меловая скала Бичи Хед, Англия
(http://stepandstep.com.ua/catalog/your-photos/141296/.html)

Элементы слоя

Прослой (lamina, interbed, parting,) - часть слоя, отличающаяся по виду от остальной его части. Иногда прослоем называют слой, не превышающей по мощности 1,5 см.

Лента (англ. varves) – тонкий прослой (рис. 2.11).

Слоек (англ. lamina, thin bed of rock) – элемент слоя, формирующий его текстуру. Слоек – низшая единица слоистости, его внутренняя структура может быть выражена только ориентировкой частиц.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

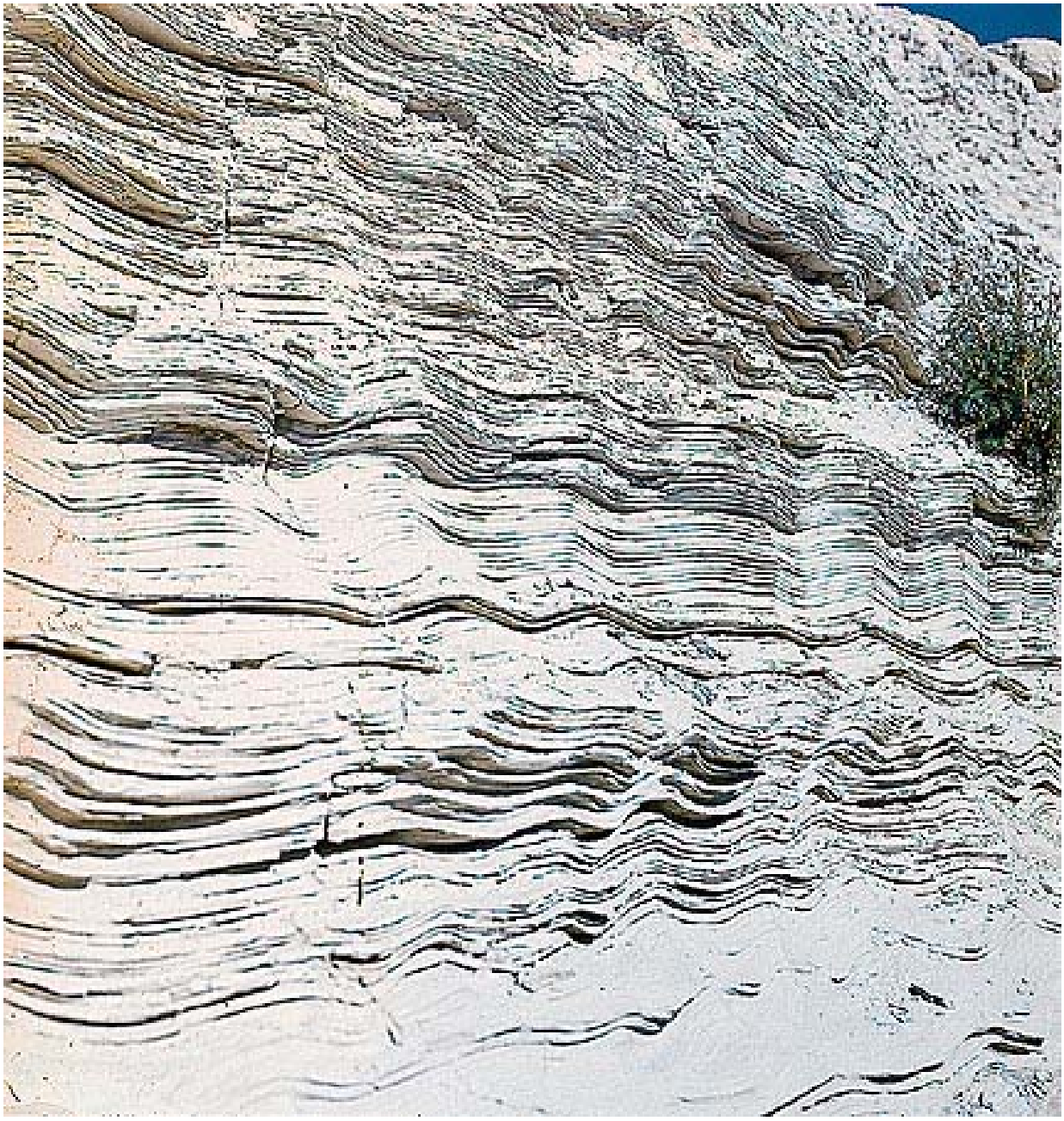


Рис. 2.11. Ленточная глина ледниковых отложений (http://ice.tsu.ru/index.php?option=com)

Соотношение слоев и слойков в толще слоев образует *слоистость*. Она характеризует условия осадконакопления. Классификация и характеристики для различных видов слоистости приведены в табл. 2.2. Протяженность слойков обычно составляет сантиметры и лишь в отдельных случаях – десятки сантиметров, при их толщине от нескольких миллиметров до первых сантиметров.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 2.2. **Виды слоистости и условия их формирования**

Виды слоис-тости	Характеристика	Условия формирования
1. Горизонтальная	Напластование образует плоские поверхности. Чешуйки плоских обломков и зерен параллельны поверхностям напластования.	Только гравитацией при периодических, например, сезонных изменениях приноса осадка, например, в озерах (рис. 2.12).
1.1. Полосовидная	Вызвана различиями в облике пород каждого слоя.	Рис. 2.1.
1.2. Прерывистая	Обусловлена тонкими прослойками иного материала среди однородной массы (например, растительный детрит в песчаниках или алевролитах).	Рис. 2.13.
1.3. Ленточная	Характеризуется правильным ритмичным чередованием тонких прослойков разного состава.	При сезонных изменениях в процессе осадконакопления (рис. 2.11).
2. Волнистая	Напластование образует волнистые поверхности с амплитудой волн в первые десятки сантиметров, высотой в 2-7 см. Чтобы отличить волнистую слоистость от микроскладок (плойчатости) надо посмотреть на ориентировку слагающих ее плоских минералов – они будут ориентированы по плоскостям, соответствующим палеогоризонтальным в момент осадконакопления, как показано на рис. 2.14.	При периодических изменениях скорости и (или) направления движения воды в прибрежных водоемах или в руслах рек (например, при приливах и отливах).
3. Косая Рис.2.15 – 2.17	3.1. Состоит из слойков, разнообразным образом ориентированных по отношению к напластованию и друг к другу.	В условиях турбулентного движения потока
	3.2. Слойки имеют общий одинаковый наклон с падением, совпадающим с направлением движения реки	В условиях речных потоков (рис. 2.18, а);
	3.3. Характеризуется пологими углами слойков у подошвы и плохой выраженностью слойков по направлению к кровле. Кроме того, по направление к кровле материал слойков становится грубее	В условиях дельт (рис. 2.18, б);
	3.4. Характеризуется малой толщиной слойков (миллиметры) и их разнообразной ориентировкой	В условиях прибоя (рис. 2.18, в);
	3.5. Наиболее неравномерная и нерегулярная из всех видов косой слоистости	Эоловая (рис. 2.18, г)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 2.12. Горизонтальная слоистость. Южный берег Крыма. http://images.google.ru/imgres?q

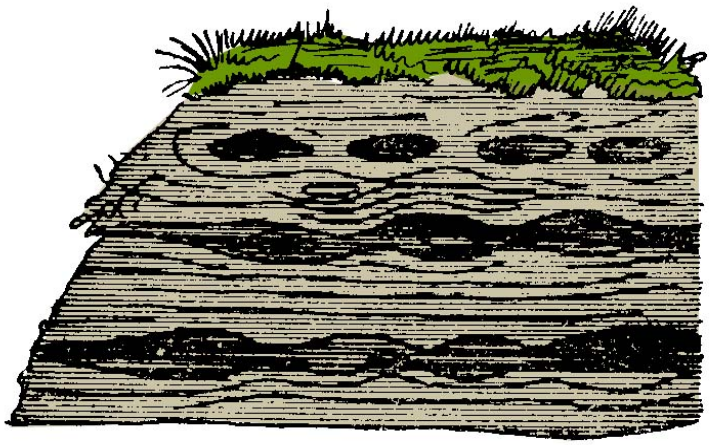


Рис. 2.13. Прерывистая слоистость, обусловленная исчезновением и появлением углистых слоев. По ***Д. И. Мушкетову*** и ***И. В. Мушкетову***, 1936

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 2.14. Волнистая слоистость в каолинистых песках долинской толщи K_1dl (аптский-альбский ярусы нижнего мела). Фото В.В. Осетрова. http://www.donpaleo.ru.



Рис. 2.15. Косая слоистость в песчанике. Канаб, Юта, США. Образец: Минералого-петрографический музей им. Л.В. Пустовалова (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

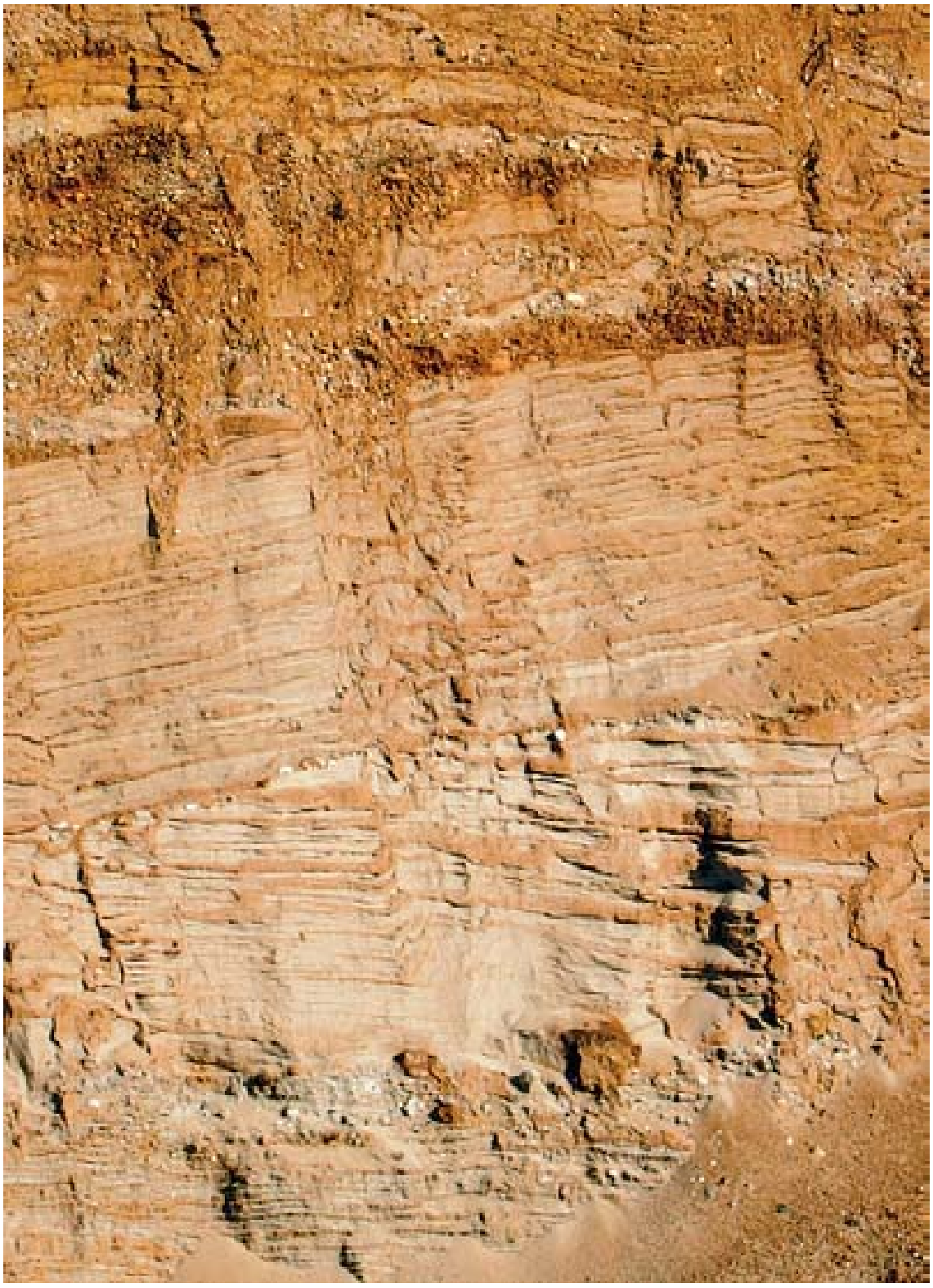


Рис. 2.16. **Косая слоистость.** Фрагменты разреза терригенных отложений средней юры карьере у Усть-Черной. Коми-Пермяцкий округ (Прикамье). http://www.perm-kray.ru/pam024-1.htm. Фото А. Рыбальченко

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 2.17. Пример косой слоистости в осадочных породах юрской системы (отложения пустыни). Национальный парк Зион, штат Юта, США **(**http://marlimillerphoto.com/Sed-12.html

Схематически некоторые виды косой слоистости и их отличительные признаки представлены на рис. 2.18.

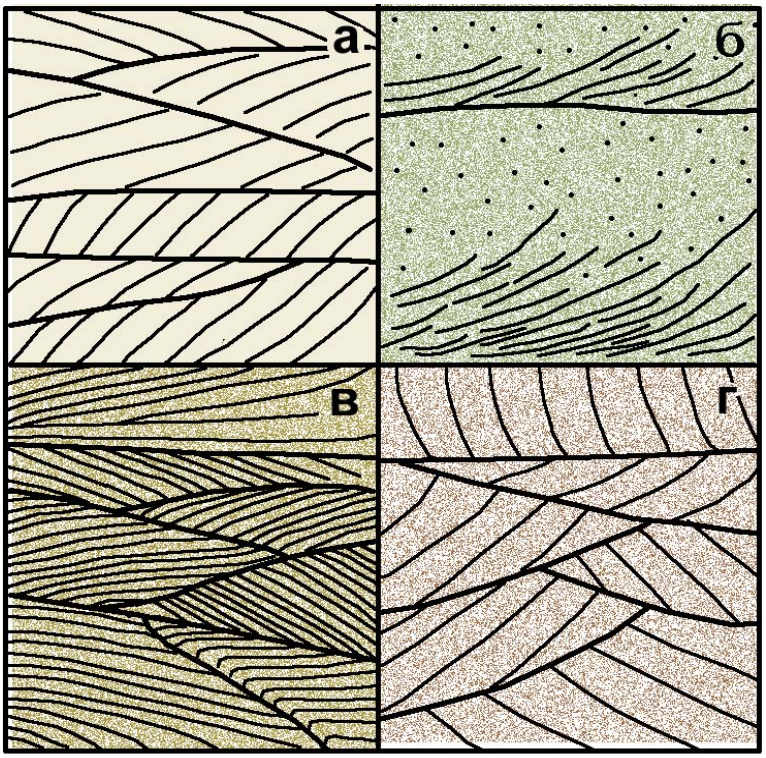


Рис. 2.18**. Отличительные черты косой слоистости различного генезиса:** а – речных потоков, б – дельт, в – прибоев, г - эоловая

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.1.5. Ассоциации слоев

При геологическом описании крупных регионов, при геологическом картировании, изучении разрезов и во многих других случаях (недостаток фаунистических данных, цели и масштаб исследования), слои объединяют между собой, в результате чего образуются единицы местной, или региональной стратиграфической шкалы.

По литологическому составу их объединяют в ***«пачки»*** - совокупности слоев сходного литологического состава **-** например «глинисто-кремнистая пачка». По стратиграфическому объему пачка примерно соответствует зоне (например, верхний альб).

Пачки, в свою очередь, объединяют в ***толщи*** - совокупности слоев сходного состава, облика или происхождения (например, фораминиферовая толща, красноцветная толща, угленосная толща, переходная толща). По стратиграфическому объему толща примерно соответствует отделу или ярусу. Совокупность толщ по отличительным литологическим признакам составляет ***свиту***. В американской и западноевропейской литературе свите соответствует *формация.* По стратиграфическому объему *свита* примерно соответствует части яруса, ярусу или, в редких случаях, двум-трем ярусам, или включает верхнюю часть одного яруса и нижнюю часть -другого. В названии свиты обычно фигурирует географическое название того места, где данная свита впервые была описана – например, сакмарская свита нижней перми впервые была описана в верхнем течении р. Сакмара на Южном Урале. Свиты группируются в *комплексы* - применительно к преимущественно осадочным и вулканогенным породам, и *серии* (series - порядок, последовательность - лат.) - применительно к метаморфическим породам. В зарубежной геологической литературе термин "серия" применяется в значении отдела или свиты.

Характерной особенностью ассоциаций слоев иногда является их ***цикличность*** *(ритмичность),* заключающуюся в закономерном, периодическом повторении характерных комплексов слоев. Иногда термины цикличности и ритмичности употребляются как синонимы, иногда - в разном значении, по-разному, акцентируя внимание на отдельных особенностях повторяющихся комплексов пород.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Обычно в основании ритма залегает относительно более грубая порода, например, песчаник или детритовый известняк, который выше по разрезу сменяется более тонкими породами, представленными песчанистой глиной, мергелем или чистой глиной. Толщина каждого ритма колеблется от долей метра до 2-3 метров, а самих ритмов по разрезу встречается сотни и тысячи. Ритмы могут отличаться друг от друга некоторыми колебаниями толщины всего ритма или его элементов, местными выпадениями того или иного слоя. Переходы между породами ритма постепенны, а весь ритм отделен от соседних с ним ритмов резкими границами. В основании песчаника чаще всего и встречаются уже упоминавшиеся иероглифы (флишевые фигуры). По мощности ритмов выделяются крупная ритмичность, ритмичность флишевых отложений и мелкая ритмичность ленточных отложений микрослоистых пород.

Крупная ритмичность (мощность ритма от метров до сотен метров) - характерна для продуктивных свит угольных бассейнов. Переход между отдельными слоями внутри ритмов обычно постепенный, а между ритмами - резкий, со следами перерывов в осадконакоплении.

Флишевая ритмичность - (мощность ритма от сантиметров до десятков сантиметров и изредка- метров). Начинается каждый ритм, как правило, терригенной породой, наиболее грубой, затем следуют пелитоморфные породы сначала более карбонатные, потом - менее карбонатные. Иногда ритмы заканчиваются неизвестковистыми глинами или аргиллитами (рис. 2.19).

Мелкая ритмичность - (мощность ритмов - от миллиметров до сантиметров) - переслаивание глин и песков, или глин и песчанистых глин - летних и зимних слоев ленточных глин озерно-ледникового происхождения (рис. 2.12).

Закономерности расположения слоев в ритмических толщах можно использовать для установления кровли и подошвы пластов в тех случаях, когда есть подозрение, что слои могут быть перевернутыми. Ритмическая слоистость более всего характерна для флишевых и угленосных свит.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

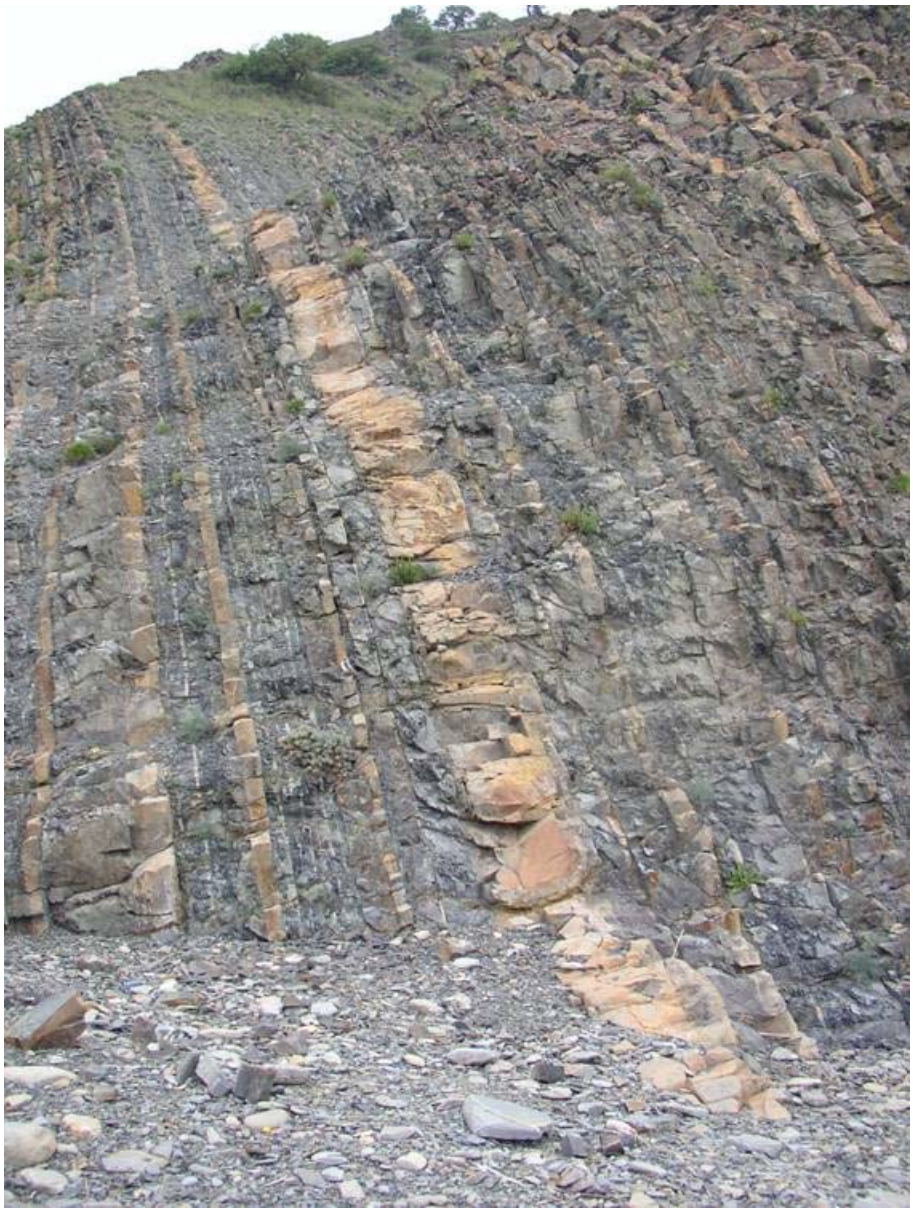


Рис. 2.19. Пример терригенного флиша палеоцена, представленного чередованием слоев песчаников и аргиллитов на южном склоне Западного Кавказа, п-ов Утриш (севернее г. Новороссийска).
http://www.oilngases.ru/geologiya

Контрольные вопросы к 2.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.2. НЕСОГЛАСИЯ

2.2.1. Понятие о согласном и несогласном залегании

На любом участке Земли каждому моменту времени соответствуют определенные горные породы, или их отсутствие, обусловленное тем, что в данный момент осадки в данном месте либо вообще не накапливались (перерывы), либо тем, что они накапливались, но были впоследствии уничтожены (размывы). Осадконакопление обусловлено перемещением осадочного материала под действием силы тяжести с территорий гипсометрически поднятых в понижения рельефа, часто в водоемы. При этом понижения заполняются, а первичный рельеф выравнивается. Поэтому, наличие осадочных пород определенного возраста на достаточно большой площади свидетельствует о том, что в период их накопления на данной территории происходило опускание земной коры, и существовал водный бассейн. Залегание слоев без видимых перерывов в осадконакоплении называется *согласным.* Отсутствие же отложений каких-либо стратиграфических подразделений непрерывной стратиграфической шкалы говорит о поднятиях земной коры сопутствующем разрушении, размыве отложений. При длительном, в течение геологических эпох и периодов устойчивых поднятиях земной коры морские условия сменяются континентальными. Возникает суша. В континентальных условиях также могут формироваться осадочные породы, (речные, озерные, склоновые, ледниковые, эоловые и др.), но они по сравнению с морскими маломощны, не имеют широкого площадного распространения и плохо сохраняются в разрезе.

Продолжительность перерывов может быть определена по палеонтологическим данным и может колебаться от века до нескольких периодов в геологическом летоисчислении. За это длительное время поверхность ранее накопившихся слоев подвергается существенному разрушению, включающему иногда смыв большой толщи пород. Это древняя суша с ее рельефом и измененной процессами древнего выветривания поверхностью. Когда поднятый участок снова опускается и на его поверхности возобновляется отложение осадков, то между слоями, образовавшимися до перерыва, и отложившимися после него, возникает *стратиграфическое несогласие.* В основании верхней серии иногда может наблюдаться ***базальный конгломерат*** – галька

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

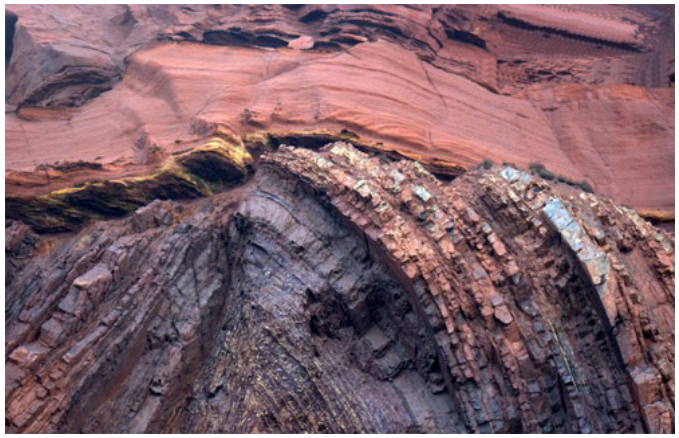
которого представлена породами, слагающими верхи нижней серии. Две серии слоев оказываются разделенными *поверхностью стратиграфического несогласия.* На рисунке (рис. 2.20) приведены фотографии каменноугольных известняков, горизонально залегающих на силурийских породах, которые сначала под воздействием движений земной коры были наклонены, а затем подверглись эрозии. В итоге образовалась плоская поверхность, на которой начал формироваться слой известняка. Такое залегание называют *стратиграфически несогласным,* или просто *несогласным.*



а



б



в

Рис. 2.20. Несогласное залегание: а – базальный конгломерат с линзами песчаника западная Камчатка, средний эоцен (http://ftlab.ginras.ru/field_jpg/2008_field_photos/, б - с моноклинальным залеганием (http://evolutionism.ucoz.ru/faq/10), в - со складчатым залеганием (фото Maria Cfrvalho Praia do Telheiro, Portugal http//popovgeo.professorjournal.ru/

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.2.2. Виды несогласий.

Если обе серии разделенные перерывом в осадконакоплении залегают в целом параллельно друг другу, говорят о *параллельном несогласии* (рис. 2.21).

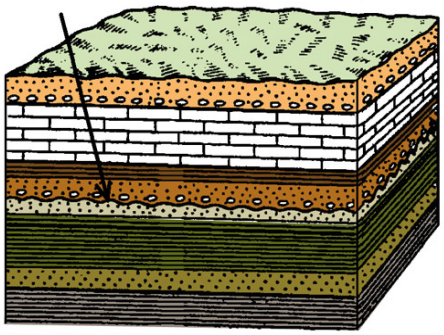


Рис. 2.21. Параллельное несогласие. Стрелкой показан символически изображенный палеорельеф несогласия и базальные конгломераты

Изредка поверхность несогласия разделяет сходные по составу породы, в этом случае говорят о *скрытом несогласии*, которое очень трудно распознать при полевых наблюдениях и закартировать. Если нижняя серия во время перерыва подверглась дислокациям, то есть слои были наклонены или изогнуты в складки, а затем поверхность ее была срезана, а вторая серия залегает на срезанной поверхности дислоцированных слоев, то возникает *угловое несогласие* (рис. 2.22).

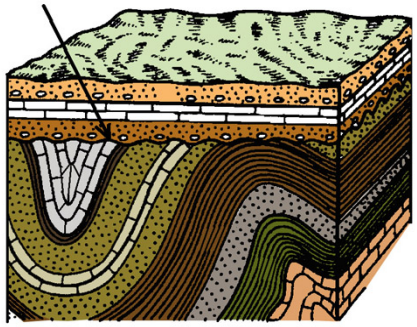


Рис. 2.22. Угловое несогласие. Стрелкой показан символически изображенный палеорельеф несогласия и базальные конгломераты

При этом, слои верхней серии залегают параллельно поверхности несогласия, тогда как слои нижней серии упираются в эту поверхность под тем, или иным *углом несогласия.* Если разница углов больше 30°, такое несогласие называют резким, если меньше - слабым. В тех случаях, когда залегание верхней и нижней толщи отличаются друг от друга только углом, говорят о собственно угловом несогласии, если залегание отличается еще и азимутом, то такое несогласие правильно называть *азимутальным.* Хотя часто азимутальное несогласие также называют угловым.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Также выделяют промежуточную форму между угловым и параллельным стратиграфическим несогласиями, в котором углы падения верхней и нижней толщи отличаются друг от друга на 1 – 3°. Такое несогласие называют *географическим,* потому, что его можно распознать только при картографических построениях, тогда как в обнажениях горных пород оно выглядит, как параллельное (рис. 2.23).

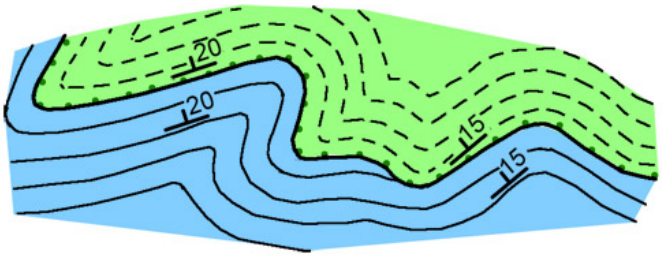


Рис**. 2. 23. Географическое несогласие** (по Г.Д. Ажгирею, 1956)

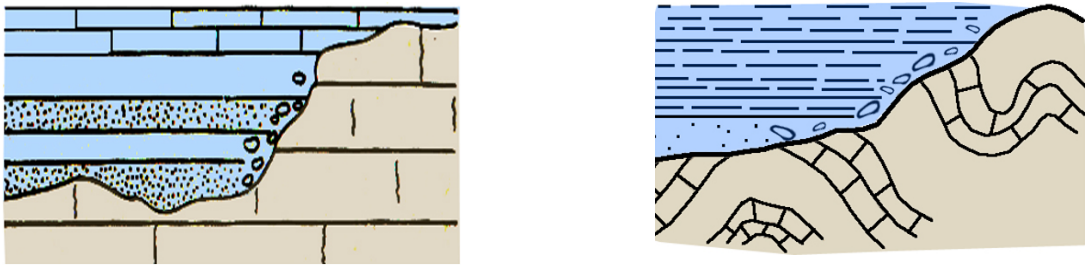
По площади распространения среди несогласий выделяют *региональные*, захватывающие огромные территории (например, юрское несогласие, захватывает всю Русскую платформу) и *локальные* (местные), которые отражают локальные поднятия площадью первые сотни квадратных километров.

Все перечисленные несогласия называются *истинными* несогласиями, образованными после формирования горной породы. Кроме того, выделяют *ложные (внутриформационные) несогласия*, образующиеся в результате размыва, одновременного с накоплением осадка, перемыва осадка придонными течениями. В обнажениях внешне такие размывы могут иметь все признаки несогласий, но они не отражают переломных моментов в колебательных движениях земной коры и новых циклов осадконакопления. Хотя на микроуровне их, конечно, можно рассматривать как временные несогласия, к которым также можно отнести и все поверхности наслоения, отражающие единичный акт творения стратисферы.

Часто осадки верхней серии налегают на сравнительно выровненную поверхность несогласия. Однако иногда удается наблюдать под последующими осадками крупные неровности рельефа. В таких случаях нижние слои верхней серии заполняют впадины древнего рельефа, и лишь потом более молодые его слои перекрывают и неровности этого рельефа. Происходит прилегание и облекание слоев. В тех случаях, когда прилегание имеет

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

значительные размеры, его иногда называют *краевым несогласием* (рис. 2.24).



а б

Рис. 2.24. Прилегание: а – параллельное, б – угловое (по А.А. Богданову, 1949)

Кроме стратиграфических, в структурной геологии выделяются также *тектонические* и *интрузивные* несогласия. В этом случае нормальная последовательность напластования нарушается либо разрывом, либо внедрением интрузии. Кроме перерывов в осадконакоплении (стратиграфических несогласий) нормальная последовательность слоев может быть обусловлена также разрывными нарушениями (тектоническое несогласие) и внедрением интрузивных тел (интрузивное несогласие). Классификация несогласий приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3. **Классификация несогласий**

<table>
<tr><th>Классифицирующий признак</th><th colspan="5">Виды несогласий</th></tr>
<tr><td>Генезис</td><td colspan="2">Стратиграфические</td><td colspan="2">Тектонические</td><td>Интрузивные</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Соотношение между несогласными толщами</td><td colspan="5">Для стратиграфических несогласий</td></tr>
<tr><td colspan="2">Параллельные</td><td rowspan="4">Географические</td><td colspan="2">Угловые</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Параллельные</td><td rowspan="3">Скрытые</td><td>По соотношению азимутов</td><td>По соотно-шению углов</td></tr>
<tr><td>Угловые</td><td>Слабые</td></tr>
<tr><td>Азимутальные</td><td>Резкие</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Площадь распространения</td><td colspan="5">Региональные</td></tr>
<tr><td colspan="5">Местные</td></tr>
<tr><td>Объем участвующих толщ</td><td colspan="5">Истинные, внутриформационные</td></tr>
</table>

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.2.3. Признаки несогласий

Признаки несогласий в обнажениях горных пород:

1. Многочисленные неровности и карманы на поверхности напластования.
2. Различные следы выветривания (образование коры выветривания), пустынный загар, окремненная поверхность известняков, ожелезнение по предполагаемой поверхности напластования
3. Резкий переход от континентальных отложений к морским, или от морских к континентальным (нарушение закона Головкинского-Иностранцева-Вальтера).
4. Присутствие базального конгломерата и других обломочных пород, состоящих из обломков нижележащих отложений в вышележащих отложениях (рис. 2.25).

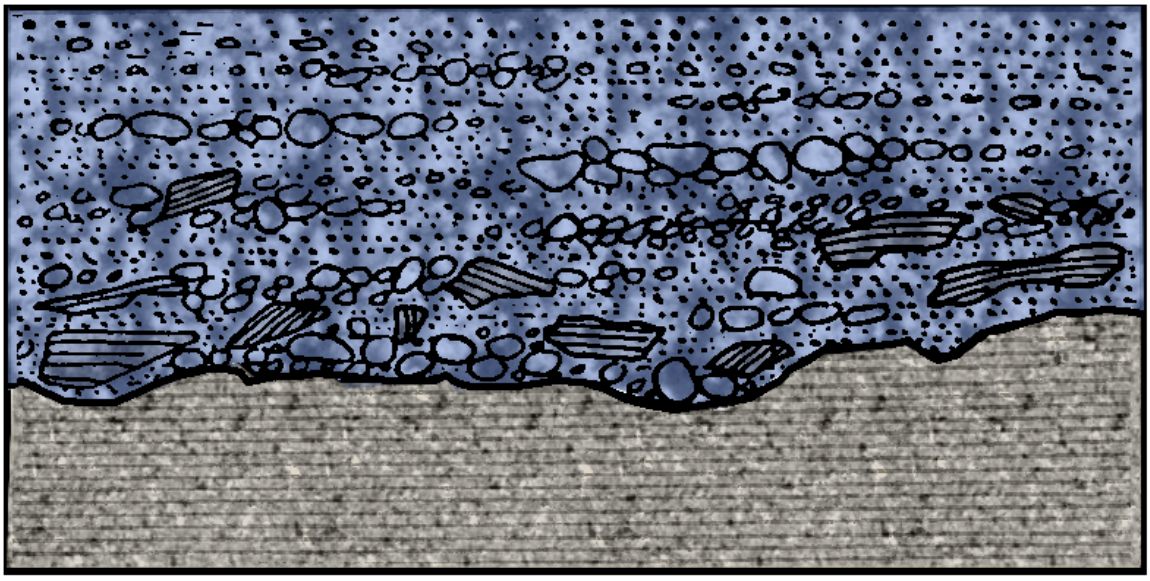


Рис. 2.25. Поверхность несогласия между сланцами и конгломератом; в основании конгломерата видны обломки сланца (по Ф. Лахи, 1966)

5. Породы залегают под разными углами выше и ниже некоторой поверхности (рис. 2.26).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 2.26. Залегание пород под разными углами. Леопардовый каньон, США. (http://umeda.ru/grand_canyon_usa)

6. Резкий возрастной разрыв между руководящими ископаемыми в выше- и нижележащих слоях.

Признаки несогласий на геологической карте:

1. “Утыкание” различных границ толщи в подошву несогласия (рис.2.27).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

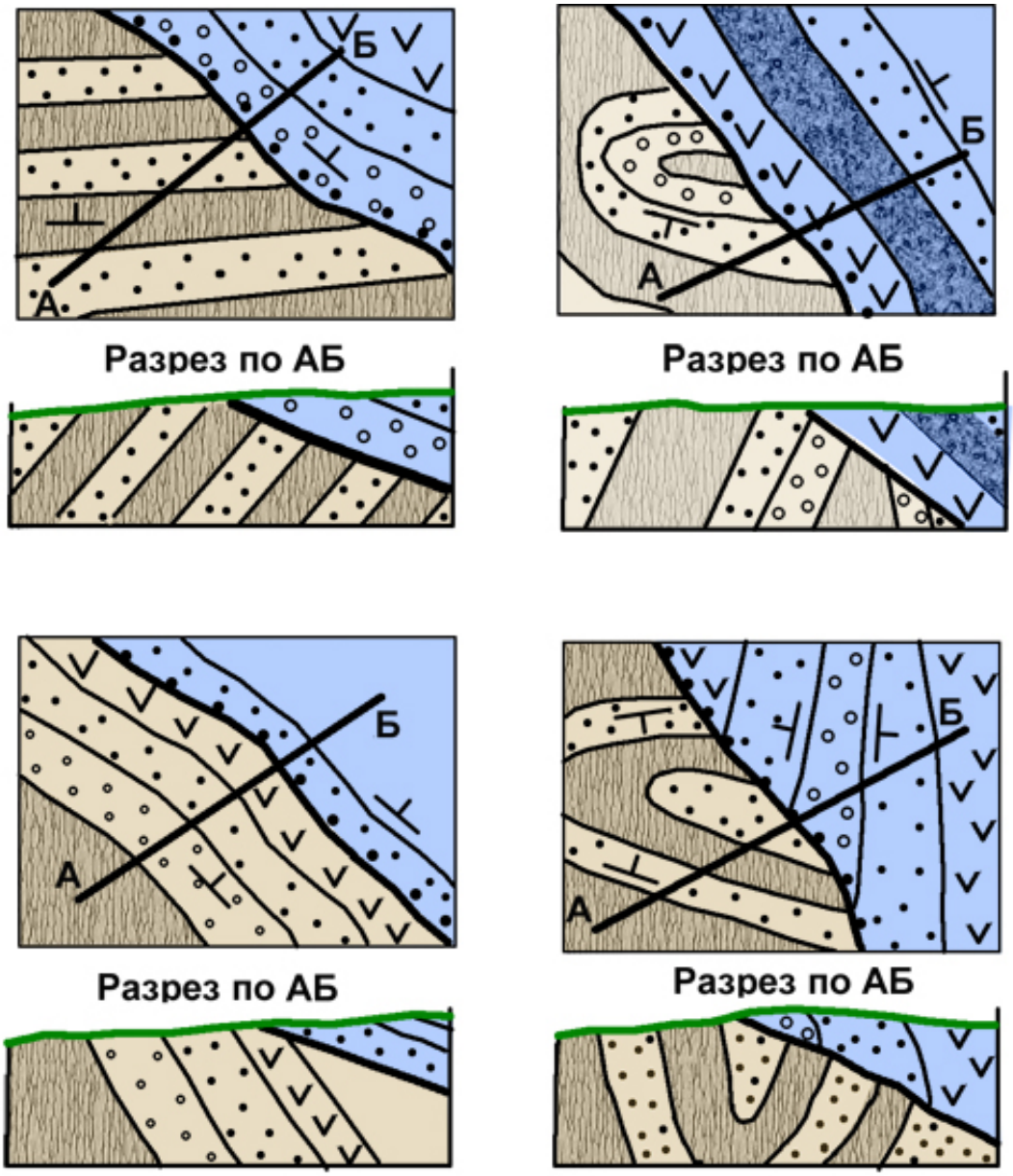


Рис. 2.27. Взаимоотношение несогласных толщ при различных видах угловых несогласий. Жирными линиями показаны несогласия (по В.А. Апродову, 1952 с изменениями)

2. Выпадение из разреза отдельных стратиграфических подразделений (в случае параллельного несогласия).

3. Волнистая линия на стратиграфической колонке.

Поупражняться в распознавании вида стратиграфического несогласия на геологической карте можно перейдя ***по ссылке***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.2.4. Несогласие как геологическое тело

Волнистая линия - обозначение несогласного залегания на стратиграфических колонках (а на картах, изданных до 1955 года и на геологических разрезах) и есть символическое изображение неровной поверхности несогласия, древнего погребенного рельефа. Размах рельефа поверхности несогласия обычно не превышает десятков метров, но иногда достигает и сотен метров (например артинские рифогенные известняки в Предуральском краевом прогибе, к моменту перекрытия их отложениями ангидритов кунгурского яруса, имели размах рельефа 500 - 700 метров.

Несогласия обычно рассматривают как поверхность, не имеющую толщины, однако, на самом деле они представляет собой *геологические тела*, сложенные измененными породами – окисленными, выветрелыми, обогащенными особыми минералами, называемыми минералами коры выветривания (рис. 2.28).



Рис. 2.28. Современная кора выветривания (geo.web.ru)

Будучи поверхностью палеорельефа, несогласие обычно сильно разбито многочисленными трещинами и часто является коллектором,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

с которым оказываются связанными стратиграфические залежи нефти и газа. Мощность кор выветривания обычно составляет десятки а иногда и сотни метров. С поверхностями несогласия и корами выветривания нередко связаны месторождения бокситов, каолинов, древних россыпей, в которых могут находиться золото, платина (месторождение Витватерсранд) и др., урана, железной руды, серы, апатитов и других, в том числе – нефти и газа. Выделяется особый тип залежей – стратиграфические (месторождение Литтон-Спрингс (рис. 2.29), Юрубченско-Тохтомское и др.).

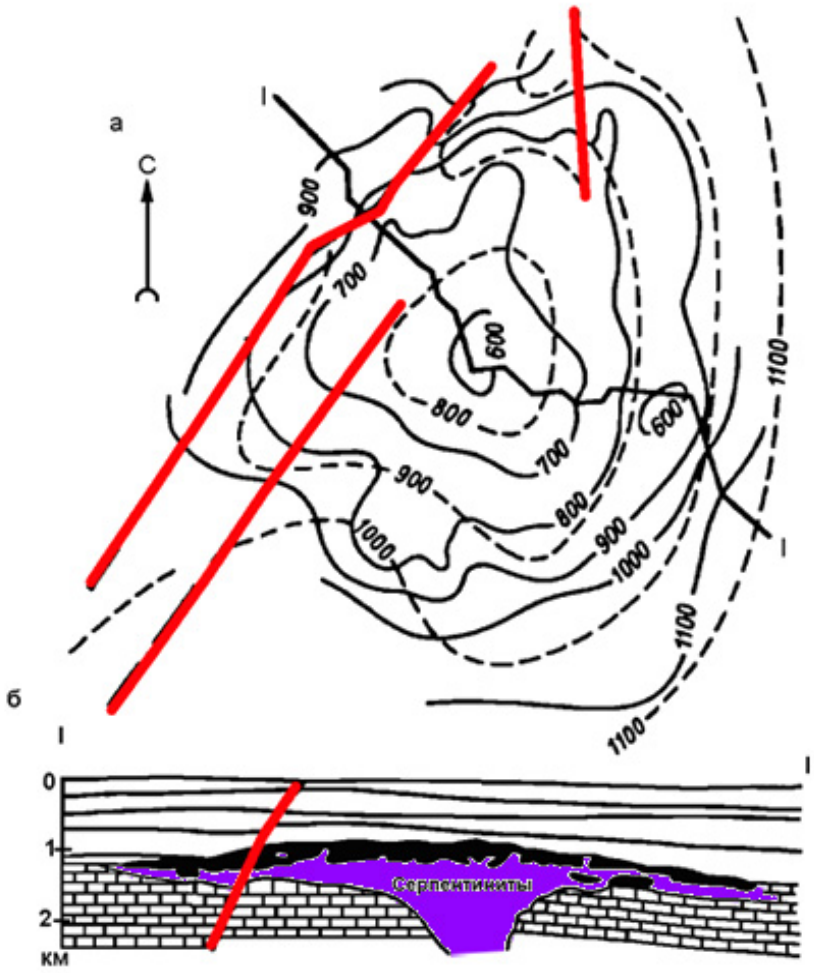


Рис. 2. 29. Месторождение нефти Литтон-Спрингс в коре выветривания серпентинитов. А – структурная карта, б - разрез

Подробнее эти вопросы изучаются в курсе полезных ископаемых.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2.2.5. Структурные этажи и ярусы

Некоторые из региональных стратиграфических несогласий, разделяют резко отличающиеся по составу, характеру складчатости и типу метаморфизма толщи, фиксируя значительные изменения в тектоническом режиме между накоплением верхних и нижних слоев. Такие толщи называются *структурными этажами*.

Структурный этаж – это комплекс горных пород (или часть разреза), обладающий единством структурного плана, сходным региональным метаморфизмом и магматизмом. От выше- и нижележащих толщ, обладающих другим структурным планом и степенью метаморфизма, он отделен угловым несогласием (рис. 2.30).

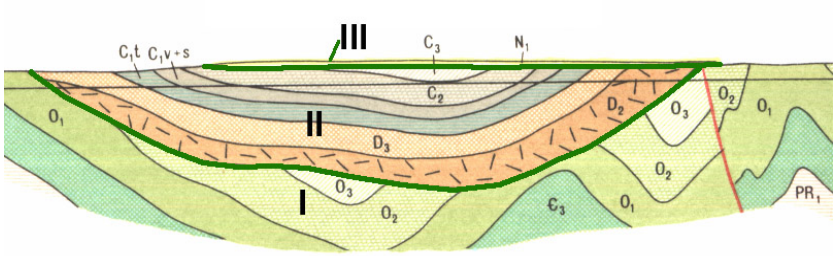


Рис. 2.30. Структурные этажи: I - нижний, складчатый, II - промежуточный, III – верхний платформенный. Фрагмент разреза к учебной геологической карте

Структурные этажи отвечают циклам развития земной коры, начинающиеся опусканием, осадконакоплением и кончающиеся поднятием, деформацией пород, формированием разрывов, магматизмом с последующим перерывом в осадконакоплении и, наконец, разрушением пород. Выше- и нижележащие этажи разделены угловым и азимутальным несогласиями, перестройкой структурного плана и, чаще всего, складчатости. Структурный этаж отвечает одному циклу тектоно-магматической активизации. Для Европы эти циклы называются: байкальский, каледонский, герцинский, альпийский.

На платформах выделяют два (фундамент и осадочный чехол) (рис. 2.31) или три (фундамент, промежуточный и осадочный чехол) этажа, а в складчатых областях их количество может достигать и четырех, в зависимости от числа циклов тектоно-магматической активизации.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 2.31. Двухъярусное строение платформ (по В.Н. Павлинову и др.)

Внутри этажей выделяются структурные *ярусы, подэтажи и подъярусы*. Они разделяются параллельными или угловыми несогласиями, отвечающими перерывам в осадконакоплении и размыву горных пород без существенной перестройки структурного плана территории и смены тектонического режима.

Термин ***«структурный ярус»*** иногда употребляют в качестве синонима термина «структурный этаж», иногда для обозначения части структурного этажа. Это термин менее определенный, чем «структурный этаж». ***Структурные подъэтажи и подъярусы –*** части структурных ярусов и этажей. В литературе встречается также понятие ***тектонического этажа***. Иногда его используют как синоним структурного этажа, но правильнее это понятие использовать для обозначения совокупности структурных этажей в складчатых системах, характеризующихся общностью развития.

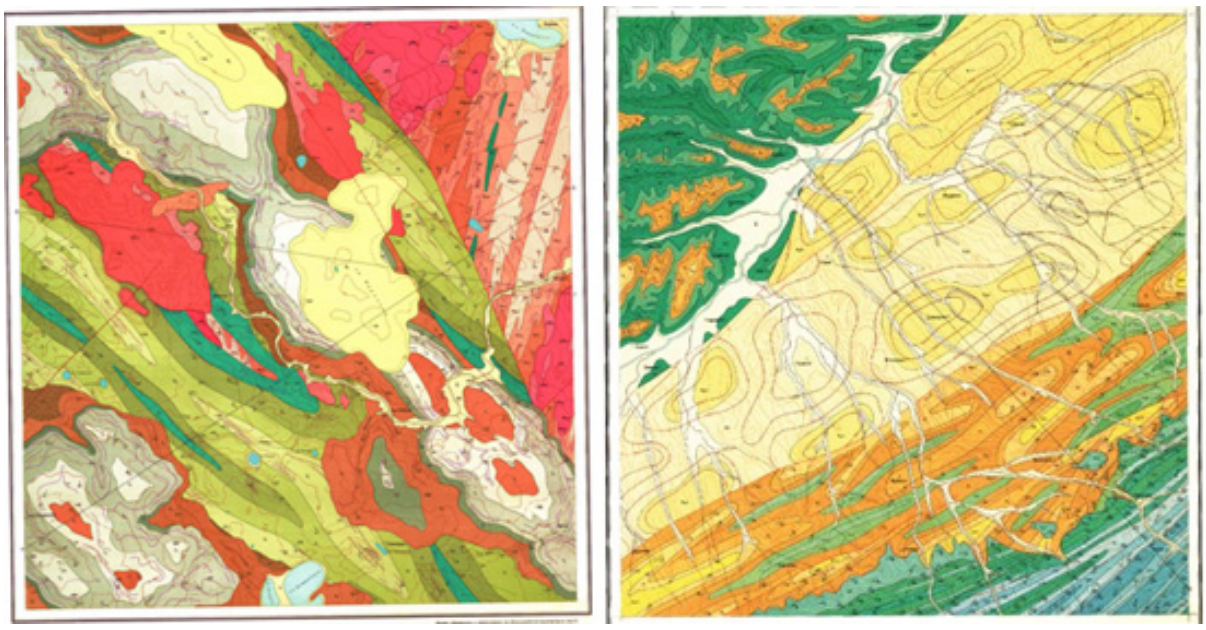
В литературе, посвященной нефтегазоносности, нередко терминами "структурный этаж", или даже "тектонический этаж" называют части осадочного разреза, разделенные угловыми несогласиями - то есть подэтажи.

При построении профильных геологических разрезов через площадь, на которой выделяется более одного структурного этажа, разрез строится поэтапно, начиная с самого молодого. Структуры каждого этажа имеют свою форму, и подошва более молодых этажей является верхней границей распространения пород нижних этажей (как рельеф). Геологические границы нижележащих этажей по возможности трассируются, прослеживаются с учетом их строения под подошвой вышележащих этажей.

Понятие структурного этажа отличается от понятия структурно-геологической (фациальной) зоны. Этажи выделяются на одной площади и отвечают этапам ее геологического развития во времени.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Структурно-фациальные (структурно-формационные) зоны – смежные территории, различающиеся историей геологического развития, разделенные тектоническим несогласием, чаще всего надвигом. Покровы (шарьяжи) приводят к тому, что на площади одной карты могут соседствовать несколько различных структурно - фациальных зон, совмещенных друг с другом вследствие перемещений по крупным разломам (рис. 2.32).



а б

Рис. 2.32. Структурные этажи (а) и структурно-формационные зоны (б)

Контрольные вопросы к 2.2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014


Ай Петри, Крым. Риф

Глава 3
Неслоистые формы залегания осадочных пород

Представление о слое как о плите с идеально плоской кровлей и подошвой и с постоянной мощностью правильно лишь в некотором приближении или при линейной интерполяции разрозненных данных при геометризации недр. Но иногда даже приблизительно невозможно рассматривать осадочное геологическое тело в виде слоя. Тогда говорят о неслоистых формах залегания осадочных горных пород.

1. В слое могут быть ***пережимы*** – участки с уменьшенной толщиной.

2. Иногда слой быстро выклинивается во все стороны, в виде чечевицы – такой слой называется ***линза*** (англ. lens***,*** lenticl, lentil)***.*** Чтобы отнести такую форму залегания к линзе разные авторы указывают различные значения отношения минимального и максимального размеров – от 1:100 до 1:5. Линзовидное выклинивание слоев может происходить по разным причинам:

- неравномерное осадконакопление и возможно полное прекращение этого процесса, иногда в непосредственной близости от тех территорий, где новые слои или линзы такого же материала могут накапливаться;
- изменение состава накапливающегося осадка;
- последующий размыв накопившегося осадка.

Линзы могут иметь различную форму: двояковыпуклые, полулинзы, обращенные вниз (образованные при заполнении осадком впадин), полулинзы, обращенные вверх.

В тех случаях, когда накопление осадков происходит при быстром или изменчивом движении водной или воздушной среды (например, в речных потоках, приливно-отливной полосе моря), или

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

при периодическом поступлении в водоем более грубого материала, образуется линзовидная слоистость (рис. 3.1).

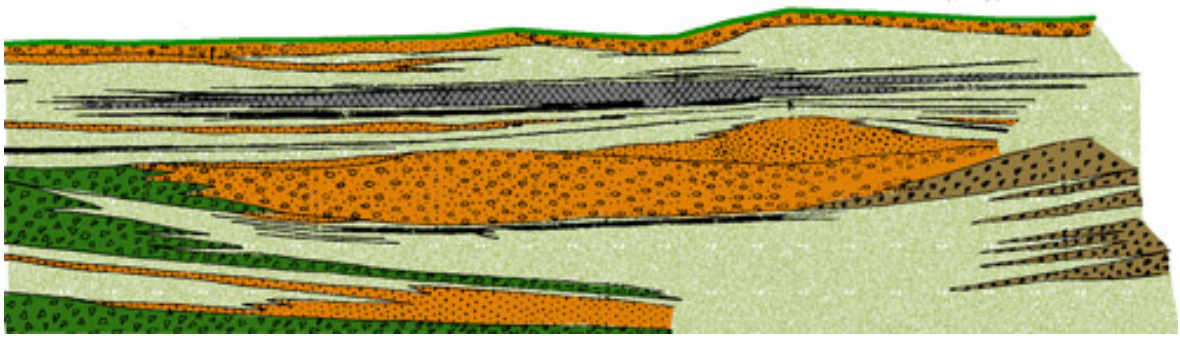


Рис. 3.1. Линзы в толще, заполняющей тектоническую впадину. Зарисовка. Месторождение Сулюкта (по Е.П. Брункс с упрощениями)

Линзообразные вытянутые тела чередующихся, глинистых и песчаных толщ, залегают в погребенном состоянии вдоль континентальных склонов палеоморей. Такие тела называются ***клиноформами*** (рис. 3.2).

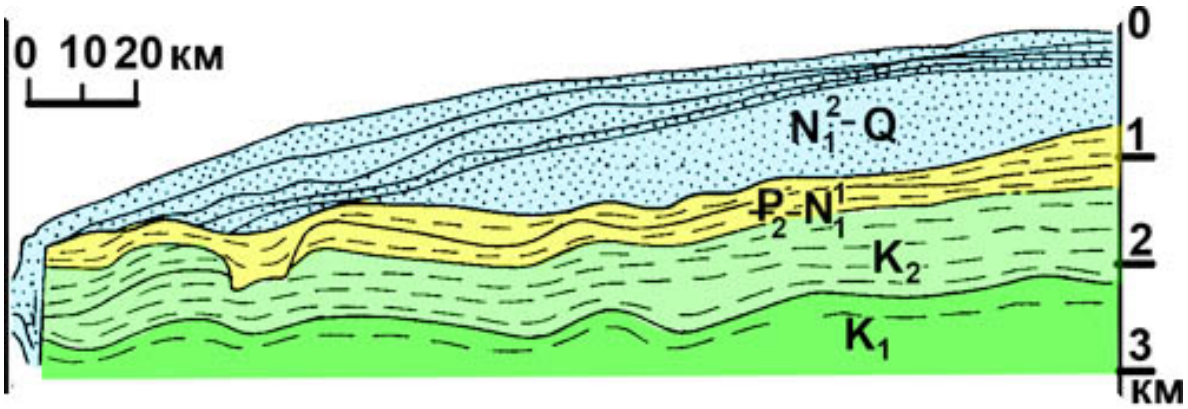


Рис. 3.2. Клиноформы на пассивной окраине Западной Флориды (по Р. Пратту, 1967)

Как правило, они выделяются по отражающим горизонтам на сейсмических профилях. В настоящее время клиноформные отложения считаются одними из наиболее перспективных структур для поисков нефти и газа. Например, в Западной Сибири клиноформное строение имеют неокомские отложения мела.

3. ***Шнурок*** (англ channel deposit, shoe-string deposit) - осадочное геологическое тело, обладающее значительной протяженностью в одном направлении, а в другом быстро выклинивающееся (рис. 3.3).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

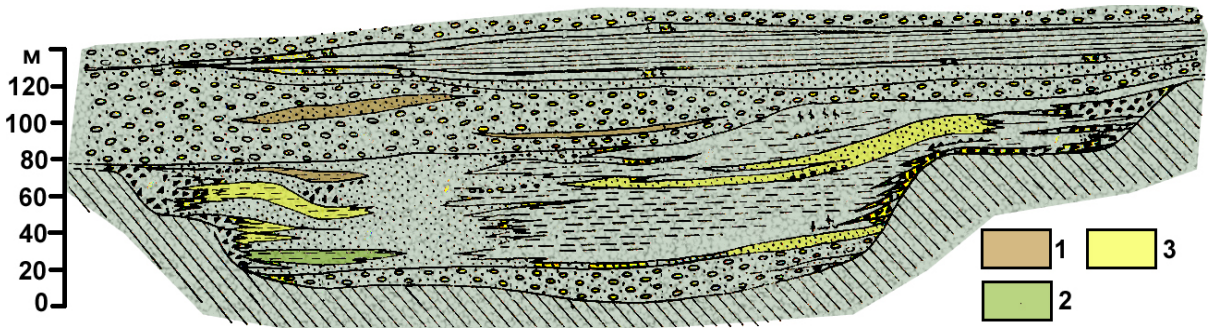


Рис. 3.3. Линзы (1), языки (2) и шнурки (3) (по Е.П. Брункс с изменениями)

В тех случаях, когда шнурок извилистый, его иногда называют *рукавом.* Шнурки и рукава образуются при заполнении осадками долин палеорек и дельт.

4. В условиях вдольбереговых течений развиваются ***бары,*** как правило, сложенные хорошо отсортированными песками тела, напоминающие дюны на суше.

5. Осадочные геологические тела неправильной формы - *языковидные,* ***четковидные и расщепленные***.

6. ***Биогермы*** (постройки, созданные в результате жизнедеятельности живых организмов). В практике геологов это, чаще всего *устричные банки*, *коралловые и водорослевые рифы*. Форма рифов весьма разнообразна. Это могут быть барьерные – вытянутые тела, протягивающиеся на значительные расстояния, и округлые рифы, в том числе и имеющие форму атоллов (рис. 3.4, 3.5).

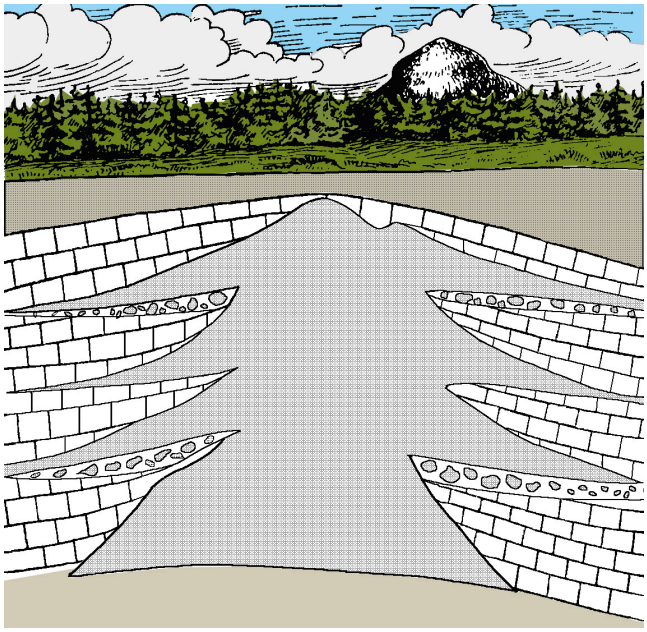


Рис. 3.4. Соотношение погребенного биогерма с вмещающими породами. На горизонте виден отпрепарированный денудацией рифовый массив (по В.А. Апродову)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 3.5. Препарированный денудацией коралловый риф – Стерлитамакский шихан* Тратау (http://nashural.ru/Mesta/sterlitamakskie-shihani.htm)

Рифы могут встречаться поодиночке и в виде ассоциаций. Хотя в целом в строении земной коры биогермы играют незначительную роль, в них сосредоточена значительная часть разведанных запасов углеводородов.

7. ***Кластические дайки*** (англ lode, vein) – редкие, но чрезвычайно эффектные геологические образования впервые описанные А.П.Павловым в Среднем Поволжье. Они представляют собой дайкообразные тела, сложенные осадочными породами (рис. 3.6).





Рис. 3.6. Кластические дайки в карьере в районе г. Карталы, http://geo.web.ru/dynamo/personal/tevelev/qsights.htm

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ширина их колеблется от нескольких миллиметров до нескольких метров, а длина и глубина проникновения в земную кору – от нескольких метров до нескольких километров. Чаще всего кластические дайки сложены песчаниками, реже – конгломератами, аргиллитами и глинами, известняками или мергелями. Вмещающими породами для даек могут служить граниты, гранито-гнейсы, базальты, андезиты или осадочные породы – кремнистые глины, опоки, диатомиты – породы, образующие крупные зияющие трещины. Реже нептунические дайки встречаются в песках, доломитах, каменных углях. Возраст пород, вмещающих кластические дайки, колеблется от архея до кайнозоя, но чаще всего они встречаются в молодых породах – кайнозое и в верхах мезозоя.

Кластические дайки делятся на инъекционные (рис. 3.7) и нептунические (рис. 3.8).

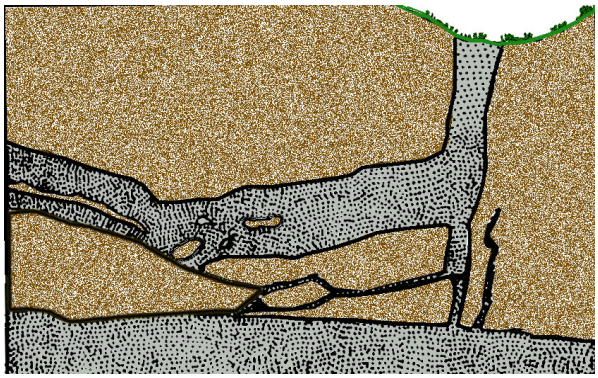


Рис. 3.7. Дайки битуминозного песчаника в миоценовом сланце. Высота разреза примерно 150 м (по Ф. Лахи)

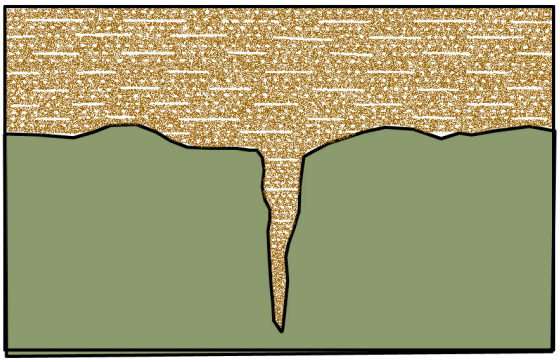


Рис. 3.8. Нептуническая дайка (по Ф. Лахи)

Механизм их образования заключается в заполнении трещин в земной коре инородным материалом. Если более пластичный материал нагнетается снизу, такие дайки называются инъекционными, если затекает сверху, из более молодых отложений – поверхностными, или нептуническими.

Часто породы, слагающие кластические дайки более крепкие, чем вмещающие, меньше подвержены процессам денудации и на поверхности часто имеют вид сильно разрушенных стен.

Контрольные вопросы к главе 3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



http://stmarysbroome.wa.edu.au/home/nature/g_sedimentary_sandstone.jpg

Глава 4 Горизонтальное залегание

4.1. Общее представление о горизонтальном залегании

Залегание, при котором поверхности напластования слоев в целом горизонтальны, называются *горизонтальным залеганием* горных пород или *горизонтальной структурой*. Понятия *простирание и падение* при горизонтальном залегании не имеют смысла, потому, что слой простирается во всех направлениях и никуда не падает (рис. 4.1).

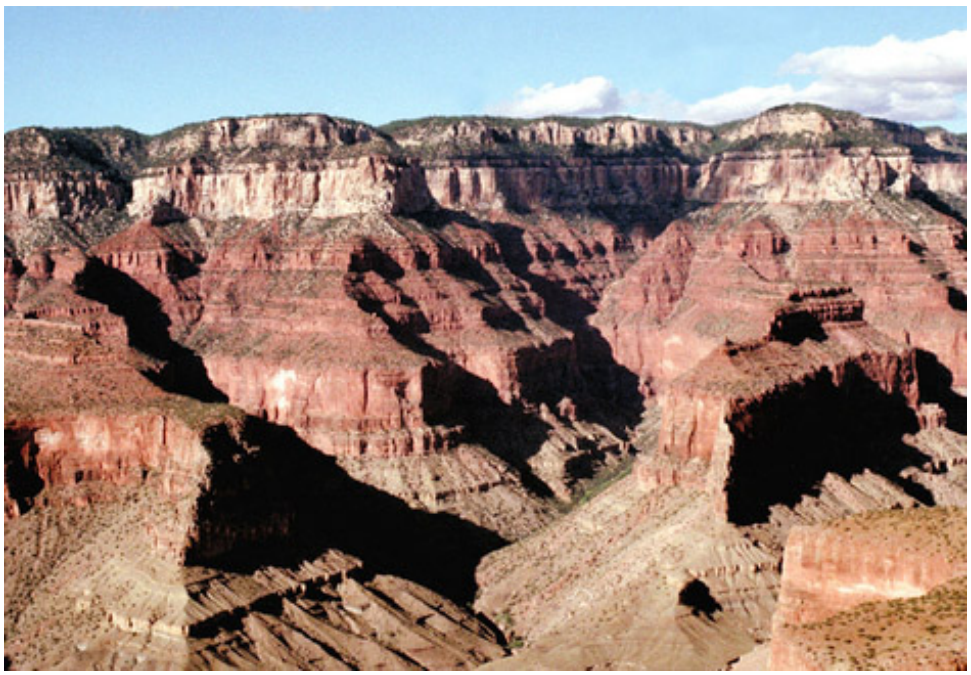


Рис. 4.1. Горизонтальнее залегание осадочных толщ. Большой Каньон (http://images.google.ru/imgres?q)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Горизонтально могут залегать не только осадочные породы, но и лавовые покровы и силлы, (***траппы)**** (рис. 4.2). В рельефе они часто образуют ступенчатые формы рельефа.



Рис. 4.2. Сибирские траппы (http://plate-tectonic.narod.ru/photoalbumsibtrap.html)

Идеально горизонтальных слоев, за редкими исключениями, не бывает - они почти всегда имеют небольшой наклон и неровности. Поэтому горизонтальной обычно называют структуры, углы наклона которых не превышают 3°.

Горизонтально залегающие породы широко распространены в верхней части земной коры. В целом горизонтально залегают, как правило, морские четвертичные и неогеновые отложения. В основном горизонтально лежат осадочные породы, слагающие платформенный чехол. Изредка горизонтальное залегание свойственно и очень древним толщам, например, протерозойским породам овручской серии на Русской платформе. Отдельные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

фрагменты горизонтально залегающих толщ встречаются повсеместно.

При переходе от малых структурных форм к более крупным, при изучении структур в более мелком масштабе, они, в общем, оказываются все более пологими и роль горизонтального залегания в общей структуре региона возрастает.

Геологу-нефтянику важны даже незначительные наклоны слоев, так как флюиды (нефть, газ, вода) могут перемещаться в сторону падения (вода), или восстания (нефть, газ) даже тогда когда наклоны меньше чем 1°. Поэтому геологи-нефтяники относят такие структуры к наклонным, когда обычный геолог посчитает залегание горизонтальным. Чтобы сделать разрезы таких структур более выразительными, при их изображении значительно (иногда в десятки и сотни раз) преувеличивают вертикальный масштаб относительно горизонтального масштаба.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

4.2. ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ЗАЛЕГАНИЕ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ, РАЗРЕЗАХ И МАТЕРИАЛАХ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК

При горизонтальном залегании абсолютные отметки геологических границ приблизительно одинаковы и поэтому на геологической карте они изображаются линиями, параллельными горизонталям рельефа (рис. 4.3).

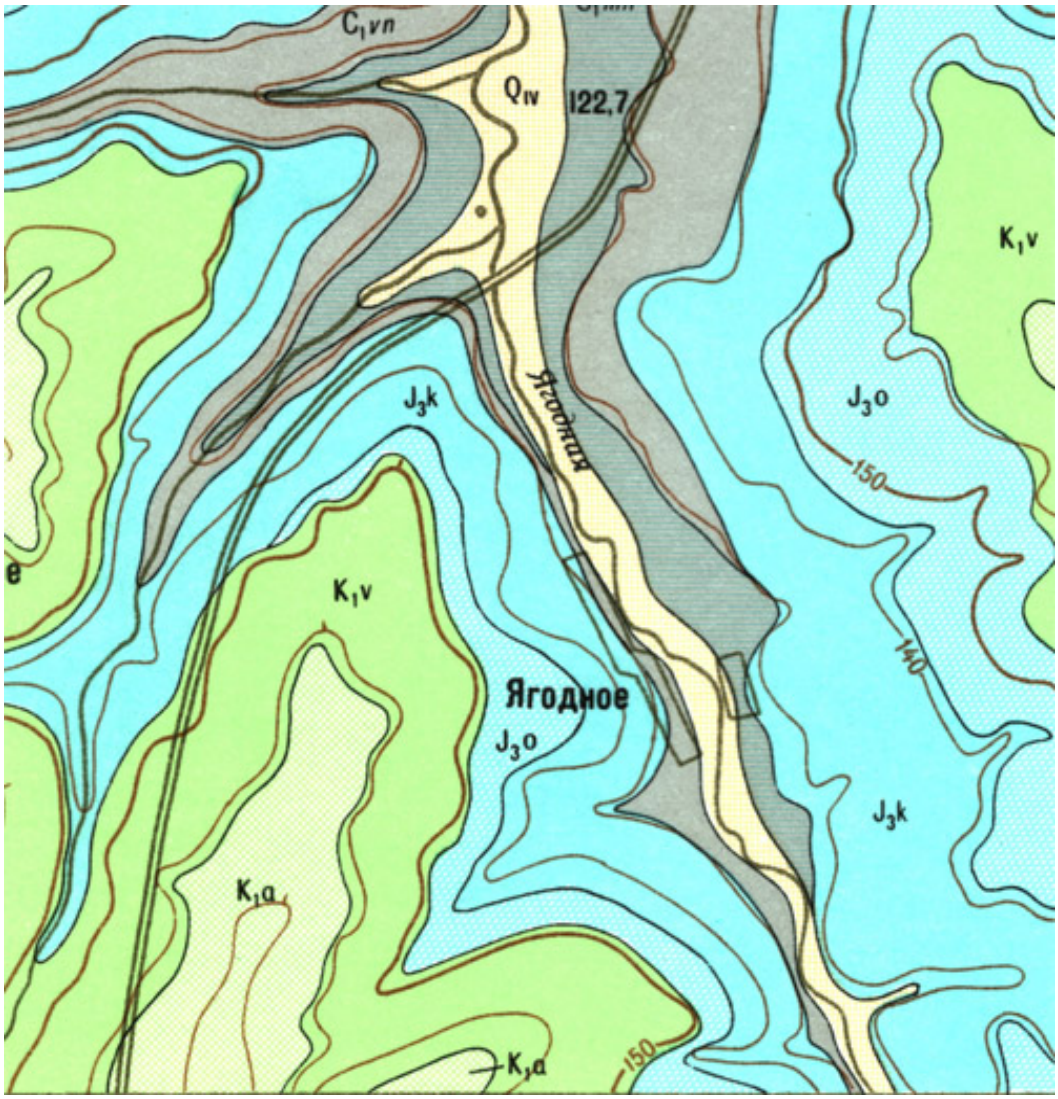


Рис. 4.3. Фрагмент учебной геологической карты горизонтально залегающих толщ

При горизонтальном залегании каждый нижележащий слой древнее вышележащего, поэтому в пониженных частях

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

рельефа располагаются более древние породы, а на возвышенностях – более молодые (рис. 4.4).

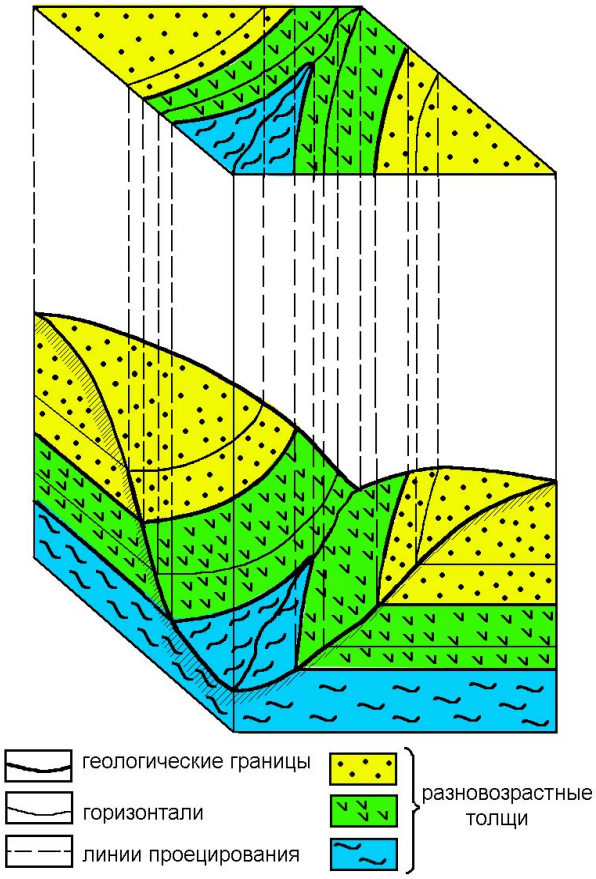


Рис. 4.4. Изображение на геологической карте горизонтально залегающих пород (наверху), вскрытых на сильно пересеченной местности (внизу) (по В.А. Апродову с изменениями)

Если на геологической карте отсутствуют изолинии рельефа, горизонтальное залегание можно установить, предположительно, по распространению молодых отложений на водораздельных поверхностях, а более древних – на склонах и в долинах рек. При этом геологические границы будут отражать изгибы рельефа. Если мощность пород превосходит относительные превышения рельефа, то геологические границы на дневной поверхности наблюдаться не будут (рис. 4.5). Условный знак горизонтального залегания слоев - это прямой симметричный крест со сторонами 4 мм.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

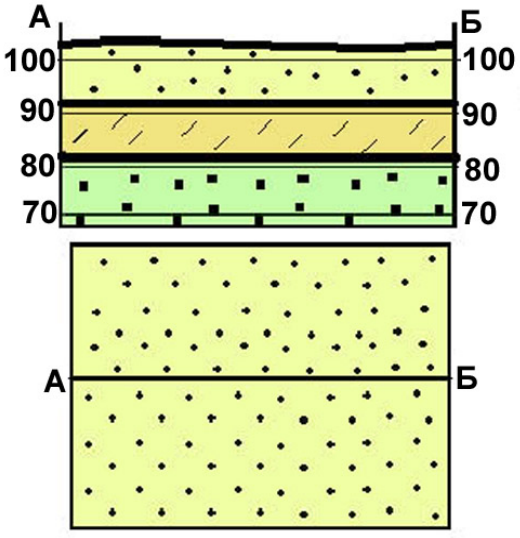
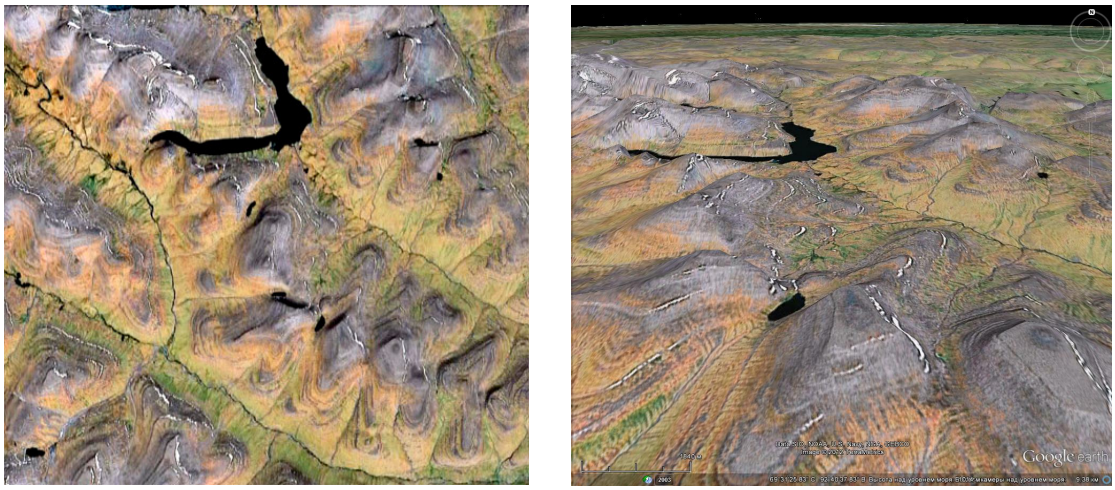


Рис. 4.5. Разрез (вверху) и геологическая карта (внизу) горизонтально залегающих слоев при плоском рельефе

Особенности рельефа на площадях развития горизонтально залегающих толщ обычно определяются различной сопротивляемостью пород к выветриванию. Более прочные слои образуют бронирующие горизонты, состоящие из выровненных поверхностей и обрывов, по одинаковой высоте кромок которых бывает легко распознать горизонтально залегающие толщи (рис. 4.6 а, б).



а б

Рис. 4.6. Горизонтально залегающие толщи на космическом изображении: а – плановое изображение, б – перспективное изображение. Плато Путорана. Google «Планета Земля»

Если в разрезе горизонтально залегающих толщ чередуются более стойкие и менее стойкие к выветриванию толщи, на склонах формируются характерные ступенчатые

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

формы рельефа (рис. 4.7), а вершины образуют сравнительно плоские столовые горы (рис. 4.8).

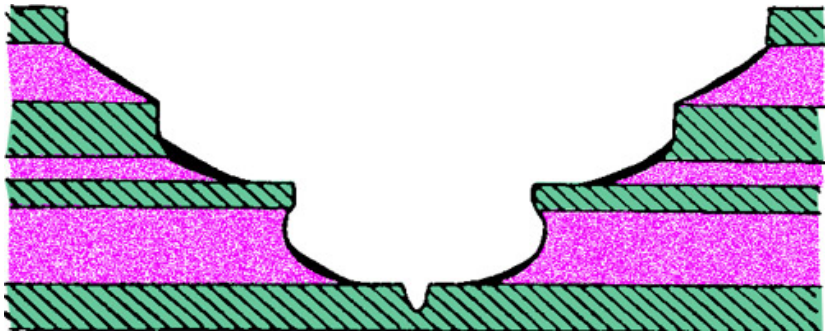


Рис. 4.7. Поперечный разрез долины, прорезающий пачку пластов различной устойчивости. Зеленые пласты выветриваются медленнее, чем сиреневые, поэтому образуются уступы. Если нестойкие к выветриванию породы имеют небольшую толщину, они могут быть полностью перекрыты рыхлым материалом делювиальных отложений (черное) (по Ф. Лахи)

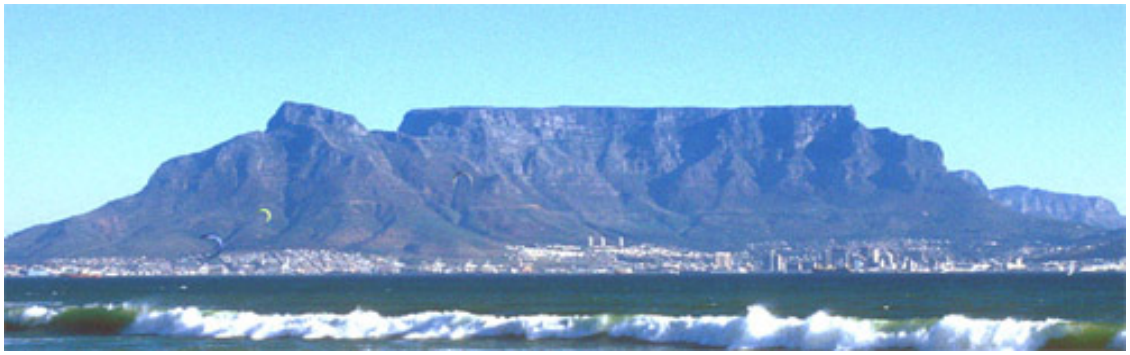


Рис. 4.8. Столовая гора. Южная Африка, Кейптаун

На аэрофотоснимках территорий с расчлененным рельефом и контрастным обликом слоев горизонтальное залегание дешифрируется по прослеживанию *фотомаркирующих горизонтов по одному гипсометрическому уровню*. Фотомаркирующими горизонтами могут служить слои, отличающиеся от окружающих по фототону, фоторисунку, рельефу. Фототон слоев может быть обусловлен их цветом (например, светлые известняки и темные песчаники), увлажненностью (например, чередование глин и алевролитов образует слои проницаемых и непроницаемых для воды слоев, поэтому на алевролитах часто растительный покров более развит), наличием

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

определенной растительности. Например, на севере Восточной Сибири, на территории распространения траппов чередуются горизонтально залегающие черные базальты и серые эффузивно-осадочные породы. На базальтах ничего кроме яблочно-зеленого, почти белого лишайника ягеля не растет, поэтому он выглядит светлым, почти белым. А на слоях эффузивной толщи развивается сравнительно плодородный слой, на котором растет карликовая березка, кедровый стланик и другая растительность, формирующая более темный фототон.

Фоторисунок может быть обусловлен различной слоистостью и составом пород. В случае плоского нерасчлененного рельефа на поверхность выйдет один и тот же слой, который отдешифрируется однородным, иногда пятнистым фоторисунком. Как правило, при горизонтальном залегании на плоском рельефе формируется древовидный, или решетчатый (отражающий основные системы трещин) рисунок гидросети (рис. 4.9).

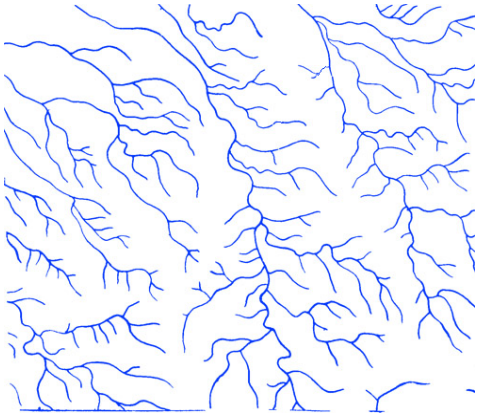


Рис. 4.9. Дендритовидный рисунок гидросети

Геометрически построение геологической карты (среза) горизонтально залегающих слоев сводится к нахождению линии пересечения топографической поверхности (рельефа местности, изображенного горизонталями) с горизонтальными плоскостями (геологическими границами). В геометрическом смысле та же самая задача стоит перед геологом-нефтяником при построении линии пересечения водонефтяного, или газонефтяного контакта с кровлей нефтеносного пласта.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Плоскость пересекается с топографической поверхностью там, где совпадают их одновысотные отметки.

Поэтому построение геологической карты горизонтально залегающих слоев сводится к нахождению линии их пересечения с рельефом. Структурную карту горизонтально залегающих толщ, вообще говоря, построить невозможно**,** потому что структурная карта это совокупность линий пересечения изображаемого геологического тела с горизонтальными плоскостями, а горизонтально залегающие слои с горизонтальными плоскостями пересечься не могут**.** Однако в нефтегазовой геологии зачастую приходится иметь дело с такими небольшими углами залегания, что для геологов других специализаций они воспринимаются как горизонтальные, тогда как нефтяники видят в них наклонные и складчатые структуры и строят по ним структурные карты.

Построение геологического разреза горизонтально залегающих слоев сводится к построению топографического профиля местности и проведению на нем горизонтальных геологических границ на соответствующей высоте. Подробнее описание методики выполнения этой работы приведено в ***12.1***.

Ширина выхода слоя на земную поверхность (видимая мощность) зависит от истинной мощности (чем больше истинная мощность, тем больше и ширина выхода) и от угла наклона рельефа. Чем положе рельеф – тем больше видимая мощность. При плоском горизонтальном рельефе она может стать бесконечной. Если рельеф крутой, видимая мощность уменьшается и при вертикальном обрыве видимая мощность становится равна истинной, а ширина выхода становится нулевой величиной. Для того чтобы показать такие толщи на карте, приходится прибегать к условному их показу толщиной 1-2 мм, смещая границы относительно истинного их положения.

Для закрепления материала перейдите ***по ссылке*** и выполните упражнения.

Контрольные вопросы к 4.2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



http://www.ecosystema.ru/07referats/slovgeo/img/395.jpg

Глава 5
Наклонное залегание

5.1. Общее представление о наклонном залегании

В тех случаях, когда залегание горных пород можно представить в виде наклонной плоскости, говорят о наклонном или *моноклинальном* (μονο – греч. один) залегании. В старой геологической литературе можно встретить также термин *гомоклинальное* (γομογεηοσ - однородный) залегание (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Наклонное залегание известняков. Урал (http://klif.nm/ru/f7.htm)

Структурная форма, имеющая моноклинальное залегание в пределах значительных (больше площади рассмотрения) территорий называют *моноклиналью* или *моноклинальной структурой*.

Моноклинали характерны для районов, где первоначально горизонтально залегающие толщи вовлечены в неравномерные неотектонические поднятия или погружения на периферии плит - центральное Предкавказье (Лабино-Малкинская моноклинальная зона), Южный Крым и другие. С пологими моноклиналями связано формирование особых форм рельефа – ***куэст**** (исп. cuesta – обрыв, склон горы), один склон которых крутой, срезающий пласты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

(аструктурный), а другой - пологий, совпадающий с напластованием пород и соответствующий углу падения слоев (структурный). Куэсты образуются в результате избирательной денудации толщи, сложенной рыхлыми и прочными породами, образующие бронирующие поверхности (рис. 5.2 а, б).



а



б

Рис. 5.2. Куэсты: а – Крым, окрестности Бахчисарая (фото О.А. Буслиной), **б – Римская стена (стена Адриана) на границе Англии и Шотландии** (www. Ecosystema.ru)

В случае более крутого залегания в рельефе образуются моноклинальные гребни, или даже пики (рис. 5.3 а, б).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



а



б

Рис. 5.3. Формы рельефа моноклинально залегающих толщ
а - моноклинальные гребни (Памир, из коллекции А.В. Тевелева), б - моноклинальные пики (пик Лейла, http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/907287)

Куэсты, и моноклинальные гряды, сопровождаются и асимметричными моноклинальными долинами (рис. 5.4).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 5.4. Поперечный асимметричный разрез долины, **образованный из-за размыва менее стойких пород** (по Ф. Лахи с дополнениями и изменениями)

По направлению падения слоев возраст пород становится моложе, как это видно на рис. 5.4.

В геометрическом смысле любую структурную форму можно рассматривать как комбинацию горизонтального и наклонного залеганий. Предельным случаем наклонного является вертикальное залегание. Наклонное залегание как геометрическая форма – наиболее распространенная структура в земной коре. Именно для изображения наклонного залегания и были введены понятия «падение» и «простирание». В полевой геологии элементы залегания замеряются горным компасом ***(Приложение 1)*** Для определения элементов залегания используются и другие структурно-геологические построения, описанные в 10.1.6, 10.1.7. Там же можно поупражняться в построениях, сделав задания и выполнив упражнения.

Условный знак наклонного залегания представляет собой Т - образную фигуру, представляющую собой комбинацию двух штрихов. Основание - короткий (2 мм по ГОСТу) штрих с направлением, соответствующим направлению падения слоя, перекладина, длиной 4 мм - направлению простирания. Этот знак сопровождается углом падения, записанным цифрами в градусах. Знак "°" не ставится.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

5.2. ИЗОБРАЖЕНИЕ НАКЛОННОГО ЗАЛЕГАНИЯ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ И МАТЕРИАЛАХ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК. ПЛАСТОВЫЕ ТРЕУГОЛЬНИКИ

На геологической карте наклонно залегающие слои выглядят по-разному в зависимости от угла наклона и характера рельефа рис. 5.5.

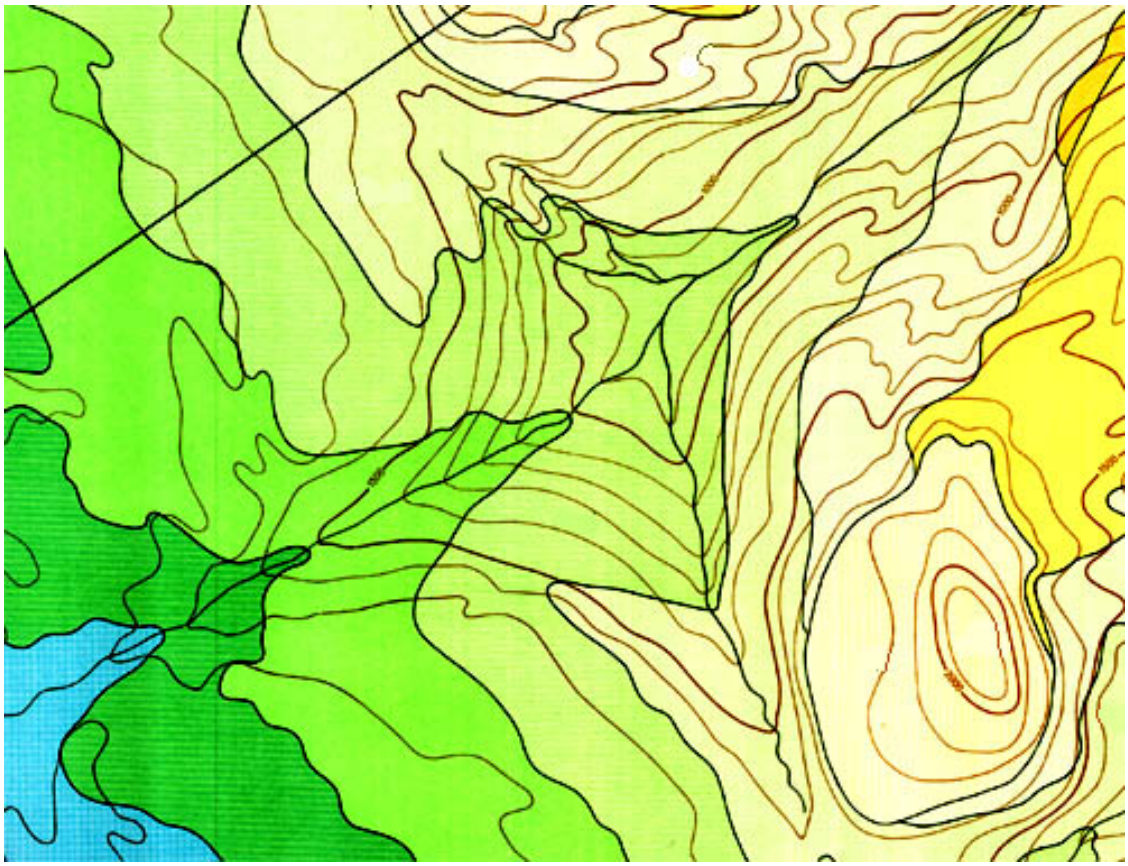


Рис. 5.5. Фрагмент учебной геологической карты с моноклинальным залеганием слоев

При плоском рельефе наклонные пласты изобразятся в виде полос, ширина которых зависит от мощности слоев и угла их наклона – чем положе наклон, тем шире полоса. При этом в направлении падения обнажаются все более молодые толщи. При вертикальном залегании ширина выхода равна истинной мощности пласта и понятие "направление падения" теряет смысл. Простирание слоев соответствует простиранию полосы, а по падению выходят полосы, соответствующие все более

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

молодым породам. При расчлененном рельефе границы наклонных выходов пластов изгибаются, и чем положе падают слои, тем большее влияние на конфигурацию границ оказывает рельеф, тем больше породы «слушаются» рельефа. Если наклонно залегающий пласт падает вкрест простирания долины крупной реки с многочисленными притоками, то очертания границ пластов напоминают пилообразную линию, с зубцами, направленными вкрест простирания. Эти треугольники – зубцы называют *пластовыми треугольниками* (рис. 5.6).

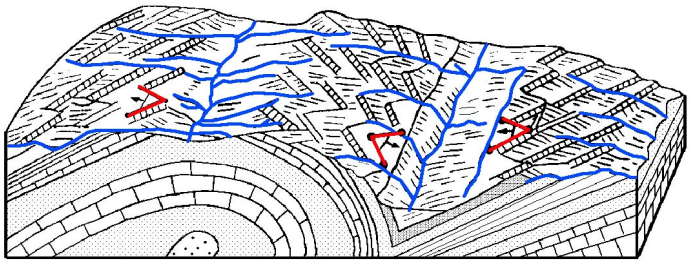


Рис. 5.6. Блок-диаграмма, иллюстрирующая образование пластовых треугольников (по И.И. Краснову)

На рис. 5.7 показана зависимость между наклоном слоя и формой пластовой фигуры в плане (А) и в разрезе (Б).

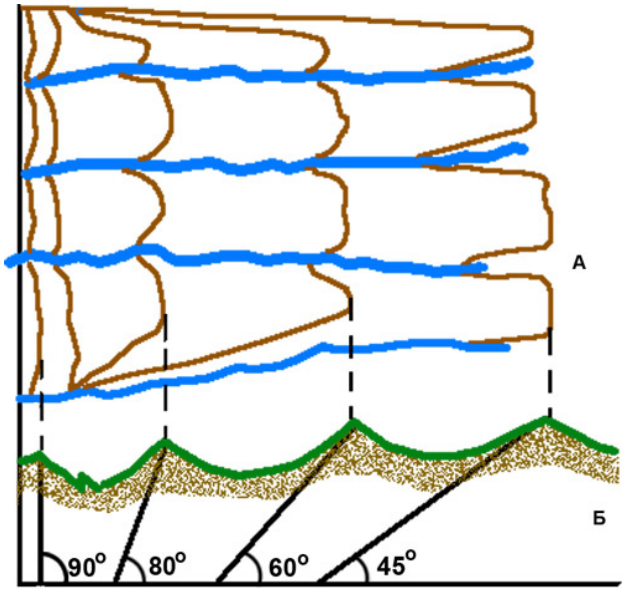


Рис. 5.7. Зависимость вытянутости пластовых треугольников от угла наклона слоев в плане (А) и разрезе (Б) (по В.А. Апродову)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Чем положе залегают слои, тем выразительнее пластовые треугольники, а чем круче – тем меньшего размера оказываются зубцы. В случае вертикального залегания слоев, понятие падения утрачивает смысл - пластовые треугольники на геологической карте или снимке отсутствуют, а граница пласта превращается в линию. В зависимости от топографии местного водораздела пластовый треугольник может превратиться в "пластовую трапецию".

В пластовых треугольниках всегда можно определить элементы залегания по трем высотным точкам.

Соотношение геологических границ и горизонталей рельефа у пластовых треугольников различно, в зависимости от того, как соотносятся между собой рельеф и слой (рис. 5.8).

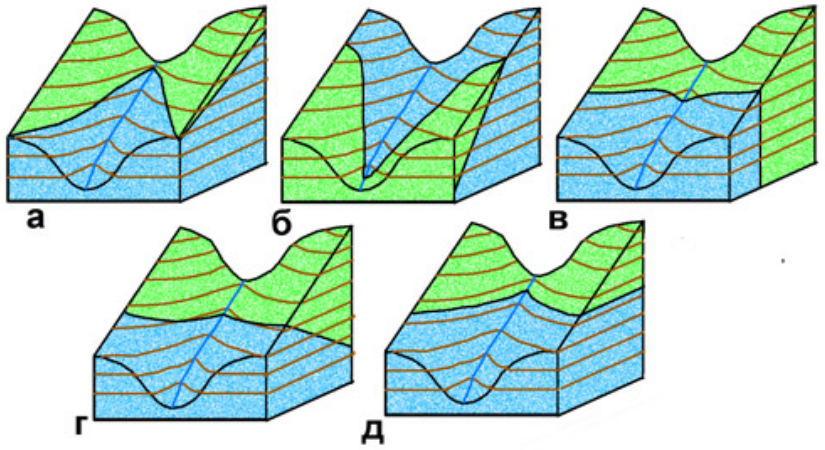


Рис. 5.8. Схема, изображающая направление границ, проходящих через долину: а и б – граница падает в ту же сторону, что рельеф, в – граница вертикальна, г – граница падает в сторону, противоположную рельефу, д – граница горизонтальна (по Э. Гринли и Х. Вильямсу)

1. Рельеф и слой падают в одну и ту же сторону:

а) рельеф круче, чем граница. В этом случае, зубцы, образованные горизонталями, однонаправлены зубцам, образованным пластовыми треугольниками. В долинах рек зубцы ориентированы по восстанию слоя (рис. 5.8, а);

б) рельеф положе, чем слой. В этом случае, зубцы, образованные горизонталями так же, как и в предыдущем

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

случае, имеют очертания, противоположные зубцам, образованным пластовыми треугольниками. В долинах рек зубцы ориентированы по падению слоя (рис. 5.8, б).

2. Рельеф и слой падают в разные стороны. В этом случае, зубцы, образованные горизонталями, имеют очертания противоположные зубцам, образованным пластовыми треугольниками. В долинах притоков рек зубцы ориентированы по падению слоя (рис. 5.8, г).

Два предельных случая - горизонтальное и вертикальное залегание приведены на рис. 5.8.в и г.

На *структурных картах* моноклинальное залегание изображается в виде системы параллельных прямых с одинаковым заложением. Величина заложения тем больше, чем положе залегает слой.

На геологических разрезах наклонное залегание изображается наклонными прямыми линиями, величина наклона соответствует углу падения слоев только в разрезах, ориентированных вкрест простирания слоёв. Чем сильнее направление разреза отличается от направления падения, тем положе изобразятся углы. Скорректировать угол можно пользуясь формулой

$$tg\ \varphi = tg\ \alpha\ \cos\gamma$$

где φ – угол падения пласта в косом сечении (видимый, или скорректированный угол); α – истинный (исходный) угол падения пласта; γ – угол между линией геологического разреза и азимутом падения пласта).

Если линия геологического разреза параллельна простиранию слоёв, то на таком разрезе наклонное залегание невозможно отличить от горизонтального залегания.

На детальных материалах дистанционных съемок территорий с расчлененным рельефом и контрастным обликом слоев наклонное залегание хорошо выделяется зубчатыми линиями, отражающими пластовые треугольники (рис. 5.9).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

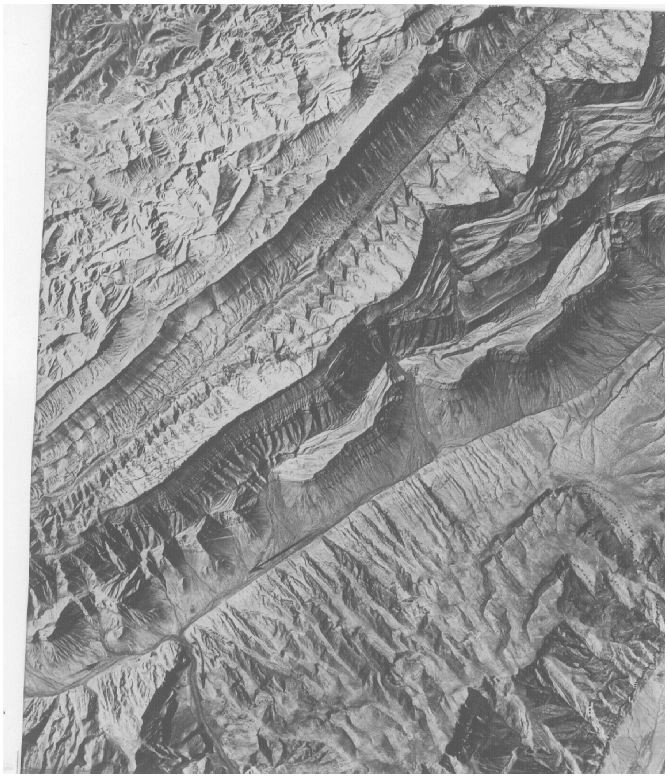


Рис. 5.9. Аэрофотоснимок территории с наклонно залегающими слоями

Даже если территория полностью закрыта лесом, и четвертичными отложениями, распознать моноклинальное залегание бывает просто потому, что на нем формируется так называемый «шпалерный» рисунок гидросети. Долины закладываются преимущественно по простиранию пород. Вкрест простирания закладываются притоки, причем по падению – более протяженные, а по восстанию короткие и частые (рис. 5.10, а, б).

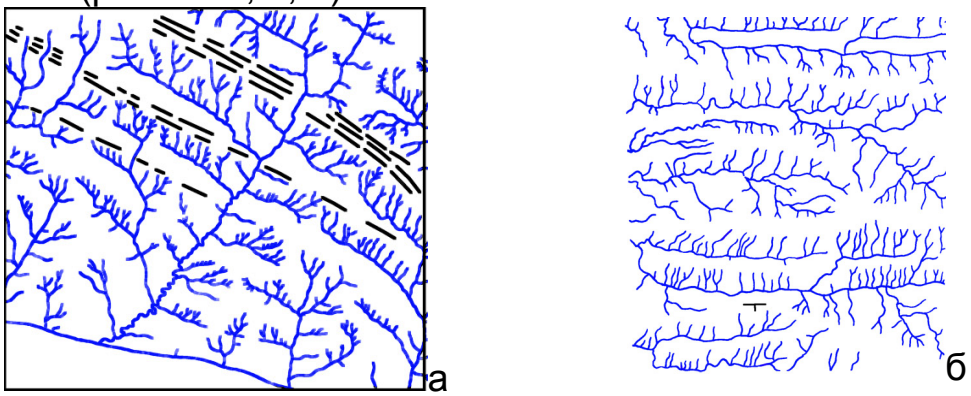


Рис. 5.10. Характерный шпалерный рисунок гидросети, развивающийся на моноклиналях. Длинные долины развиваются по падению слоев, короткие – по восстанию

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На р е г и о н а л ь н ы х и з о б р а ж е н и я х моноклиналь обычно изображается параллельно-полосчатым фоторисунком, отражающим простирание слоев (рис. 5.11).

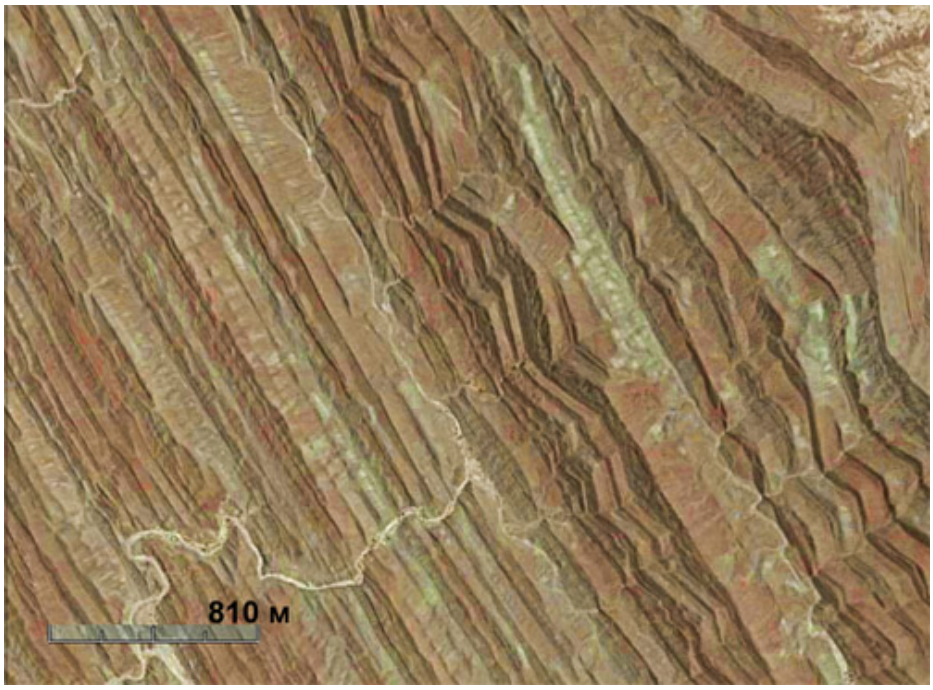


Рис. 5.11. Моноклинальное залегание слоев. Google «Планета Земля». 27º36’ С.Ш., 60º 37’ В.Д.

М о щ н о с т ь н а к л о н н ы х с л о е в . Истинная мощность при наклонном залегании - это длина отрезка, проведенного между кровлей и подошвой в перпендикулярном направлении. Мощность наклонно залегающих слоев вычисляется из тригонометрических соотношений и описывалась ранее в разделе, посвященном характеристике слоев. Напомним только, что чем ближе элементы залегания слоя к элементам залегания рельефа, тем шире, при прочих равных условиях, будет выход данного слоя на дневную поверхность.

Геологические построения, связанные с моноклинальным залеганием приведены в части II. Закрепить знания и приобрести умения связанные со структурными построениями и анализом геологических чертежей наклонного залегания можно, сделав задания, и выполнив упражнения. Для этого перейдите по ***ссылке.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

5.3. РОЛЬ НАКЛОННО ЗАЛЕГАЮЩИХ СЛОЕВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ

Любому геологу-нефтянику известно, что в недрах Земли нефть и газ, как правило, встречаются вместе с водой. Эта водогазонефтяная смесь – флюиды мигрирует по порам и трещинам проницаемых пород из области высокого давления в сторону более низкого давления, пока не встретит на своем пути какое-либо препятствие. На ничем не осложненных наклонно залегающих толщах структурных препятствий, ловушка для нефти и газа не образуется. Моноклиналь должна быть чем-нибудь осложнена. Таким осложнением могут быть:

- фациальное замещение проницаемых пород непроницаемыми (рис. 5.12);

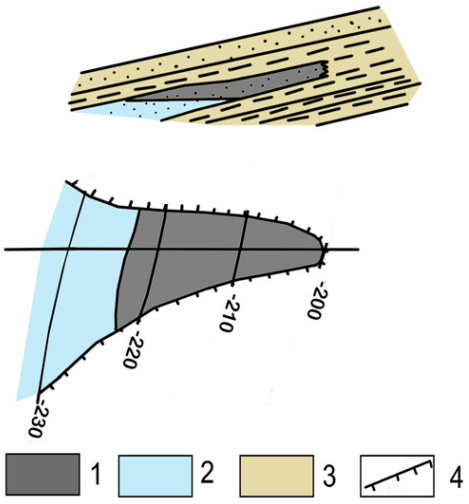


Рис. 5.12. Ловушка, образованная в результате фациального замещения пласта-коллектора, залегающего моноклинально: 1 – нефть, 2 – вода в пласте-коллекторе, 3 – непроницаемые породы, 4 – линия фациального замещения

- выклинивание проницаемых слоев (рис. 5.13),

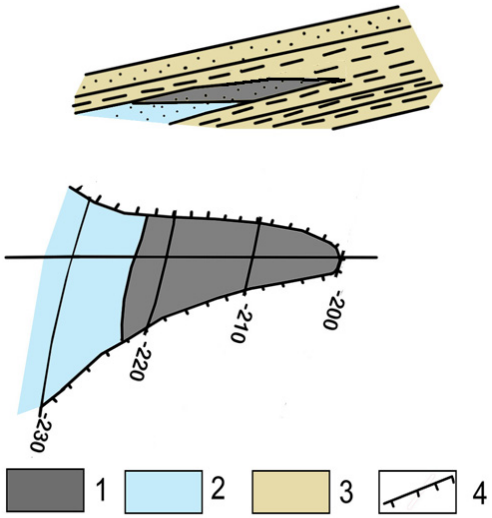


Рис. 5.13. Ловушка, образованная в результате выклинивания пласта-коллектора, залегающего моноклинально: 1 – нефть, 2 – вода в пласте-коллекторе, 3 – непроницаемые породы, 4 – линия выклинивания

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- пликативное осложнение моноклинали, рассмотренное далее,

- пересекающиеся разломы (рис. 5.14).

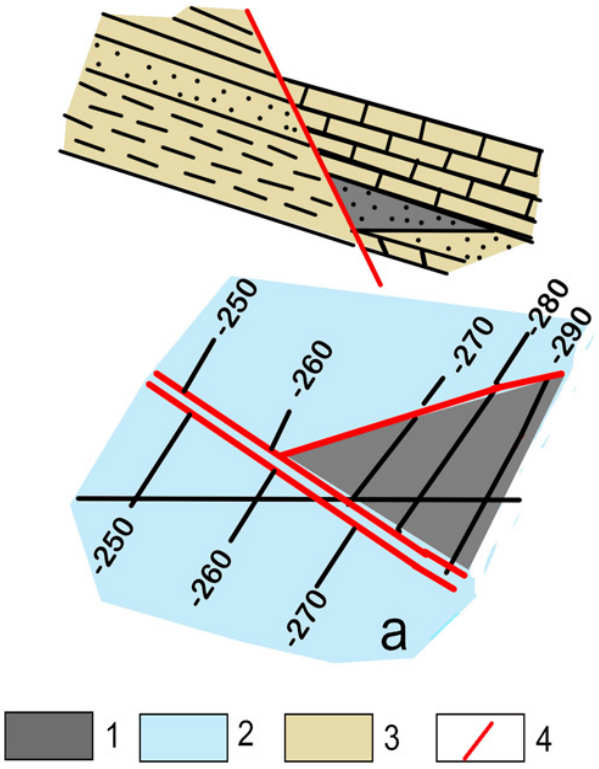


Рис. 5.14. Ловушка, образованная в результате экранирования пересекающимися разломами пласта-коллектора, залегающего моноклинально: 1 – нефть, 2 – вода в пласте-коллекторе, 3 – непроницаемые породы, 4 – разломы

Контрольные вопросы к 5.3.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 6
Пликативные структуры (дислокации)

Буквально - *пликативный* (plicatus) – складчатый. Обычно к пликативным структурам относят разнообразные изгибы - флексуры, структурные носы и заливы, седла, складки. Пликативные структуры встречаются повсеместно, образуя как изолированные формы, так и их парагенезисы. Размеры их колеблются от миллиметров до сотен и тысяч километров, также разнообразны и их происхождение и возраст. Следует различать возраст участвующих в пликативной дислокации пород и возраст деформации, которая может быть неоднократной. По этой характеристике выделяются ***конседиментационные***, образованные одновременно с осадконакоплением структуры и ***постседиментационные***, сформированные после накопления осадков. Постседиментационные структуры имеют одинаковые мощности и литологический состав вдоль слоя, тогда как у конседиментационных мощность слоев в приподнятых частях уменьшается, иногда до полного выклинивания, литологический состав пород более грубый. Возраст постседиментационных структур определяется по следующему правилу:

структура моложе самых молодых пород, затронутых нарушениями, и древнее самых древних, не затронутых нарушениями.

Для геологов-нефтяников удобно использовать геометрическую классификацию пликативных структур (табл. 6.1), основанную на замкнутости очертаний их стратоизогипс. Такая классификация отвечает на вопрос о том, могут ли они образовывать самостоятельные ловушки для нефти и газа структуры.

Таблица 6.1. **Классификация пликативных структур**

Пликативные структуры		
Незамкнутые (не образуют ловушек)	Полузамкнутые (могут образовывать незначительные ловушки)	Замкнутые (могут образовывать ловушки)
Флексуры	Структурные носы, структурные заливы, седла	Складки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.1. ФЛЕКСУРЫ - НЕЗАМКНУТЫЕ ПЛИКАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ

Незамкнутые структурные формы (*флексуры*, от лат. flexsura – изгиб) – коленообразно изогнутые в разрезе слои. Они часто встречаются как локальное осложнение моноклиналей или горизонтально залегающих слоев.



Рис. 6.1. Флексура в породах олигоцена, побережье Охотского моря, Западная Камчатка. ftlab.ginras.ru

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.1.1. Элементы и виды флексур

Элементы флексуры. Во флексурах выделяются: (рис. 6.2): верхнее (поднятое) крыло, нижнее (опущенное) крыло, смыкающее (соединительное) крыло, высота (амплитуда). Линия перегиба крыльев называется шарниром флексуры.

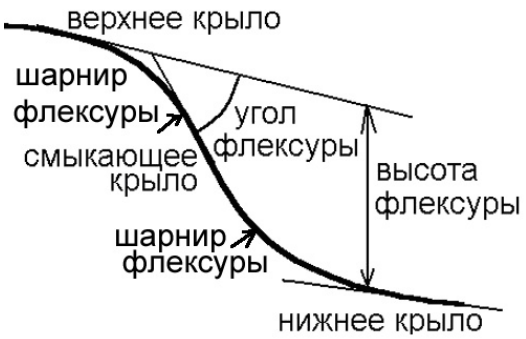
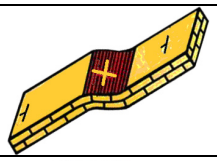
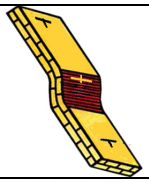
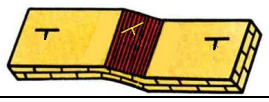


Рис. 6.2. Элементы флексуры

Классификация флексур. Флексуры различаются по ориентировке крыльев и по соотношениям верхнего и нижнего крыла (табл. 6.2).

Таблица 6.2. **Классификация флексур по соотношениям наклонов крыльев**

Название флексуры	Характеристика флексуры	Рисунок
Согласная	Крылья падают в одну сторону	
Несогласная	Крылья падают в разные стороны	
Структурная терраса	Смыкающее крыло горизонтально	
Горизонтальная	Верхнее и нижнее крылья горизонтальны	
Вертикальная	Смыкающее крыло вертикально	
Наклонная	Крылья наклонены, шарнир наклонен	

Существуют и другие названия приведенных видов флексур.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На платформах элементы залегания верхнего и нижнего крыльев обычно одинаковы, в складчатых областях бывают различными. Изредка в наклонных структурах встречаются осложнения, представляющие собой флексурообразные изгибы, развитые в горизонтальной плоскости. Они называются *сигмоиды* и обычно представляют собой пликативное осложнение, или сопровождение сдвига.

На разрезе, построенном по простиранию флексур, их невозможно отличить от горизонтально залегающих толщ.

Важной характеристикой флексуры, как геологического тела, является соотношение времени осадконакопления и деформации. По этому признаку флексуры разделяются на *конседиментационные и постседиментационные.* В конседиментационных флексурах осадконакопление происходит одновременно с ее образованием, а в постседиментационных деформация происходит после образования толщи. Конседиментационные флексуры обычно значительно больше по размерам, чем постседиментационные.

Признаки, по которым можно различить постседиментационные и конседиментационные флексуры, приведены в табл. 6.3. По ним можно различать и другие конседиментационные дислокации от постседиментацонных.

Таблица. 6.3. **Отличительные признаки конседиментационных и постседиментационных флексур.**

Признаки флексур	Конседиментационные	Постседиментационные
Мощность	Максимальные в опущенном крыле, минимальные - в смыкающем крыле	Не отличается
Фациальный состав	Тонкообомочные, глинистые и карбонатные породы в опущенном крыле. Грубообломочные и рифовые фации в смыкающем крыле, грубообломочные фации в поднятом крыле.	Не отличается
Полнота разреза	Наиболее полная в опущенном крыле, с перерывами в поднятом крыле	Одинаковая
Распределение напряжений	Сосредоточены исключительно в смыкающем крыле	Имеет различную природу в кровле и подошве деформируемых слоев

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На рис. 6.3. изображена конседиментационная флексура.

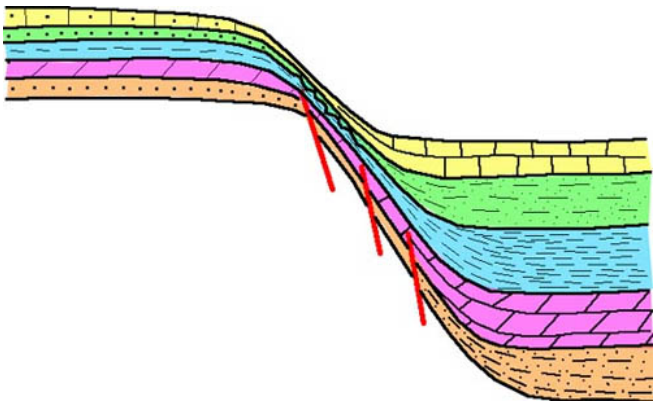


Рис. 6.3. Конседиментационная флексура (по А.Е. Михайлову, 1973)

На рис. 6.4 приведен разрез флексуры, перемещения которой начались в послепермское время, вниз по разрезу она переходит в разлом.

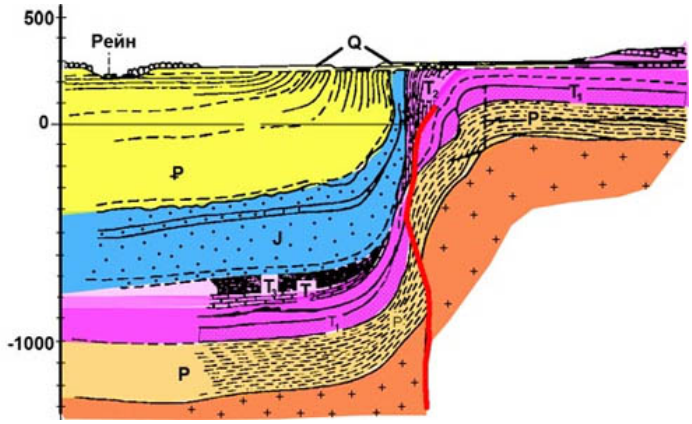


Рис. 6.4. Постседиментационная флексура в слоях юрского и палеогенового возраста, отражающая движения по сбросу в кристаллическом фундаменте. Разрез через долину Рейна у Базеля. (По Гейму)

Геологические условия распространения и размеры флексур. Флексуры распространены, главным образом, в осадочном чехле платформ, особенно на их окраинах. Часто флексуры встречаются как осложнение моноклиналей или горизонтально залегающих слоев. По простиранию они распространяются на десятки километров, а вертикальная амплитуда их смыкающих крыльев составляет десятки и сотни метров.

По простиранию, и по разрезу флексуры либо выполаживаются и переходят в моноклиналь, либо смещаются разломом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.1.2. Флексуры на геологическх чертежах

На геологических картах флексуры выглядят как комбинации наклонного залегания с различным углом залегания по падению слоев. Все случаи взаимного положения слоев и рельефа были разобраны при описании наклонного залегания в предыдущем разделе.

На структурных картах флексуры изобразятся в виде системы параллельных прямых с различным заложением. Величина заложения тем больше, чем положе залегает слой. На рис. 6.5 приведены изображения согласной и несогласной флексур на разрезах, структурных и геологических картах.

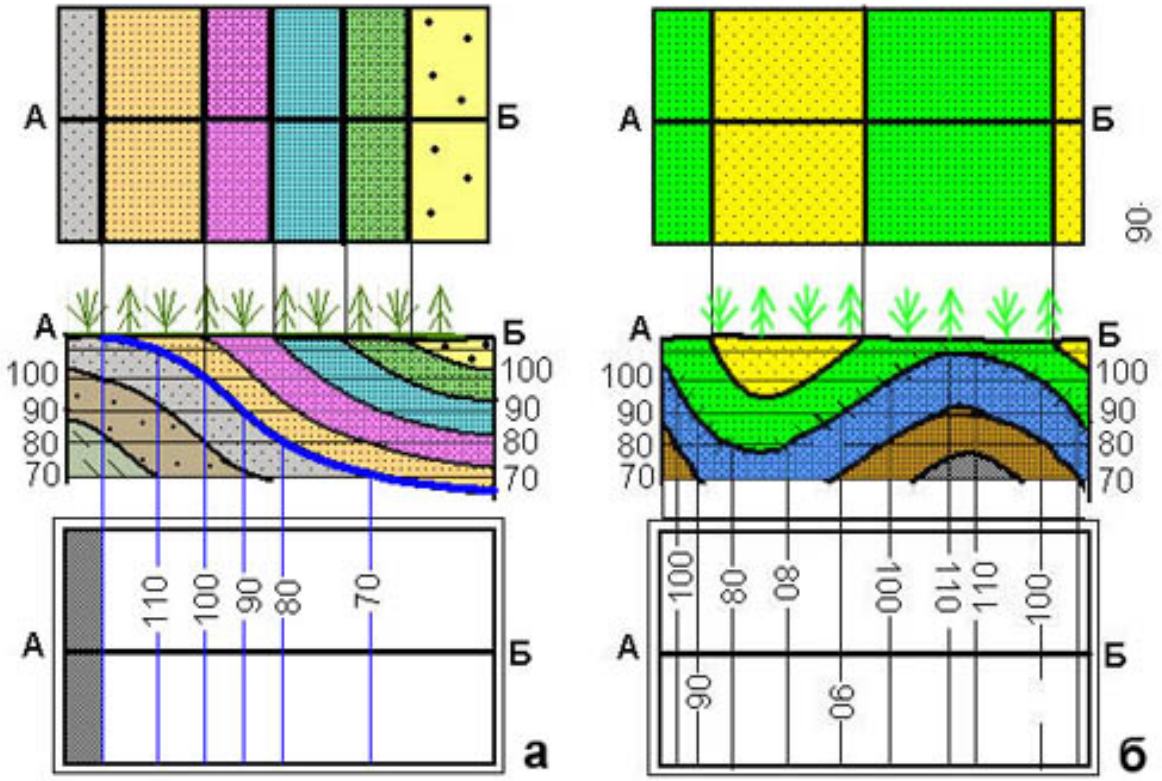


Рис. 6.5. Изображения согласной (а) и несогласной (б) флексур на геологической (вверху), структурной (внизу) картах и разрезах (в середине)

На аэрофотоснимках и космических снимках флексуры выглядят так же, как наклонно залегающие слои, и характеризуются теми же признаками, за исключением смыкающего крыла, которое часто сопровождается линейными

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

зонами повышенной трещиноватости. Последние обычно дешифрируются как ***линеаменты*.***

Структурная карта флексуры может быть построена любым из методов построения структурных карт по данным бурения (методом треугольников, инвариант и т.д., или же, с помощью проецирования, если известен профиль ее поверхности по какому-либо направлению и элементы залегания в какой-либо точке.

Задача изображения флексуры на геологических картах и разрезах отличается от его построения по данным геологических наблюдений. Она сводится к проецированию некоторой объемной формы на горизонтальную и вертикальную плоскости (карту и разрез). Эти построения рассмотрены ***в части II (10.4.1),***

Методика построения разрезов флексур по геологическим картам та же, что и для наклонно залегающих слоев.

На разрезах, параллельных простиранию, флексуру, так же, как и моноклиналь, невозможно отличить от горизонтальной структуры. На разрезах, расположенных под углом к простиранию, видимые углы уменьшаются пропорционально косинусу этого угла, аналогично тому, как это рассматривалось ***для моноклинали***.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.1.3. Роль флексур в формировании ловушек для залежей нефти и газа

Самостоятельное значение для нефтегазовой геологии в качестве ловушек для нефти и газа имеют несогласные флексуры, переходящие по простиранию в моноклиналь. С ними связан один из классов структурных залежей (рис. 6.6).

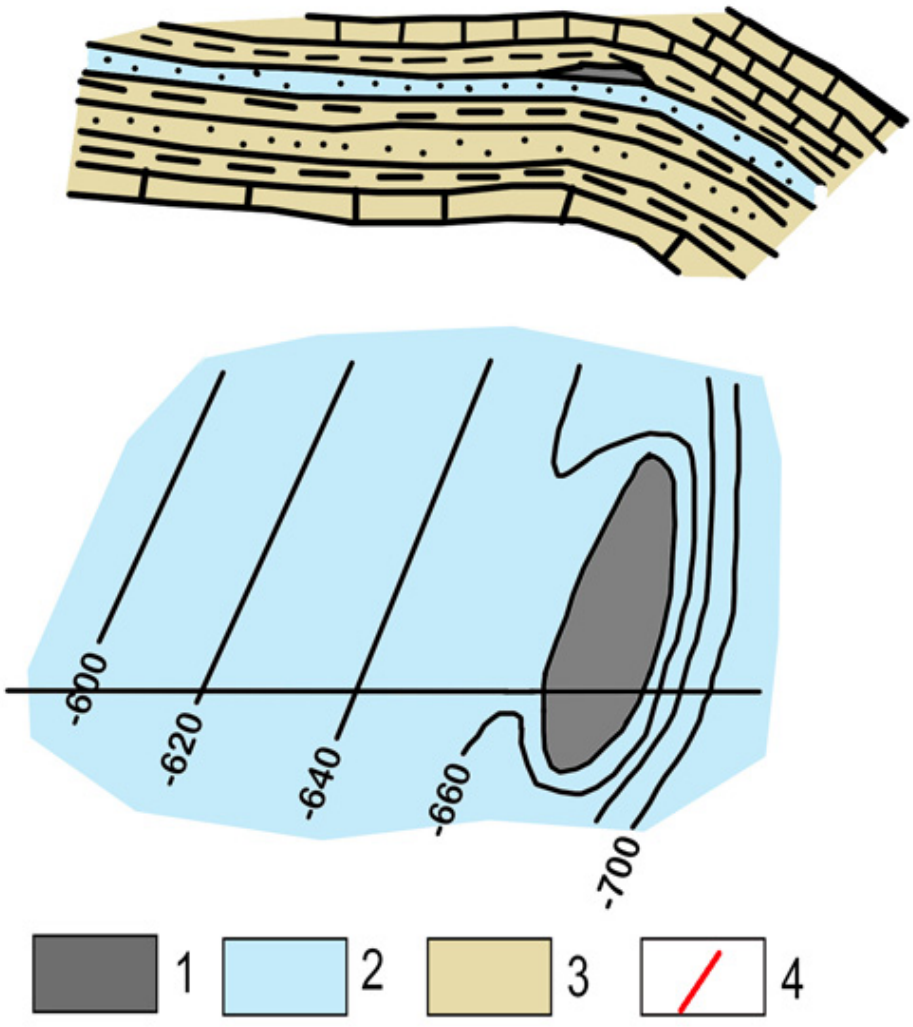


Рис. 6.6. Залежи, связанные с флексурами

Контрольные вопросы к 6.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.2. ПОЛУЗАМКНУТЫЕ СТРУКТУРЫ

К полузамкнутым структурам относятся структурный нос, структурный залив и седло - такие формы, у которых изображающие их стратоизогипсы на структурных картах изогнуты, но незамкнуты.

6.2.1. СТРУКТУРНЫЙ НОС

Структурный нос представляет собой половинку антиклинали, как бы «сидящую» на моноклинали. В рельефе аналогией структурного носа служит отрог хребта, уступ - трамплин. Структурные носы обычно встречаются как локальные осложнения моноклиналей и флексур на платформах (рис. 6.7). К элементам структурного носа обычно относят его длину, ширину, высоту и амплитуду.

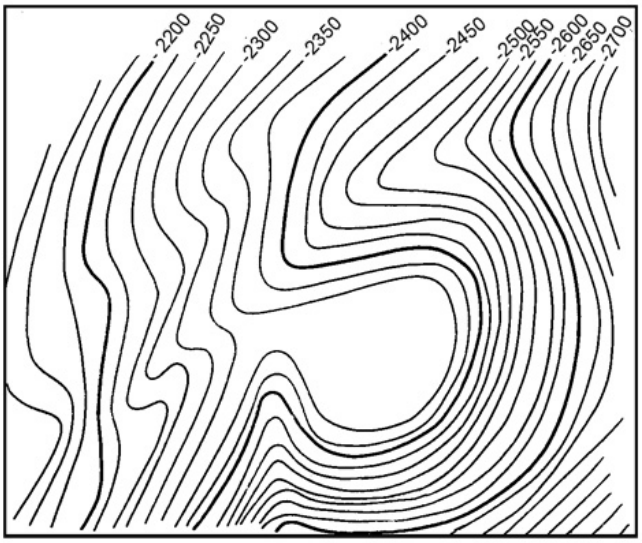


Рис. 6.7. Структурный нос на Доно-Медведицком вале. Стратоизогипсы по кровле евланово-ливенского горизонта (по Г.А. Бражникову)

Длиной структурного носа называется длина прямой, соединяющая самые крайние неизогнутые стратоизогипсы вкрест их простирания.

Шириной структурного носа называется длина прямой, соединяющая точки, на которых выпрямляется самая нижняя стратоизогипса по ее простиранию.

Высотой структурного носа называется максимальное расстояние по вертикали между самой высокой точкой структурного носа и той начальной наклонной поверхности, осложнением которой является структурный нос.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Амплитудой структурного носа называется максимальное расстояние по перпендикуляру между самой высокой точкой структурного носа и той начальной наклонной поверхности, осложнением которой является структурный нос.

По соотношению со временем осадконакопления и изгибом выделяются конседиментационные и постседиментационные структурные носы. Признаки, по которым их можно разделить те же, что у флексур. По простиранию структурные носы обычно выполаживаются и переходят в моноклиналь, либо переходят в разломы. По разрезу - либо выполаживаются и переходят в моноклинали (флексуры), либо переходят в складки.

На геологической карте с плоским рельефом выходы геологических границ образуют своеобразный рисунок (рис. 6.8).

На структурных картах структурные носы изобразятся подобным же очертанием стратоизогипс.

На разрезах структурный нос выглядит по-разному в зависимости от направления сечения. В одном случае он выглядит как антиклинальная складка, а в другом - как флексура.

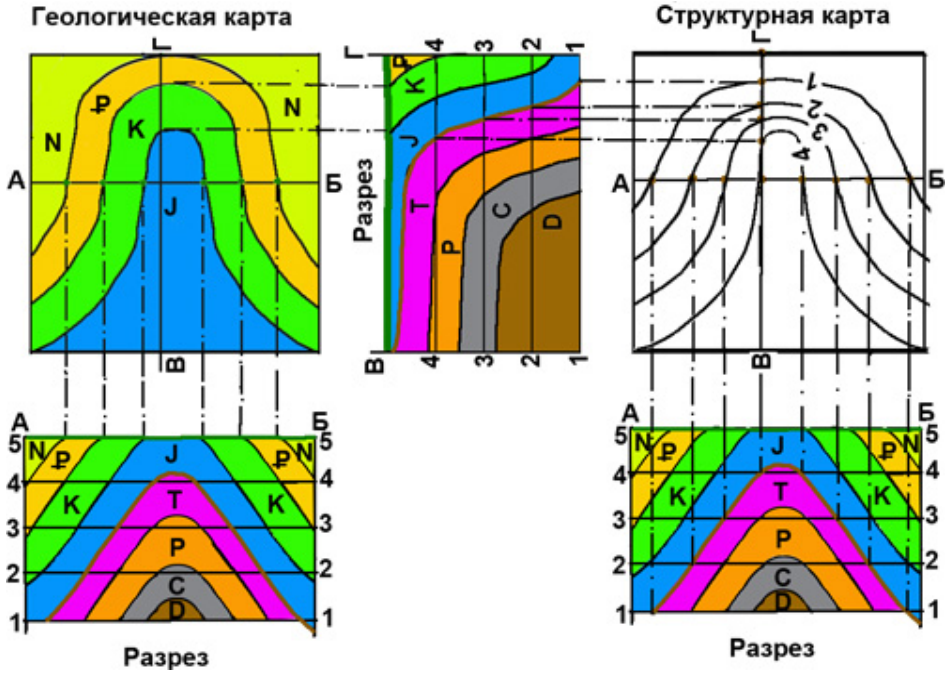


Рис. 6.8. Изображение структурного носа на разрезах, геологической и структурной картах

Методика построения приведена в ***10.4.2*** .

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На аэрофотоснимках и космических снимках структурные носы диагностируются с очень большим трудом. Надежно их можно выявить только в случае фотогеничного геологического строения, в открытых районах, по очертаниям выходов слоев с известной стратиграфической последовательностью.

Структурная карта структурного носа может быть построена любым из методов построения структурных карт (методом треугольников, инвариант и т.д. При построении структурных карт структурного носа, иногда изолиниями отражают не абсолютную отметку маркирующего горизонта, а ее отклонение от той начальной поверхности, осложнением которой является данный структурный нос (рис. 6.9.). Такие карты называют *наклонными*, и структурный нос на такой карте будет неотличим от антиклинальной складки.

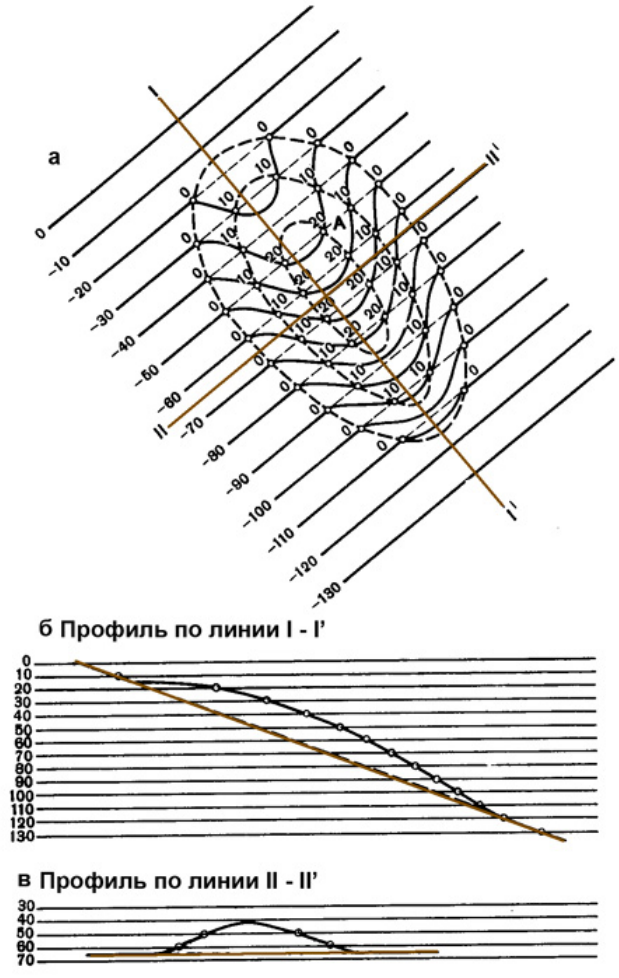


Рис. 6.9. Наклонная структурная карта (а) и профили структуры по линиям I-I' (б), II – II' (в) (по А.А. Бакирову и др.)

Методика построения разреза структурного носа по геологическим картам та же, что и для наклонно залегающих слоев и флексур.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Значение структурных носов для нефтегазовой геологии не очень велико, хотя в них иногда образуются самостоятельные залежи, относящиеся к структурному классу (рис. 6.10).

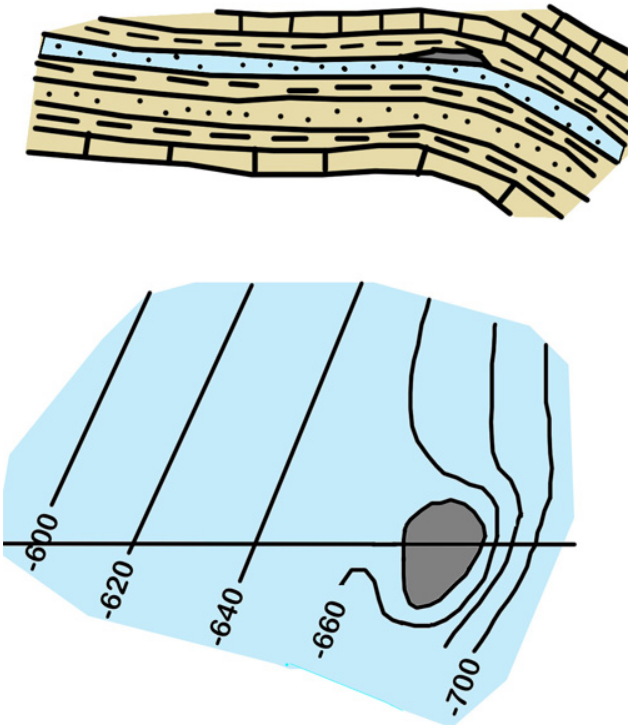


Рис. 6.10. Залежь нефти, связанная со структурным носом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.2.2. Структурный залив

Структурный залив это половинка синклинали, «сидящая» на моноклинали. В рельефе аналогией структурного залива может служить рельеф залива водоема (рис.6.10, 6.11).

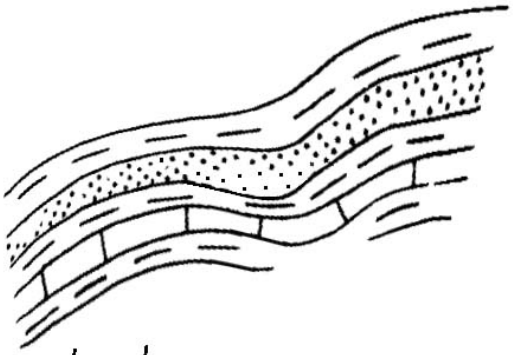


Рис. 6.10. Структурный залив, разрез



Рис. 6.11. Структурная карта

Структурные заливы обычно встречаются как локальные осложнения моноклиналей и флексур на платформах. К элементам структурного залива так же, как и у структурного носа, относят его длину, ширину, высоту и амплитуду.

По соотношению со временем осадконакопления и изгибом выделяются конседиментационные и постседиментационные структурные заливы. Признаки, по которым их можно разделить те же, что у структурных носов. По простиранию структурные заливы обычно выполаживаются и переходят в моноклиналь, либо переходят в разломы. По разрезу - либо выполаживаются и переходят в моноклинали (флексуры), либо переходят в складки.

На геологической карте с плоским рельефом выходы геологических границ образуют своеобразный рисунок (рис. 6.12).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

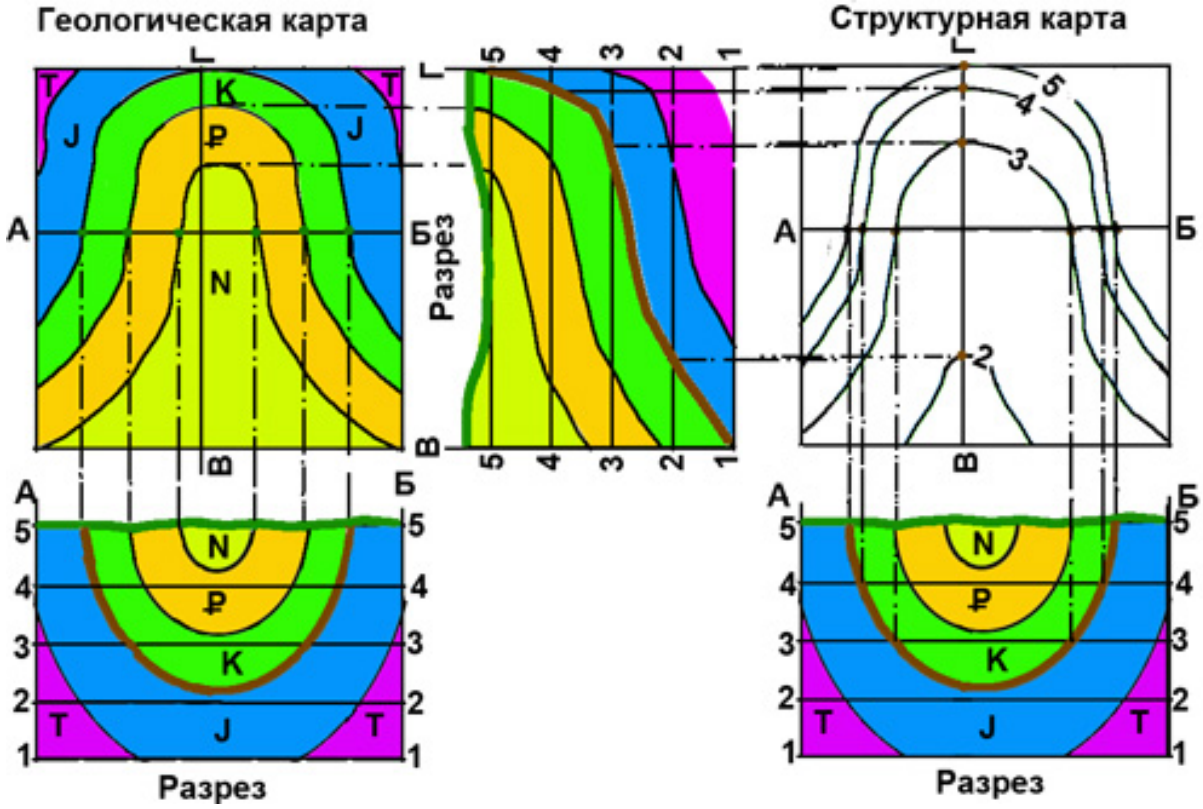


Рис. 6.12. **Изображение структурного залива** на разрезах, геологической и структурной картах

На структурных картах структурные заливы изобразятся подобным же очертанием стратоизогипс. Так же, как и структурный нос, структурный залив невозможно охарактеризовать единственным разрезом - в одном сечении он выглядит как синклинальная складка, а в другом - как флексура.

На аэрофотоснимках и космических снимках структурные заливы диагностируются с очень большим трудом. Надежно их можно выявить только в случае фотогеничного геологического строения, в открытых районах, по очертаниям выходов слоев с известной стратиграфической последовательностью.

Структурный залив часто встречается как локальное осложнение других более крупных структурных форм (рис. 6.13).

Структурная карта структурного залива может быть построена любым из методов построения структурных карт (методом треугольников, инвариант и т. д.).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

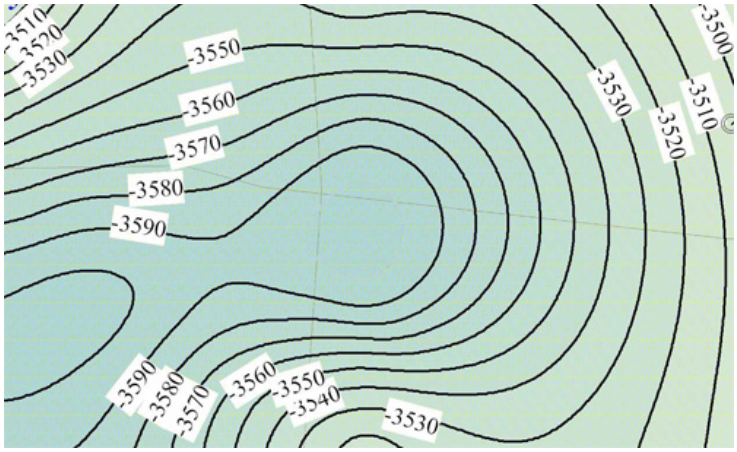


Рис. 6.13. Структурный залив. Фрагмент структурной карты одного из продуктивных горизонтов Дружного месторождения. Западная Сибирь

Так же, как и для структурного носа, при построении структурных карт структурного залива иногда изолинии отражают не абсолютную отметку маркирующего горизонта, а ее отклонение от той начальной поверхности, осложнением которой является данный структурный залив (рис. 6.14).

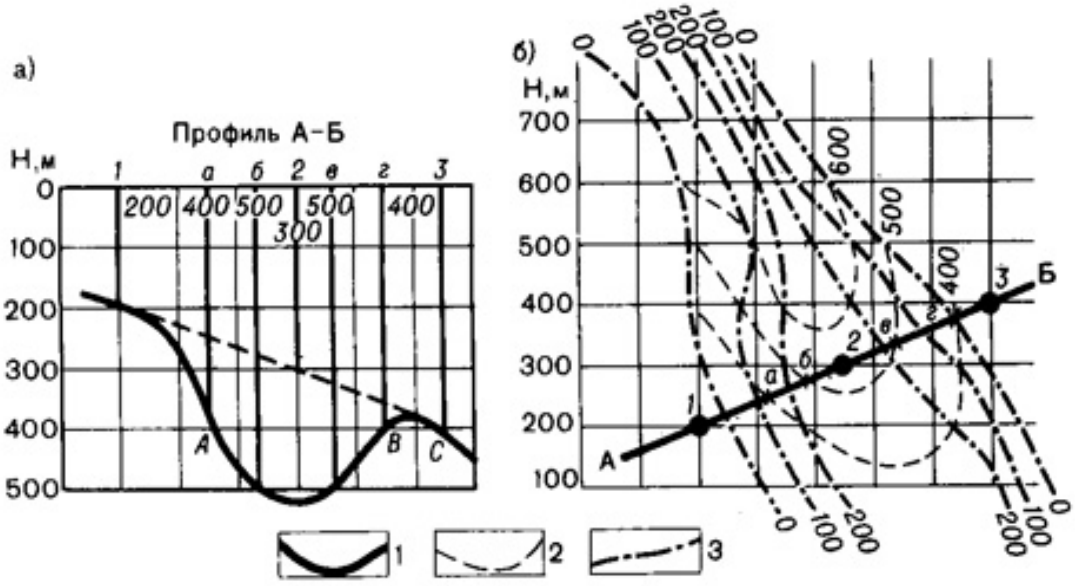


Рис. 6.14. Профиль А-Б (а) и структурная карта (б) эрозионной впадины: 1 – профиль впадины, 2 – изогипсы структурного залива, 3 – изолинии глубины эрозионной впадины

Структурный залив на такой карте будет неотличим от синклинальной складки. Методика построения разрезов структурного залива по геологическим картам практически та же, что и для наклонно залегающих слоев, и такая же, как другие

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геометрические построения флексур на картах и разрезах. Самостоятельного значения структурные заливы для нефтегазовой геологии не имеют.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.2.3. Структурное седло (седловина)

Структурное седло (седловина) – структурная форма, похожая на конское седло для верховой езды, или горный перевал. С двух сторон от него находятся вершины, а с двух других – пониженные участки (рис. 6.15).

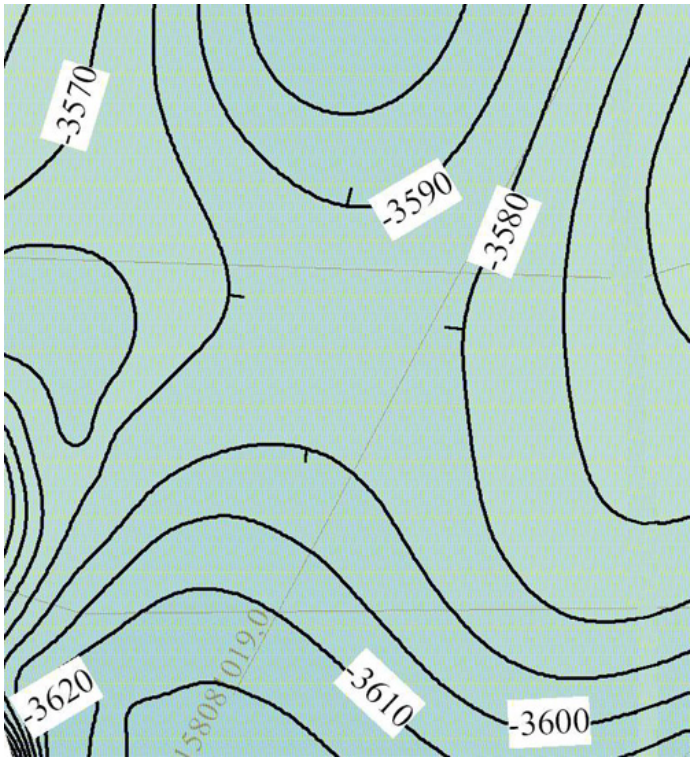


Рис. 6.15. Изображение седловины на структурной карте. Фрагмент карты одного из продуктивных горизонтов Дружного месторождения

Также седло можно представить, как сочетание замыкающих частей двух синклиналей и двух антиклиналей. На геологической карте с плоским рельефом выходы геологических границ седла образуют своеобразный рисунок (рис. 6.16) На структурных картах седла изобразятся подобным же очертанием стратоизогипс. Так же, как структурный залив, седловину невозможно охарактеризовать единственным разрезом - в одном сечении она выглядит как синклинальная складка, а в другом - как антиклинальная.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

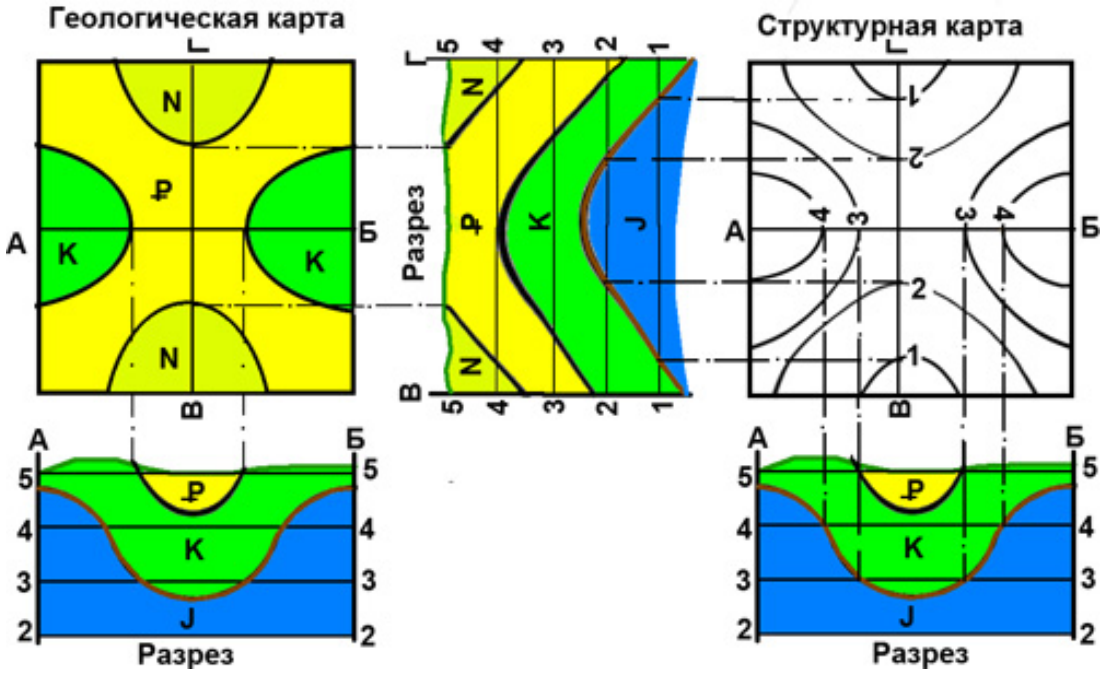


Рис. 6.16. Изображение структурного седла на геологической и структурной картах и разрезах

На аэрофотоснимках и космических снимках структурные заливы диагностируются в случае фотогеничного геологического строения, в открытых районах, по очертаниям выходов слоев. Структурная карта седловины может быть построена либо любым из методов построения структурных карт (методом треугольников, инвариант и т.д.) Описание такого построения приведено в соответствующем разделе части II. Методика построения **разрезов** седловины по геологическим картам практически та же, что и для структурных носов и заливов на картах и разрезах. Необходимо только следить за тем, чтобы в точке пересечения линий разрезов геологическая ситуация на обоих разрезах была бы одинаковой. Подробнее про структурные построения полузамкнутых структур можно прочитать, перейдя по ***ссылке в 10.4.2.***

Самостоятельного значения седловины для нефтегазовой геологии не имеют.

Контрольные вопросы к 6.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.3. СКЛАДКИ – ЗАМКНУТЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ

Складка - это волнообразный изгиб пласта. Совокупность складок составляет складчатость. Складка не бесконечна и всегда или переходит в другую складку, или затухает (выполаживается) среди недислоцированных слоев. Две смежные складки (антиклинальная и синклинальная) иногда рассматриваются как одна полная складка.

6.3.1. Геометрия одиночной складки

Элементы складки (рис. 6.17)

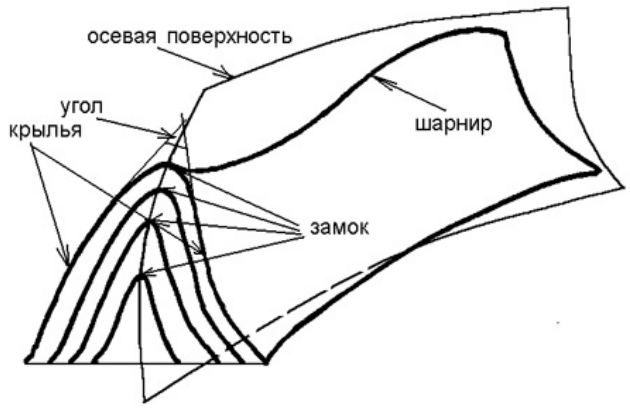


Рис. 6.17. Элементы складки

1. ***Замок*** (если говорят о форме) – часть складки в месте перегиба. Замок антиклинальной складки называется *сводом*. ***Ядро*** центральная часть складки на эрозионном срезе. Размер ядра зависит от глубины среза складки эрозией (рис. 6.18).

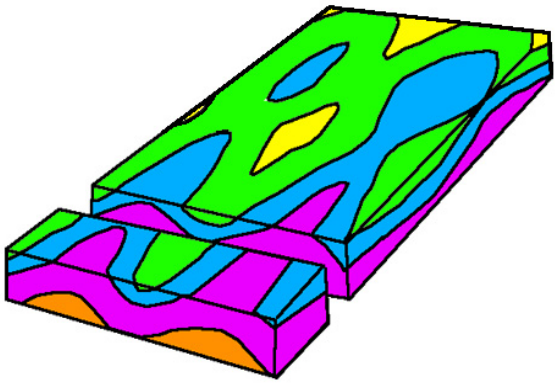


Рис. 6.18. Изменение размера ядра в зависимости от глубины среза. Слои раскрашены с цвета стратиграфических подразделений. Самый глубокий срез - на переднем плане, самый высокий – в дальнем углу. По В. Ярошевскому с изменениями и упрощениями

2. ***Крылья*** боковые моноклинальные части складки, отходящие от перегиба (замка). У смежных синклинали и антиклинали одно крыло является общим, поэтому граница между ними может быть условно проведена в любом месте крыла.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. ***Угол*** *складки* – угол, образованный поверхностями, на продолжении ее крыльев. Иногда (В Рамзай) углом складки называют угол между касательными к крыльям, проведенным в точках их перегиба, или (В.В. Эз) угол между плоскостями, проведенными через шарниры сопряженных складок.

4. ***Осевая поверхность*** – воображаемая поверхность, делящая пополам угол складки, или поверхность, проходящая через точки перегиба слоев, составляющих складку.

5. ***Ось, осевая линия*** – линия пересечения осевой поверхности с горизонтальной плоскостью или поверхностью рельефа. Характеризуя ориентировку осей складки в плане, указывают азимут ее простирания.

6. ***След осевой поверхности*** - линия пересечения осевой поверхности складки с любой другой поверхностью (например, с поверхностью обнажения).

7. ***Шарнир*** – линия пересечения осевой поверхности с кровлей, или подошвой какого-либо слоя, характеризуя изгиб складки вдоль ее осевой поверхности. Шарнир в каждой конкретной точке является вектором, характеризующимся азимутом и углом погружения или воздымания. Шарнир представляет собой волнистую линию, обусловленную поднятиями и прогибаниями слоев. Такие поднятия и погружения шарнира называют ундуляциями (от лат. undulatio – волнистость), На рис. 6.19, а изображена ундуляция складки в плане, а на рис. 6.19, б - в разрезе.

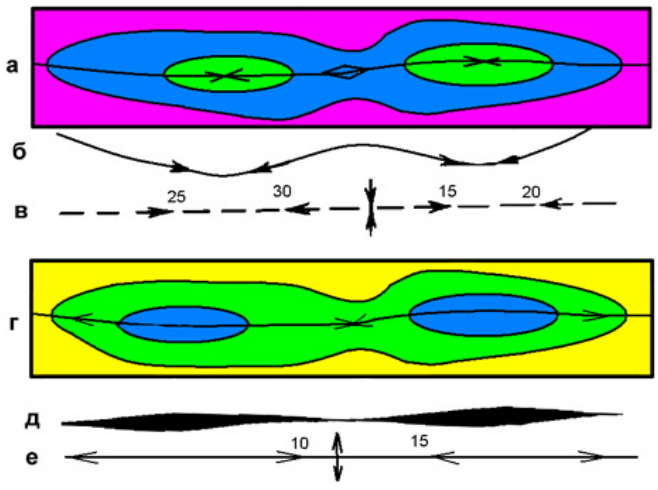


Рис. 6.19. Положение и изображение шарнира складки: а – в плане в синклинальной складки, б - в разрезе и в - его изображение в плане с указанием углов погружения, г – антиклинальной складки, д, е - варианты изображения ундуляции шарнира складки в плане. Числа – углы погружения шарниров (по А.Е. Михайлову с дополнениями)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Шарниров в складке можно провести столько, сколько в ней слоев. Положение шарнира в пространстве характеризуется азимутом и углом воздымания и погружения. На рис. 6.19,в, д, е - приведены условные знаки для изображения шарниров складок. Иногда под термином «шарнир» подразумевают ось складки. Обычно шарнир ундулирует относительно горизонтальной, или слабо наклонной линии. Однако в случае сложно дислоцированных, толщ встречаются складки с крутыми и даже вертикальными шарнирами. Углы на крыльях таких складок обычно также крутые, или вертикальные.

8. ***Гребневая поверхность*** - поверхность, соединяющая самые высокие точки слоев, образующих складку. В рельефе гребню соответствует водораздел хребта. *Гребень* **-** линия пересечения гребневой поверхности с кровлей или подошвой любого из слоев складки. Это – самая высокая часть складки и именно здесь будут сосредоточиваться нефть и газ. В случае прямой (симметричной) складки гребневая и осевая поверхности совпадают. Если же складка наклонена, положение этих поверхностей может отличаться (рис. 6.20).

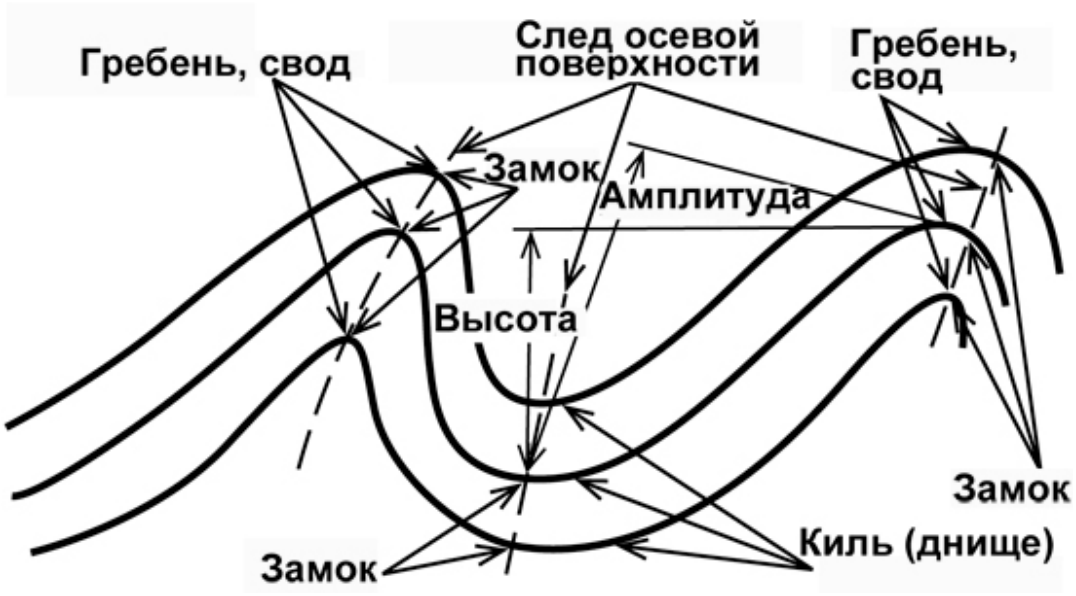


Рис. 6.20. Элементы наклонной складки

9. ***Килевая поверхность*** - поверхность, соединяющая самые низкие точки слоев, образующих складку. ***Киль, днище, дно -*** линия пересечения килевой поверхности с кровлей или подошвой любого из слоев складки. Это – самая низкая часть складки. В рельефе килевой поверхности соответствует тальвег долины. В случае прямой (симметричной) складки килевая и осевая поверхности

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

совпадают. Если же складка наклонна, положение этих поверхностей может отличаться.

10. ***Длина*** складки – длина ее шарнира между одноименными перегибами (рис. 6.21), или, в случае одиночных складок, наибольшее расстояние по самой нижней замкнутой стратоизогипсе.

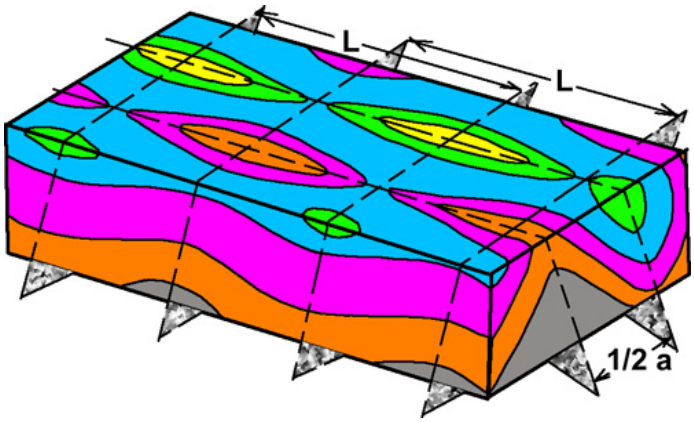


Рис. 6.21. Размеры складок: L – длина, ½ a – половина ширины (по Г.Н. Сапфирову с изменениями)

Изредка длиной складки называют расстояние между границами того или иного слоя, замыкающегося в данном горизонтальном срезе. Так как это расстояние зависит не столько от характеристики складки, сколько от глубины ее среза эрозией, такое определение длины неверно, аналогично определению длины складки.

11. ***Ширина*** складки - кратчайшее расстояние между осевыми поверхностями смежных антиклинали и синклинали или, в случае одиночных складок, кратчайшее расстояние по самой нижней замкнутой стратоизогипсе (рис. 6.22).

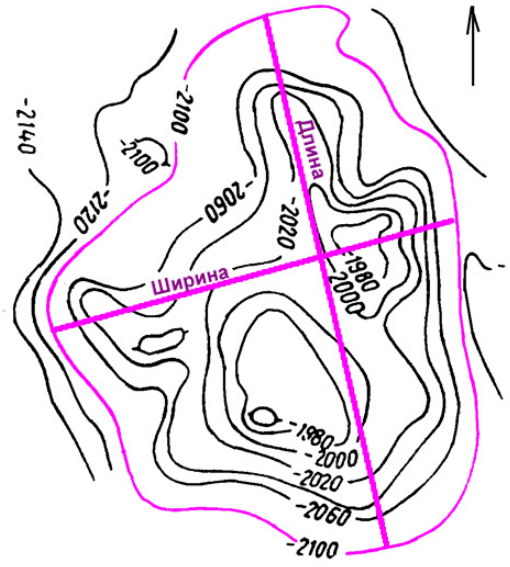


Рис. 6.22. Упрощенная структурная карта Самотлорского месторождения по кровле нижнего мела

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Изредка шириной складки называют наибольшее расстояние поперек оси складки между выходами слоя, принятого при измерении длины складки. Такое определение неверно (см. предыдущий пункт*).*

12. ***Простирание*** - ориентировка длинной оси складки. Складка по простиранию может ветвиться. Такое ветвление называется ***виргацией*** складки (рис. 6.23).



Рис. 6.23. Виргации складок. Таджикская депрессия. Google Планета Земля (по А.В. Тевелеву)

13. ***Замыкание*** складки - участок складки с наименьшим радиусом. Замыкание называется периклинальным у антиклинали и центриклинальным у синклинали (рис. 6.24, 6.25).

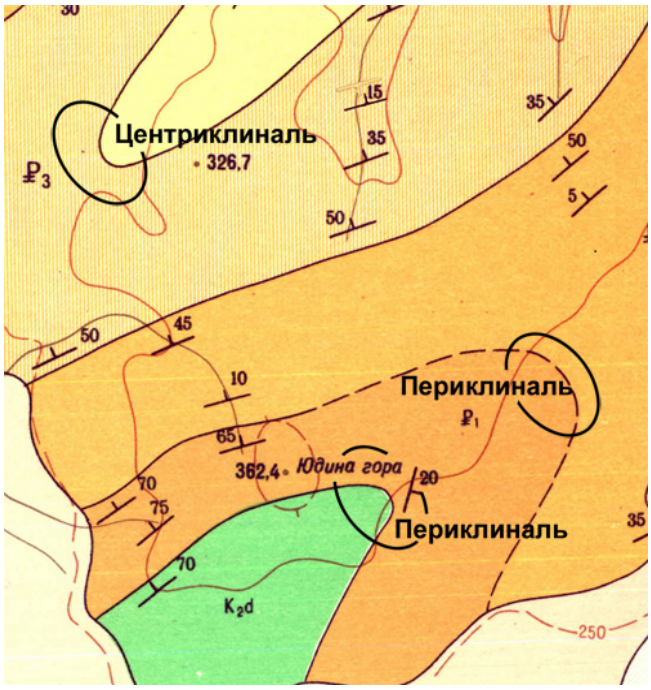


Рис. 6.24. Центриклиналь и периклиналь складок. Фрагмент учебной карты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

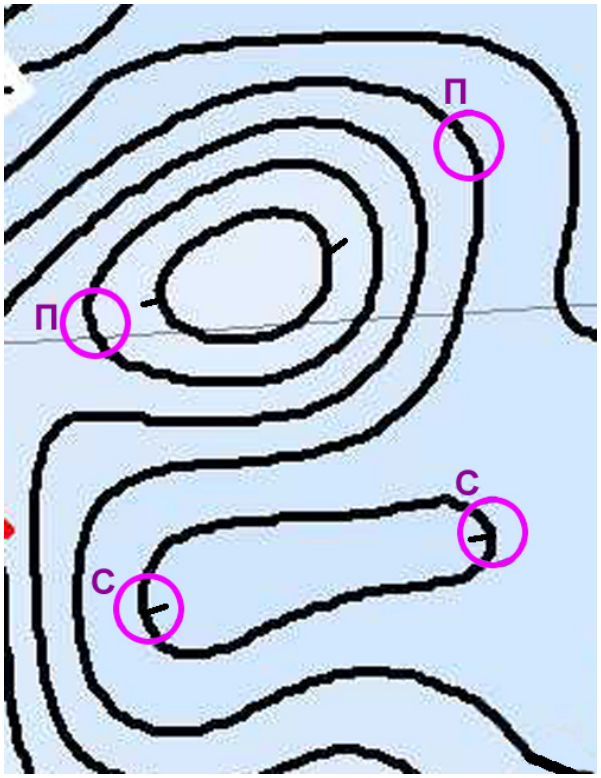


Рис. 6.25. Центриклиналь С и периклиналь П складок.
Фрагмент структурной карты

14. ***Амплитуда*** - расстояние вдоль осевой поверхности между сводами антиклинали и смежной синклинали или, для одиночной складки, разница абсолютных отметок между самой высокой и самой низкой замкнутой стратоизогипсами. Правильнее прибавить еще значение, равное удвоенной половине сечения стратизогипс, потому что как самая верхняя и самая нижняя стратоизогипсы не проходят ни через вершину, ни через самую нижнюю части структуры, а отстоят от нее на неопределенную величину, заведомо меньшую, чем сечение стратоизогипс.

15. ***Высота*** - расстояние по вертикали между сводами (гребнем и килем) антиклинали и смежной синклинали (в полной складке) или разница абсолютных отметок между самой высокой и самой низкой замкнутой стратоизогипсами в одиночной складке. Иногда высотой складки называют ее амплитуду. В случае вертикальной осевой поверхности складки ее высота и амплитуда совпадают (рис. 6.20).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.3.2. Морфологическая классификация складок

Морфологическая классификация **-** это классификация по форме. В литературе можно встретить различные морфологические классификации, здесь приведен наиболее употребительный вариант. В скобках приведены термины-синонимы. Классифицируют форму складок по разным признакам-основаниям классификаций (табл.6.4).

Таблица 6.4. **Морфологическая классификация складок**

<table>
<tr><td>Классифицирующий признак</td><td colspan="8">Виды складок</td></tr>
<tr><td>Ориентировка выпуклости замка</td><td colspan="4">Антиклинали (стратиграфически вверх)</td><td colspan="4">Синклинали (стратиграфически вниз)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Наклон осевой поверхности</td><td rowspan="2">Симметричные (прямые)</td><td colspan="7">Асимметричные</td></tr>
<tr><td colspan="2">Наклонные</td><td colspan="2">Опрокинутые (перевернутые)</td><td colspan="2">Лежачие</td><td>Ныряющие</td></tr>
<tr><td>Взаимоотношение между крыльями</td><td colspan="3">Нормальные</td><td colspan="3">Изоклинальные</td><td colspan="2">Веерообразные</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Форма замка</td><td colspan="2">Стрельчатые</td><td colspan="3" rowspan="2">Округлые</td><td colspan="3">Коробчатые (сундучные)</td></tr>
<tr><td>Острые</td><td>Тупые</td><td>Килевидные</td><td>Сундучные</td><td>Гребневидные</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Соотношение мощностей на крыльях и сводах</td><td colspan="3" rowspan="2">Одинаковая (параллельные)</td><td colspan="5">Различные</td></tr>
<tr><td>Подобные</td><td colspan="2">С уменьшением мощностей в сводах антиклиналей</td><td colspan="2">С увеличением мощностей в замках синкликлиналей</td></tr>
<tr><td>Отношение длины к ширине</td><td colspan="3">Линейные < 3:1</td><td colspan="3">Брахиморфные, брахиформные, брахискладки 3:1<1,2:1</td><td colspan="2">Изометричные (купола, мульды)</td></tr>
</table>

По ориентировке выпуклости складки делятся на:

Антиклинальные – выпуклостью замка вверх (рис.6.26).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

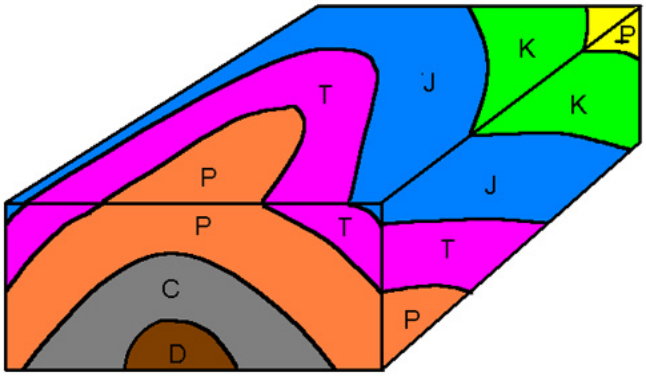


Рис. 6.26. Антиклинальная складка

Поскольку положение складки в пространстве может быть различным, понятие "верх" определяется в стратиграфическом смысле, как направление в сторону более молодых пород (рис. 6.27). В тех случаях, когда стратиграфическую последовательность слоев определить не удается, что нередко случается в сильно метаморфизованных толщах, употребляют термин "синформа" и "антиформа".



Рис. 6.27 Определение антиклинали и синклинали в лежачей складке (разрез)

Нередко антиклинальной складкой называются изгибы, в центральных частях которых располагаются наиболее древние породы относительно их периферических частей. Однако, и это определение верно не всегда. Например, в случае прямого структурного рельефа, если углы на крыльях складок более пологие, чем склоны, в ядре антиклинальной складки обнажаются более молодые породы (рис. 6.28).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

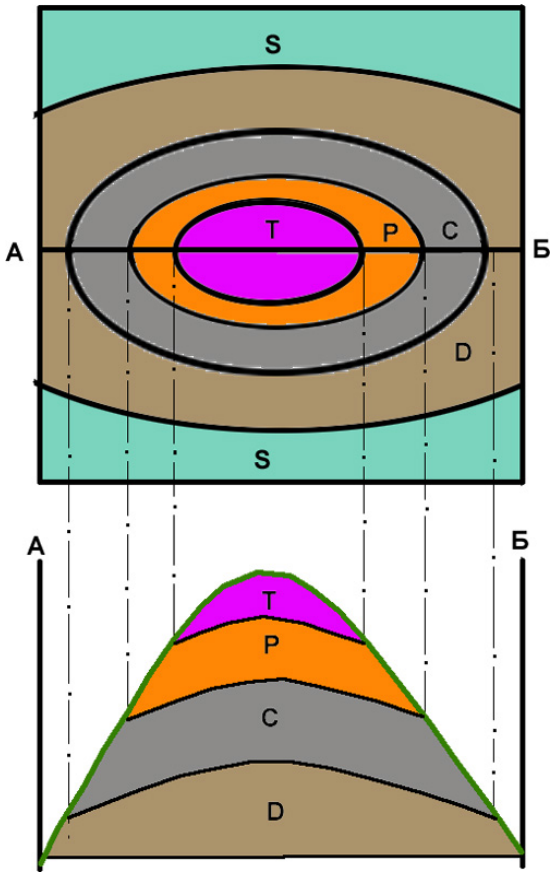


Рис. 6.28. Геологическая карта и разрез пологой антиклинальной складки при крутом рельефе

Эта ситуация обычна для пологих складок, с которыми часто приходится иметь дело в нефтяной геологии. Чтобы сделать приведенное определение правильным, его следует изменить следующим образом: антиклинальной складкой называются изгибы, в центральных частях которых *при сечении их горизонтальной плоскостью* располагаются наиболее древние породы относительно их периферических частей. Курсивом выделено добавленное уточнение. Геологам-нефтяникам часто приходится иметь дело не с картами срезов, а со структурными, на которых изображается форма одной поверхности. В этом случае привычное определение также неприменимо. Также неоднозначны соотношения молодых и древних пород при сечении их горизонтальными плоскостями у ныряющих складок, о чем уже говорилось ранее. В тех случаях, когда невозможно определить стратиграфическую последовательность, складки правильно называть антиформными.

Синклинальные - выпуклостью замка вниз (рис. 6.29).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

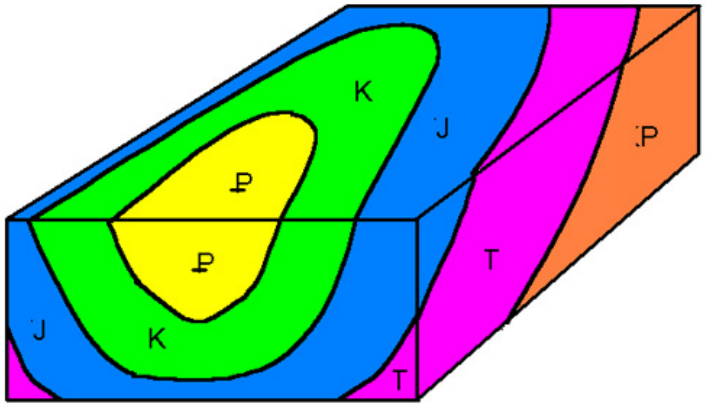


Рис. 6.29. Синклинальная складка

К определению синклинальной складки применимы все уточнения, которые разобраны при рассмотрении антиклинальных складок. Так же, как и для антиклинальной складки на геологической карте, в центре могут быть древние породы при крутом рельефе (рис.6.30).

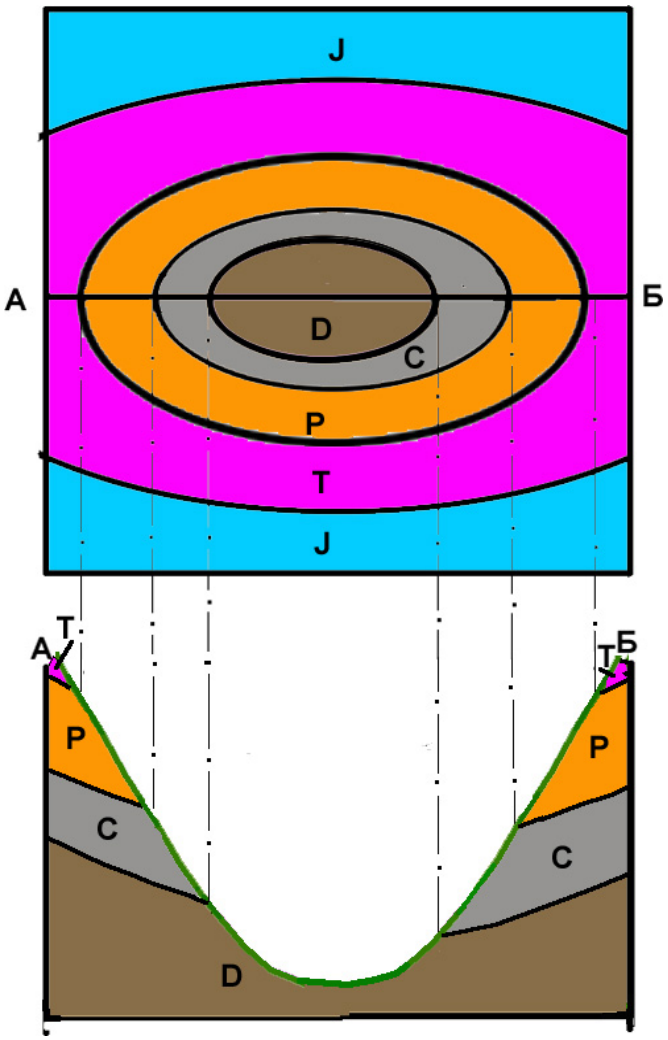


Рис. 6.30. Геологическая карта пологой синклинальной складки при крутом рельефе

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Однако, обычно, можно ориентироваться на правило, что у синклинали на геологической карте в центре картируются более молодые породы, а у антиклинали – более древние (рис. 6.31).

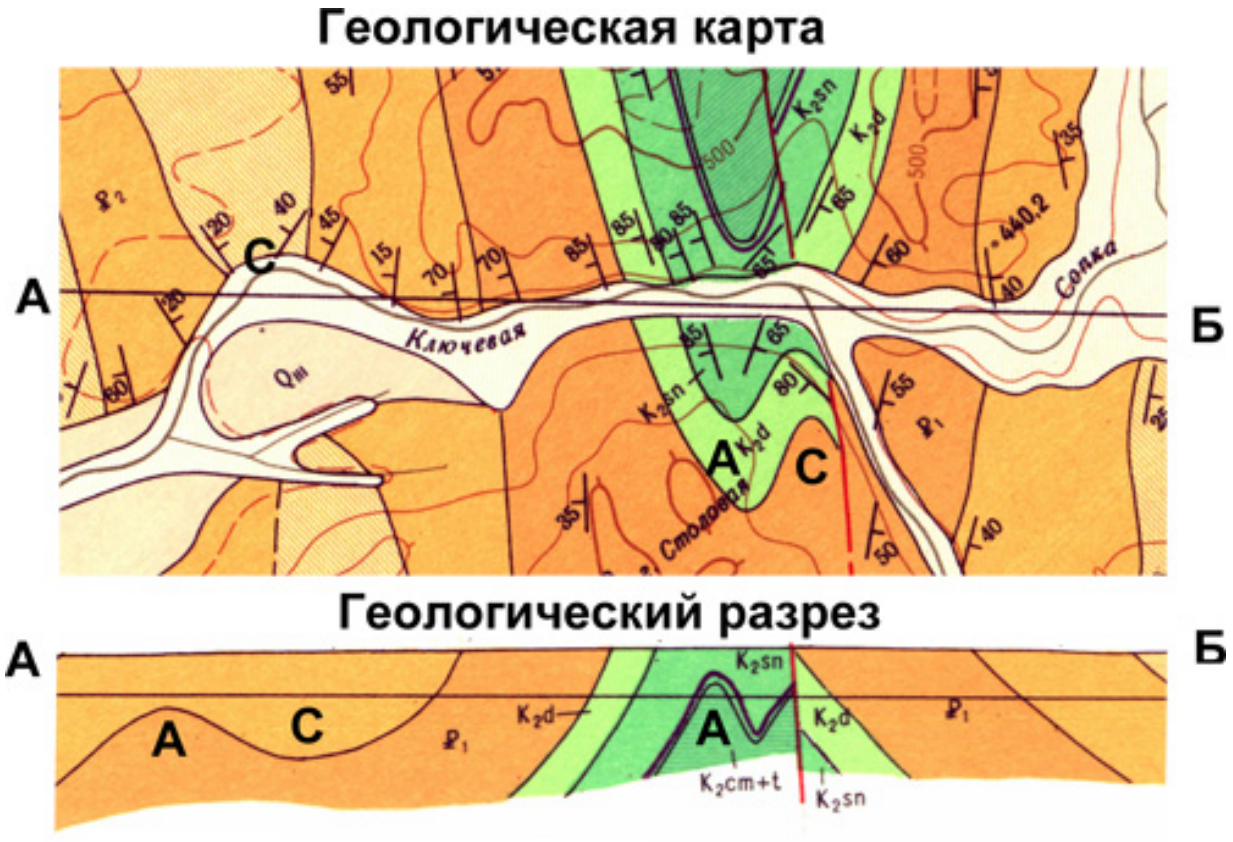


Рис. 6.31. Геологическая карта и разрез синклинальных (С) и антиклинальных (А) складок. Фрагмент учебной геологической карты

По положению осевой поверхности складки делятся на

Симметричные (прямые, стоячие) с вертикальной осевой поверхностью и одинаковыми углами на крыльях - рис. 6.32.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

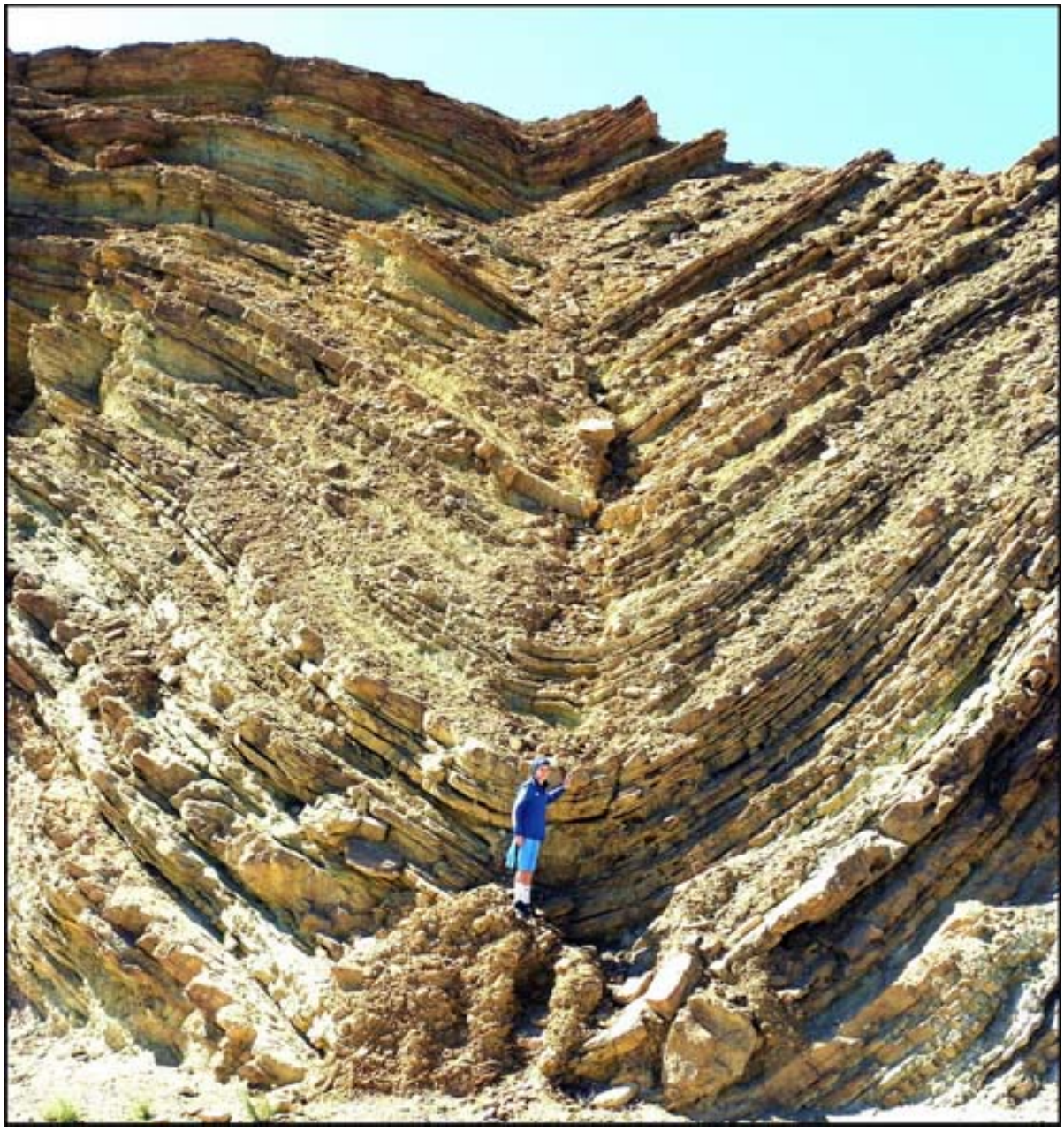


Рис. 6.32. Симметричная синклинальная складка. Калифорния (ice.tsu.ru)

Асимметричные, среди которых выделяют:

Наклонные, у которых крылья падают в разные стороны под разными углами - одно крыло падает круче, чем другое (рис. 6.33).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 6.33. Наклонная складка в известняках. Южное Предуралье

На структурных картах наклонные складки выражаются разной величиной заложения – большой – на пологом склоне, и малой – на крутом (рис.6.34).

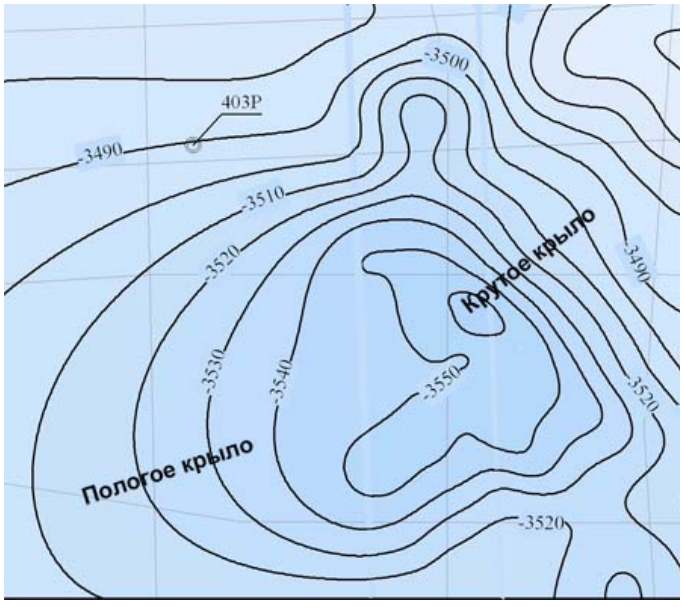
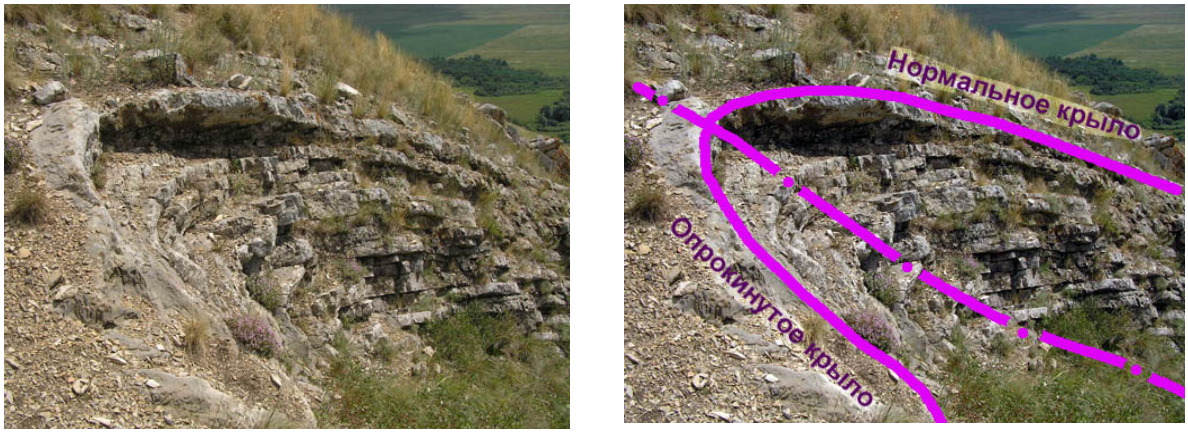


Рис. 6.34. Структурная карта асимметричной синклинали. Фрагмент структурной карты одного из продуктивных горизонтов Дружного месторождения. Западная Сибирь

Опрокинутые (перевернутые) - у которых крылья падают в одну сторону под разными углами - одно крыло падает круче, чем другое (рис. 6.35, а, б).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



а **б**

Рис. 6.35. Опрокинутая складка в известняках Южного Предуралья: а – фото, б – фото с нанесенными элементами складки

В опрокинутых складках выделяют нормальное и опрокинутое крылья. В опрокинутом крыле в вертикальном ее сечении стратиграфическая последовательность слоев обратная - молодые породы оказываются ниже древних.

Лежачие - это складки с горизонтальной осевой поверхностью (рис. 6.36). При этом теряет смысл геометрическое понимание вверх или вниз выпуклостью расположена складка. Помните, что для геолога «вниз» это значит в сторону более древних пород, стратиграфически вниз.

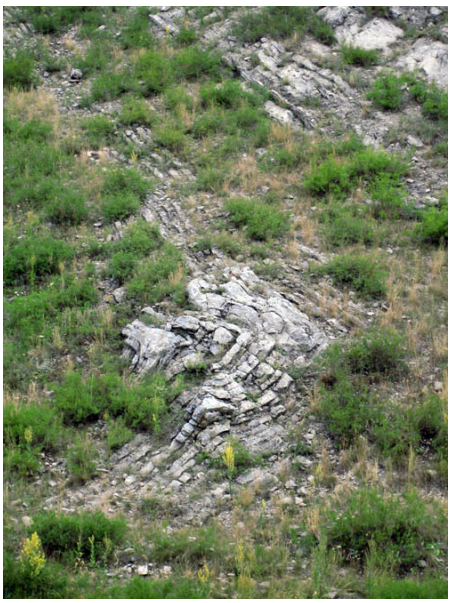


Рис. 6.36. Лежачая складка. Южное Предуралье

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ныряющие - с осевой поверхностью, имеющей форму складки (рис. 6.37). На различном уровне эрозионного среза соотношения слоев у таких складок могут быть самыми разнообразными.



Рис. 6.37. Разрез ныряющей складки Каррик Касль, Шотландия. Цифрами показана последовательность слоев от древних к молодым (по А. Холмсу)

Некоторые авторы называют ныряющие складки перевернутыми.

Сводная схема классификации складок по наклону осевой поверхности приведена на рис. 6.38.

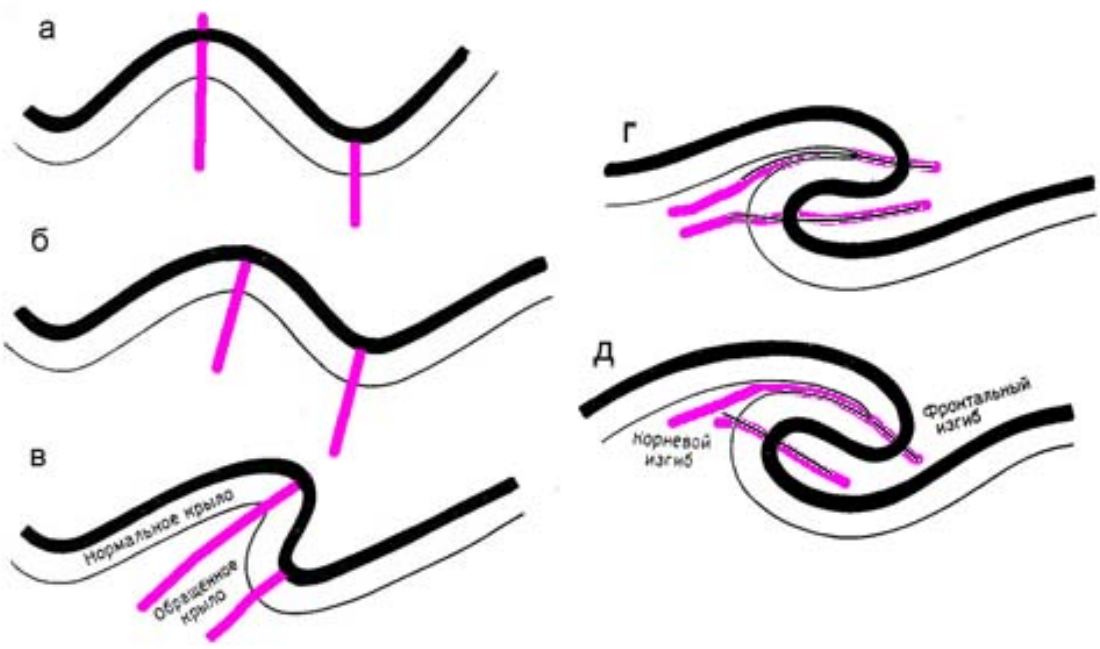


Рис. 6.38. Складки с различным наклоном осевой поверхности: а – симметричная, б – наклонная, в – перевернутая, г – лежачая, д – ныряющая (по В. Ярошевскому)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

По углу между крыльями и осевой поверхностью выделяются (рис. 6.39):

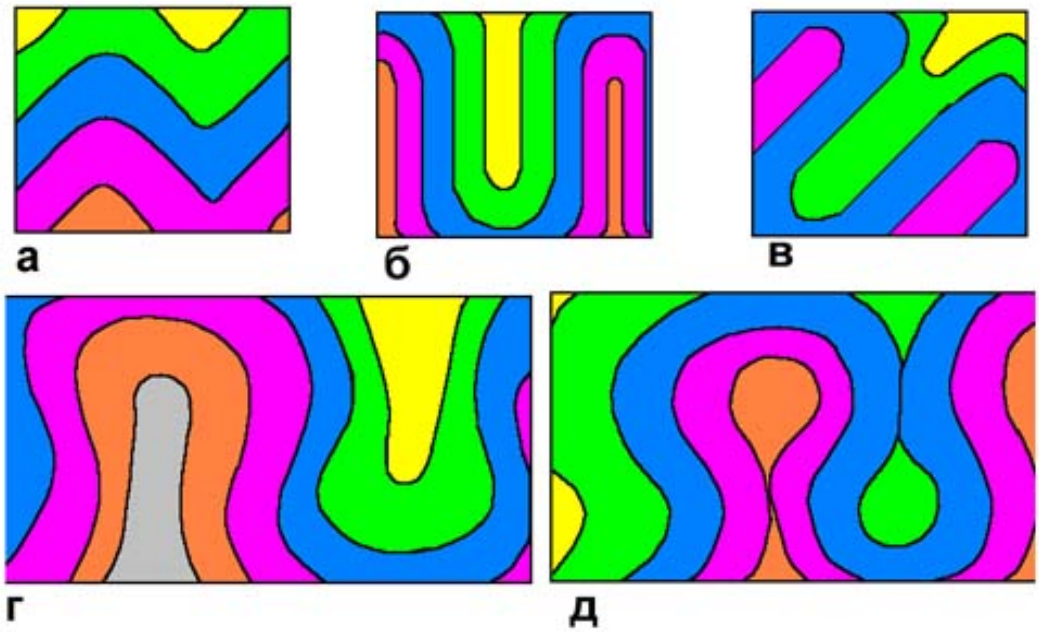


Рис. 6.39. Классификация складок по соотношению между крыльями: простая, б, в – изоклинальная (прямая и наклонная), г – веерообразная, д – веерообразная с пережатым ядром

Нормальные (открытые) складки - с падением крыльев в разные стороны от осевой поверхности;

Изоклинальные - складки с параллельными крыльями. Толщи, смятые в такие складки, особенно, если они сложены сходными породами (например, сланцами), иногда ошибочно картируют как моноклинально залегающие ритмичные пачки значительной мощности. При вертикальном положении осевой поверхности изоклинальные складки будут симметричными, при наклонном - опрокинутыми.

Веерообразные - складки, у которых крылья падают веерообразно, к осевой поверхности. Такие складки обычно невелики по размерам (первые метры) и сложены пластичными, чаще всего глинистыми породами, иногда карбонатными породами (рис. 6.40).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 6.40. Веерообразная складка. Южное Предуралье

Иногда замок складки оказывается пережатым. Такие складки встречаются в относительно пластичных породах и имеют небольшие размеры.

По форме замка складки делятся на (рис.6.41):

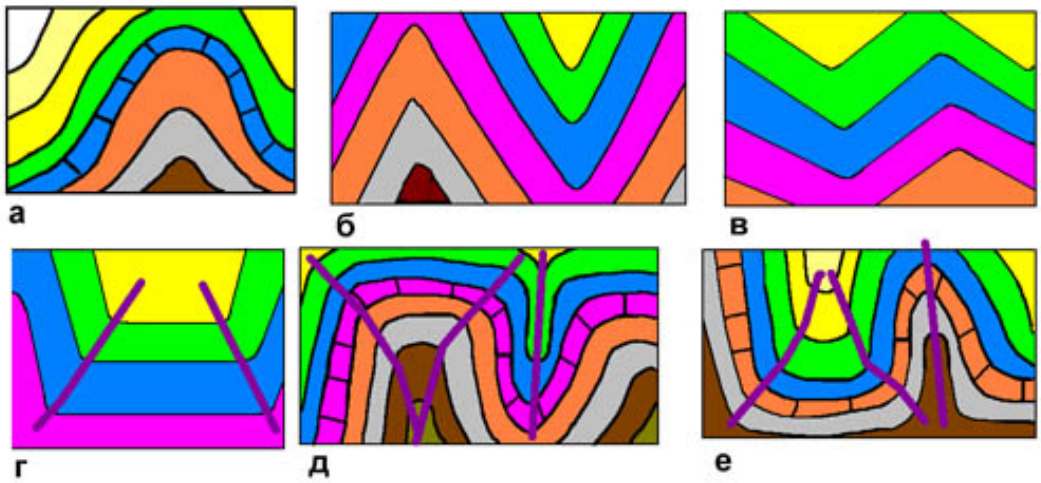


Рис.6.41. Классификация складок по форме замка: а – округлые, б – стрельчатые острые, в – стрельчатые тупые, г – сундучные, д – килевидные, е - гребневидные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Округлые (рис.6.42а)



Рис. 6.42а. Наклонная округлая синклиналь и тупая стрельчатая антиклиналь в известняках. Южное Предуралье

Стрельчатые*,* с угловатым замком**,** которые, в свою очередь, разделяются на:

Острые, - с углом складки <90° (рис. 6.42б).



Рис. 6.42б. Острые симметричные стрельчатые складки. Окрестности Туапсе

Тупые - с углом >90°,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Сундучные **(коробчатые)** - с широкими плоскими замками (рис. 6.43).



а



б

Рис. 6.43. Сундучные синклинальные складки: а - днище сундучной синклинальной складки, осложненной дополнительной складчатостью. Слева видно полуразрушенное крыло складки г. Кружевная. Южное Предуралье; б – наклонная изоклинальная сундучная синклиналь (http://geo.web.ru/druza/I-Pamir-1.jpg)

У этих складок обычно выделяется две осевые поверхности. Сундучные складки, в свою очередь, разделяются на собственно сундучные, с примерно симметричными синклиналями и антиклиналями, гребневидные - с широкими, плоскими синклиналями

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

и узкими антиклиналями, и килевидные - широкими, плоскими антиклиналями и узкими синклиналями. Иногда такие складки называют ***кинкбандами*** (kink bands).

По соотношению мощностей на сводах и крыльях складки делятся на (рис. 6.44):

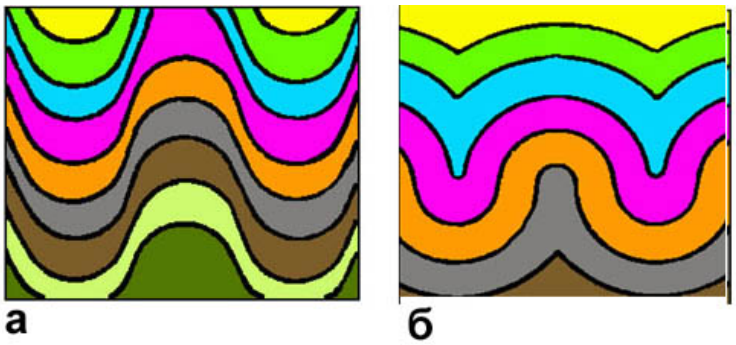


Рис. 6.44. Классификация складок по соотношению мощностей слоев на крыльях и в замках: а – подобные, б – параллельные (концентрические)

Подобные - у которых форма замка не меняется по разрезу, а мощность слоев на крыльях меньше мощности в сводах. Строго подобные складки захватывают небольшие объемы горных пород, хотя складки, близкие к подобным преимущественно встречаются в природных условиях (рис. 6.45).



Рис. 6.45. Параллельные складки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Параллельные (концентрические) - у которых мощность слоев на крыльях и в сводах одинакова. С глубиной антиклинали у таких складок становятся более выраженными, а синклинали расплываются. В природе такие складки встречаются на отдельных локальных участках и обычно быстро исчезают по разрезу.

В природе лишь небольшая часть смятых в складки слоев сохраняет свою мощность или форму замка по латерали и разрезу. Поэтому строго подобные и параллельные складки образуются лишь в небольших объемах пород, чередуясь друг с другом и с более сложным характером изменения мощности в параллельном сечении.

Антиклинальные складки с утоненными замками. Так как в складках этого типа мощности пород в сводах меньше, чем на крыльях, для них характерно увеличение углов падения на крыльях с глубиной. Эти складки представляют собой конседиментационные структуры облекания. Синклинальные складки такой формы не встречаются (рис. 6.46, а).

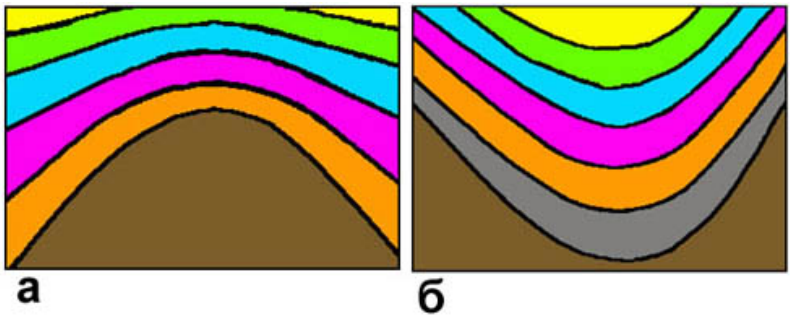


Рис. 6.46: а – антиклинальная складка с утоненным замком, б – синклинальная складка с утолщенным замком

Синклинальные складки с утолщенными замками - так как в складках этого типа мощности пород в сводах больше, чем на крыльях, для них характерно увеличение углов падения на крыльях с глубиной. Эти складки представляют собой типичные конседиментационные структуры трансгрессии. Антиклинальные складки такой формы не встречаются (рис. 6.46,б).

По соотношению длинной и короткой осей складок (длине и ширине) различают:

Линейные складки, у которых отношение длины к ширине больше, чем 3:1. Некоторые авторы предлагают линейными называть

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

складки с отношением длины к ширине более 5:1, или даже 10:1 (рис. 6.47).



Рис. 6.47. Линейные складки: а – фрагмент учебной геологической карты, б – эталонный образ

Брахиморфные, брахиформные, брахискладки, брахисинклинали, брахиантиклинали (брахи - греч. - укороченный) - складки, у которых отношение длины к ширине меньше, чем 3:1. По некоторым авторам меньше 5:1, или 10:1 (рис. 6.48).

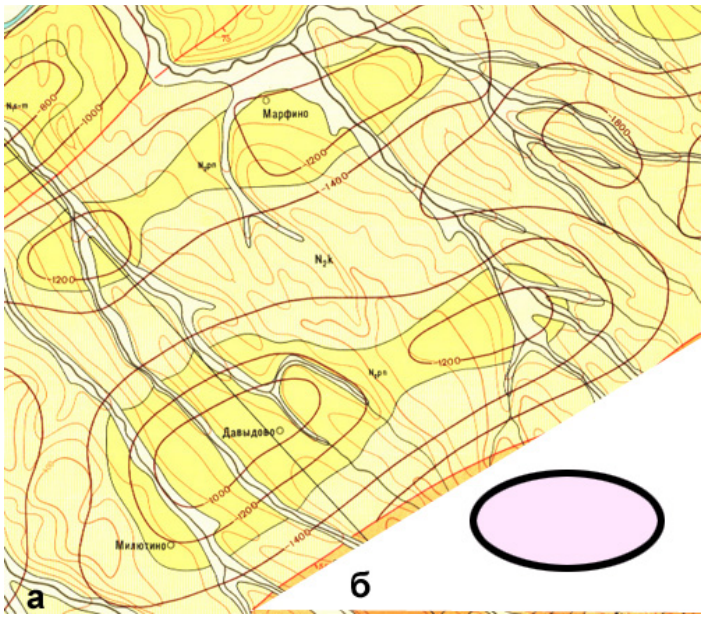


Рис. 6.48. Брахиморфные складки: а – фрагмент учебной геологической карты, с нанесенными на неё стратоизогипсами, б – эталонный образ

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В случае приблизительно одинакового размера длины и ширины складок (отношение длины к ширине не превышает 1,2:1), они называются ***куполами, сводами*** (антиклинали), или ***мульдами, чашами*** (синклинали). В таких складках понятие осевой поверхности теряет смысл (рис. 6.49).



Рис. 6.49. Изометричные (мульды) и брахиморфные складки: а – фрагмент учебной геологической карты, б – эталонный образ мульды и свода

Мульда [mulde, нем. - корыто] это общее название изометрических или овальных пологих тектонических прогибов или их частей в форме синклинали; термин употребляется с середины XIX века.

Одна и та же структурная форма описывается набором прилагательных по разным признакам - например, наклонная простая округлая подобная брахисинклинальная складка. Эти названия дают те эталонные формы, по которым описываются складчатые структуры. Знание эталонных форм позволяет составлять профессиональное словесное описание реальной структуры.

Здесь перечислены лишь самые употребительные наименования, характеризующие форму складок. Более полная их классификация приведена в специальных справочниках, например "Формы геологических тел", подготовленный коллективом авторов под редакцией Ю.А. Косыгина, 1977.

Для закрепления материала, перейдите по ***ссылке*** и выполните упражнения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.3.3. Складчатость

В природе каждая элементарная складка является частью другой более крупной складки, а сама, в свою очередь, обычно состоит из относительно мелких складок, которые, в свою очередь являются элементами следующих ступеней масштабной этажерки, вплоть до складочек размером в сантиметры, называемые плойчатостью.

В природе, встречаются складки самых разных размеров. Каждая элементарная складка является частью другой, более крупной складки. В свою очередь любая складка обычно состоит из относительно мелких складок, которые, в свою очередь, являются элементами следующих ступеней масштабной иерархии, вплоть до складочек размером в сантиметры, называемых ***плойчатостью*** (рис. 6.50).



Рис. 6.50. Плойчатость в флишевой толще. Южное Предуралье.

Совокупность складок определенной территории образует ***складчатость.*** Для характеристики складчатости применяют понятие ***зеркало складчатости*** (рис. 6.51). Это воображаемая

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

поверхность, огибающая своды системы складок. По ее форме можно судить о строении всего комплекса складчатых структур.

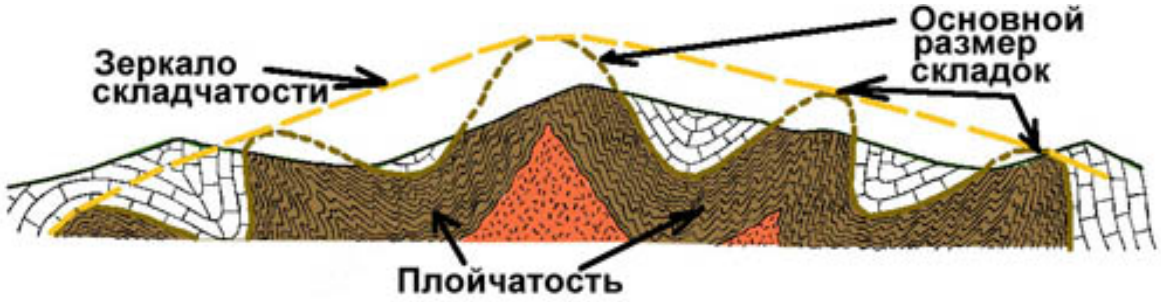


Рис. 6.50. Соотношений складок различных иерархических уровней

В разрезе сочетания элементарных складок могут быть гармоническими и дисгармоническими. ***Гармоническая складчатость*** характеризуется одинаковыми изгибами пластов - то есть антиклиналям в более глубоких слоях соответствуют антиклинали в более высоких слоях. Такая складчатость не перестает быть гармоничной, если вверх по разрезу меняется их наклон и складки из симметричных становятся асимметричными.

Дисгармоническая складчатость - различная по размерам и форме в разных частях разреза, возникшая одновременно. Более мощные и жесткие слои (например, песчаников) изогнуты в широкие, спокойные складки, а тонкие и пластичные слои (например, глины) - мелкие и интенсивные (рис. 6.51).

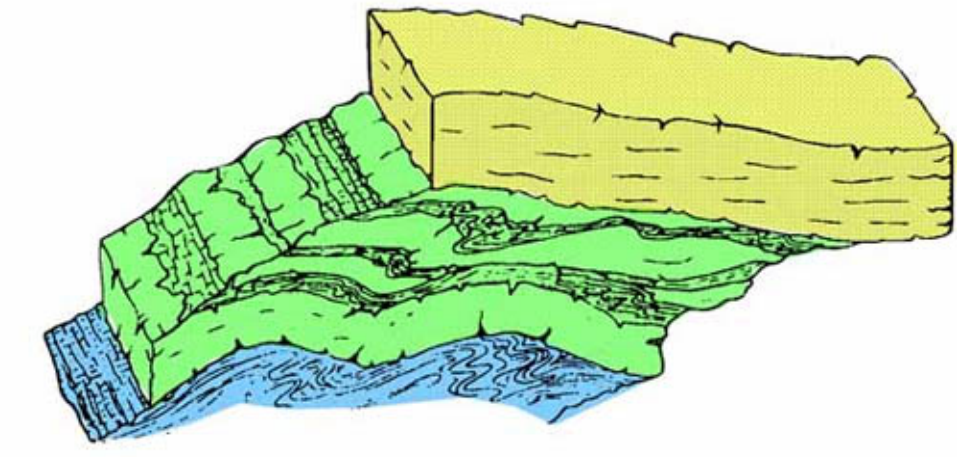


Рис. 6.51. Дисгармоничные складки Северные Апеннины, Италия (по Л. Тревизану)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Если складки образуются в толще с различной жесткостью пород (присутствуют ***компетентные и некомпетентные**** слои) в складке развивается совокупность, состоящая из основной относительно большой складки простого строения (образованной компетентным слоем) и множества мелких дополнительных складок, развитых в пластичных породах и осложняющих ее рисунок.

Бывают случаи, когда складки имеют близкий размер, но над антиклиналью расположена синклиналь, или наоборот. Такой вид дисгармонической складки называют *инверсией*. Дисгармоническая складчатость возникает, если одновременно деформируются различные по упруго-вязкостным свойствам толщи или в случае складок течения, гравитационных складок. Разновидностью дисгармонической складчатости являются складки ***волочения*** (другое название - ***внутрипластовые*** складки) - дисгармоничные складки, осложняющие строение пластичных слоев внутри более крупной складки, состоящей из компетентных и некомпетентных слоев. При изучении достаточно мощных разрезов обнаруживается, что любая складчатая структура является дисгармоничной. Это может быть вызвано различными причинами а соотношения между складчакми иметь различный характер (рис. 6.52).

Рисунки осей складок. Взаимное площадное распределение складок обычно закономерно, что отчетливо видно в рисунке осей складок. Выделяются параллельное, кулисообразное расположение осей складок. Складки могут образовывать гирлянды, миндалевидные пучки, Встречаются перьевидный, дендритовидный, кольцевой, хаотический, типа конского хвоста, битой тарелки и т.д. рисунки осей складок (рис. 6.53).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

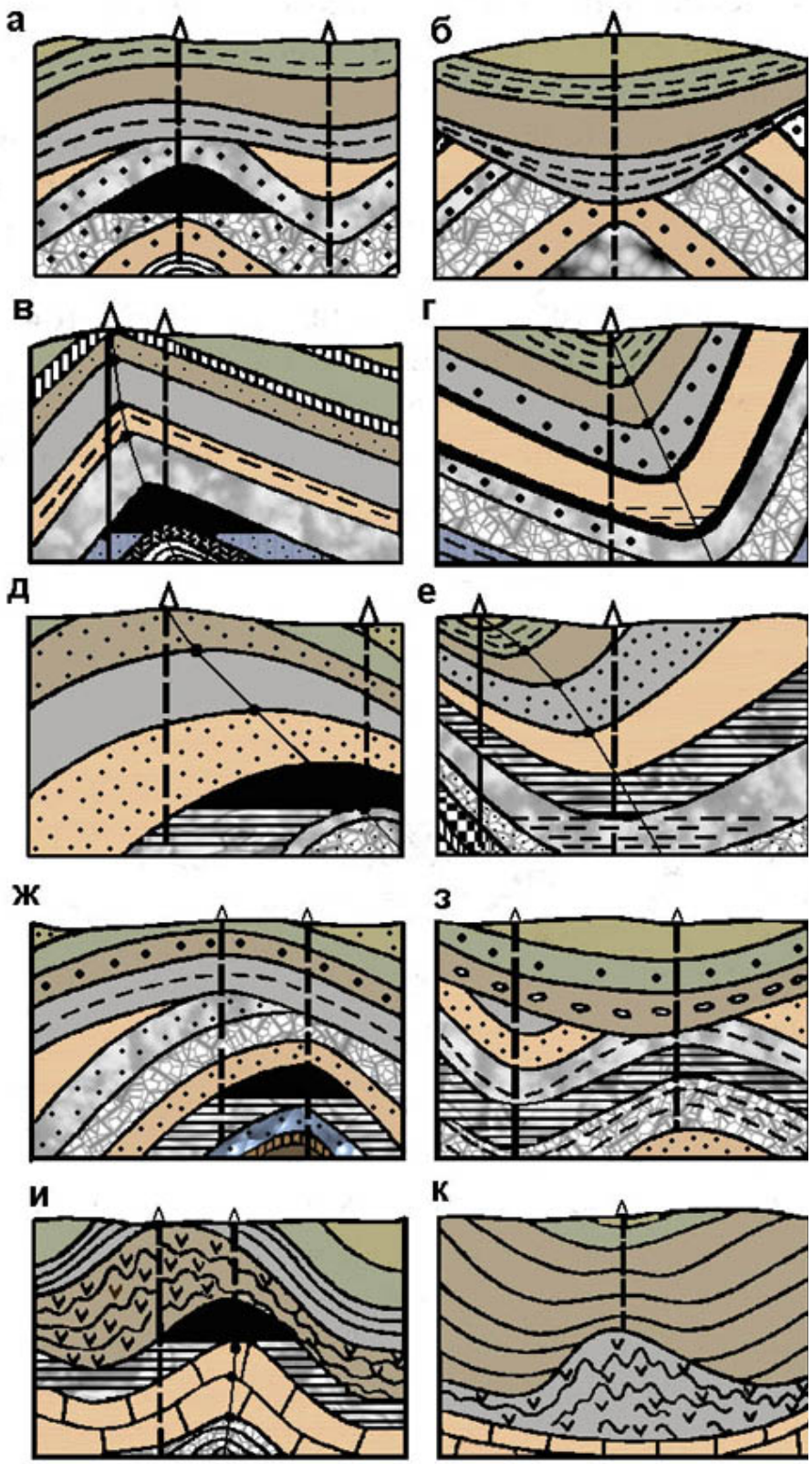


Рис. 6.52. Различные виды гармонических (в, г, д, е) и дисгармонических (а, б, ж, з, и, к) складок

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

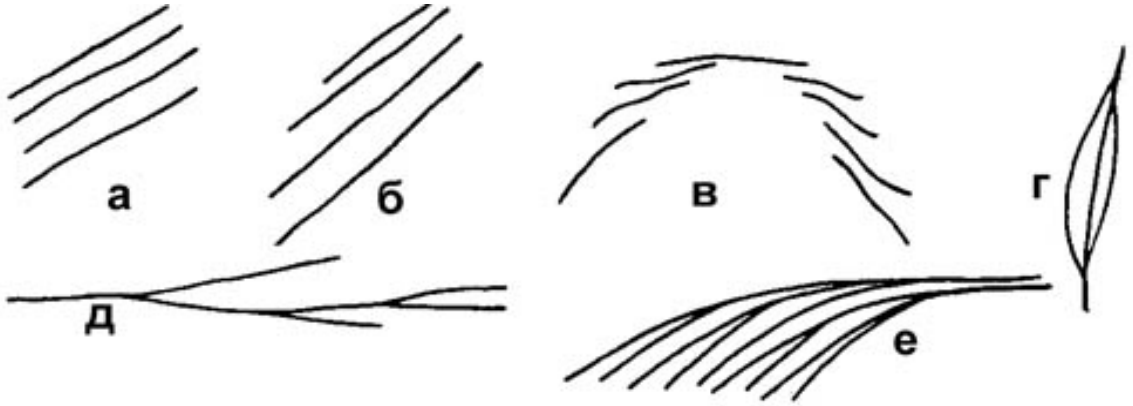


Рис. 6.53. Сочетания осей складок: а – параллельная, б – кулисообразная, в – гирлянды, г – миндалевидный пучок, д - дендритовидная виргация, е – виргация типа «конский хвост» (по М.А. Усову с изменениями)

На рис. 6.54. приведен фрагмент учебной геологической карты, на котором показана виргация антиклинальной оси складки.

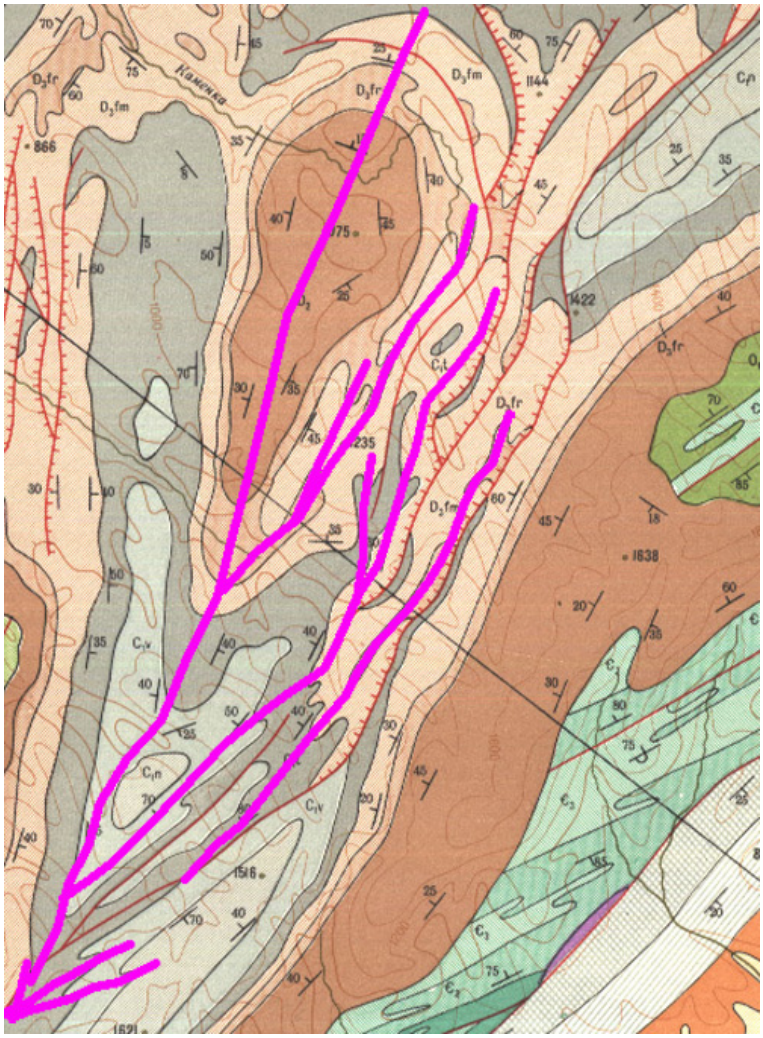


Рис. 6.54. Дендритовидная виргация (показано сиреневым) оси антиклинальной складки на учебной геологической карте

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Порядки складок и их выделение. На одной и той же территории можно выделять структуры различного размера, «вложенные» друг в друга – складки различных рангов, или порядков. В связи с этим при их описании всегда встает вопрос о выделении их ранга и выборе начального размера - что считать структурной формой первого порядка. Первый или начальный порядок обычно задается масштабом изучения - какая складка (какие складки) помещается в районе изучения как единое целое. Это могут быть и большая часть одной складки, или несколько складок (обычно, не более 5). Складка, в которую «вписаны» рассматриваемые структуры, будет называться надпорядковой. Складки, которые осложняют строение складки первого порядка и вписаны в нее - будут складками второго порядка, в которых, в свою очередь, можно выделять складки третьего, четвертого и более высоких порядков.

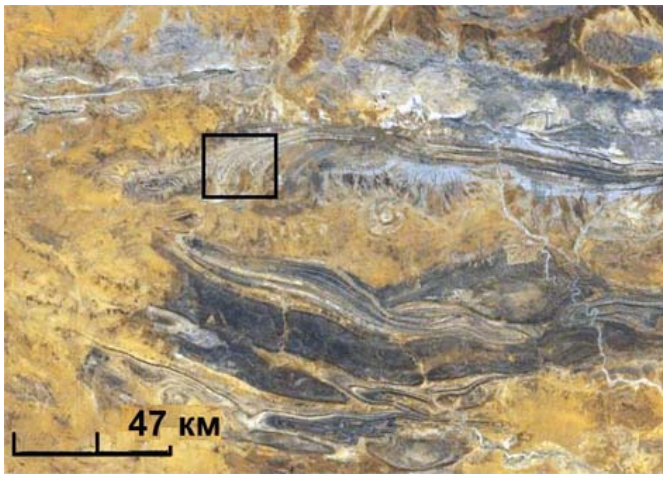
Однозначного и универсального ответа на вопрос, какие структуры относить к однопорядковым, а какие – к разнопорядковым - не существует, и каждый раз требуется специальный тектонический анализ. В общем, как правило, если одна складка по размерам более, чем в два раза больше другой, ее следует относить к другому порядку.

Различные виды складчатости зависят от условий их образования и истории развития и рассмотрены в ***главе 21.***

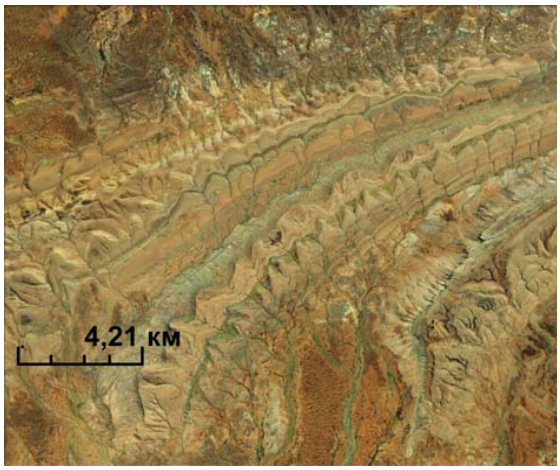
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.3.4. Изображение складок на геологических чертежах и материалах дистанционных съемок

На геологической карте (карте среза) с плоским рельефом складки изображаются параллельно-полосчатым концентрическим рисунком, конкретные очертания которого зависят от типа складок. Больше всего они похожи на срезы агатов – ониксов (рис. 6. 55, а). Если рельеф расчлененный, границы осложняются зигзагами пластовых треугольников (рис. 6. 55 б).



а



б

Рис. 6.55. Складки различных порядков: (а), фрагмент выделенный черным прямоугольником – пластовые треугольники на крыле складки (б). Австралия, Google, Планета Земля

Все случаи взаимного положения слоев и рельефа были разобраны в разделе, посвященном наклонному залеганию. На структурных картах складки изображаются системой параллельных замкнутых стратоизогипс с различным заложением. Именно поэтому складки и называются замкнутыми структурами. Подробнее вопросы построения геологических чертежей замкнутых структур разобраны во второй части ***в 10.4.3.***

На специальных тектонических картах и картах нефтегазогеологического районирования складки изображают их осями (в случае полной голоморфной складчатости) или контурами по самой нижней замкнутой стратоизогипсе (в случае спорадической платформенной складчатости) (рис. 6.56).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

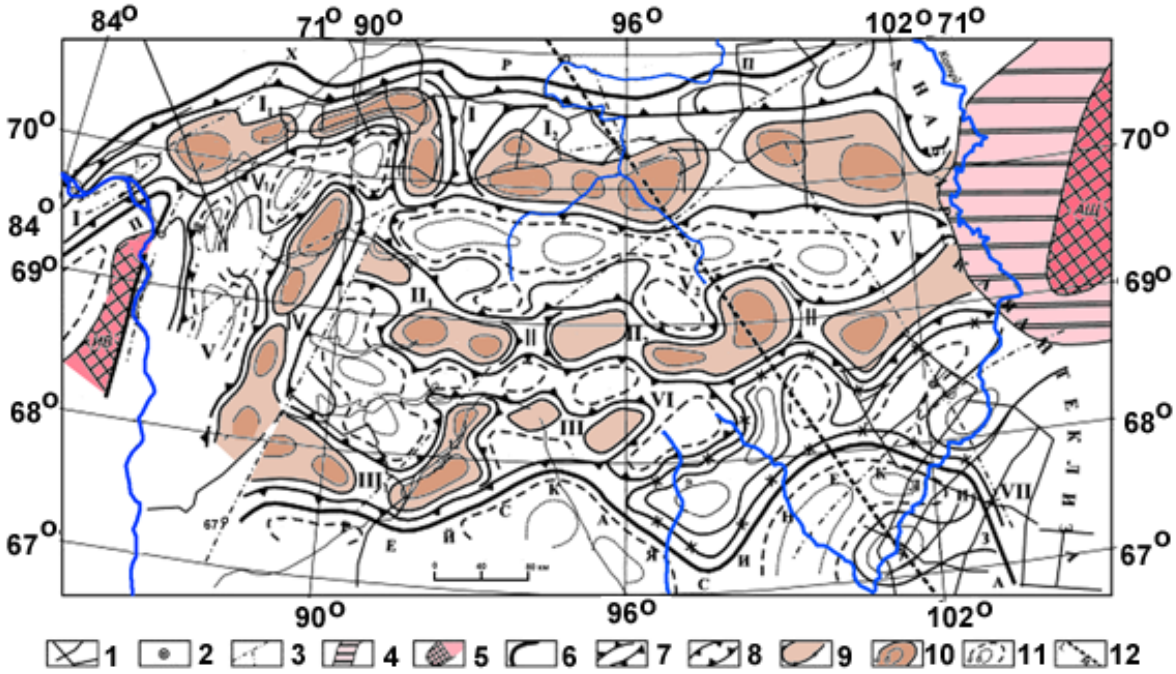


Рис. 6.56. Пример изображения складок на тектонической карте. Северо-западная часть Сибирской платформы (по В.И. Казаису, 2003). Условные обозначения: 1 – профили МОГТ; 2 – глубокие скважины, вскрывшие палеозойские либо более древние отложения; 3 – тектонические нарушения; 4 – область выхода на дневную поверхность довендских отложений; 5 – область выхода кристаллического фундамента на дневную поверхность (АЩ – Анабарский щит) либо на уровень закартированного горизонта в низах вендпалеозоя (ИВ – Игарский выступ); 6 – границы геоструктур и надпорядковых структур (полные названия либо их аббревиатуры даны на карте); границы ассоциаций структур I-II порядка и крупных структур I порядка преимущественно: 7 – положительных, 8 – отрицательных, 9 – знакопеременных; контуры: 10 – положительных, 11 – отрицательных структур: а – II порядка, б – III порядка; 12 – плановое положение интерпретационного разреза; ассоциации структур I-II порядка и крупные структуры I порядка: I – Северо-Норильская гряда, II – Центрально-Норильская гряда, III – Южно-Норильская гряда, IV – Хантайско-Рыбнинский мегавал, V – Богатырский (Приенисейско-Котуйский) региональный прогиб, VI – Большеозерский мегапрогиб, VII – Ессейская мегатерраса, I_1 – Северо-Норильский мегавал, I_2 – Северо-Путоранский мегавал, II_1 – Кутарамаканский мегавал, II_2 – Нерангдинский мегавал, III_1 – Снежногорский мегавал, V_1 – Норильско-Хараелахский мегапрогиб, V_2 – Богатырский мегапрогиб; арабскими цифрами обозначены структуры второго порядка

На геологических разрезах складки изображаются примерно параллельными волнистыми линиями. Анализируя геологические разрезы с предположительно складчатым строением, следует учитывать, что на разрезах линейных складок построенных по

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

простиранию, они могут быть приняты за горизонтально залегающие слои и флексуры.

На материалах дистанционных съемок складки выглядят очень по-разному - в зависимости от фотогеничности района, контрастности слоев, слагающих складку, и ряда других причин.

Основное значение при дешифрировании складок на аэрофотоснимках имеет разворот пластовых треугольников в замках складок. Анализ пластовых фигур позволяет диагностировать принадлежность складки к антиклинали, или синклинали, наметить ось (рис. 6.57).

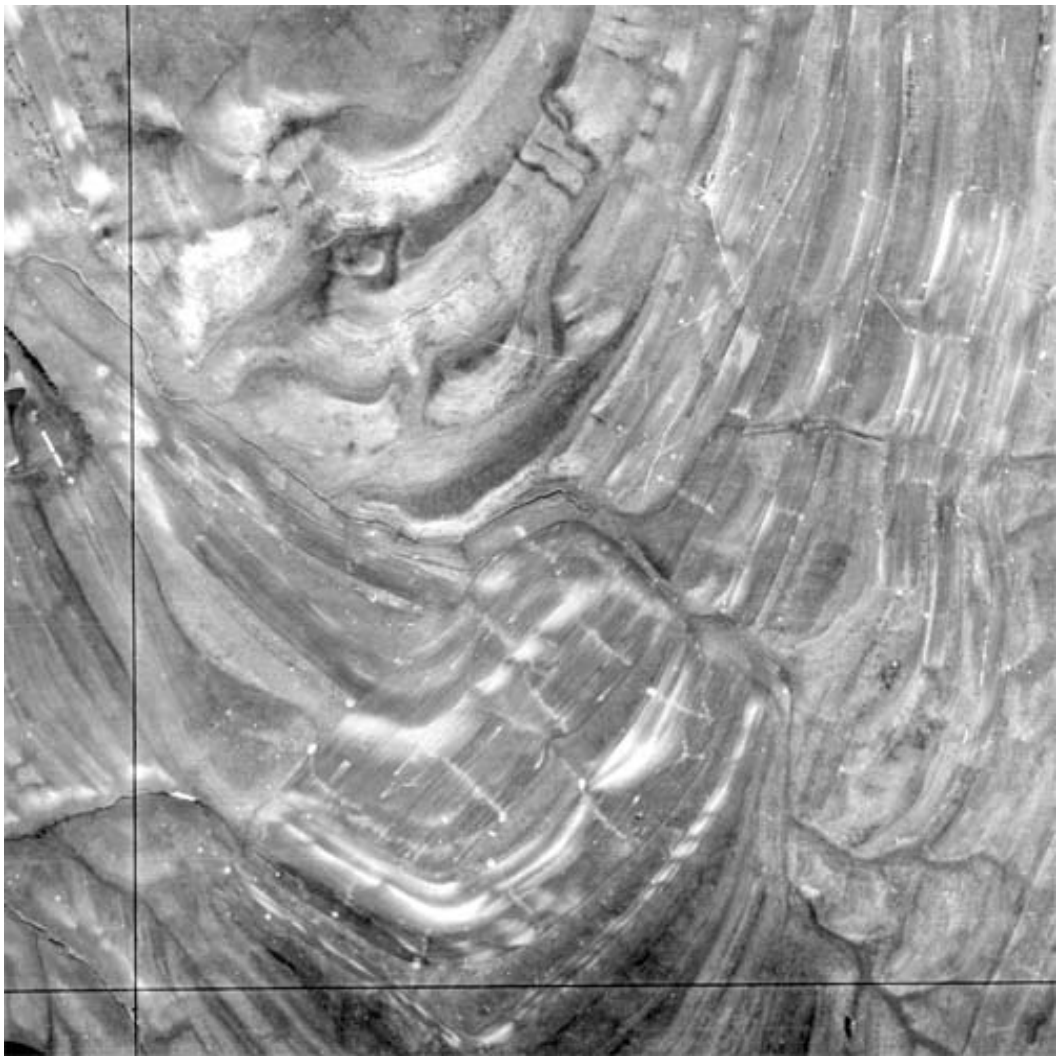


Рис. 6.57. **Центриклинальное замыкание складки.** Фрагмент аэрофотоснимка. Южное Предуралье

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В случае нерасчлененного рельефа только внимательное сопоставление симметричных слоев по разные стороны от осевой линии позволяет картировать складку. В закрытых районах гидросеть, препарирующая поверхности напластования, позволяет откартировать структуру складки (рис. 6.58). На космических снимках крупные складки чаще всего изображаются концентрически-полосчатым фоторисунком или в виде кольцевых структур, образованным гидросетью, аномалиями фототона или фоторисунка.

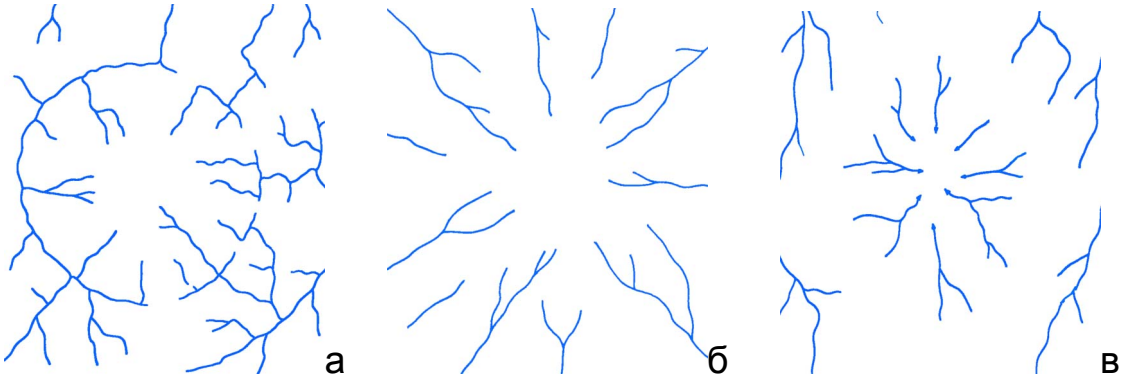


Рис. 6.58. Характерные рисунки речной сети, развивающиеся над складками: а – радиально-концентрический, б – радиально-центробежный рисунок, развивающийся над растущими поднятиями, в – радиально - центростремительный рисунок, развивающийся над прогибаниями (по В. и К. Миллерам)

Методика графического построения (изображения) складчатой структуры аналогична построениям, описанным для полузамкнутых структурных форм.

Построение складок на геологических картах по данным полевых наблюдений производится методом интерполяции, начиная от молодых и постепенно переходя к более древним. При этом наиболее важными участками при интерполировании оказываются замыкания складок, которые должны быть выделены как особые точки, между которыми интерполяция невозможна. При хорошей обнаженности или дешифрируемости, лучшим способом построения границы слоя является прослеживание ее на местности непосредственно, используя все косвенные признаки (например, геоморфологические) или протягивание границы на аэрофотоснимках. В тех случаях, когда в складчатости участвуют слои с различной компетентностью, некомпетентная толща, обычно,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

бывает осложнена дополнительной складчатостью, иногда с характерными следами складок течения. В этих случаях интерполяция также невозможна. Для изображения таких осложняющих складок внутри толщи обычно показывают дополнительные маркирующие горизонты.

При геологическом картировании складчатой структуры очень важно различать какой порядок (иерархический ранг) характеризуют те точечные замеры элементов залегания, по которым проводится интерполяция. И в этом случае незаменимую помощь оказывает дешифрирование аэрофотоснимков.

С т р у к т у р н ы е к а р т ы складчатых структур строят обычно методами интерполяции между данными бурения - инвариант, треугольников схождения или профилей. Особенности выбора того или иного метода и способы построений приведены в главе 11. Так же, как и при построении геологических карт, при построении структурных карт необходимо использовать все косвенные данные, потому что, используя только линейную интерполяцию, можно получать неоднозначные результаты.

Г е о л о г и ч е с к и е р а з р е з ы складчатых структур строят обычно в крест простирания длинных осей складок. В тех случаях, когда складки изометричны, линии разрезов, проводят так, чтобы наиболее полно охарактеризовать складку (складчатость). Это могут быть участки с локальными осложнениями складок, показ асимметрии крыльев и т.д.

В нефтяной геологии разрезы часто строят так, чтобы максимально использовать имеющиеся данные бурения. В этом случае разрез проводят через точки с максимальным числом скважин, даже если в этом случае разрез получается ломаным. Вертикальный масштаб при этом по-возможности стараются сделать равным горизонтальному. При построении геологических разрезов складчатых структур обязательно учитываются все прямые и косвенные данные о территории. Построения ведут, соединяя между собой одноименные границы, начиная от молодых.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6.3.5. Складки и нефтегазоносность

Складки различных размеров и морфологии - один из главных объектов нефтегазовой геологии. Гигантские прогибы земной коры плиты, синеклизы - это бассейны осадконакопления и захоронения органического вещества, которое впоследствии может оказаться нефтегазопроизводящем. Считается, что чем больше толщина осадочного слоя, накопленного в таком большом прогибе, тем выше перспективы нефтегазоносности территории. Складки антиклинальной формы меньшего размера внутри прогибов: своды, локальные антиклинали - главные вместилища для залежей нефти и газа (рис. 6.59).

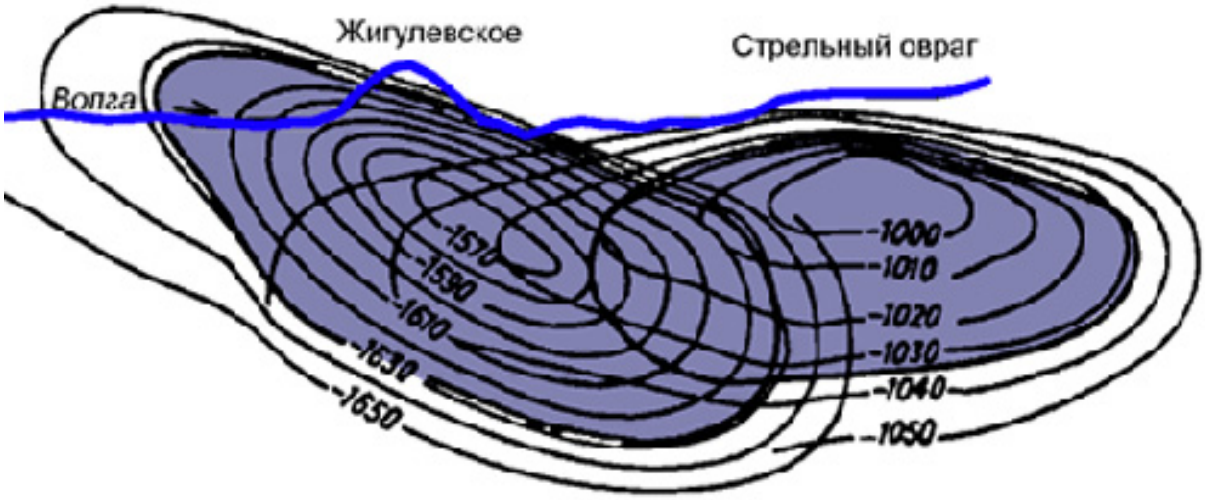


Рис. 6.59. Нефтяные месторождения – Жигулевское и Стрельный овраг

Тем не менее, залежь нефти или газа в брахиморфной антиклинали слоя песчаника - это эталонный образ скопления углеводородов (рис. 6.60).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

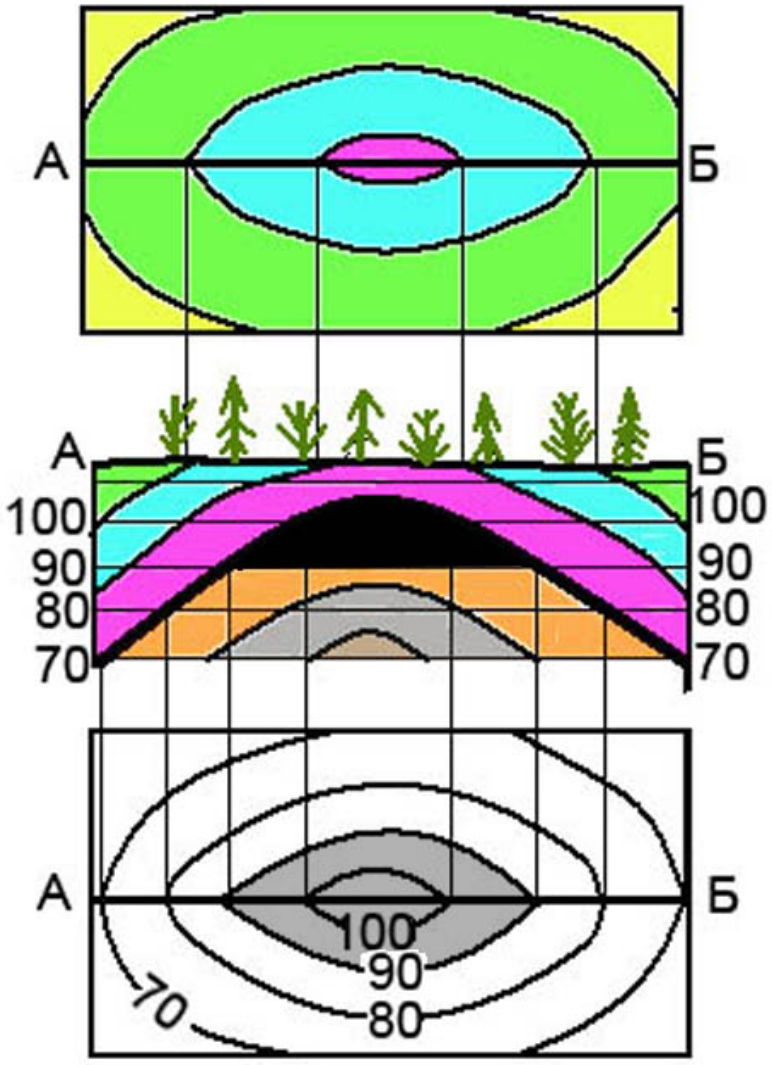


Рис. 6.60. Эталонная залежь нефти в антиклинальной ловушке

Именно такие залежи и ловушки называются традиционными, и именно этот образ имеется в виду "по умолчанию". Преимущественно для них разработана классическая нефтегазовая теория, наука о методах разработки и подсчете запасов. Все остальные залежи считаются нетрадиционными, и их форма описывается специально.

Контрольные вопросы к 6 3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014


http://www.1trash.net/wp-content/uploads/2012/09/picture.jpg

ГЛАВА 7. ДИЗЪЮНКТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ (РАЗРЫВЫ)

7.1. ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О РАЗРЫВАХ

7.1.1. Диаклазы и параклазы

Все геологические тела в той, или иной степени разбиты разрывами различного размера - нарушением сплошности горных пород, без смещения (трещина) или со смещением пород по поверхности разрыва. Разрывы по видимым признакам делятся на две большие группы:

- без видимого смещения крыльев и с одной элементарной поверхностью сместителя *(**диаклазы**)*. К ним относятся ***кливаж**,* разновидностью которого является ***сланцеватость*** и ***трещины***

- с видимым смещением крыльев – ***разломы (параклазы)***. К ним относятся сбросы и взбросы, надвиги и сдвиги, раздвиги, шарьяжи и другие формы.

Гигантские, долгоживущие, уходящие в недра за пределы земной коры разломы называются глубинными. Отдельные штуфы горных пород, скальные обнажения, горные массивы, земная кора в целом разбиты системой разрывов разного размера, образующие сложные парагенезисы и системы. Иногда бывает трудно определить разницу между трещиной и разломом. Нередко отнесение разрыва к тому или иному виду зависит от масштаба исследования и иерархического ранга изучаемых геологических тел. Любой разлом, в том числе и глубинный, на определенном уровне обобщения по отношению к нарушаемому объему тектоносферы может рассматриваться как трещина. Но, в основном граница между значительным и незначительным смещением определяется по отношению либо к масштабу картирования, и тогда значительным будет называться смещение, превышающее два мм в масштабе карты, либо к наблюдателю - человеку, и тогда значительным будет считаться смещение в метры.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

С разрывами, так же, как и с пликативными дислокациями, часто связаны месторождения полезных ископаемых, велика их роль и в формировании залежей нефти и газа.

На геологических картах разрыв показывается красными или толстыми черными линиями (это обычно указывается в легенде карт).

Разрыв - fracture, fault – общее название для нарушений сплошности горных пород. Термин fracture в общем соответствует диаклазам, а fault параклазам и конкретно - сбросам. Если требуется детализировать, то в англоязычной литературе применяются составные термины - strike-slip fault – сброс (разрыв) по простиранию – сдвиг, overlap fault – взброс, надвиг, dip fault – буквально - сброс по падению, или собственно сброс. В литературе применяется и много других уточняющих прилагательных, используемых как термины.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.1.2. Элементы разрыва.

К элементам разрывов относятся (рис. 7.1):

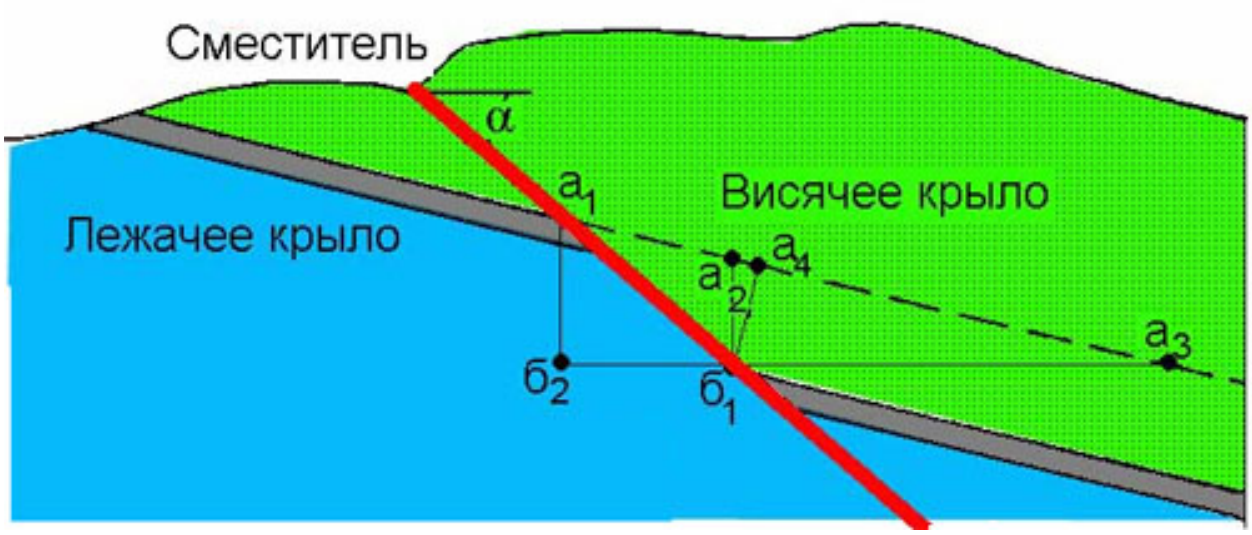


Рис. 7.1. Элементы разрыва. Пояснения в тексте

- ***сместитель*** - поверхность, по которой перемещаются *бока (**блоки, крылья**)* разрыва. Он обладает элементами залегания и направлением (вектором) перемещения. Угол падения сместителя - α. Величина перемещения называется его ***амплитудой***. Выделяют следующие виды амплитуды:

- ***истинную*** (по сместителю) ($а_1б_1$) - расстояние между двумя сопряженными до разрыва точками по сместителю;
- ***вертикальную*** ($а_1б_2$) - вертикальную составляющую истинного смещения. Она равна расстоянию по вертикали между смещенными смежными точками на боках разрывного смещения;
- ***горизонтальную*** ($б_2б_1$), - горизонтальную составляющую истинного смещения. Она выражает перемещение блоков - надвигание их друг на друга или сдвигание их друг относительно друга;
- ***стратиграфическую*** ($а_1а_4$) - расстояние между перемещенными смежными точками по перпендикуляру к поверхности напластования (по подошве и кровле слоя);
- ***вертикальный отход*** ($а_2б_1$) - расстояние по вертикали между смещенными слоями (вертикальная составляющая стратиграфической амплитуды);

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- ***горизонтальный, отход*** **(a_2a_4)** (горизонтальная составляющая стратиграфической амплитуды);
- ***линия разрывного нарушения (линия разрыва)*** - линия пересечения поверхности сместителя и линии рельефа;
- ***крылья (бока, блоки)*** разрыва – разорванные и перемещенные части геологического тела. Выделяют ***висячее*** (под ним “висит” сместитель) и ***лежачее*** (на нем “лежит” сместитель) крылья. Такое название крыльев имеет исторические корни и восходит к соотношению крыльев с рудной жилой. Когда рудокоп находится в рудной жиле (в нашем случае – в разрыве), одно крыло над ним нависает, а на другом он лежит.

Вертикальные сместители, рассекая рельеф, изображаются на геологической карте прямой линией, наклонные разрывы образуют пластовые треугольники. Пологие и горизонтальные сместители повторяют изгибы горизонталей рельефа.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.1.3. Классификация разрывов.

Так же, как и складки, разрывы классифицируются по разным признакам. Свои особенности есть в классификации различных видов разрывов - кливажа, трещин, разломов. Геометрические характеристики разрывов, общие для всех их видов, приведены в табл. 7.1 и на рис. 7.2.

Таблица 7.1. **Классификация разрывов**

Признак	**Виды разрывов**					
Величина смещения крыльев	Диаклазы		Параклазы			
	Кливаж	Трещины	Разломы			
Соотношение сместителя и слоистости	Послойные	Продольные	Поперечные	Косые		
Соотношение смесителя и горизонтали	Пологие (0-30˚)	Крутые (30-80˚)	Вертикальные (80-90˚)			
Соотношение падений смесителя и слоев	Несогласные	Согласные	Послойные			
Направление перемещения по разрыву	Простые (прямые и обратные)	Шарнирные	Циллиндрические			
Рисунки ассоциаций разрывов в плане	Параллельные	Перистые	Радиальные	Концентрические	Кулисообразные	Чешуйчатые

По отношению к слоистости разрывы разделяют на следующие виды.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

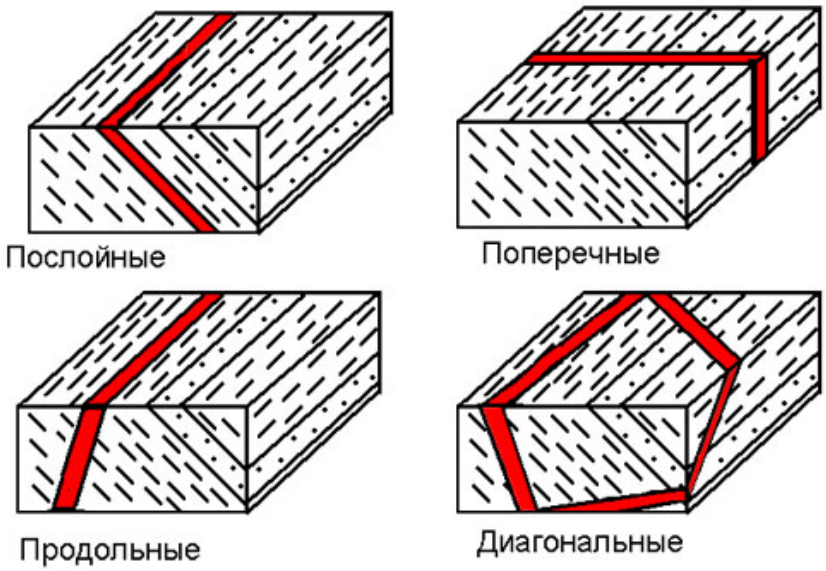


Рис. 7.2. Классификация разломов по отношению к слоистости

- ***послойные*** разрывы параллельны слоистости,

- у ***продольных*** разрывов простирание слоистости параллельно простиранию поверхности сместителя, а углы падения отличаются;

- у ***поперечных*** разрывов простирание поверхности сместителя перпендикулярно простиранию слоистости. Углы падения могут быть различными.

- ***диагональные*** -разрывы имеют сместитель, расположенный под углом к слоистости.

Рассматривая соотношение поверхности сместителя и слоя, следует учитывать, что слои могут быть смяты в складки и разрыв в разных своих частях может оказаться и продольным, и поперечным, и диагональным.

По отношению к падению слоев выделяются:

- ***согласные*** - с падением, ориентированным в ту же сторону, что и падение слоев;

- ***несогласные*** разрывы - у которых сместитель падает в направлении, противоположном преобладающему падению слоев;

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- ***послойные*** - с падением сместителя, совпадающим с падением слоев.

По отношению к горизонтальной плоскости разрывы могут быть:

- *пологими* (с углами падения от 0° до 30°),

- *крутыми* (с углами падения от 30° до 80°),

- *вертикальными* (с углами падения от 80° до 90°).

Эти характеристики разрывов наблюдаются непосредственно.

По характеру перемещения разломы могут быть простые, с одинаковым перемещением по всей поверхности сместителя. При тонких тектонодинамических исследованиях иногда можно разделить их на прямые – с движением висячего крыла и обратные – с движением лежачего крыла. Кроме того выделяются шарнирные разрывы. В них разрыв имеет различные амплитуды и направления смещения, а также прямой и обратный характер. Перемещение здесь происходит вокруг одного центра (рис. 7.3).

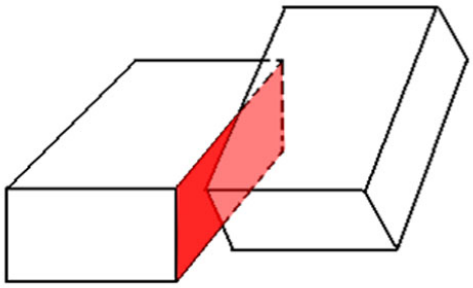


Рис. 7.3. Шарнирный разрыв (по В. Ярошевскому)

Наконец, выделяют цилиндрические разрывы, в которых поверхность сместителя имеет цилиндрическую форму и смещение происходит по цилиндрической образующей (рис. 7.4).

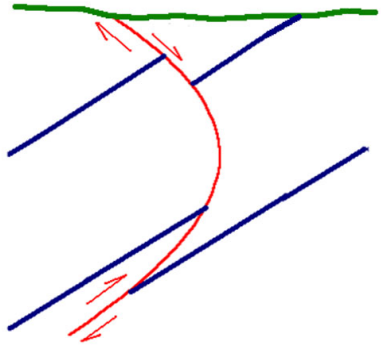


Рис. 7.4. Цилиндрический разрыв (по Г.П. Горшкову и А.Ф.Якушевой)

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Такие разрывы возникают над интрузивами, диапирами, в породах, слагающих конусы вулканов (рис. 7.5).

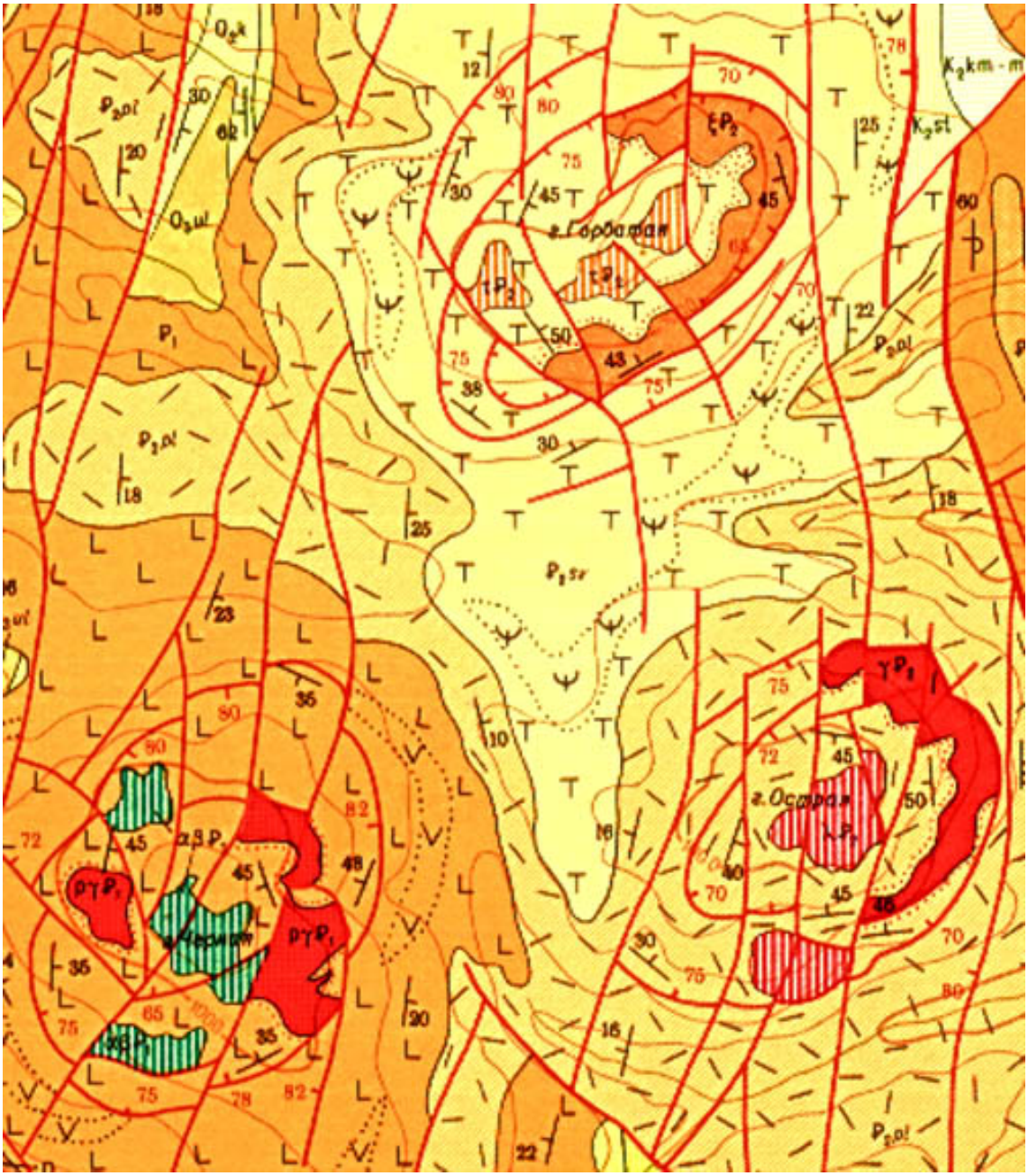


Рис. 7.5. Цилиндрические и конические разломы над вулканическими очагами. Фрагмент учебной геологической карты

Разрывы образуют ассоциации с рисунками, сходными с осями складок - параллельные, перистые, радиальные, концентрические, кулисообразные, чешуйчатые и т.д. (рис. 7.6-7-10).

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 7.6. Радиальные системы трещин вокруг грязевого вулкана (по http://www.azovskoe.com/vulkan3.html)

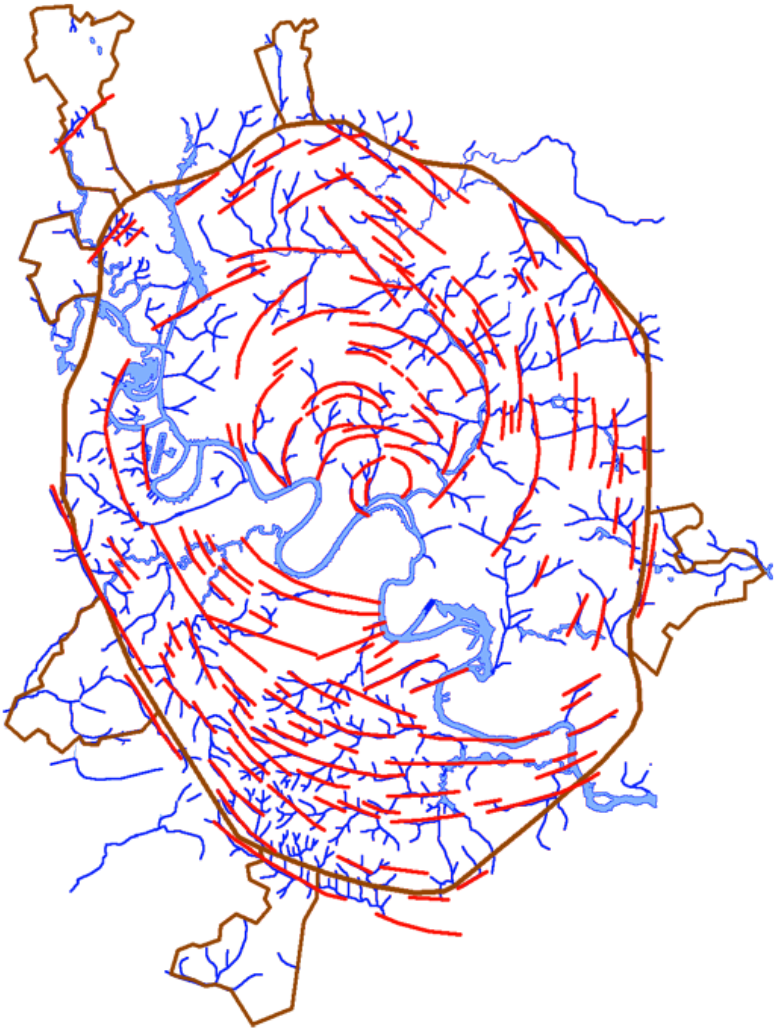


Рис. 7.7. Концентрическая система разломов (линеаментов) Москвы по результатам дешифрирования космических снимков и гидросети (по Москва, геология и город, 1997 с упрощениями)

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

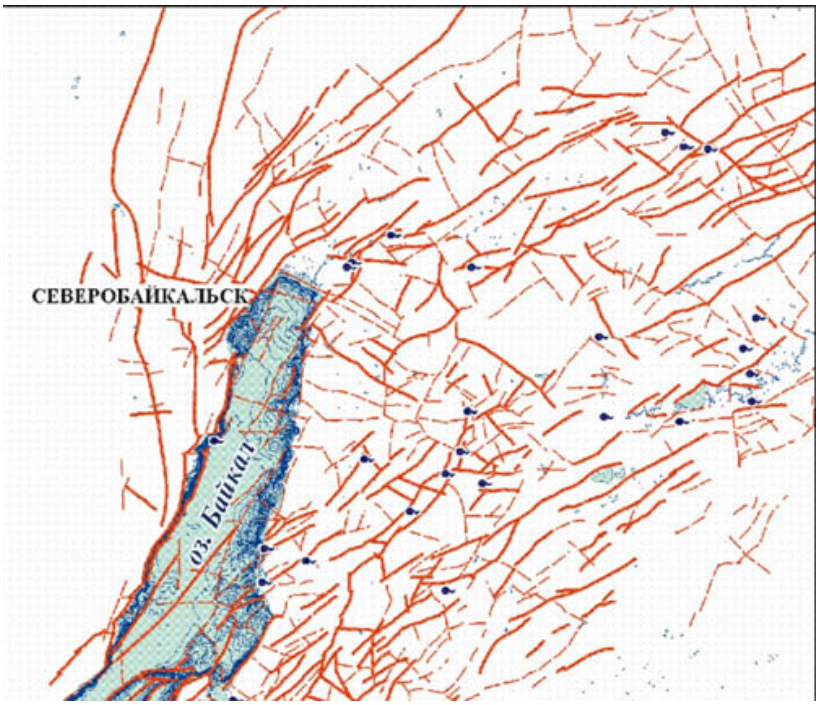


Рис. 7.8. Решетчатая система активных разломов Северного Забайкалья. Фрагмент электронной карты активных разломов юга Восточной Сибири (по http://lab.crust.irk.ru/proekt/pages/)

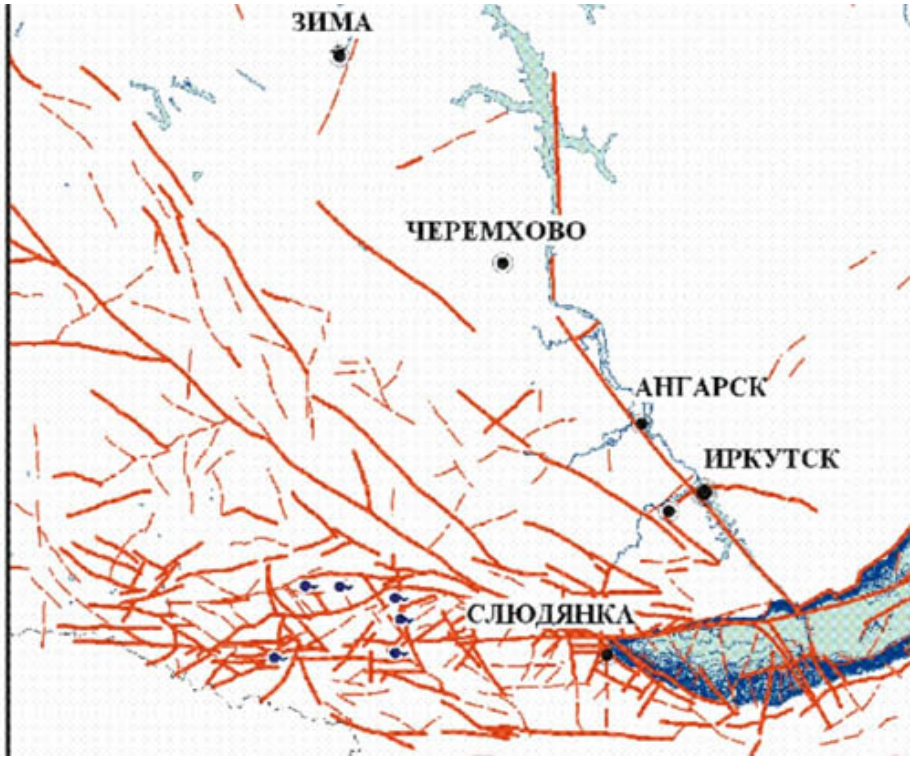


Рис. 7.9. Перистая система активных разломов Прибайкалья. Фрагмент электронной карты активных разломов юга Восточной Сибири (по http://lab.crust.irk.ru/proekt/pages/)

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

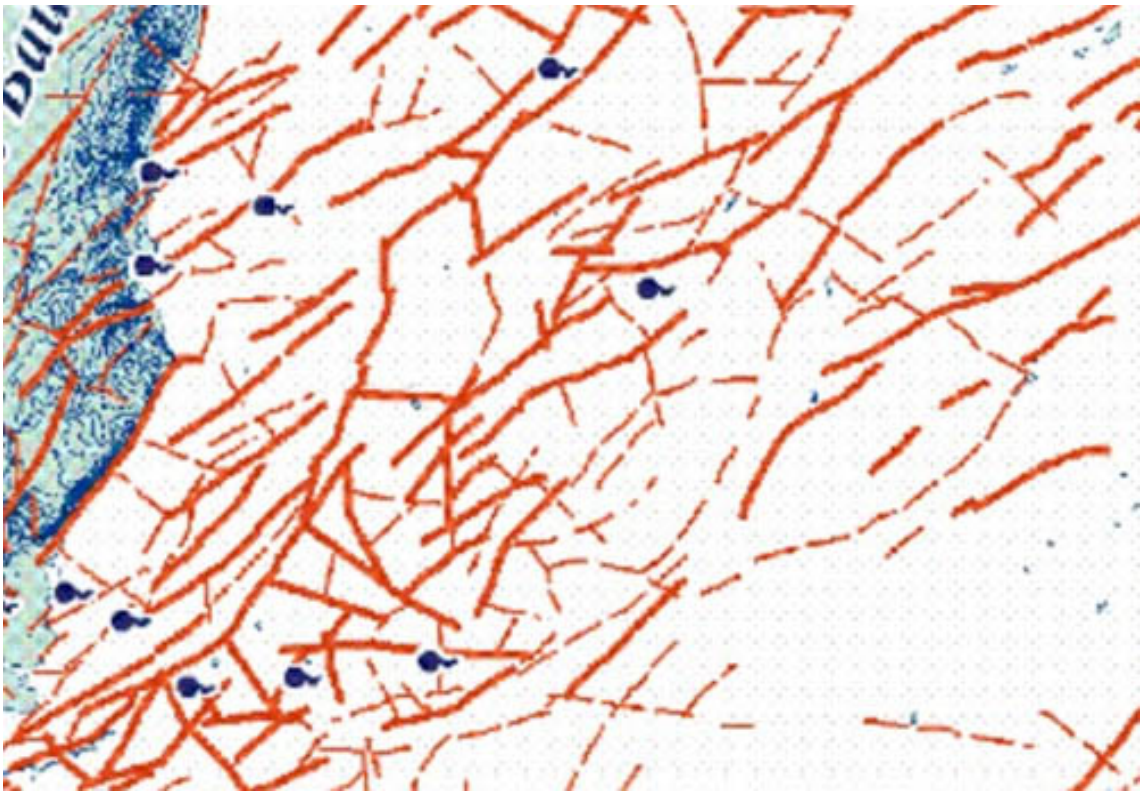


Рис. 7.10Чешуйчатая система активных разломов Восточного Забайкалья. Фрагмент электронной карты активных разломов юга Восточной Сибири (по http://lab.crust.irk.ru/proekt/pages/)

Для закрепления знаний, перейдите ***по ссылке*** и выполните упражнения к 7.1.3.

Контрольные вопросы к. 7.1.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.2. ДИАКЛАЗЫ

К диаклазам относятся разрывы без значимых смещений – с большой степенью условности в ним относится кливаж, который правильнее относить к плоскостным микроструктурам, и трещины

7.2.1. Кливаж

Кливаж (cleavage) раскол - это система плоских плиток, или пластинок, на которую раскалываются некоторые горные породы. В настоящее время это явление называют расщепляемостью. Она вызывается либо наличием предпочтительной ориентировки чешуйчатых минералов в относительно тонкозернистых породах – сланцеватостью, либо наличием в породе микроскопических вторичных параллельных элементов, сложенных агрегатами зерен, причем чередуются резко различные по составу, размеру зерен и ширине элементы собственно кливажем. (рис. 7.11).

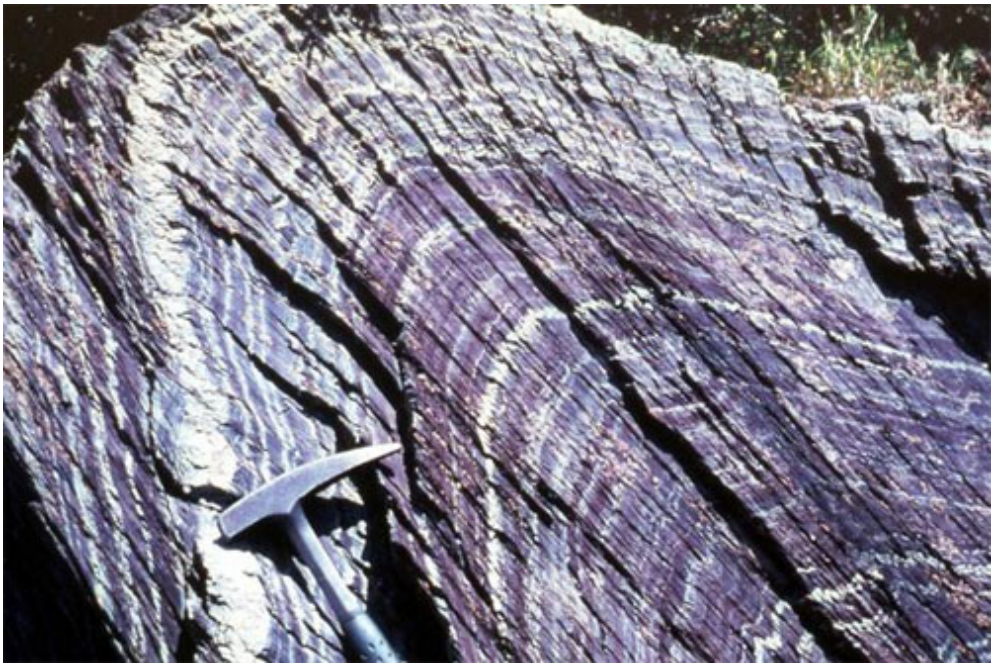


Рис. 7.11. Кливаж. http://images.google.ru/

Чаще всего выделяют веерообразный - прямой и обратный), s - образный, *г* - образный, параллельный виды кливажа (рис. 7.12).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

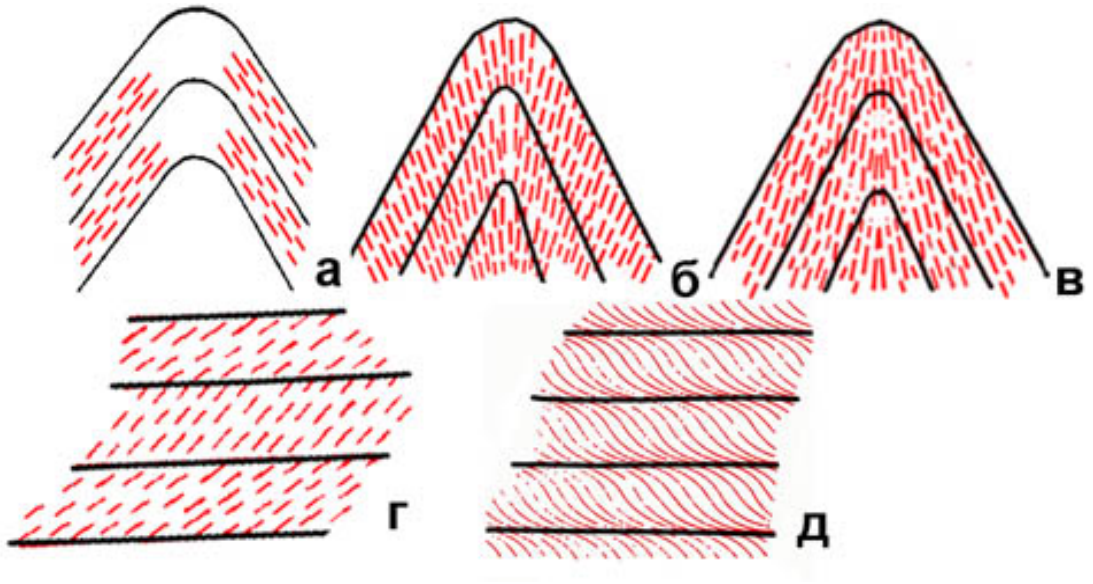


Рис. 7.12. Виды кливажа: а – послойный, б – веерообразный, прямой, в – веерообразный обратный, г – s - образный, *г* – образый (по В.В. Белоусову)

Закономерное расположение кливажа относительно осей складок зачастую помогает определить характеристику складки по керну буровых скважин. Например, вертикальное расположение разрывов кливажа свидетельствует о прямой складке. В нормальных и наклонных складках кливаж круче слоистости, в опрокинутых и лежачих - на подвернутых крыльях - положе слоистости положе кливажа, а на нормальных крыльях - круче нее. В изоклинальных складках кливаж обычно субпараллелен слоистости. В различных по жесткости породах, переслаивающихся друг с другом, в нормальном крыле складки поверхности кливажа образуют ***г*** образные изгибы, а в подвернутом - *s* - образные.

Для нефтегазоносности изучение кливажа важно, так как в глубокозалегающих толщах он в значительной степени влияет на анизотропию свойств геологических тел, что важно при изучении их проницаемости и проектировании вторичного воздействия на пласты при разработке. Кливажированные породы пока редко встречаются нефтянику.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.2.2. Трещины и трещиноватость

Трещины - элементарные разрывы с незначительным перемещением крыльев по сравнению с их размерами. Сместитель трещин представляет собой элементарную поверхность.

Совокупность трещин называется ***трещиноватостью.***

Трещины различного облика и размера развиты в земной коре повсеместно. Обычно под термином “трещина” понимают дизъюнктивную дислокацию небольшого размера, соизмеримую с размерами наблюдателя. Однако, иногда при геологическом дешифрировании материалов аэро- и космических съемок как трещины выделяются нарушения значительно больших размеров – длиной сотни метров и километры. Чтобы подчеркнуть их значительные размеры, употребляют термины ***мегатрещины*** и ***макротрещины***. У трещин имеются все элементы, описанные для разрывов и к ним применимы все классификации, по которым классифицируются разрывы. Кроме того, как специфическая структура, они обладают и особыми свойствами и могут быть классифицированны по дополнительным признакам.

Трещины, имеющие сходные элементы залегания, объединяются ***в ряды трещин.*** Трещины, которые можно объединить по какому-либо произвольному признаку (простирание, происхождение, возраст и т.д.), называют ***системой трещин***.

Относительный возраст трещин можно определить в местах пересечения трещин, их разветвлений, переходов из одного слоя в другой. Та трещина моложе, которая пересекает, разрывает, смещает другую трещину, или другое геологическое тело или структуру.

Морфологическая классификация трещин такая же, как у разрывов. Кроме того, среди трещин по величине зияния, визуальной проявленности выделяют следующие виды:

1. ***Скрытые***, у которых сместитель непосредственно не заметен, а обнаруживается только при окрашивании породы или раскалывании ее молотком.

2. ***Закрытые*** – трещины, сместитель которых виден отчетливо, но зияния не наблюдается.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. ***Открытые*** – трещины с отчетливо видимым зиянием, часто заполненным новообразованиями - кальцитом, кварцем, глинами.

Характерной особенностью трещин является то, что они обычно развиты в каждом слое отдельно. Первоначально они могут быть скрытыми, но если порода попадает в зону выветривания, трещины раскрываются и разделяют породу на хорошо выраженные блоки *отдельностей* - геометрически правильных штуфов горной породы. Их форма определяется взаимным расположением трещин. Нередко форма отдельности специфична для конкретного вида пород и служит хорошим полевым диагностическим признаком толщ. В осадочных горных породах развиваются: прямоугольная, кубическая, параллелепипедальная, призматическая, плитчатая, шаровая, глыбовая виды отдельности. В метаморфических горных породах – плитчатая, пластинчатая, ребристая, в лавах – призматическая, столбчатая и др.



Рис. 7.13. Столбчатая отдельность в базальтах. «Мостовая гигантов» в Северной Ирландии. (http://assets2.the-village.ru/assets/article_image)

Даже условные знаки некоторых горных пород символически изображают характерную для них отдельность - известняки, мергели, доломиты, песчаники. Размеры отдельности зависят от толщины пластов степени дислоцированности породы и ее состава. В общем, чаще всего встречаются размеры 3, 9, 20, 50 см.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Изучением размеров отдельности с практическими целями занимаются специалисты по разработке отделочных и строительных материалов (гранит, известняк, мрамор), каменного угля. В этом случае отдельность выступает под названием "блочность".

Планетарная трещиноватость. Под этим термином значатся, в основном, два понятия. Некоторые авторы под планетарной трещиноватостью понимают систему разрывов, выделенную при мелкомасштабных исследованиях структур регионального (платформы, складчатые пояса) и планетарного (Земля в целом) рангов. Понятно, что при региональных и планетарных исследованиях как трещиноватость выделяются разрывы разных размеров. Другие к планетарной трещиноватости относят трещины любых размеров, в основном перпендикулярные поверхностям наслоения и ориентированные преимущественно в направлениях 0°, 45°, 90°, 135° (рис. 7.14).



Рис. 7.14. Планетарная трещиноватость. Ходы и коридоры, развившиеся по трещинам планетарной трещиноватости в Ботовской карстовой пещере (http://mstelle.narod.ru/PesheriRossii.html)

Считается, что такая ориентировка вызвана едиными для всей планеты причинами. Подробнее про это можно прочитать, перейдя по ***ссылке в 22.3.***

Как видно, характерная особенность планетарной трещиноватости - ее регулярность. Поэтому, выявленная закономерность распределения трещиноватости позволяет прогнозировать местоположение ненаблюдаемых трещин. Таким образом, планетарная трещиноватость служит структурным результатом *делимости* земной коры - способности литосферы растрескиваться под действием механических усилий и, как следствие, расчле-

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

няться на отдельные сегменты, глыбы, блоки, и другие, меньшие по размерам составные элементы.

Трещиноватость очень хорошо видна на крупномасштабных аэрофотоснимках, мегатрещиноватость - на среднемасштабных снимках (рис. 7.15).

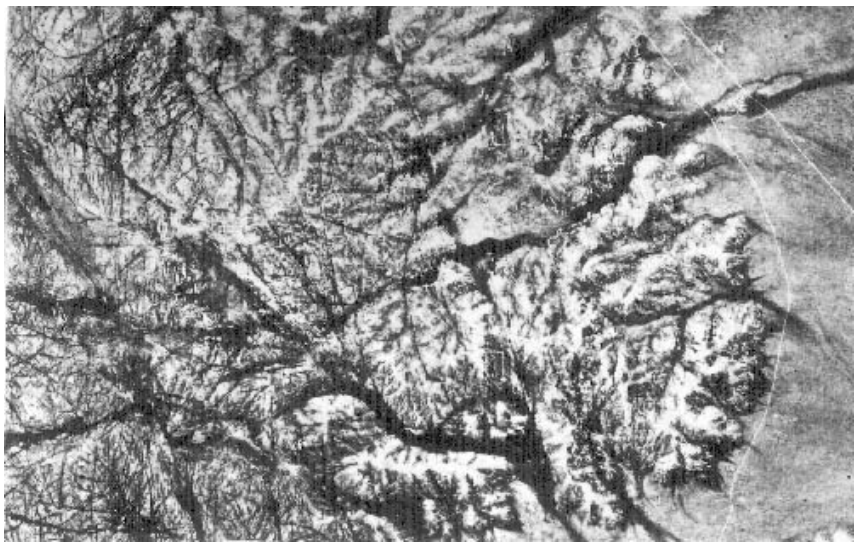


Рис. 7.15. Мегатрещины на аэрофотоснимке гранитного массива

Значительно хуже трещиноватость различных рангов наблюдается на мелкомасштабных и космических снимках. Особенно четко системы трещин прослеживаются по микроформам рельефа или по аномалиям растительности и увлажненности. Дешифрирование снимков позволяет не только выявить трещиноватость, но и изучить многие ее свойства и статистические характеристики: частоту, протяженность, элементы залегания, связь с вмещающими породами. На геологических картах характеристики трещиноватости изображаются специальными обобщающими знаками, показывающими их генезис, преимущественную ориентировку, или диаграммами, характеризующими их обобщающие характеристики.

Полевое изучение трещиноватости - обязательная составная часть полевых работ. Методика и особенности их излагаются в специальных руководствах по геологическому картированию.

Лабораторное изучение трещиноватости по полученным из керна образцам нередко дают заниженные сведения, так как керн разделяется на фрагменты именно по трещинам. Более надежные данные о

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

трещиноватости можно получить из результатов промыслово-геологических испытаний.

Ориентировка и расположение каждой конкретной трещины случайны, поэтому только их совокупность позволяет делать выводы о закономерностях распространения трещиноватости. Чтобы данные по трещиноватости были представительными, одна диаграмма должна быть сделана не менее чем по 40 наблюдениям. Эта площадка, на которой проводились замеры, обычно изображается в масштабе карты точкой. Для наглядности данные замеров сводятся в диаграммы трещиноватости. Их можно строить в прямоугольных координатах, однако нагляднее и удобнее для последующей интерпретации нанести эти данные на круговые диаграммы. При этом обычно наносятся координаты не трещины, а перпендикуляра к ней. Тогда горизонтальные трещины изображаются в центре диаграммы, вертикальные - на ее окружности, а наклонные - на площади диаграммы. Проекции и диаграммы, используемые для этих целей разнообразны, не менее разнообразны и методики их тектонодинамической интерпретации. Подробнее об этом можно прочитать, перейдя по ***ссылке, в главу 16,*** сделать упражнения и выполнить задания к разделу структурный анализ разрывов.

В отличие от полевых наблюдений над трещиноватостью, при которых фиксируется и изучается ориентировка и другие характеристики трещины, на локальной площадке, на аэрофото и космических снимках может изучаться сеть разрывов на некоторой площади - в основном, их простирание, густота, взаимные соотношения в их естественных ранговых соотношениях друг с другом и вмещающими телами. Размеры этих разрывов (часто их называют мегатрещинами) обычно колеблются от сотен метров до первых километров (наблюдаемые на аэрофотоснимках) и до десятков километров (наблюдаемые на космических снимках). Их иногда называют макротрещинами.

При статистическом анализе разрывов необходимо учитывать, что на равнинных территориях в подавляющем большинстве, выявляются крутые и вертикальные разрывы, пологие же обычно ускользают от внимания дешифровщика.

Применение статистических методов изучения трещиноватости по аэро- и космическим снимкам очень популярно, потому

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

что сеть трещиноватости - это те фотообъекты, которые опознаются практически на любых аэро- и космических снимках наиболее достоверно и однозначно выделяются и компьютерными программами обработки снимков (рис. 7.16).



Рис. 7.16. Отражение макротрещиноватости на космических изображениях. Разлом Грейт-Глен в Шотландии и макротрещины, рассекающие каледонские гранитоиды. Планета Земля

В результате интерпретации статистической обработки сети трещиноватости по полевым наблюдениям и дешифрированию аэро- и космических снимков выделяются тектонические блоки и площади выхода горных пород различного литологического состава., воссоздается ориентировка осей главных нормальных напряжений, а также другие характеристики напряженного состояния пород.

Так как в различных горных породах сеть трещиноватости различна, то ее обобщающие статистические характеристики можно использовать для разделения толщ по составу при геологическом картировании в закрытых растительностью или плащом рыхлых отложений регионах (рис. 7.17).

Трещиноватость является важным объектом структурно-геологических и нефтегазогеологических исследований с различных позиций. Ее изучают:

- как совокупность полостей, обеспечивающих увеличение пористости горной породы;

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- как пустоты, обеспечивающие проницаемость горной породы.
- как полости, способные вызвать разнообразные осложнения в процессе бурения скважин.

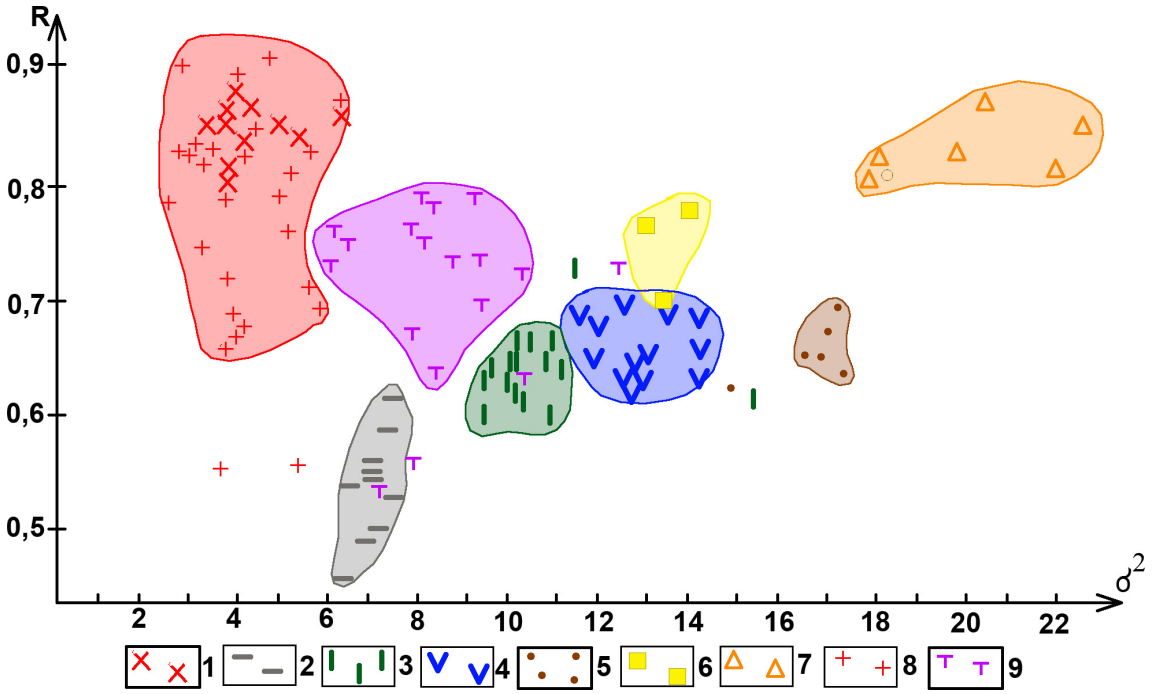


Рис. 7.17. Статистические характеристики роз-диаграмм мегатрещин в различных породах: 1 – кристаллические и метаморфические сланцы, 2 – кремнисто-базальтовые породы, 3 – эффузивно-осадочные породы, 4 – терригенные породы, 5 – карбонатные породы, 6 – олистостром, 7 – послегеосинклинальные отложения, 8 – граниты, 9 – ультраосновне и основные породы. По осям отложены: σ^2 дисперсия частот лучей, показывающая «звездчатость» роз-диаграмм, R –т выборочная результирующая длина, показывающая удлиненность роз-диаграмм.

Особый интерес представляют зоны повышенной трещиноватости, которые являются, кроме того, областями пониженных пластовых давлений, в которые "подсасываются" подвижные флюиды.

Совокупность трещин, называемая “трещиноватостью”, определяет проницаемость горных пород для любых флюидов. Поэтому с ними связаны месторождения руд гидротермального и метасоматического генезиса (цветные металлы, оптическое и ювелирное сырье и др.). От трещиноватости в большой степени зависят инженерно-физические свойства горных пород.

Контрольные вопросы к 7.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3. РАЗЛОМЫ

7.3.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛОМОВ.

- *Разломы* (параклазы) - дизъюнктивные нарушения с заметными смещениями геологических границ (рис. 7.18).

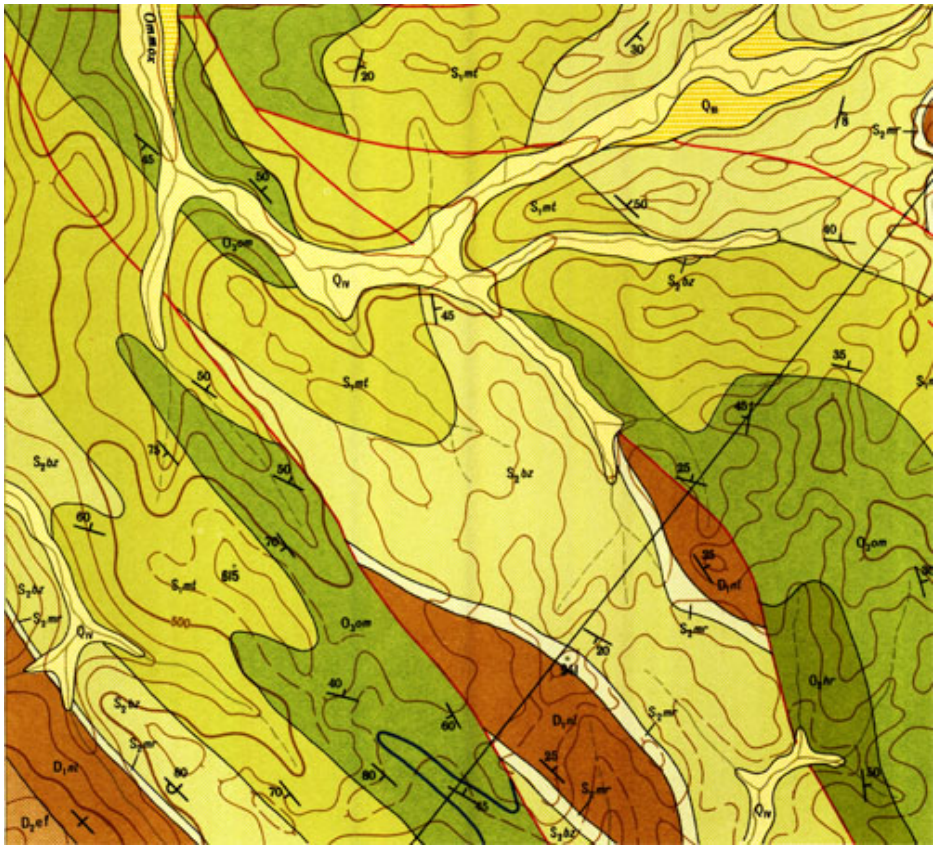


Рис. 7.18. Разломы. Фрагмент учебной геологической карты

На геологической карте обобщенные углы падения сместителя разлома изображают специальным значком, обычно красного цвета. Если же такого значка нет, то элементы залегания поверхности сместителя можно определить по геологической карте по трем точкам. На крупномасштабных картах специальными условными знаками показывают возраст разлома и величину смещения.

Среди других геологических тел разломы оказываются механически ослабленными зонами нарушенной сплошности пород. Поэтому по ним часто развивается гидросеть, зоны карста, внедряются дайки. К разломам часто приурочены вулканы (рис. 7.19).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 7.19. Трещинное излияние вулкана Килауэа, Гаваи (vseneprostotak.ru)

По разломам часто поступают к поверхности глубинные воды, они могут становиться областями минерализации и образования зон полезных ископаемых, а также зонами питания рек – это все признаки разломов.

О к о н ч а н и е р а з л о м о в**.** Разломы могут:

- упереться в геологическую границу, в том числе и в другой разлом;
- перейти в пликативную дислокацию;
- перейти в серию небольших разрывов и рассеяться в виде трещин (рис. 7.20).

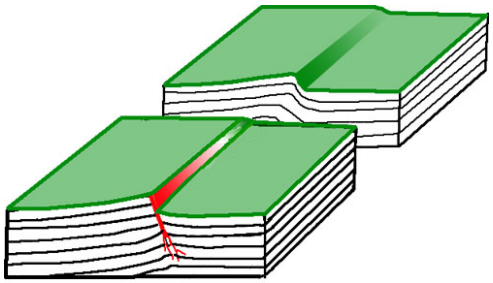


Рис. 7.20. Окончание разломов переходом во флексуру, или в серию трещин по разрезу или по простиранию

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.2. Строение сместителей разломов

На геологических картах сместитель показывают линейным знаком, как поверхность, не имеющую толщины. Однако, на самом деле, она представляет собой геологическое тело большей или меньшей толщины, часто со сложным строением. При детальном рассмотрении горной породы зоны разлома в ней можно увидеть мелкую макроскопическую или микроскопическую раздробленность пород (миллиметры), называемую ***катаклазом***. Для характеристики более крупной раздробленности употребляют термин ***брекчированность*.**

Сместитель, как геологическое тело, бывает заполнен либо новообразованными минералами - кварцем, кальцитом, либо особыми горными породами, сложенными стресс-минералами, характерными для динамометаморфизма. Иногда между крыльями разрыва развивается брекчия трения, представляющая собой раздробленную и перетертую массу обломков пород. При этом между относительно мелкими и крупными обломками располагается крошка или перетертая в муку масса пород. Разорванные фрагменты слоев, зерна, обтекаются этой массой (рис. 7.21).

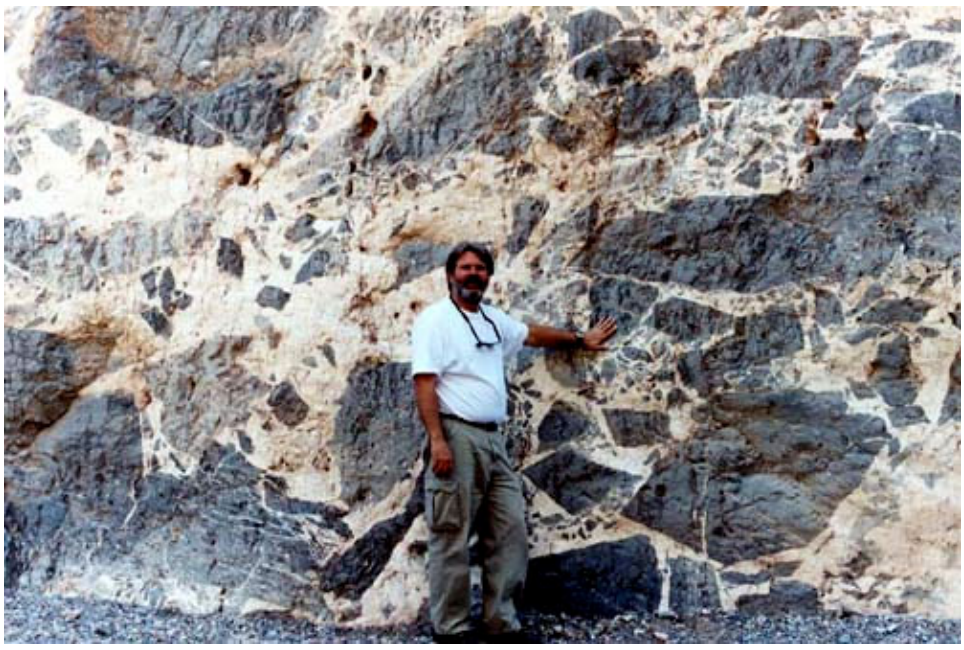


Рис. 7.21. Тектоническая брекчия. Долина Смерти. Калифорния. http://www.portervillecollege.edu/ richardgoode/…/Breccia202.JPG.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Такое брекчиевое месиво называется ***тектоническим меланжем*.** В тех случаях, когда разность пластических свойств зерен и облекающих их масс невелика, происходит тектоническое разлинзование и будинаж прослоев, образуются четковидные формы (рис. 7.22).



Рис. 7.22. Тектоническое разлинзование. Серпентиниты. Саяны.

Когда обломки в брекчии трения малы, порода имеет следующие названия:

- менее 1 см – какирит,
- микроскопические размеры – катаклазит,
- пылевидные размеры – милонит (рис. 7.23).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 7.23. Смятые в складки милониты по долеритам. Фото А.Б. Кирмасова. По А.В. Тевелеву

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Мощность брекчий трения нередко непостоянна по простиранию разлома. Иногда она достигает десятков, но чаще не превышает нескольких метров. В брекчию трения часто проникают гидротермальные растворы, из которых отлагаются жильные и рудные минералы, брекчии нередко сильно обводнены.

Часто разлом представлен более или менее мощной зоной трещиноватости (рис. 7.24). Обратите внимание на изгибы слоев в области, прилегающей к сместителю. Это – приразломные складки, о них речь пойдет дальше, в 7.3.10.



Рис. 7.24. Зона трещиноватости. Южное Предуралье

Иногда части крыльев разрыва плотно прилегают друг к другу, поэтому становятся гладкими, будто отполированными. Такие поверхности называют *зеркала скольжения*. Иногда на зеркалах можно наблюдать многочисленные *штрихи и бороздки скольжения*, ориентированные по направлению движения крыльев (рис. 7.25). Если провести рукой по такой поверхности, то вдоль одного направления (по бороздам) рука ощутит гладкую

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

поверхность. При движении в противоположном направлении почувствуются шероховатости и занозы. Борозды скольжения позволяют понять в каком направлении перемещались блоки. Так, на рисунке 7.25. на зеркале скольжения видны заусенцы, торцами направленные вверх и направо. Значит та часть разлома, которой принадлежит образец, перемещалась налево вниз, а отсутствующее крыло (где сейчас компас) – направо вверх.



Рис. 7.25. Борозды скольжения в известняке. Южное Предуралье.

Зачастую по одной и той же поверхности сместителя можно видеть борозды скольжения, ориентированные в различных направлениях, что свидетельствует о неоднократных и разнонаправленных перемещениях по разлому.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.3. Классификация разломов.

Разломы классифицируются так же, как и другие разрывы. Кроме того, их делят и по другим морфологическим признакам:

- по направлению перемещения крыльев по отношению к поверхности сместителя выделяются ***раздвиги, сбросы, взбросы (в т.ч. надвиги, покровы, шарьяжи), сдвиги*** (табл. 7.2) и комбинированные формы. Более подробная характеристика разломов по этому признаку подробнее будет рассмотрена далее;

Таблица 7.2. **Классификация разломов по направлению перемещения крыльев по поверхности сместителя**

<table>
<tr><th>Направление перемещения крыльев</th><th>Перемещение перпендикулярно плоскости сместителя</th><th colspan="4">Перемещение в плоскости сместителя</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Виды разломов</td><td rowspan="3">Раздвиги</td><td colspan="2">Направление перемещения вкрест простирания сместителя</td><td colspan="2">Направление перемещения по простиранию сместителя</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Сбросы (сместитель падает в сторону опущенного крыла, или вертикален)</td><td rowspan="2">Взбросы (сместитель падает в сторону поднятого крыла).</td><td colspan="2">Сдвиги</td></tr>
<tr><td>Левые сдвиги (блоки смещены относительно друг друга влево)</td><td>Правые сдвиги (блоки смещены относительно друг друга вправо)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Характеристика разломов</td><td rowspan="2">Заполненные дайками, жилами, брекчированными породами поверхности сместителя</td><td>Крылья разлома разобщаются, растаскиваются в разные стороны</td><td>Крылья разлома перекрывают друг друга</td><td colspan="2" rowspan="2">Все геологические границы, разобщенные сдвигом, смещаются в одну сторону на одну и ту же величину в горизонтальной плоскости</td></tr>
<tr><td colspan="2">На геологической карте в поднятом крыле обнажаются более древние породы</td></tr>
</table>

- по ориентировке. Под ориентировкой разлома обычно понимают простирание его сместителя по отношению к странам света;

- по возрасту. При характеристике возраста различают возраст заложения разломов и возраст их тектонической активизации. Если разлом активен в настоящее время, его называют “живым” разломом. Возраст активности разломов определяют по соотношению разломов и рассекаемых ими толщ. Разлом моложе самых молодых пород, им рассекаемых, и древнее самых древних, его перекрывающих. Например, разлом последевонский, домеловой (рис. 7.26, разлом 2);

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

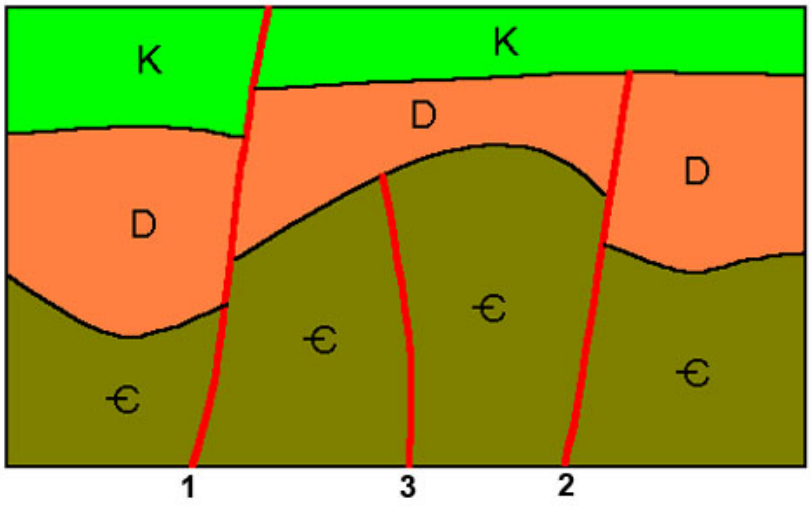


Рис. 7.26. Определение возраста разломов: 1 – послемеловой, 2 – последевонский домеловой, 3 – послекембрийский додевонский

Или разлом послекаменноугольный додевонский (рис. 7.27).

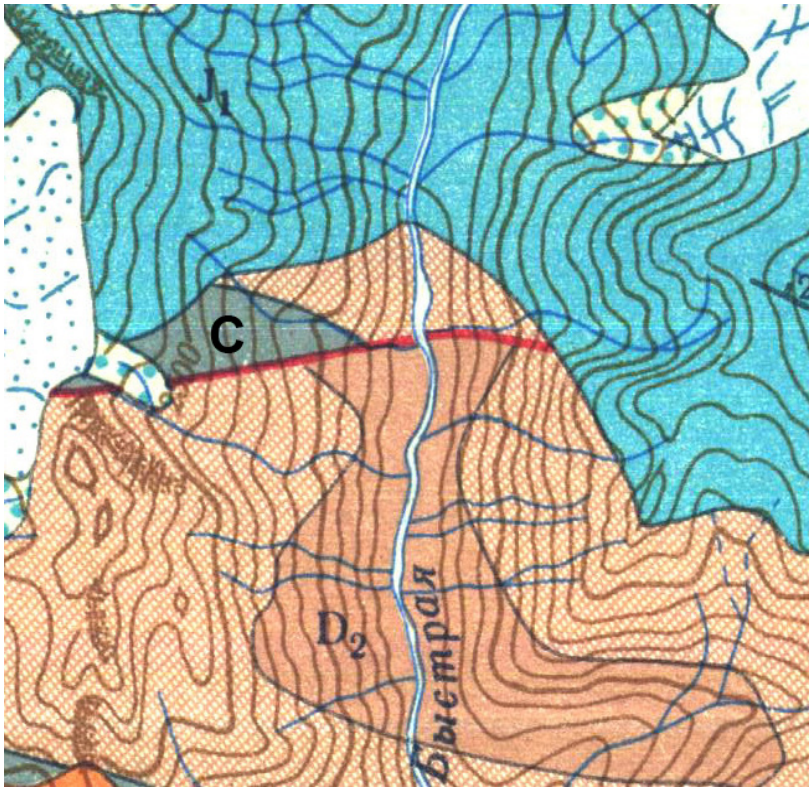


Рис. 7.27. Разлом послекаменноугольный доюрский. Фрагмент учебной геологической карты.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Чтобы потренироваться в определении возраста разлома, перейдите по ссылке и выполните упражнения;

- по глубине проникновения в земную кору выделяют мантийные и коровые разломы. Среди коровых на платформах выделяются разломы фундамента и осадочного чехла, при этом обычно оговаривают, какие именно толщи осадочного чехла разбиты разломом;

- по размерам – глобальные, континентальные, региональные, локальные, в зависимости от их роли в формировании структур того или иного ранга;
- по значимости - рудоконтролирующие, структуроконтролирующие, сейсмоопасные и другие разломы. Значимость того или иного разлома определяется, главным образом, задачами исследования.

По совокупности последних трех параметров выделяются особые виды разломов, называемые *глубинными*.

Глубинные разломы - это дизъюнктивные структуры планетарного масштаба, проникающие в мантию и активные в течение длительного времени развития. Они представляют собой линейную зону концентрации более мелких разноориентированных разрывов, смятия пород в складки, повышенной сейсмичности. Развиваются разломы в течение длительного времени (периодов геохронологической шкалы), часто отдельными участками. Движения по ним в разное время могут быть разными. Глубинные разломы обычно разделяют территории с разной историей развития. Некоторые разломы относятся к глубинным безо всяких сомнений. К ним относятся, например, Сан-Андреасский разлом в Калифорнии (рис. 7.28), выделенная А.П. Карпинским система разломов юга европейской части России (линия Карпинского, Сармато-Туранский линеамент).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 7.28. Разлом Сан-Андреас (animalworld.com.ua)

Другая, и значительно большая часть крупных разломов, вызывает споры - относить их к категории глубинных или нет. Полностью понятию глубинных разломов отвечают так называемые ***сутуры*** или *швы,* маркирующие границы литосферных плит.

Глубинные разломы - это объекты относящиеся к Земле в целом и подробно изучающиеся в курсе геотектоники.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.4. Раздвиги.

Если перемещение крыльев происходит перпендикулярно сместителю, такие разломы называются *раздвигами* (рис. 7.29).



Рис. 7.29.а Раздвиг. Север Красного моря и заливы Суэцкий и Акаба. Google, Планета Земля.

Раздвиги могут быть как крутыми, так и полого наклоненными и ориентироваными в различных направлениях. С рядами небольших субгоризонтальных раздвигов связано глубинное "разбухание" - дилатансия (дилатансация) горных пород и их повышенная проницаемость. Размеры раздвигов бывают различными, плавно переходящими от трещин к планетарным системам срединно-океанических структур, в которых они образуют планетарные рифты. Раздвиги редко представляют собой зияющие трещины. Уникальное место, где встречаются такие структуры – Исландия, где происходит раздвижение литосферных плит (рис. 7.29.б, в).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 7.29.б. Раздвиги. Исландия. («Планета Земля»)



Рис. 7.29.в Раздвиг между двумя литосферными плитами, Исландия (по http://images.google.ru/imgres?g)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Раздвиги обычно заполнены минеральными образованиями, изверженными горными породами. Раздвигание блоков нередко происходит от поперечного давления гидротермальных растворов, или магмы на стенки трещины. Самый знаменитый раздвиг такого рода – Великая дайка Родезии.

Для нефтегазовой геологии раздвиги интересны, в первую очередь, как зоны повышенной проницаемости горных пород, и, следовательно, зоны увеличенного тепломассопереноса.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.5. Сбросы

К группе сбросов относятся разломы перемещение крыльев у которых происходит в плоскости сместителя вкрест его простирания. В эту группу входят сбросы и взбросы. *Сбросы* - разломы, у которых сместитель (сбрасыватель) наклонен в сторону опущенного крыла, или вертикален (рис.7.30). Сбросы, у которых поверхность сместителя падает в ту же сторону, что и рассекаемые ею слои называется согласным, в противоположную - несогласным.

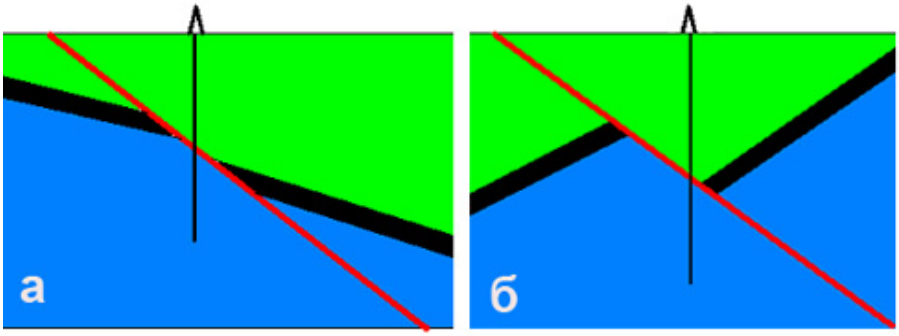


Рис. 7.30. Согласный (а) и несогласный (б) сбросы. Обратите внимание, что скважина, пересекающая такой разлом может не подсечь целевой пласт

Сбросы с углами падения 80-90° называются нормальными, с углами 30-80° - наклонными, менее 30° - пологонаклонными.

Размеры сбросов бывают различными. Гигантские системы разломов сбросового типа образуют листрические сбросы, системы рифтов, грабенов и горстов. Подробнее про них написано далее, в главе ***ассоциации разломов***.

При пересечении сбросов вертикальной скважиной толщина отдельных слоев уменьшается (вскрывается неполная мощность), а некоторые из них могут вообще выпасть из разреза. Это служит диагностическим признаком сброса при построении геологических разрезов по скважинам. Это явление следует также учитывать при изучении (поиске, разведке, подсчете запасов) залежей углеводородов, приуроченных к осложненным сбросам структурам.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.6. Взбросы, надвиги и покровы (шарьяжи).

Взбросы, надвиги и покровы (шарьяжи) - это разломы, у которых сместитель наклонен в сторону поднятого крыла (рис.9.20, а, б). Иногда к взбросам относят исключительно разломы с крутым от 60 до 85° сместителем. Взбросы, у которых поверхность сместителя падает в ту же сторону, что и рассекаемые ею слои, называется согласным, если в противоположную – несогласным. У взбросов сместитель называется взбрасывателем и часто представляет собой зону раздробленных пород - катаклазитов. Размеры взбросов бывают различными. Гигантские системы разломов взбросового типа образуют системы горстов, грабенов и шарьяжей. Подробнее об этих структурах будет сказано далее.

При пересечении взбросов вертикальной скважиной толщина слоев увеличивается, а некоторые из них могут повториться в разрезе дважды (рис. 7.31). Это служит диагностическим признаком взброса при построении геологических разрезов по скважинам. Это явление следует также учитывать при изучении (поиске, разведке, подсчете запасов) залежей углеводородов, приуроченных к осложненным взбросам структурам.

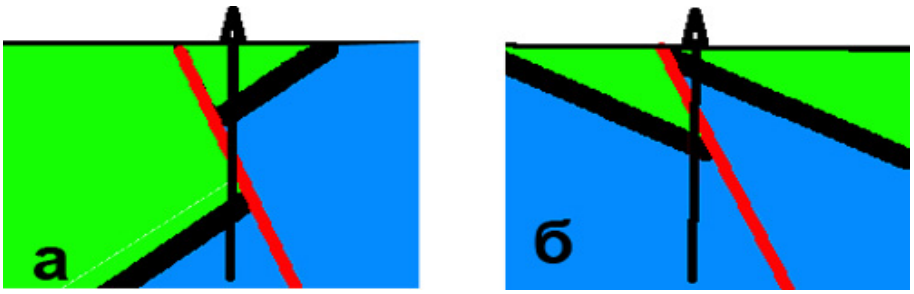


Рис. 7.31. Согласный (а) и несогласный (б) взбросы. Обратите внимание, что скважина, пересекающая такой разлом, может дважды пересечь целевой пласт

Среди взбросов особое место занимают *надвиги.* Одни считают, что надвиги - это пологие (поверхность сместителя, у надвигов называемая поверхностью надвига, или листровой поверхностью положе примерно 45°) взбросы, другие - что это взбросы, образующиеся одновременно со складчатостью – то есть вкладывают в понятие надвига не морфологический, и кинематический и генетический смысл. Надвиги часто связаны с сильно сжатыми наклонными или опрокинутыми складками. Они образуются либо в замках складок, либо на крыльях - границах между пластичными и хрупкими породами. Сместитель надвига обычно представляет собой

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

серию субпараллельных поверхностей скольжения, состоящих из обломков линзовидной формы, плотно притертых друг к другу, развальцованых, покрытых плоскостями и зеркалами скольжения. По крупным надвигам полосы раздробленных и рассланцованных пород между блоками достигают десятков и сотен метров, а в зонах смятия - километров. Такие надвиги, состоящие из серии надвинутых друг на друга пластин, называются чешуйчатыми (рис. 7.32).

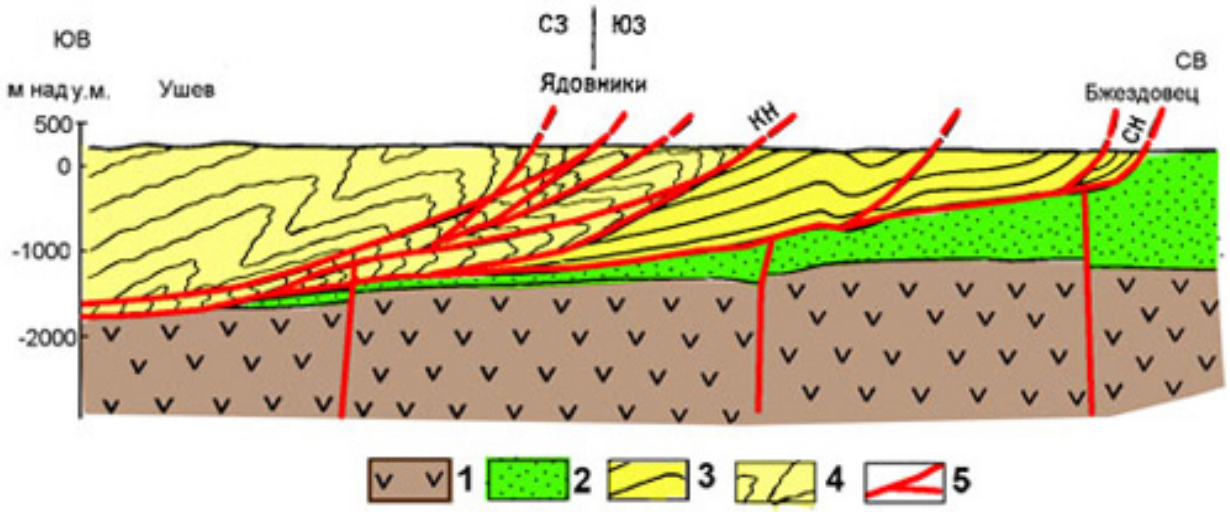


Рис. 7.32. Чешуйчатый надвиг в краевой части Карпат: 1 – палеозой-мезозойское основание, 2 – автохтонное основание Предкарпатского прогиба, 3 – миоцен Стебникской свиты, 4 – карпатский флиш, 5 – разломы, КН – Карпатский надвиг, СН – Стебникский надвиг (по Р.Нею)

Размеры надвигов колеблются от микроскопических до планетарных - зон Беньофа - гигантских систем глубинных разломов на границах континентальной и океанической земной коры, по которым происходит субдукция.

Линия пересечения поверхности скольжения надвига с рельефом местности называется *линией*, или фронтом надвига. Надвинутое верхнее крыло надвига называется аллохтоном, нижнее крыло - автохтоном.

Крупный горизонтальный или пологий волнистый надвиг с перемещением пород на многие десятки километров называется тектоническим покровом, (шарьяжем, шарриажем). Схематически строение надвига приведено на рис. 7.33.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

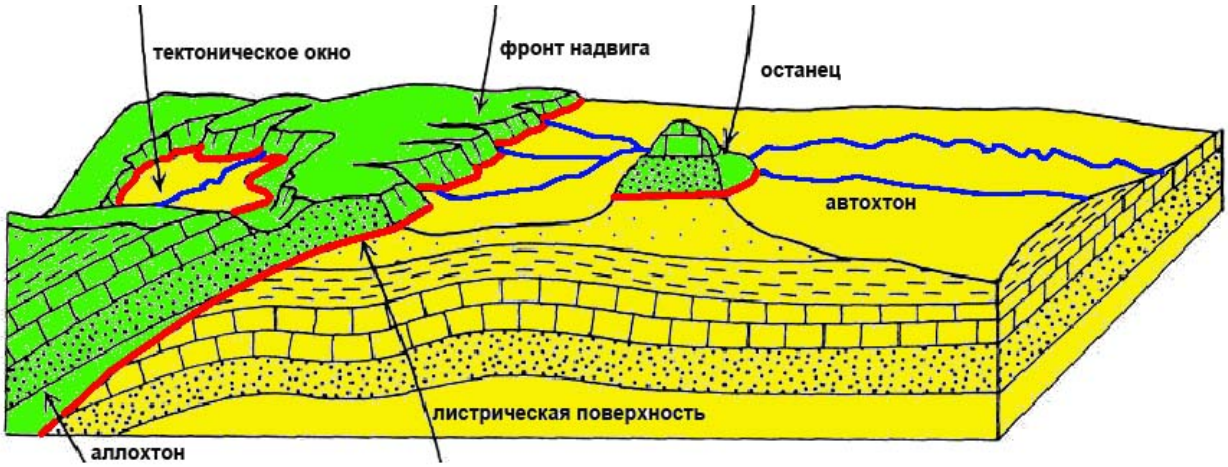


Рис. 7.33. Строение надвига (по J.G. Ramsay, M.I. Huber, 1983)

Сместитель покрова, называемый также *поверхностью перекрытия, поверхностью волочения*, обычно сложен раздробленными породами, в нем хорошо выражены все признаки динамометаморфизма. В его ближайших окрестностях широко распространены небольшие оперяющие сдвиги. Во фронтальной части аллохтон часто распадается на серию надвинутых друг на друга по дополнительным параллельным надвигам пластин *(дигитации),* между которыми зажаты смятые в сложные дисгармоничные складки породы. Разделяющие пластины разрывы соединяются на глубине у *главной поверхности надвига*. Фронтальная часть шарьяжа может разрушиться, и отчлененные эрозией части аллохтона будут располагаться в виде останцов (островов, лоскутов, клиппенов, отторженцев).

Если эрозионный срез аллохтона доходит до автохтона, тогда среди поля аллохтона появится *тектоническое окно* или *окно покрова.* И тектонический останец, и окно покрова ограничиваются замкнутой пологой или горизонтальной тектонической границей. Место, из которого надвинут аллохтон, называется ***корень*** *аллохтона* или *корень покрова.*

Амплитуда горизонтальных смещений шарьяжей (ширина перекрытия) измеряется от корневых частей покрова до его фронтальной линии. В сложноскладчатых районах амплитуды горизонтального смещения тектонических покровов Альп - классического района развития покровов, достигают многих десятков километров.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Благодаря покровам, на сравнительно небольшой территории могут располагаться рядом ранее удаленные друг от друга части земной коры с различной историей геологического развития. В этом случае выделяются различные структурно-фациальные (или структурно-геологические, структурно-формационные) зоны. Так как каждая зона имела свою собственную историю развития, на геологической карте может быть несколько стратиграфических колонок, каждая для своей зоны.

Для геолога-нефтяника покровы интересны тем, что в автохтоне могут встречаться залежи нефти, экранированные аллохтоном.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.7. Сдвиги.

Разломы, у которых перемещение происходит по простиранию сместителя, называется ***сдвигом*** (рис. 7.34).

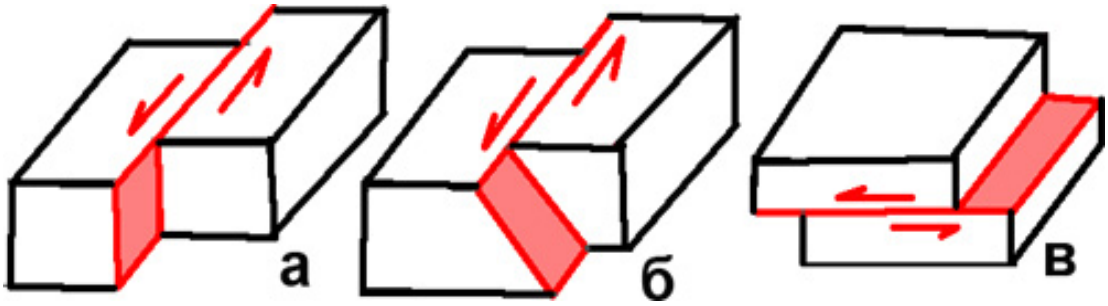


Рис. 7.34. Сдвиги: а – вертикальный, б – наклонный, в - горизонтальный

Размеры их бывают различными, а сместитель вертикальным, ли крутым. Миниатюрные сдвиги относятся к трещинам скола протяженностью десятки сантиметров и амплитудой сантиметры. Гигантские системы глубинных разломов сдвигового типа образуют трансформные разломы, а также гигантские сдвиги, протяженность которых может достигать 1000 км, а амплитуда сотен километров. Примеры - знаменитый Сан-Андреасский разлом с амплитудой 580 км и примыкающие к нему разломы (рис. 7.35), система Таласо-Ферганского сдвига с амплитудой 200 км и примыкающих к нему разломов и др. Иногда такие структуры называют ***парафоры*.***

Различают *правые* и *левые* сдвиги. Чтобы определить к какому типу сдвига относится рассматриваемая структура, необходимо мысленно встать на один блок, и посмотреть, в какую сторону сместились сопряженные точки на другом блоке. Если вправо, то сдвиг - правый, если влево - то левый. Так, на рис. 7.34 изображен левый сдвиг. По простиранию сдвиги иногда оканчиваются флексуроподобными изгибами, называемыми *сигмоидами.*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

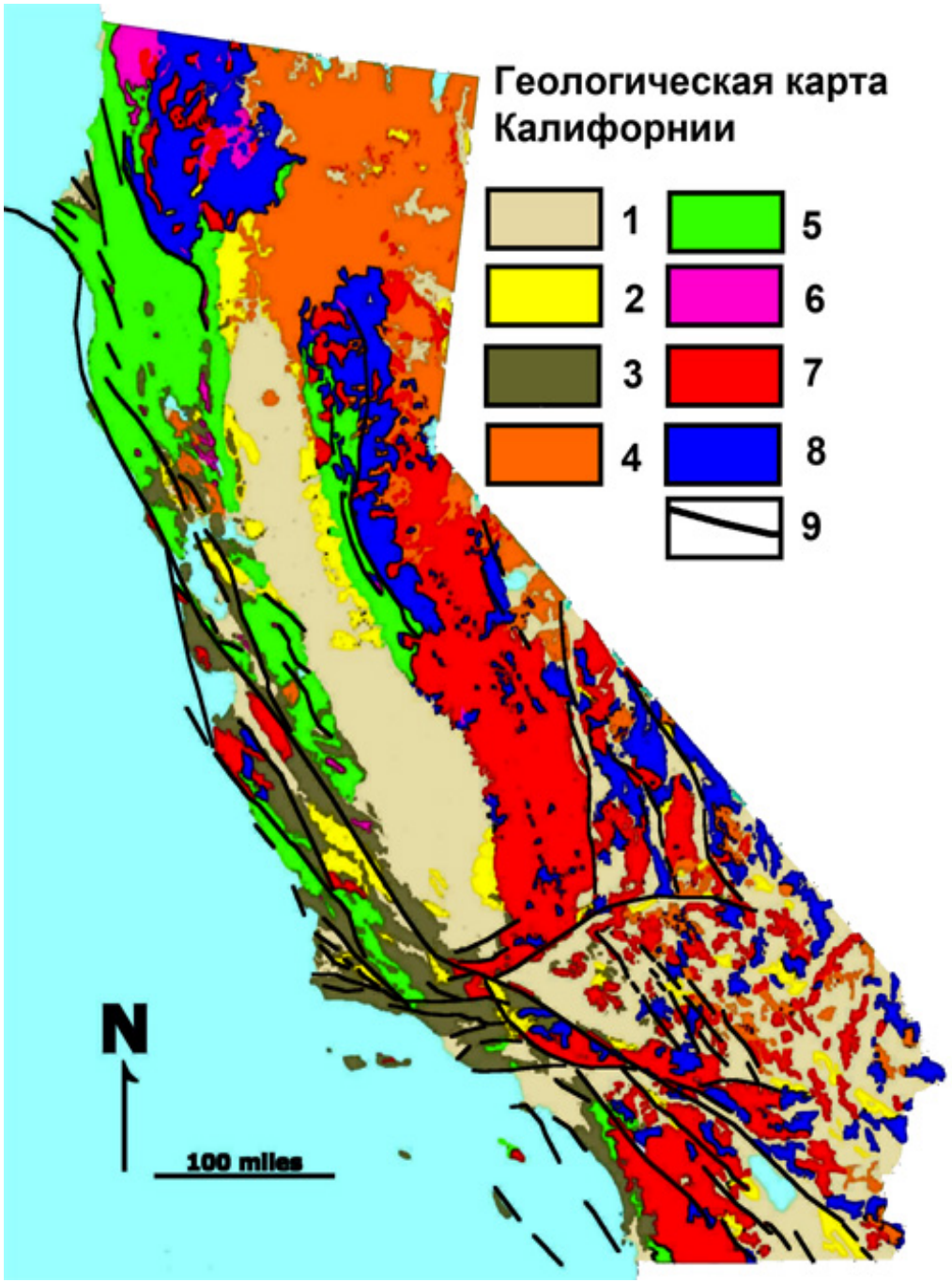


Рис. 7.35. Сан-Андреасский сдвиг и примыкающие к нему разломы Калифорнии: 1 – неконсолидированные осадки, 2 – третичные и четвертичные осадочные породы, 3 – третичные осадочные породы, 4 – третичные и четвертичные вулканические породы, 5 – мезозойские осадочные породы, 6 – ультраосновные породы, 7 – мезозойские гранитоиды, 8 – метаморфические породы 9 – разломы (http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/750026#)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.8. Комбинированные разломы.

Обычно перемещения по разрывам осуществляются не строго в направлении падения или простирания сместителя, а под углом к нему. В таких случаях говорят о *сдвиго-сбросах* (преобладает сбросовая составляющая)*, сбросо-сдвигах* (преобладает сдвиговая составляющая)*, и взбросо-сдвигах, сдвиго-сбросах, надвиго-сдвигах* (рис. 7.36). Такие разломы называются *комбинированными.*

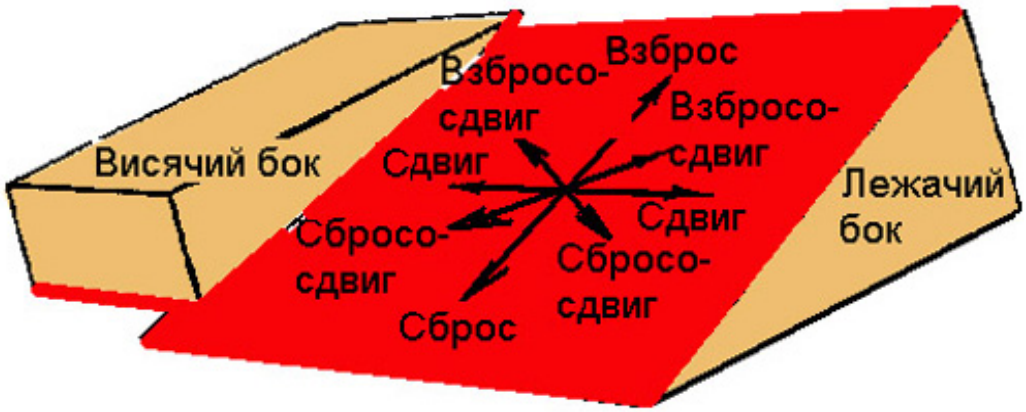


Рис. 7.36. Комбинированные разломы (по Г.Д. Ажгирею)

Большинство разломов земной коры являются комбинированными.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.9. Ассоциации разломов.

Обычно разломы встречаются группами, образующими закономерные сочетания. Классификация сложных разломов построена на соотношениях сместившихся блоков.

Грабены (рвы) – структуры, образованные параллельными сбросами или взбросами. Центральные части грабенов опущены и на поверхности в грабенах обнажаются более молодые породы, чем в краевых частях, где они уничтожены эрозией. Различают простые и сложные грабены, образованные большим количеством сбросов или взбросов. Грабены, ограниченные сбросами, называются ***рифтовыми грабенами (рифтами)*** (рис. 7.37 а) ограниченные взбросами - ***рамповыми грабенами (рампами)*** (рис. 7.37. б). Амплитуда грабенов достигает километров и может быть различной на разных боках (блоках).

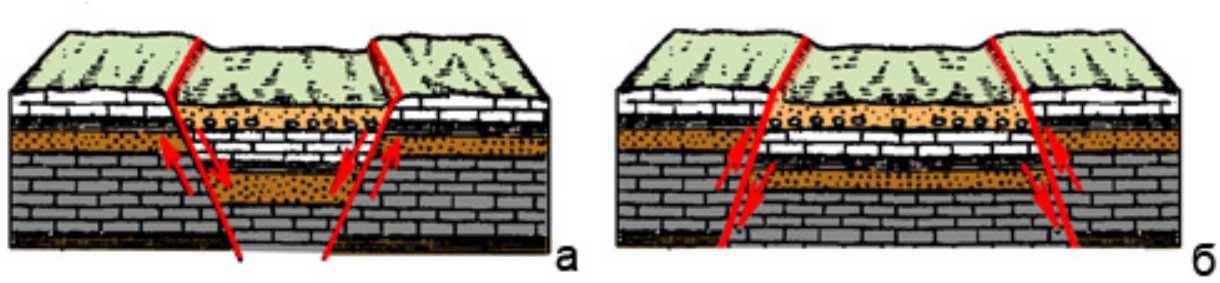


Рис. 7.37. Грабены: а – рифты, б – рампы

Иногда разломы грабена не выходят на дневную поверхность, а погребены под осадочными толщами. Их разделяют на ***глубинные*** - разломы которого постепенно затухают вверх по разрезу, и ***погребенные,*** расположенные в нижнем структурном этаже двухъярусного разреза (Рейнский грабен). Такие грабены называют ***авлакогенами*** (рис. 7.38).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

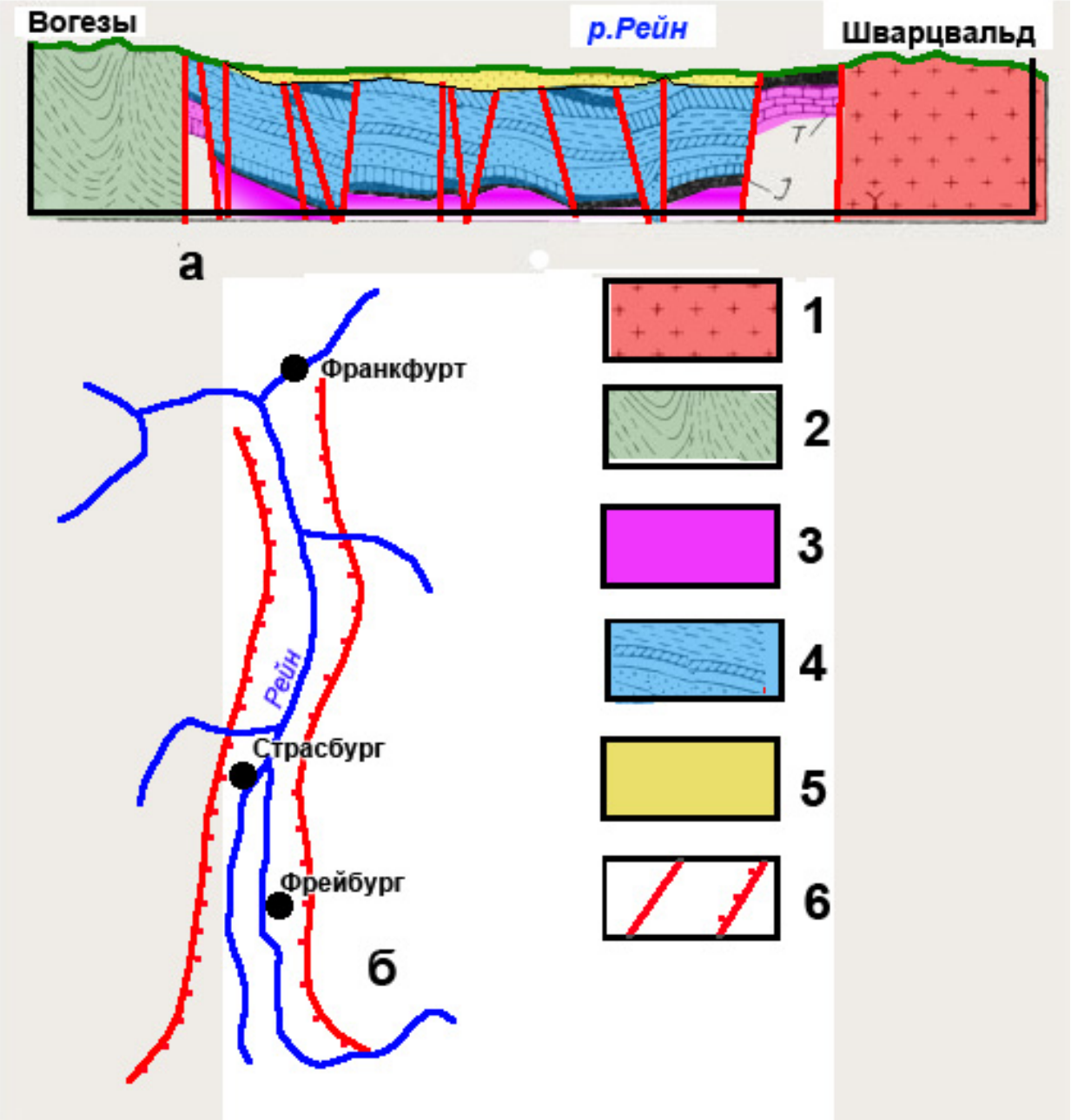


Рис. 7.38. Рейнский грабен: а – разрез, б – схематическая карта 1 - граниты, 2 – метаморфизованные палеозойские породы, 3 – триасовые породы, 4 - юрские породы, 5 – олигоцен и четвертичные отложения, 6 - разломы (по Холмсу)

Среди сложных грабенов чаще всего встречаются ступенчатые, к которым относятся и вулканические кальдеры. Сложные грабены часто формируются в межгорных впадинах (например, Рионо-Куринская межгорная впадина), а также в условиях растяжения платформ, например, Байкальский рифт (рис. 7.39)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

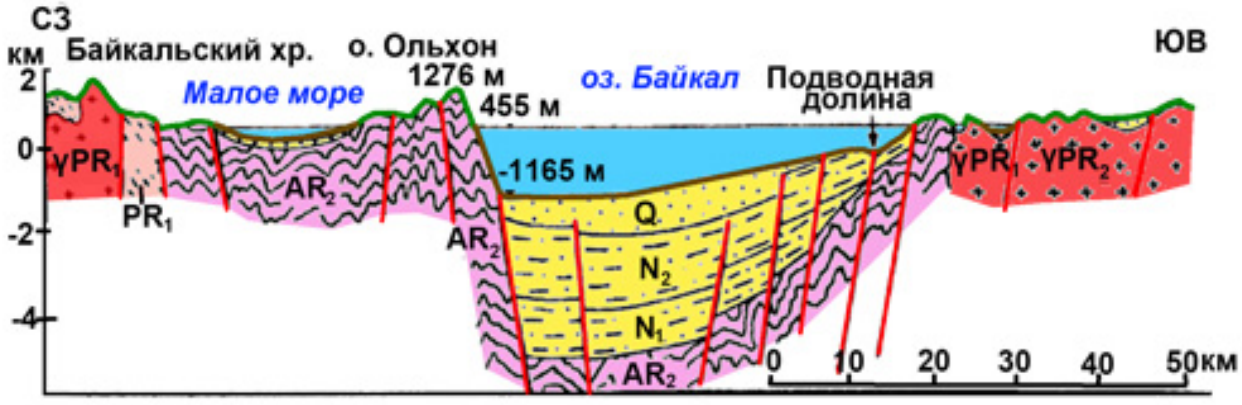


Рис. 7.39. Разрез через Байкальский рифт (Милановский, 1989)

Грабены нередко осложняют замковую часть крупных структур синклинальной формы. Общую структуру *называют* ***грабен-синклиналью, грабен-синклинорием.***

Горсты – линейные структуры, образованные примерно параллельными сбросами или взбросами (рис. 7.40).

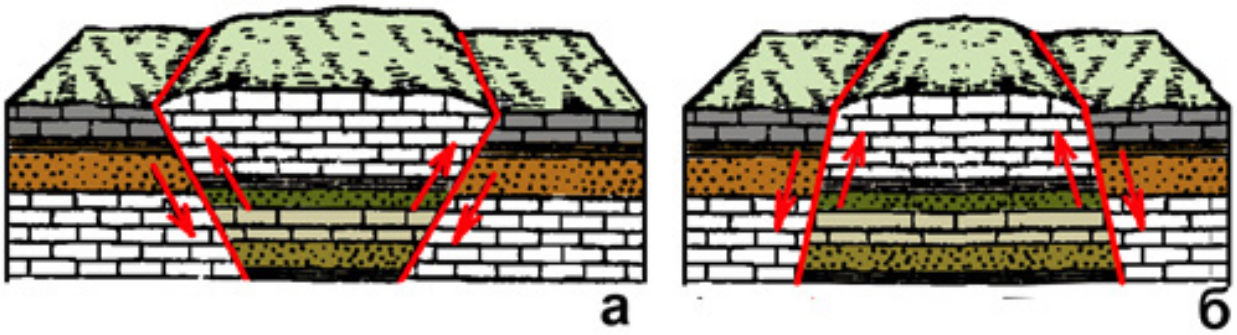


Рис. 7.40. Горсты ограниченные взбросами (а) и сбросами (б)

Центральные части горстов подняты и, благодаря эрозии, на поверхности обнажаются более древние породы, чем в опущенных краевых частях. Различают простые и сложные горсты, образованные большим количеством сбросов или взбросов. Горсты часто осложняют своды крупных структур антиклинальной формы. Тогда их называют ***горст-антиклиналями, горст-антиклинориями*** (Рис. 7.41).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

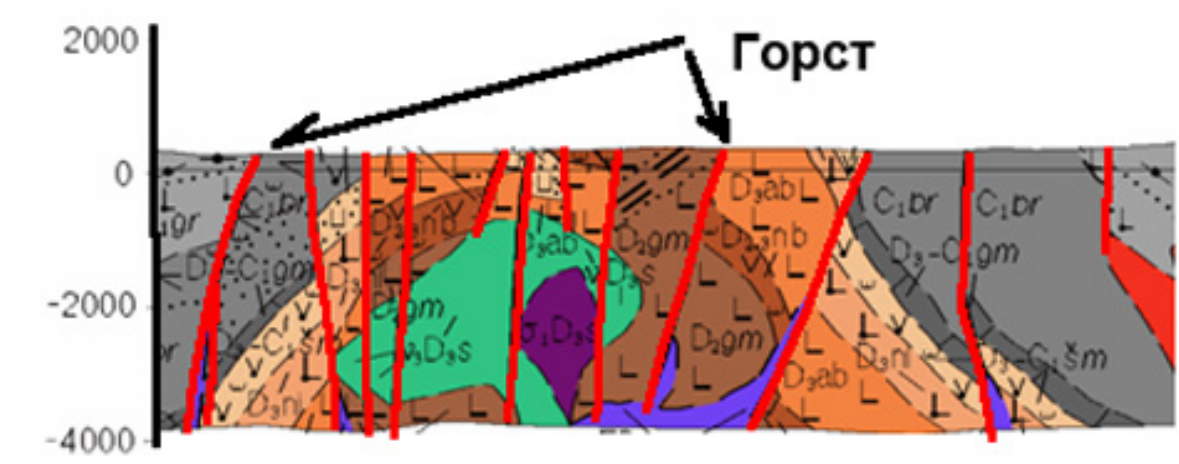


Рис. 7.41. Горст. Южный Урал (По В.М. Мосейчуку, 2000)

Компенсационные (клавиатурные) грабены и горсты - это сложные формы, в которых опущенные и приподнятые блоки чередуются, а их суммарная амплитуда примерно одинакова.

Ступенчатые разломы - это ряды примерно параллельных разломов, по которым смещение крыльев происходит в одном направлении, но каждый последующий блок смещается со все большей амплитудой, образуя ступенчатую форму (рис. 7.42).

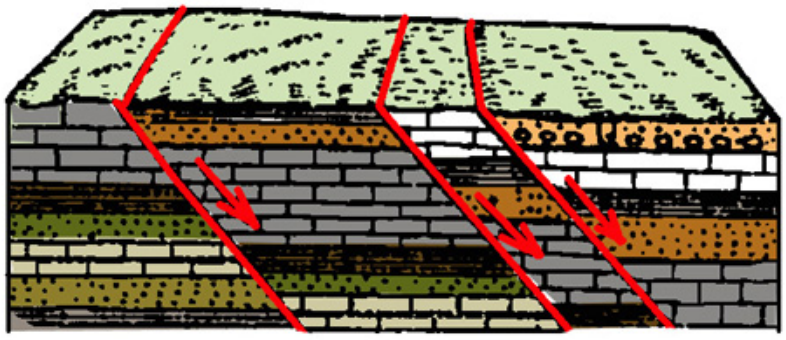


Рис. 7.42. Ступенчатые сбросы

Среди ступенчатых систем разломов выделяют:

- *Ступенчатые сбросы,* прурочены обычно к краям платформ, склонам антеклиз, синеклиз, крупных сводов. Отдельным видом сбросовых систем являются ***листрические сбросы –*** это серия параллельных сбросов с примерно одинаковым падением

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

сместителей. С глубиной они обычно выполаживаются и иногда сливаются в единый горизонтальный разлом (Рис. 7.43).

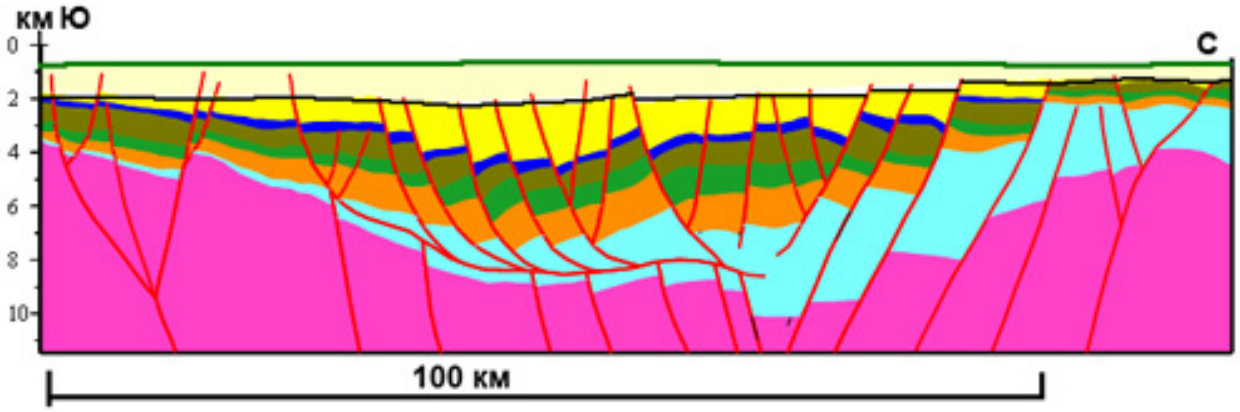


Рис. 7.43. Листрические сбросы в грабене. Южный Судан

- Ступенчатые ***сдвиги*** образуют обычно кулисообразные сдвиговые системы. Блок, заключенный между двумя сдвигами называется ***блаттом*** (сдвинутым блоком), внутри которых нередко образуются раздвиги диагонального и лестничного видов. Как правило, сместители сдвигов обычно параллельны, но иногда веерообразны в складчатых регионах (Западный Урал, Альпы) или пологопадающих жестких глыб (Шотландия). Сложные сочетания левых и правых сдвигов, как правило, возникают в зонах крупных глубинных разломов при повторных движениях по ним. Они образуют кулисообразные и лестничные ассоциации, нередко соединяющиеся между собой раздвигами, заполненными жилами и дайками.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.10. ИЗОБРАЖЕНИЕ РАЗЛОМОВ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТАЖАХ И МАТЕРИАЛАХ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК

Разломы выявляются на геологических разрезах, сейсмических профилях (рис.7.44), геологических картах, аэро- и космических снимках по разобщенным друг относительно друга разорванным частям слоев: жил, маркирующих горизонтов, и др.

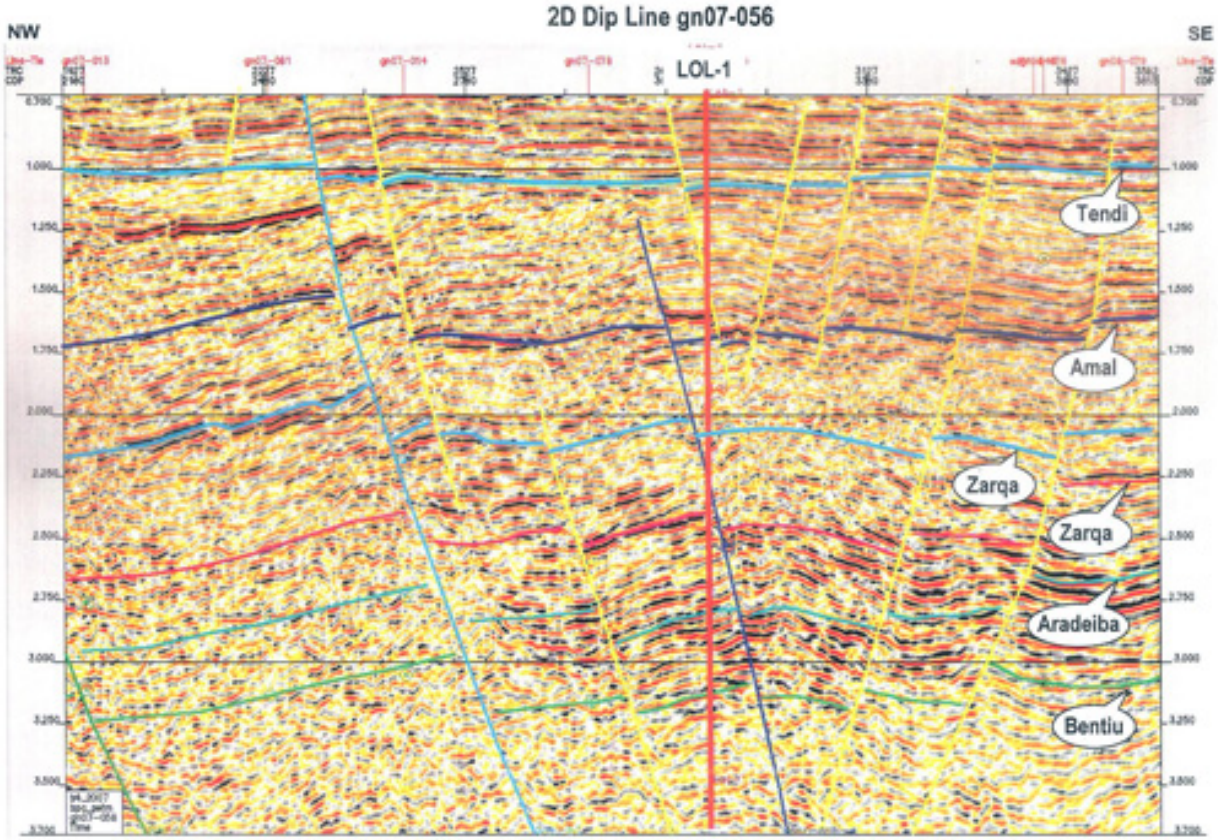


Рис. 7.44. Пример интерпретации разломов (крутые желтые и голубые линии на сейсмическом профиле. Цветами выделены маркирующие горизонты, в овалах приведены их названия

Сбросы на геологической карте определяются по соприкосновению по линии разрыва разновозрастных пород. Сместитель всегда падает в сторону опущенного блока, в сторону более молодых пород. На геологической карте антиклинальной складки ядро в поднятой части более широкое и слагается относительно более древними слоями, чем в опущенной части (рис. 7.45 а).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В эродированной синклинальной складке соотношения обратные - ядро шире в опущенном блоке и сложено более молодыми породами. В разрезах скважин, пробуренных через сброс отдельные слои выпадут из разреза.

Во взбросах и надвигах сместители наклонены в сторону относительно приподнятых и надвинутых блоков, следовательно породы по линии разрыва будут повторяться, а на структурной карте будет наблюдаться перекрытие, равное горизонтальной амплитуде (рис. 7.45 б). Антиклинальная эродированная складка в надвинутой части будет более широкой, чем перекрытая. В синклинальной складке в приподнятой ее части будет располагаться более узкая часть (рис. 7.45, в, г).

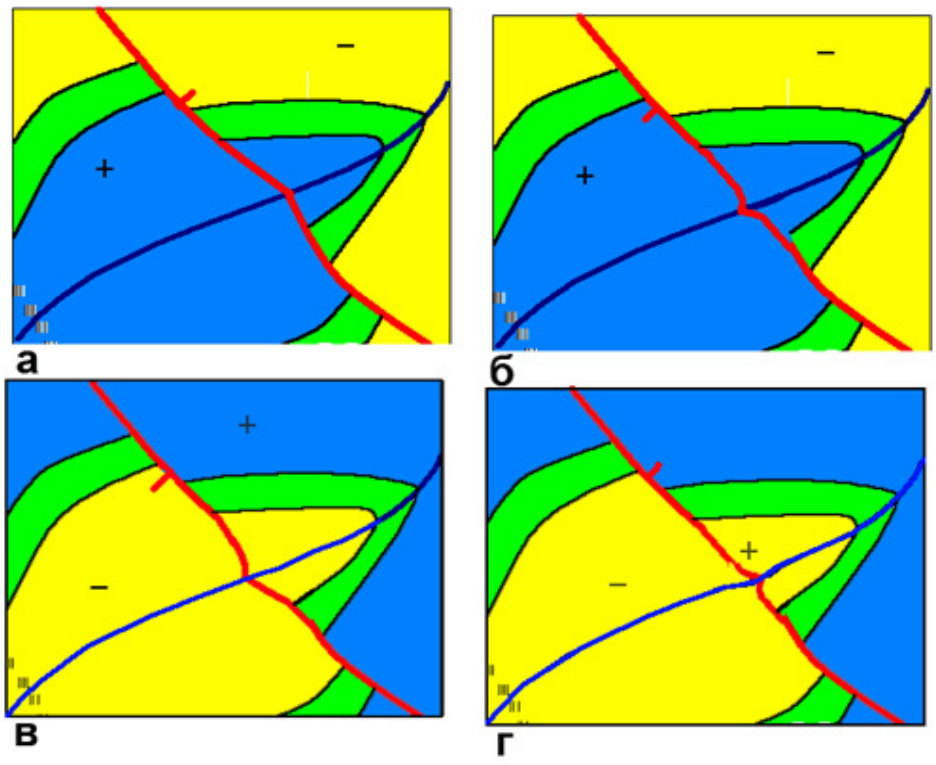


Рис. 7.45. Изображение на геологической карте разломов, разрывающих складку: а – сброс, разрывающий антиклиналь, б – взброс, разрывающий антиклиналь, в – сброс, разрывающий синклиналь, г – взброс, разрывающий синклиналь. Знаком «+» обозначено поднятое крыло, знаком «-» - опущенное

При пологом сместителе и выраженном рельефе на геологической карте линия надвига будет иметь извилистое строение.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

С д в и г и на геологических картах характеризуются сдвижениями геологических границ. При этом ширина их ядер остается практически неизменной (рис. 7.46).

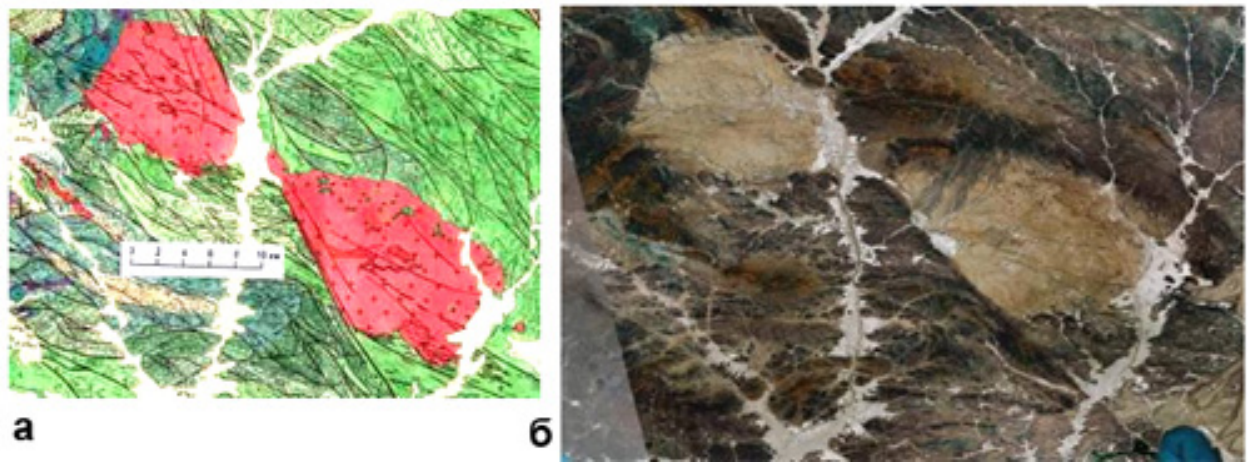


Рис. 7.46. Правый сдвиг, разрывающий гранитный массив Сусызкара. Северное Прибалхашье. а – фрагмент геологической карты (по А.Я. Кошкину, 1986), б – Google, Планета Земля

На структурной карте сброса будет наблюдаться зияние, равное горизонтальной амплитуде смещения (рис. 7.47, а), на структурной карте взброса перекрывающаяся часть, равная горизонтальной амплитуде взброса будет изображена дважды. Обычно верхнюю, надвинутую часть показывают сплошными линиями, а нижнюю, пододвинутую – прерывистыми (рис. 7.47, б).

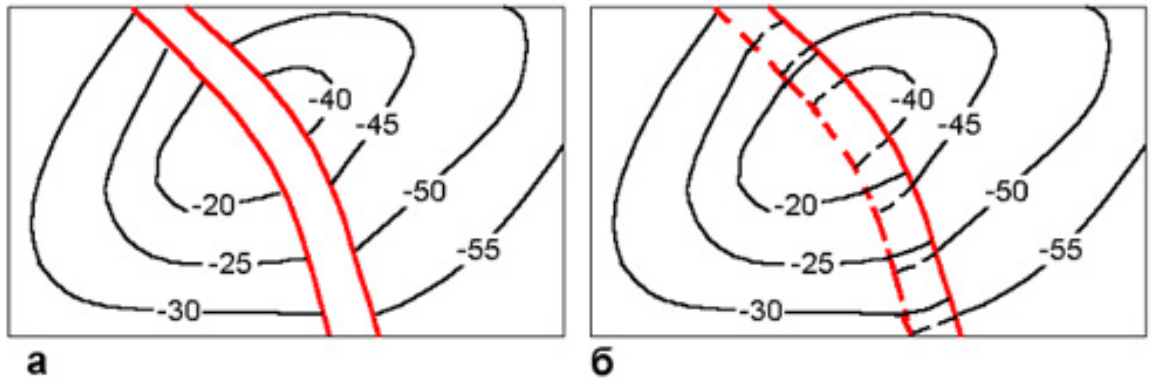


Рис. 7.47. Структурные карты антиклинальной складки, пересеченной: а – сбросом, б - взбросом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На структурной карте вертикального сдвига стратоизогипсы сдвигаются, наклонного сдвига линии разрыва перекрываются и расходятся слева и справа от оси складки (рис. 7.48).

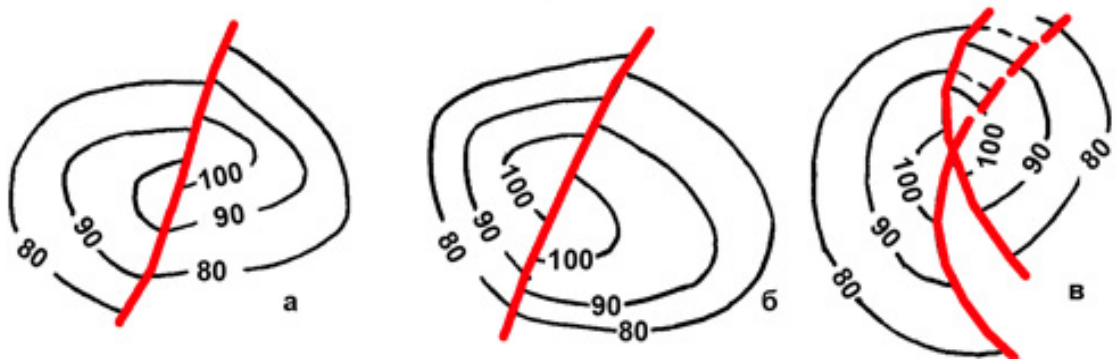


Рис. 7.48. Структурные карты антиклинали, осложненной сдвигами: а и б – вертикальным левым и правым, в - наклонным

Тектонические покровы (шарьяжи) имеют в плане различные сложные залегания автохтонной и аллохтонной частей структуры. Узнать их обычно можно по налеганию относительно древних пород на различные более молодые толщи, наличию клиппенов и тектонических окон (рис. 7.49).

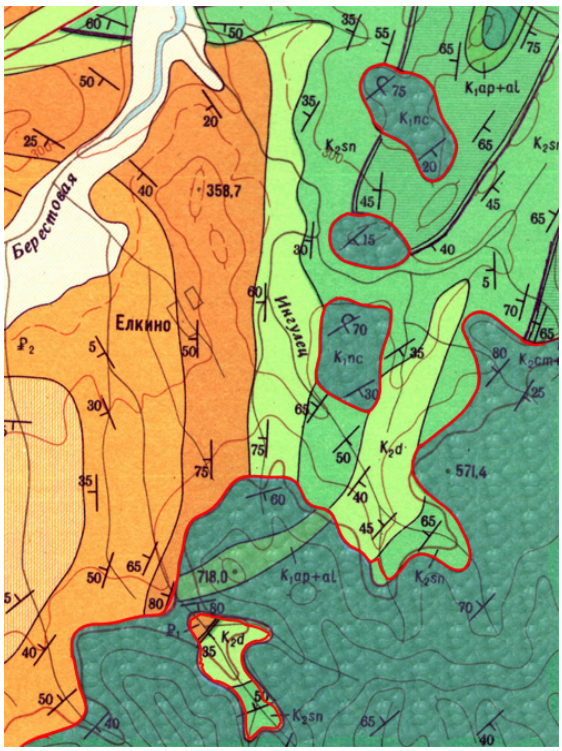


Рис. 7.49. Надвиг нижнемеловых пород на верхнемеловые и палеогеновые. Видны тектонические окна и клиппены. Фрагмент учебной геологической карты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

К о м б и н и р о в а н н ы е р а з р ы в ы при горизонтальном и наклонном залегании отличить почти невозможно, а при складчатом залегании они распознаются как по смещению осей складок, так и по расширению и сужению ядерных частей складок и изменению сдвиговых амплитуд в разных частях складки (рис. 7.50).

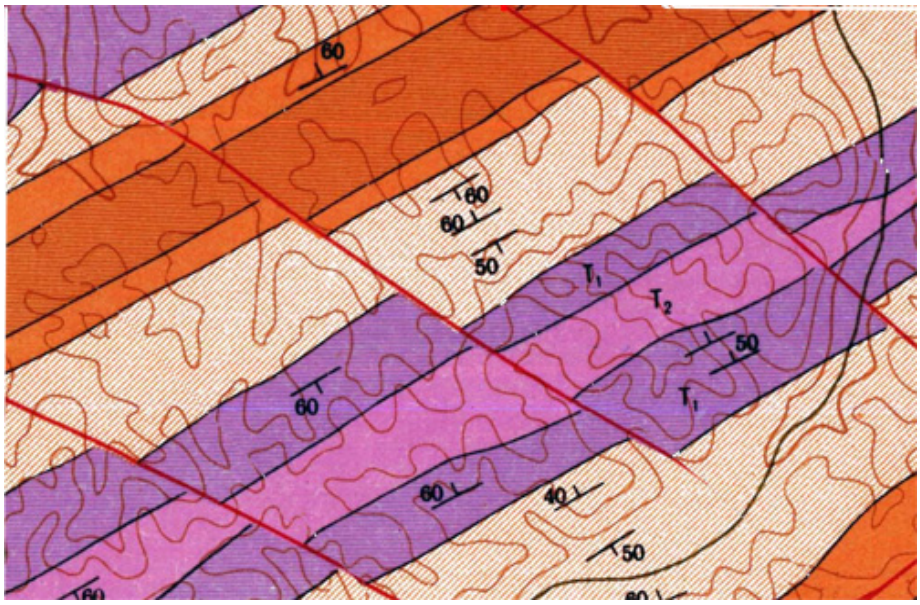


Рис. 7.50. Серия крутых сбросо-сдвигов, пересекающих линейную синклинальную складку. Фрагмент учебной геологической карты

Однако зачастую вертикальный сброс наклонного пласта может выглядеть как сдвиг (рис. 7.51).

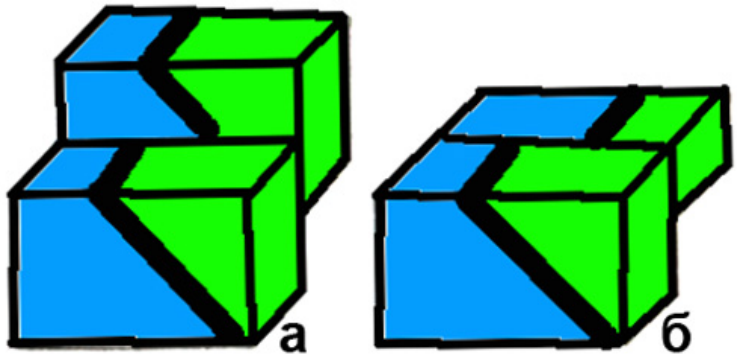


Рис. 7.51. Смещение границы моноклинально залегающего пласта при вертикальном сбросе: а – после вертикального перемещения, б – после денудации рельефа (по Ф.Лахи с дополнениями)

Г р а б е н ы - простые и сложные в плане на геологической карте можно узнать по опущенному блоку, сложенному более молодыми породами, и ограниченному двумя субпараллельными разрывами или их серией.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Горсты - простые и сложные в плане можно узнать на геологической карте по поднятому блоку, сложенному более древними породами, и ограниченному двумя разрывами или их серией.

Определение элементов залегания поверхности сместителя ничем не отличается от аналогичных определений, описанных для наклонной плоскости. Поупражняться в определении величины смещений и виде разлома можно, перейдя по ***ссылке.***

Геологическое дешифрирование разломов. Разломы - это геологические структуры, наилучшим образом дешифрирующиеся на аэро - и космических снимках. Фотогеничность разломов обусловлена тем, что они являются линейными участками нарушенной сплошности пород, следовательно - участками пониженной прочности. Поэтому эти территории препарируются эрозией, в результате чего разломы чаще всего дешифрируются линейными депрессиями в рельефе (рис. 7.52).

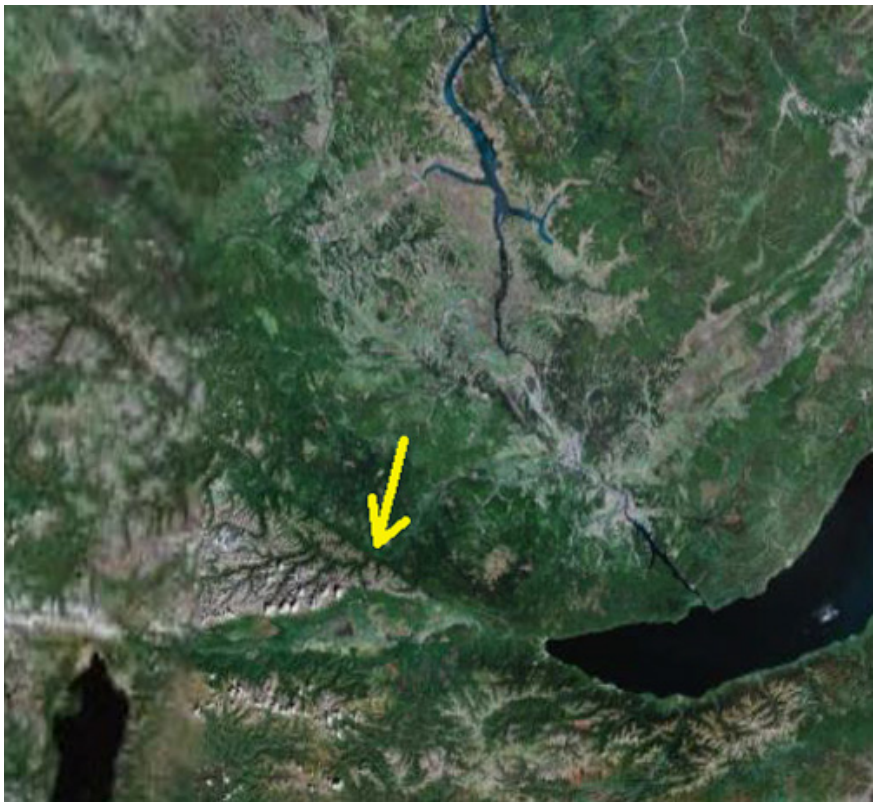
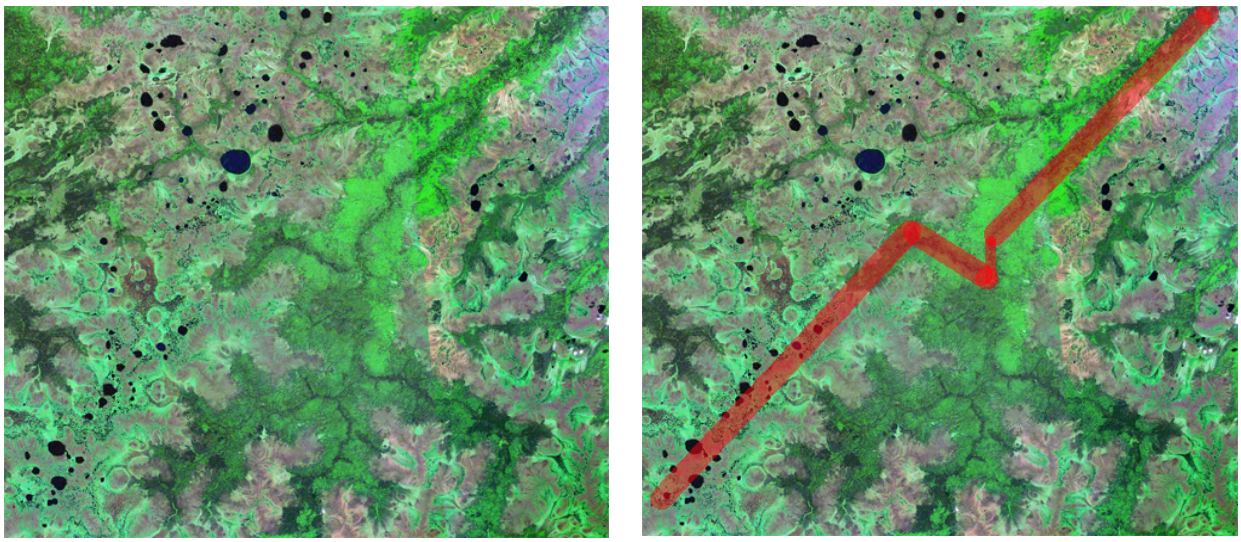


Рис. 7.52. Саянский глубинный разлом (показано стрелкой) на космическом изображении. Планета Земля

Разломы также выделяются зонами повышенного увлажнения, коленообразными изгибами рек, выстраиванием фрагментов речной сети и озер вдоль прямых линий и т.д. (рис. 7.53).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



а б

Рис. 7.53. Отражение разлома в прямолинейности русла и цепочке озер. Западная Сибирь: а – изображение, б – линия разлома (http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl)

Линии разрывных нарушений нередко сопровождаются изменением растительного покрова - более густой (обычно в аридных регионах) или менее интенсивной (в случае рудоносных, отравляющих почву разломов), иногда просто другой, в случае избирательной приуроченности растительности к тем или иным химическим соединениям, которыми обычно обогащены природные воды разломов. Над разломами, как правило, раньше стаивает снег, поэтому на весенних снимках они выражаются темными полосами, над ними часто висят прямолинейные цепочки облаков, или наблюдаются просветы в облаках, или фиксируются прямолинейные границы облаков.

На космических и аэроизображениях видно значительно большее количество прямолинейных образований, чем фиксируется разломов собственно геологическими наблюдениями. Для того, чтобы отразить эту разницу – прямолинейный элемент изображения и геологическая природа разлома сейчас используется термин «***линеамент****», первоначально введенный для гигантских линейных образований, выраженных в рельефе.

Самым чутким индикатором разлома является гидросеть. Нё прямолинейные и коленообразные отрезки, выстраивание притоков вдоль одной линии, резкое сужение долин и другие характерные аномалии очертаний (рис. 7.54) обычно указывают на разлом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

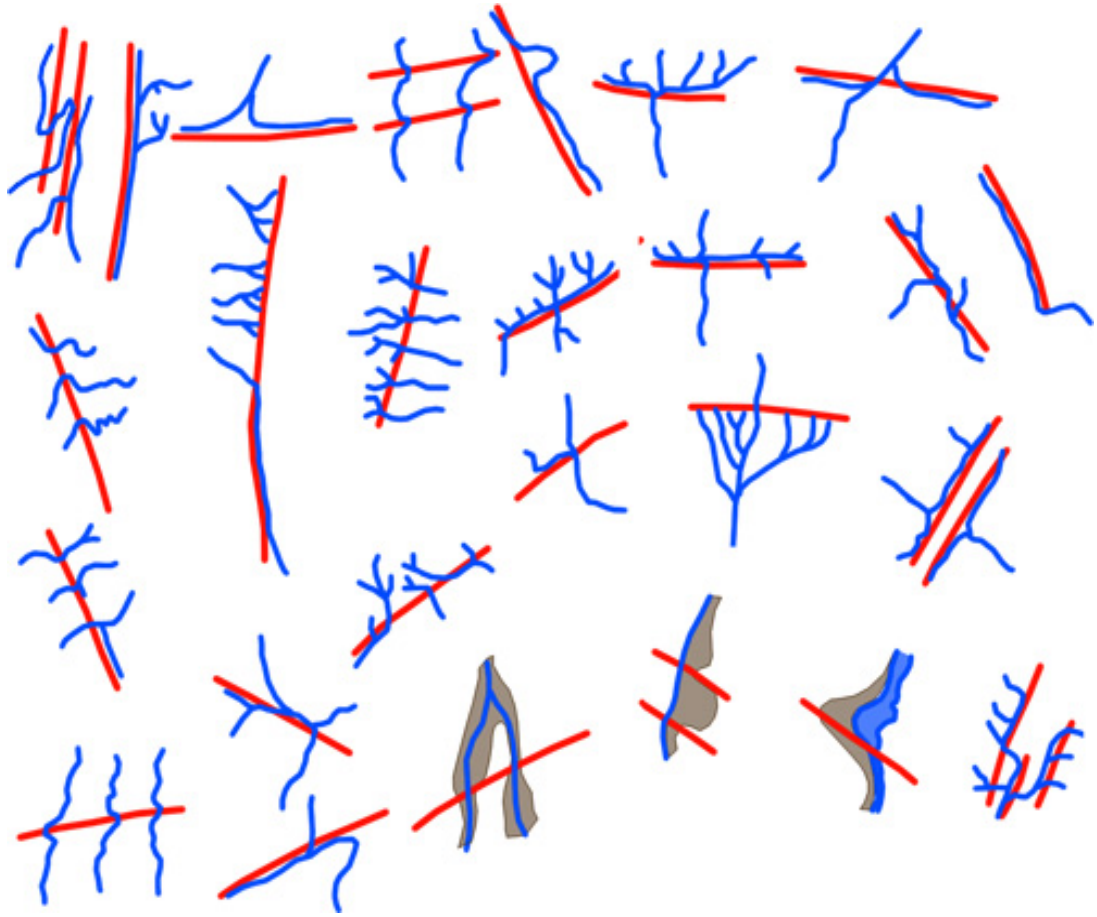


Рис. 7.54. Характерные аномалии речной сети, обусловленные разломами (по А.Е.Михайлову)

Широкие зоны различных тектонитов и измененных пород, зоны смятия хорошо выделяются по цвету. Один и тот же разлом на изображениях разного масштаба (разрешения), сезона, зоны спектра выглядит совершенно по-разному.

Изучение аэро- и космических снимков позволило убедиться, что роль разломов различного размера и характера в строении земной коры сильно недоучитывалась, что нет такой территории, которая бы не была разбита системой разрывов различной протяженности, характера перемещения и направлений на многочисленные блоки. Для установления смещения пород по линии разломов и определения типа разрывного нарушения по аэро- и космическим снимкам пользуются теми же правилами, что и при чтении структур на геологической карте.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.11. Сочетания разломов и складок

В геологических телах могут развиваться одновременно и пликативные и дизъюнктивные дислокации и в природе встречаются их закономерные сочетания. Например - изгибание слоев на прилегающих к сместителю крыльях разлома. По таким изгибам и при отсутствии зеркал скольжения и реперных поверхностей можно определить направление перемещения по разлому. Так на рис. 7.24 изображен сброс – именно так изогнулись слои, прежде чем разорваться. Наконец, это радиально концентрические системы трещин в сводах антиклинальных складок и соляных куполов (рис. 7.55) и зоны трещиноватости, развивающиеся вдоль длинных осей валоподобных складок.



Рис. 7.55. Черепаховая структура – система радиальных и концентрических разрывов. Купол Хаукипс в Техасе. США

Возможны, также ситуации, когда образование крупных разломов по времени предшествует формированию складок - это образование горст-антиклиналей и грабен-синклиналей.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7.3.12. Роль разломов в строении земной коры и для формирования залежей

Разломы играют очень важную роль в строении земной коры, хотя еще недавно им отводилась роль всего лишь нарушений складчатой структуры. В настоящее время, при внедрении в практику геологических работ аэро- и космических методов, роль разломов как самостоятельной геологической структуры, а также их количество и пространственные закономерности распределения их парагенезисов являются объектом все более пристального изучения, а их значение все большим и самостоятельным.

В нефтегазовой геологии их роль заключается в том, что разломы могут, в зависимости от условий, быть экранами для образования залежей (рис. 7.56), в связи с чем выделяется особый класс тектонически экранированных залежей.

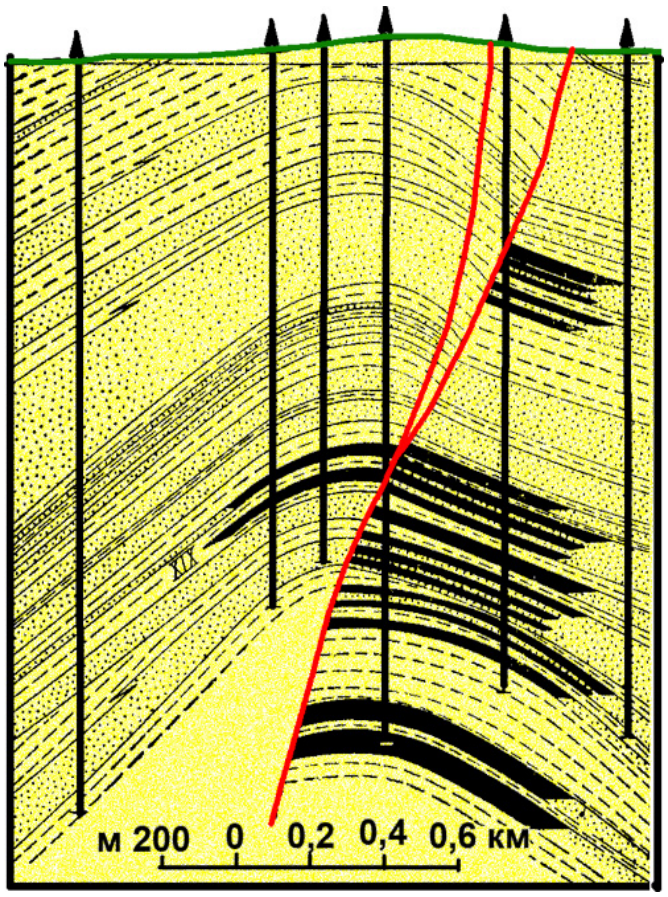


Рис. 7.56. Тектонически экранированное месторождение нефти Эхаби. Северный Сахалин (по В.А. Ратнеру)

Разломы могут также разрушать ранее сформировавшиеся залежи.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Разломы являются путями поступления в земную кору глубинных рудоносных растворов и тепловых потоков, необходимых для преобразования органического вещества в углеводороды. Поэтому их месторождения часто концентрируются вдоль зон крупных разломов (рис. 7.57).

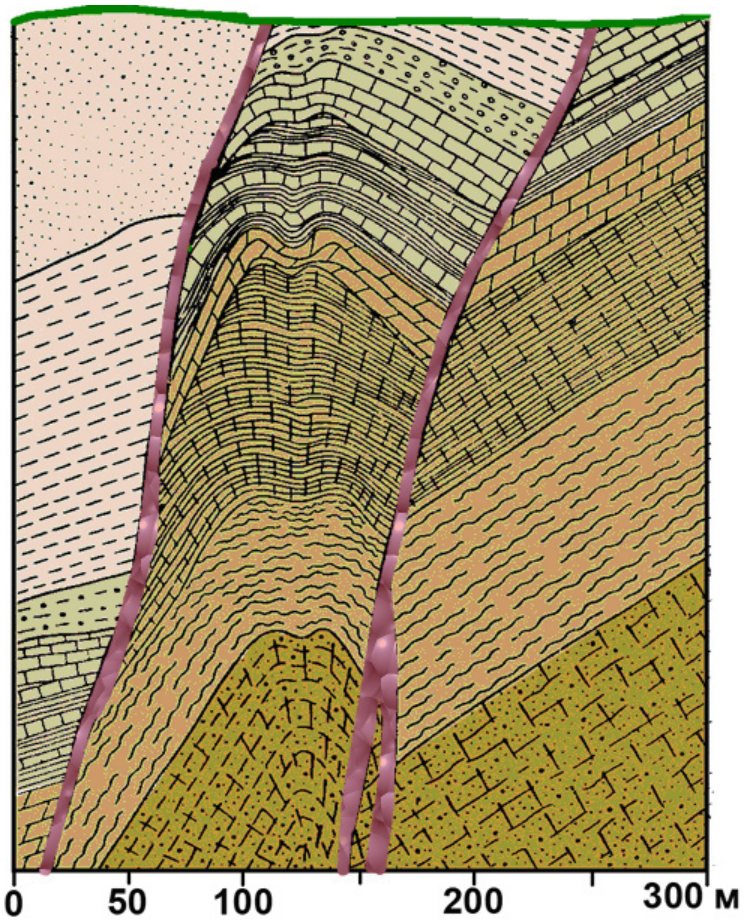


Рис. 7.57. Полиметаллические жилы Иоганн-Фридрих (Гарц, Германия) приуроченные к сбросам, смещающим осадочные толщи (по Н. Майеру)

Контрольные вопросы к 7.3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Карадаг. Сердоликовая бухта

Глава 8. Структуры нестратифицированных геологических тел

Формы залегания магматических и метаморфических горных пород значительно разнообразнее, чем осадочных. Также весьма разнообразны структурные формы тел полезных ископаемых. Однако, однако, залежи нефти и газа в них встречаются несоизмеримо реже, поэтому эти формы будут описаны кратко. Так же, как и осадочные породы, геологические тела образованные магматическими и метаморфическими породами могут быть в ненарушенном и в нарушенном залегании.

8.1. Структуры магматических пород

Магматические горные породы могут быть интрузивными (внедренными) и эффузивными (изверженными). Выделяются и переходные полуглубинные разности. Форма магматических тел, во многом обусловленная их происхождением, тесно связана с составом и условиями поступления магмы. При изучении магматических горных пород большую роль играют и соотношения с вмещающими осадочными толщами.

8.1.1. Границы интрузий

По соотношению с вмещающими породами выделяются согласные, несогласные (секущие) и смешанные интрузии. Отдельно стоят батолиты – природа и строение которых еще во многом загадочно.

Относительный возраст интрузий определяется по соотношению с возрастом вмещающих пород. Интрузия моложе самых молодых пород, которые она прорывает, и древнее самых древних, перекрывающих ее. Контакты интрузивных тел бывают ***резкие,*** с четкими переходами между интрузивом и вмещающей породой, и ***постепенные***. Среди резких контак-

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

тов выделяют ***ровные, прямые, зубчатые, угловатые, парные, извилистые,*** и др. (рис. 10.1).

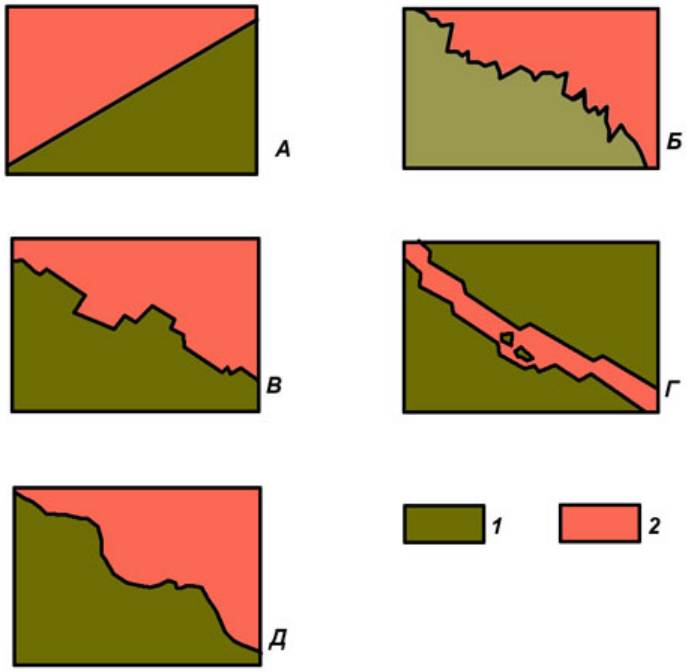


Рис. 8.1. Границы интрузий: *А* – ровные, прямые, *Б* - зубчатые, *В* - угловатые, *Г* - парные, *Д* - извилистые (по Ф. Лахи): 1 – вмещающие породы, 2 - интрузия

Постепенные переходы на контактах осуществляются через полосчатые зоны (*послойно инъецированные*), зоны метасоматически измененных пород *(метасоматические контакты*). В контактовых зонах выделяются области измененного магматического тела - *эндоконтакт*, в котором часто встречаются обломки и куски измененных вмещающих пород - *ксенолитов* (ксенос - чужой), *краевые оторочки закала*, обычно сложенные скрытокристаллическими или микрокристаллическими породами. Кислые породы в краевых частях нередко приобретают полосчатое строение. Термально измененные прилегающие к интрузии вмещающие породы называются *экзоконтактом*.

По геометрическому соотношению с вмещающими толщами интрузивы и их контакты разделяют на согласные и несогласные. Среди последних отдельно выделяют секущие контакты. ***Согласные*** контакты характеризуются параллельным расположением поверхности контактирования магматических горных пород с вмещающими, несогласные имеют непараллельное соотношение магматических и вмещающих пород. ***Секущие (дискордантные)*** контакты харак-

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

теризуются прорывом вмещающих слоев магмой. В разных своих частях интрузивы обладают различными типами контактов.

По физико-химическим воздействиям на вмещающие породы выделяются активные и неактивные контакты. Активные контакты разделяются на ***магматически активные* и *механически активные*.** Первые из них сопровождаются температурным и химическим воздействием на вмещающие породы, обычно с образованием экзо- и эндоконтактов и ксенолитов. При втором магма раздвигает стенки резервуара, канала, сминает, развальцовывает, катаклазирует их, образуя зеркала скольжения. Неактивные контакты - обычно резкие и без каких-либо изменений вмещающих пород.

По генетическим соотношениям с вмещающими толщами выделяют ***первичные и переработанные (вторичные)*** контакты. Среди первичных различают *интрузивные* - обусловленные непосредственно внедрением магмы, *метасоматические*, обязанные своим наименованием широкому развитию метасоматических преобразований горных пород на контакте. Вторичные контакты подразделяются на ***стратиграфические*,** связанные с перекрытием денудированной поверхности магматического тела осадочными толщами и ***тектонические*,** связанные с контактом различных блоков осадочных пород по разлому.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.2. Внутренняя структура магматических тел

Следы движения вещества в магматических телах проявляются в первую стадию внедрения и остывания вещества в виде элементов ***прототектоники*** - ранней тектоники, обусловленной движением кристаллизующегося вещества и обломков. Во вторую стадию главное значение приобретает остывание массива, которое приводит к образованию ***первичных трещин***.

Прототектоника выражается параллельной ориентировкой минералов и включений, формирующих линейные, ленточные, цепочечные и плоскостные формы, образующие *директивные* текстуры Линейные элементы показывают направление движения расплава, а плоские - положение поверхности контакта массива. На геологических картах они обычно показываются специальными значками.

Первичные трещины образуются в результате остывания как магмы, так и лавы. Среди первичных трещин выделяют: ***Пластовые*** (L - Lager) трещины, параллельные контактам. Это трещины отрыва, возникающие при сокращении объема изверженной массы при ее остывании. ***Поперечные*** (Q - Quverk) трещны отрыва, располагающиеся параллельными длинными рядами перпендикулярно к первичным линейным текстурам. По поперечным трещинам нередко внедряются дайки и апофизы из остаточного расплава резервуара. Поперечные трещины пересекают линейные и плоскостные текстуры. Как правило, они поперечны по отношению к осям удлинения интрузивного массива или вулканического потока и зачастую расположены веерообразно или радиально-концентрически. ***Продольные*** (S - Spaltung) трещины, совпадающие по простиранию с ориентировкой линейных структур и обычно перпендикулярные пластовым и поперечным трещинам. Как правило, продольные трещины скрытые или закрытые, небольшой протяженности, с гладкими стенками (рис. 8.2).

В пластовых интрузивных телах и лавовых покровах встречается ***столбчатая отдельность*** четырехгранной и шестигранной формы (рис. 7.13). Призмы столбчатой

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

отдельности располагаются перпендикулярно поверхности контакта или радиально-лучистыми системами. Призмы зачастую разбиты поперечными трещинами на отдельные "шашки".

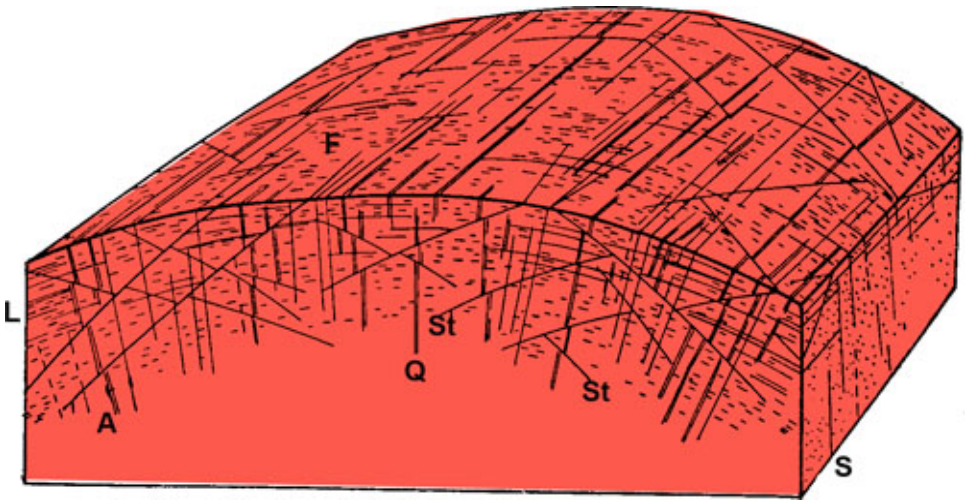


Рис. 8.2. Первичные трещины и директивные текстуры интрузивного массива F - линейная ориентировка (директивная текстура) L трещины, параллельные контактам, Q - трещины поперечной системы, S - трещины продольной системы, St сбросы, по которым смещены более древние трещины и жилы, A - раскрытые трещины отрыва (двойные линии) по Г. Клоосу

В магматических телах кроме главной системы первичных трещин возникают также системы диагональных сколовых, по которым происходят небольшие смещения дизъюнктивов главной системы. Отличить первичную магматическую трещиноватость от наложенной тектонической можно по тому, пересекают ли трещины контакты магматического тела с вмещающими породами (у тектонической) или нет (у первичной). Этот признак не универсален, потому что, с одной стороны, тектонические трещины наследуют уже образованные первичные, а с другой стороны, образующиеся трещины преломляются и искажаются на границах раздела различных сред. Различение первичных и наложенных трещин имеет зачастую важное практическое значение, так как с ними связано образование зон оруденения, подъем газов, минеральных и термальных вод, метасоматические изменения и др.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.3 .Согласные интрузии

Согласные интрузии имеют в основном согласные контакты с вмещающими породами**.** Как правило, это плоские плитообразные и линзовидные тела. Они встречаются в разнообразных геологических условиях и имеют различные размеры. Главные типы согласных интрузий - это силлы, лакколиты, факолиты, лополиты. Обычно это интрузии с маломощными контактовыми ореолами.

Силлы **–** плитообразные тела, залегающие параллельно напластованию вмещающих пород. Встречаются одноэтажные и многоэтажные силлы (рис. 8.3).

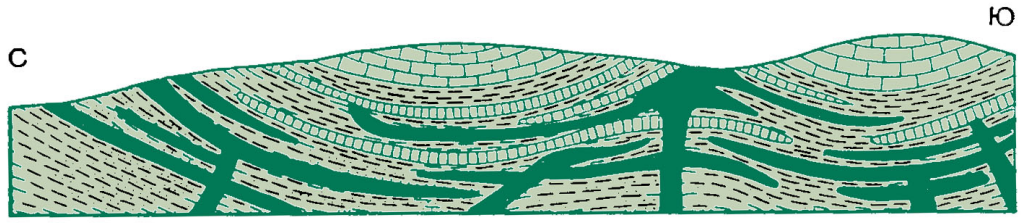


Рис. 8.3. Пластовые интрузии (силлы) диабазов среди нижнепалеозойских отложений близ г. Прага (по В.В. Белоусову)

Толщина силлов колеблется от нескольких сантиметров до сотен метров, а площадь распространения достигает десятков тысяч квадратных километров. Чаще всего силлы, сложены основными породами, картируются в осадочном чехле платформ - Сибирской, Декан и др. Внедрение силлов фиксирует эпохи тектонической активизации платформ. Силлы образуют бронирующие горизонты, выветривание которых создает характерные формы рельефа, называемые "траппы" (рис. 8.4).

Плитообразную форму силлов имеют также и кислые интрузивные тела Центрального Казахстана.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 8.4. Траппы, образованные силлами (ggd.nsu.ru)

Лакколиты **-** небольшие грибообразные или караваеобразные (не более 5 км в поперечнике) тела. Верхние перекрывающие лакколит слои, в большинстве случаев, изогнуты в виде антиклинальных складок в соответствии с контуром лакколита. Они сложены, как правило, кислыми и средними породами (рис. 8.5).

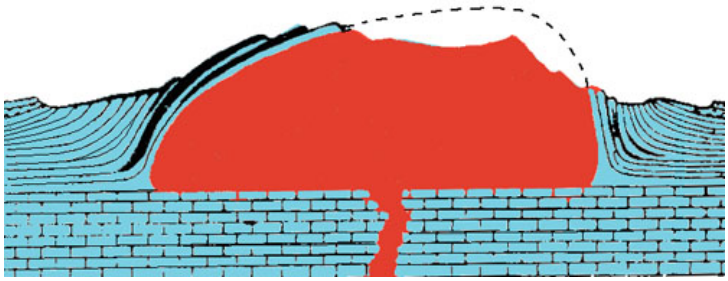


Рис. 8.5. Схема лакколита. Интрузивные трахиты внедрены в осадочные породы мезозоя (по Г.Д. Ажгирею)

Лакколиты обычно застывают на небольшой глубине (500 - 3000 м), поэтому часто вскрыты эрозией и образуют одиночные горы (рис. 8.6).

Не вскрытые эрозией локкалиты называются *криптолакколитами.* Они приподнимают над собой осадочные породы, формируя изолированные антиклинальные складки.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

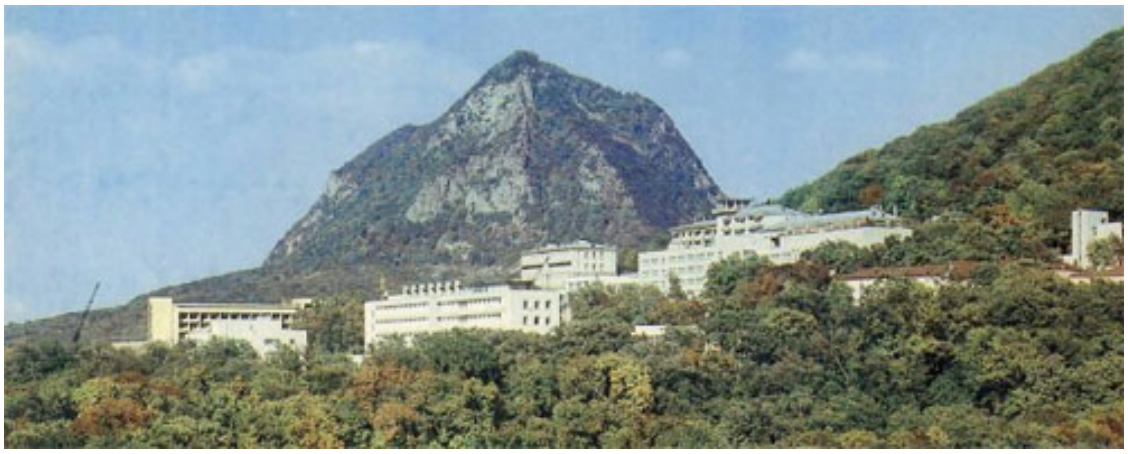


Рис. 8.6. Лакколит – гора Развалка в окрестностях Кисловодска http://www.trip-guide.ru/foto_1579.htm

Лополиты **–** чашеобразные и блюдцеобразные тела размером от нескольких до сотен километров в поперечнике. Лополит - это типичная форма залегания основных, ультраосновных и щелочных интрузивных пород. Питание происходит в основном по трещинным каналам. Нередко лополиты образуют псевдослоистые формы, сложенные ультраосновной, основной и щелочной, а изредка и гранитной магмой, например, Бушвельдский лополит (рис.8.7).

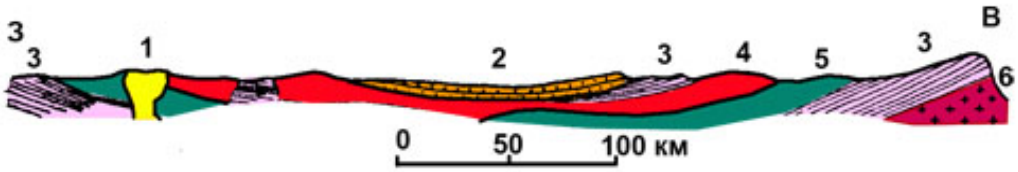


Рис. 8.7. Бушвельдский лополит: 1 – сиениты, 2 – система Кару, 3 – трансваальская система, 4 – граниты, гранофиры, фельзиты, 5 – нориты, 6 – древние граниы (по Г.Д. Ажгирею)

Встречаются лополиты в осадочном чехле платформ, часто в днище синклиналей.

Факолиты **–** интрузии серповидной или чечевицеобразной формы небольшого размера, внедренные в области пониженного давления между слоями в ядрах складок продольного изгиба. Их картируют в складчатых областях, часто в замках антиклиналей (рис. 8.8, 8.9).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

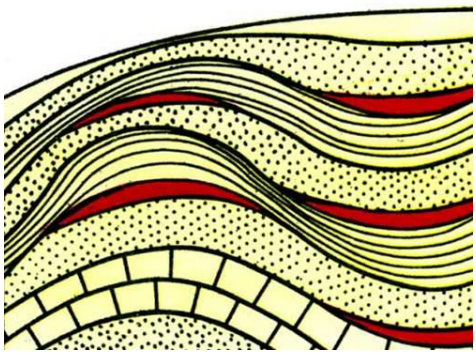


Рис. 8.8. Факолит (infohate.ru)

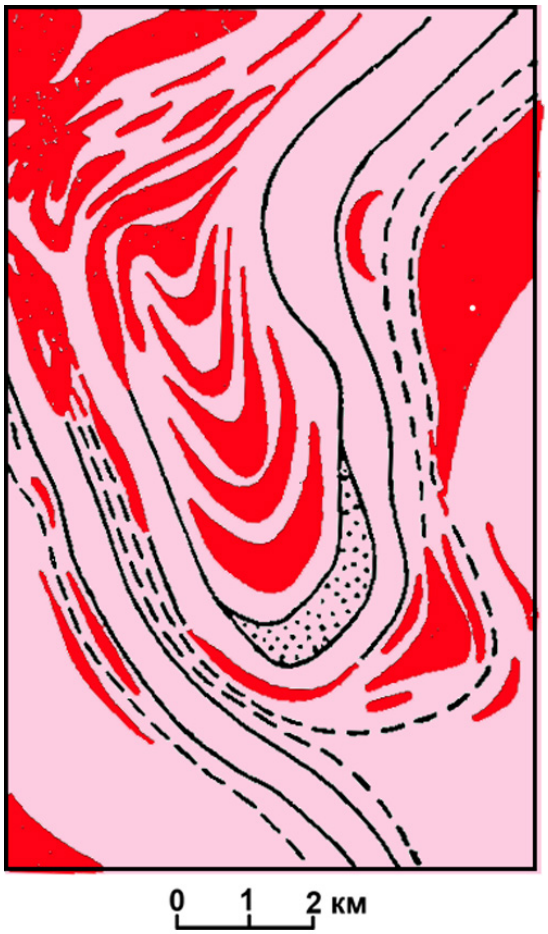


Рис. 8.9. Докембрийские гранитные факолиты в Южной Африке (по Грэверсу и Фроммурцу).

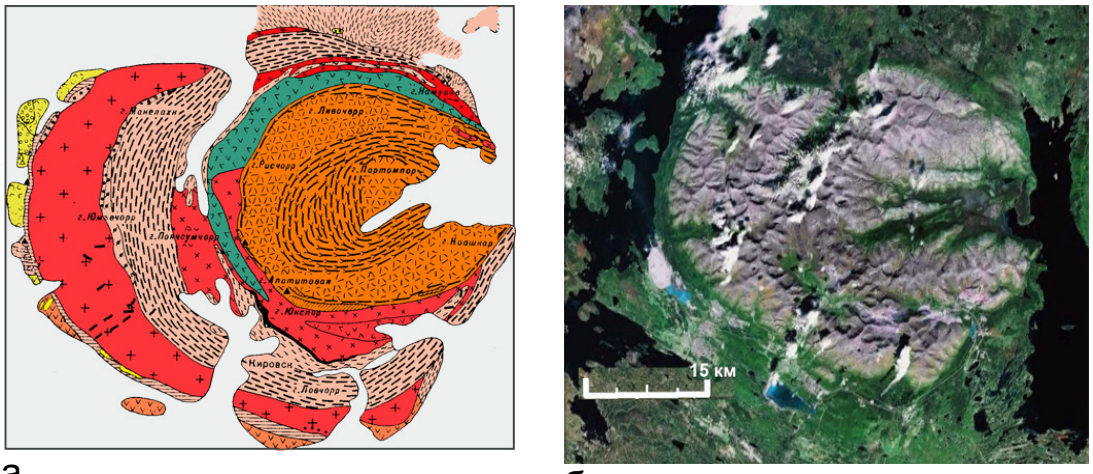
Ленточные интрузивы **-** обычно небольшого размера ассоциации, приуроченные к зонам крупных разломов, а также к шарнирам линейных складок, являются тонко клиновидными ответвлениями от более крупных интрузивных тел или самостоятельными интрузиями.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.4. Несогласные интрузии

Несогласные интрузии - тела, имеющие преимущественно несогласные, секущие контакты с вмещающими породами – штоки, дайки, жилы, лофолиты, хоамолиты, сталагмолиты, хонолиты, линзовидные тела.

Штоки - несогласно залегающие интрузивные тела в форме столба с площадью выхода на поверхность менее 100 км^2. Обычно штоки имеют кислый или средний состав и встречаются в складчатых областях. Также форму штоков могут иметь подводящие каналы других интрузивных и эффузивных тел. Нередко штоки возникают на участках перекрещивания разломов (рис. 8.10).



а б

Рис. 8.10. Шток Хибины: а – геологическая карта, разными цветами и штриховкой показаны различные породы, б – космическое изображение Google, Планета Земля

Дайки и их ассоциации – тела, ограниченные параллельными стенками, образованные при заполнении магмой вертикальных или наклонных трещин отрыва в земной коре и часто имеющие в обнажениях облик полуразрушенных стен (рис. 8.11, 8.12).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 8.11. Дайка трахидолерита среди юрских песчаников. Перевал Джитым-ашу, Тянь-Шань (по ***И.В. Мушкетову***).



Рис. 8.12. Дайка Лагорио, Карадаг, Крым

Развиты обычно дайки в складчатых и активизированных платформенных областях, являясь подводящими каналами для других интрузий. Мощность даек обычно невелика, и в

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

среднем колеблется от 0,5 до 5-6 м, а длина, соответственно - сотен метров и километры. Знаменитая гигантская дайка габбро-диабаза на Алдане имеет мощность 250 м и протягивается в длину более чем на 100 км, а Великую дайку Родезии хорошо видно и из космоса (рис. 8.13).

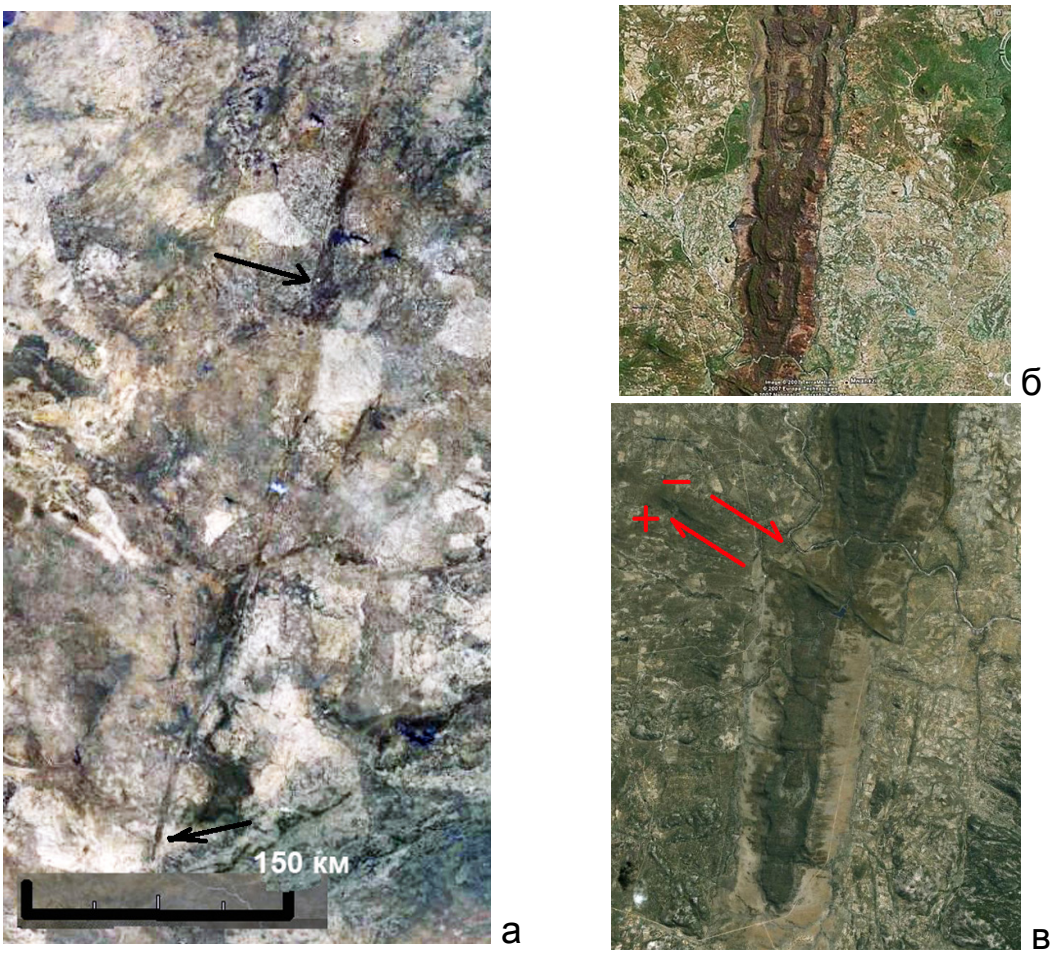


Рис. 8.13. Великая дайка Родезии на космическом изображении: а – обзорное изображение. Дайка показана стрелками, б – фрагмент центральной части. Видна внутренняя структура дайки, в - южное окончание дайки. Обратите внимание на правый сбросо-сдвиг, который осложняет дайку и на то, как этот разлом оканчивается на востоке

Дайка выполняет раздвиг, сложена ультраосновными и основными породами и содержит одно из самых крупных по запасам (1 млрд т) месторождение хромитовых руд; из которого попутно извлекаются платина и никель.

Дайки могут разветвляться, иметь согласные или секущие ответвления. Иногда они прерываются,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

выклиниваются, а затем - снова появляются. Такие дайки называются *четковидными*. Дайки могут быть самостоятельными геологическими телами, обычно образующимися в поздние этапы тектоно-магматической активности, могут представлять собой дериваты (отщепления) от более крупных интрузивов или быть корнями эффузивов. Они могут встречаться в виде единичных геологических тел, или образовывать парагенезисы - закономерные сочетания. Дайки формируют параллельные, перекрещивающиеся, радиальные, концентрические, конические, цилиндрические системы (рис. 8.14, 8.15), которые часто образуются при оседании кровли над магматическим очагом.

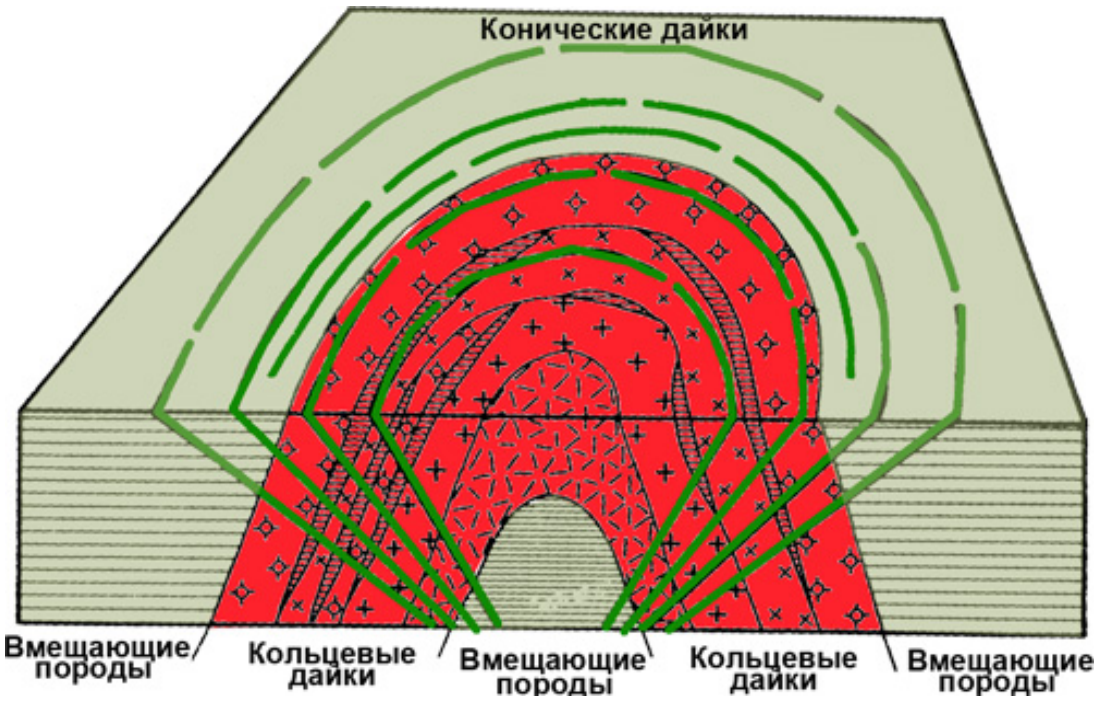


Рис. 8.14. Конические и кольцевые дайки Шотландии. Разными знаками показаны различные породы (схема по Дж. Ричи)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

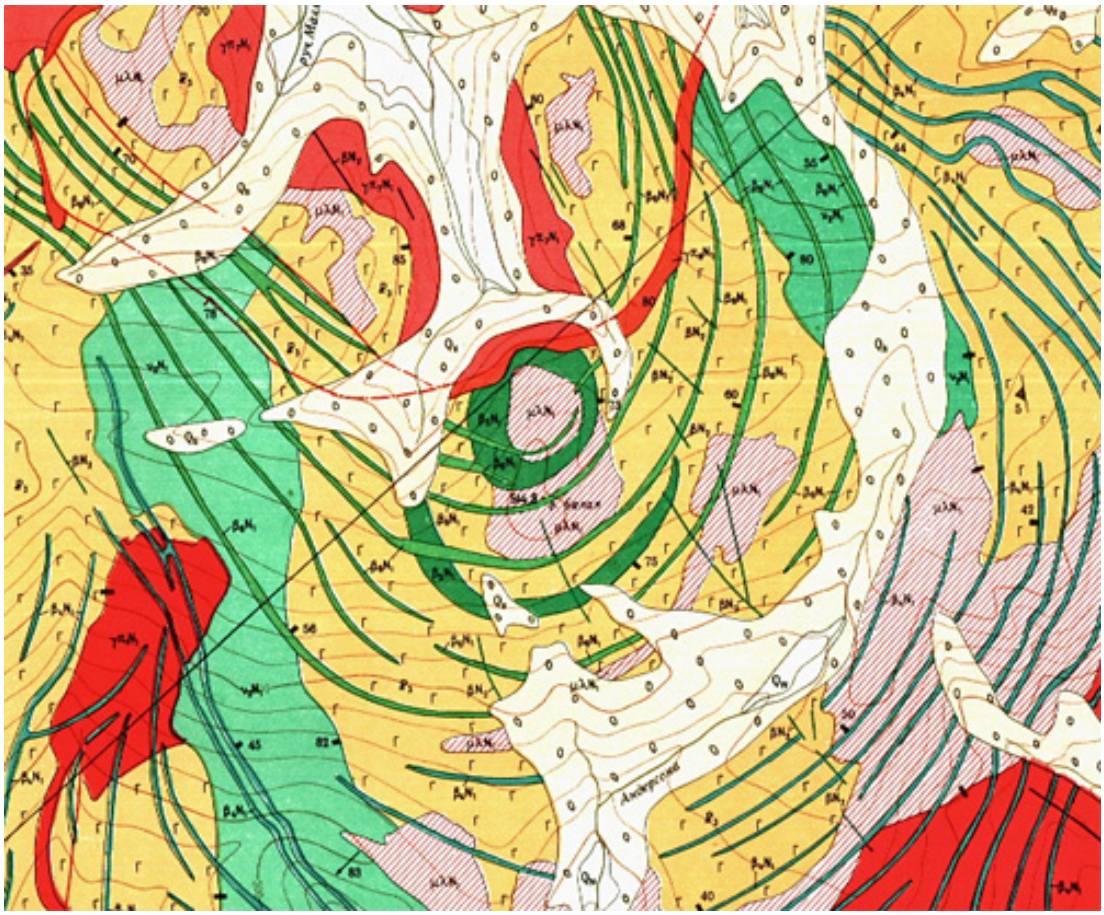


Рис. 8.15. Конические и кольцевые дайки на фрагменте учебной геологической карты

Жилы **-** извилистые плитообразные тела неправильной формы с менее ровными ограничениями, чем дайки. Состав жил разнообразен, чаще всего это продукты выделения из растворов газовых эманаций (кварцевые, кальцитовые, рудные жилы). Встречаются в различных геологических условиях. Понятие жилы более широкое, чем дайка. Мощность жил обычно колеблется от сантиметров до первых десятков метров.

Изредка, кроме того, выделяют:

Лофолиты - гребневидной формы вытянутые магматические диапиры, суживающиеся книзу. Гребень лофолита обычно узкий, заостренный, волнистый.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Хоамолиты (бобовидные тела) - магматические диапиры, имеющие бобовидную форму. По размеру хоамолиты обычно значительно больше, чем лофолиты. снизу они, как правило, переходят в дайки.

Сталагмолиты - диапировые массивы, имеющие вид перевернутой капли, в верхней части куполовидные, или пирамидальные, со сходящимися на глубине краями. Некоторые из них, подробно описанные М.Ю. Лермонтовым в его романе "Герой нашего времени", образующие горы в районе Кавказских минеральных вод, являются такими магматическими диапирами.

Линзовые секущие тела характерны для зон флексурных перегибов, расположенных над крупными разломами. Они обычно образуют кулисообразные прерывистые системы, вытянутые на сотни метров и километры.

Хонолиты - интрузии неправильной формы, не похожие ни на одну из перечисленных ранее форм (рис. 8.16).

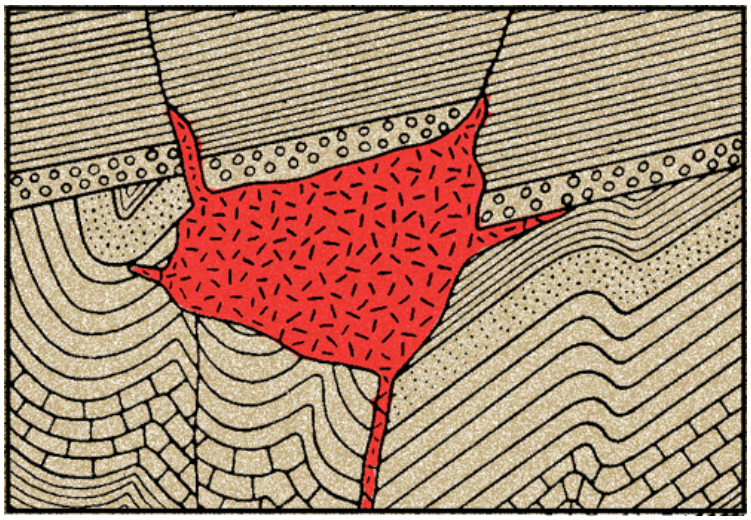


Рис. 8.16. Хонолит, внедрившийся по разлому и нарушивший вмещающую породу в результате давления магмы (по Ф. Лахи)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.5. Батолиты

Батолиты – гигантские массивы гранитных пород, достигающие тысяч квадратных километров в поперечнике, внедренные в земную кору (рис. 8.17).



Рис. 8.17. Магаданский батолит (wiki.fegi.ru)

Очертания батолитов в плане, как правило, представляют собой неправильные овалы, длинная ось которых соответствует простиранию складчатых комплексов. Загадкой до сих пор остается исчезновение того осадочного вещества, в которое внедрилась гранитная магма. Некоторые считают, что батолиты проплавляют это вещество и ассимилируют его, другие полагают, что батолиты образуются в результате метасоматического замещения осадочных пород. Окончательно этот вопрос до сих пор не решен. Встречаются батолиты в складчатых областях. *Апикальная* (верхняя) часть батолитов имеет куполовидную, аркообразную, плоскую или сложную форму. В батолите выделяют следующие самостоятельные части:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Апофизы - крупные тела клинообразной формы, отходяще в стороны от основного интрузива. Апофизы могут быть согласными и секущими по отношению к вмещающим породам.

Батолитовые штоки - это части крупных секущих интрузивных тел, в виде столбов отходящие от батолита вверх. Площадь их достигает 10 км^2. Верхняя куполовидная часть штоков называется *боссом* (рис. 8.18).

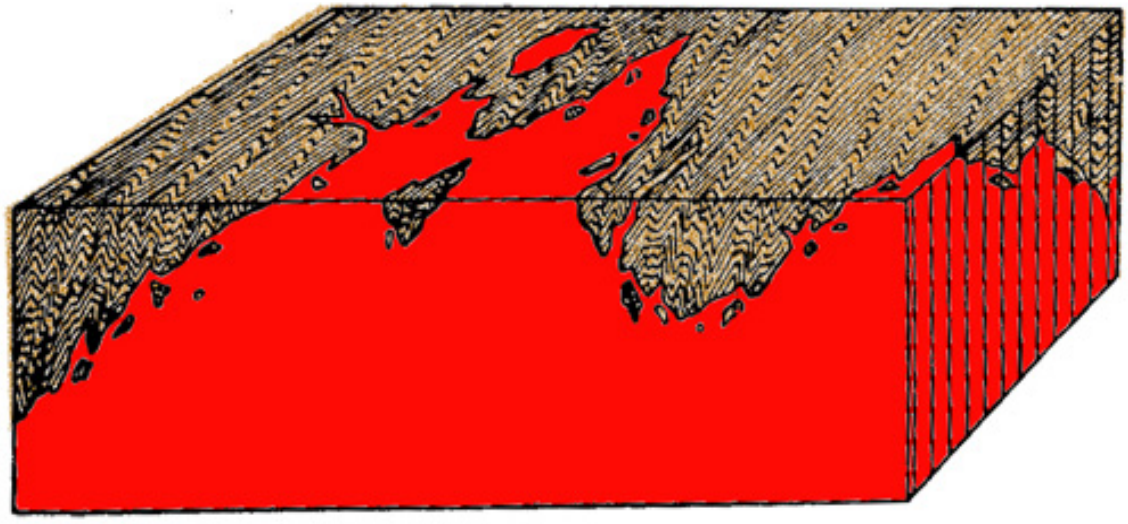


Рис. 8.18. Блок-диаграмма части батолита и вмещающей его породы (по Ф. Лахи)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.6. Частично согласные магматические тела.

У частично согласных тел часть контактов – согласная, а часть – несогласная. К ним относятся этмолиты, гарполиты, сфенолиты.

Этмолиты (греч - воронка) - воронкообразные, несогласные, секущие суживающиеся вниз интрузивные тела с вогнутой апикальной частью, которая может быть согласна с вмещающими породами. В плане этмолиты обычно изометричны, реже - вытянуты. Похожи на лополиты.

Гарполиты (греч - серп) - крупные секущие или частично согласные, уплощенной формы интрузивы, в вертикальном разрезе напоминающие серпообразное тело (рис. 8.19).

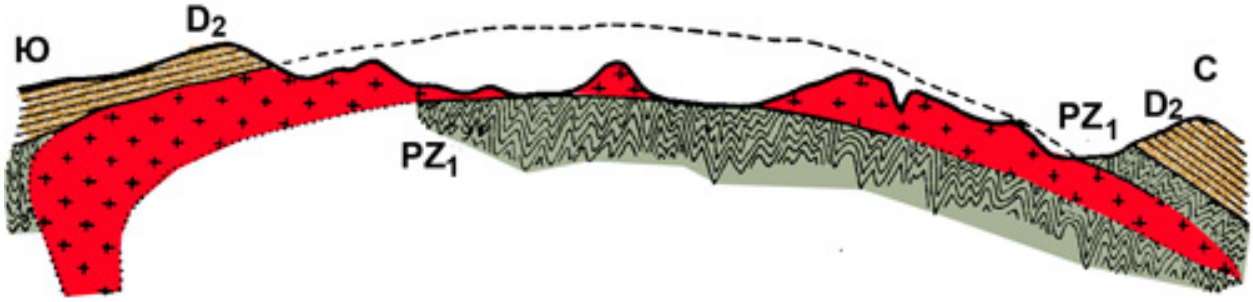


Рис. 8.19. Гарполит. Гранитный интрузив в юго-западном Алтае (по Г.Д. Ажгирею)

Апикальная часть гарполита выпуклая, имеющая отдельные выступы и впадины. Она нередко напоминает поверхность батолита. Нижняя поверхность гарполита вогнутая, горизонтальная или полого наклоненная в сторону питающего канала.

Сфенолит (греч. - клин) - клинообразное, вытянутое в плане и расширяющееся кверху тело, соизмеримое с батолитом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.7. Формы залегания полуглубинных (субвулканических) горных пород

К субвулканическим (связующим) интрузивным телам относятся приповерхностные магматические формы, имеющие явную связь с поверхностными вулканическими аппаратами. Различными авторами выделяются многочисленные и разнообразные тела, из которых упомянем лишь наиболее распространенные – некки, диатремы, апофизы и языки.

Некки - вулканические жерловины - трубообразные и расширяющиеся кверху каналы, заполненные сплошной лавовой или пирокластической породой. В нижней части некки иногда переходят в дайки. Диаметры некков обычно не превышают сотен метров (рис. 8.20).



Рис. 8.20. Некк. Чехословакия (data:image/jpeg;base64)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Диатремы (трубки взрыва) - это гигантские цилиндрические, иногда расширяющиеся кверху воронкообразные каналы (рис. 8.21).

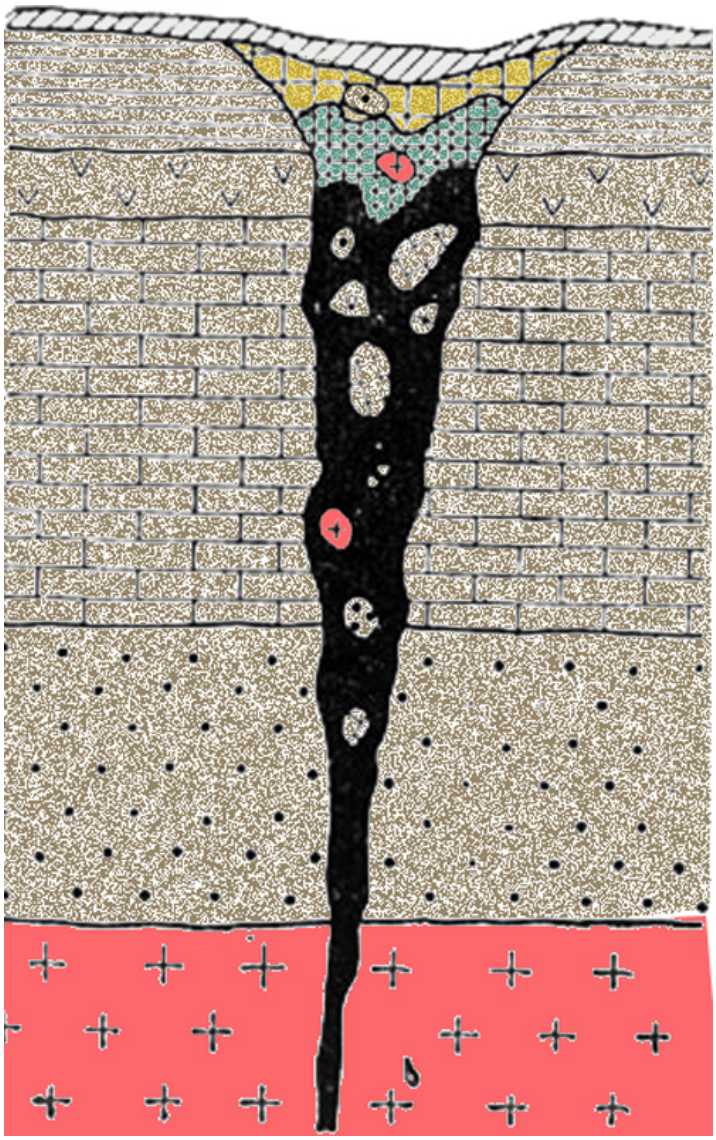


Рис. 8.21. Схематический вертикальный разрез алмазоносной кимберлитовой трубки взрыва (по http://iznedr.ru/books/item)

Они характерны для ультраосновных пород. Трубки взрыва, как правило, сложены пирокластическими, обломочно-магматическими породами. Диаметры их бывают самыми различными - от сотен метров до десятков километров. Они часто включают алмазы и другие минералы, образованные при высоком давлении: гранаты, стишовит, коэссит и др. Большое количество трубок взрыва встречается среди трапповых плато в Якутии, в Африке, Индии и др. (рис. 8.22).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 8.21а. **Кимберлитовая трубка**. Алмазоносный прииск. Кимберли (pro-almaz.ru)

Апофизы и языки **–** мелкие инъекции магмы в виде слепо заканчивающихся ответвлений от основных магматических тел неправильной формы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.8. Формы залегания эффузивных и туфогенных горных пород

Эффузивные горные породы образуются при излиянии на поверхность и застывании лав – жидких продуктов вулканической деятельности. Существуют два основных типа вулканических излияний - трещинный и центральный.

С трещинным типом излияния связаны обычно *лавовые покровы – продукты излияния магмы*, распространенные иногда на огромных площадях и имеющие выдержанную - достигающую, иногда, сотен метров – мощность (рис. 8.22).



Рис. 8.22. Лавовый покров, образованный при извержении вулкана Толбачик на Камчатке (kscnet.ru)

Покровы нередко ассоциируют с комплексами силлов (траппы Средне-Сибирского плоскогорья). Образованы они породами преимущественно основного и среднего состава. Крупные покровы, распространенные на больших площадях, называются *платопокровами* (чаще всего это *платобазальты*).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

С центральным типом излияний обычно связывают образование сравнительно узких лавовых *потоков,* имеющих форму языков, рукавов, которые по мере удаления от очагов излияния уменьшаются по толщине и выклиниваются (рис. 8.22).



Рис. 8.23. Поток лавы (http://thebester.ru/uploads/images/.jpg)

Длина языков может колебаться от сотен метров до 150 км. При центральном типе наземного вулканизма лавы накапливаются вблизи вулканических аппаратов. При этом лавы основного состава образуют протяженные потоки, с выдержанной мощностью и ровными волнистыми поверхностями. Лавы кислого и среднего состава образуют потоки с глыбовыми нагромождениями кусков остывшей корки покрова. Они имеют небольшую протяженность и изменчивую толщину. Это приводит к образованию вокруг кратера вулкана высоких вулканических *конусов* с крутыми склонами.

Газовые пузыри, возникающие под коркой потоков могут образовывать камеры и туннели, достигающие в длину километров, а на поверхности - купола и валы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При подводных излияниях лавы в них образуется характерная шаровая, или подушечная отдельность (рис. 8.24).

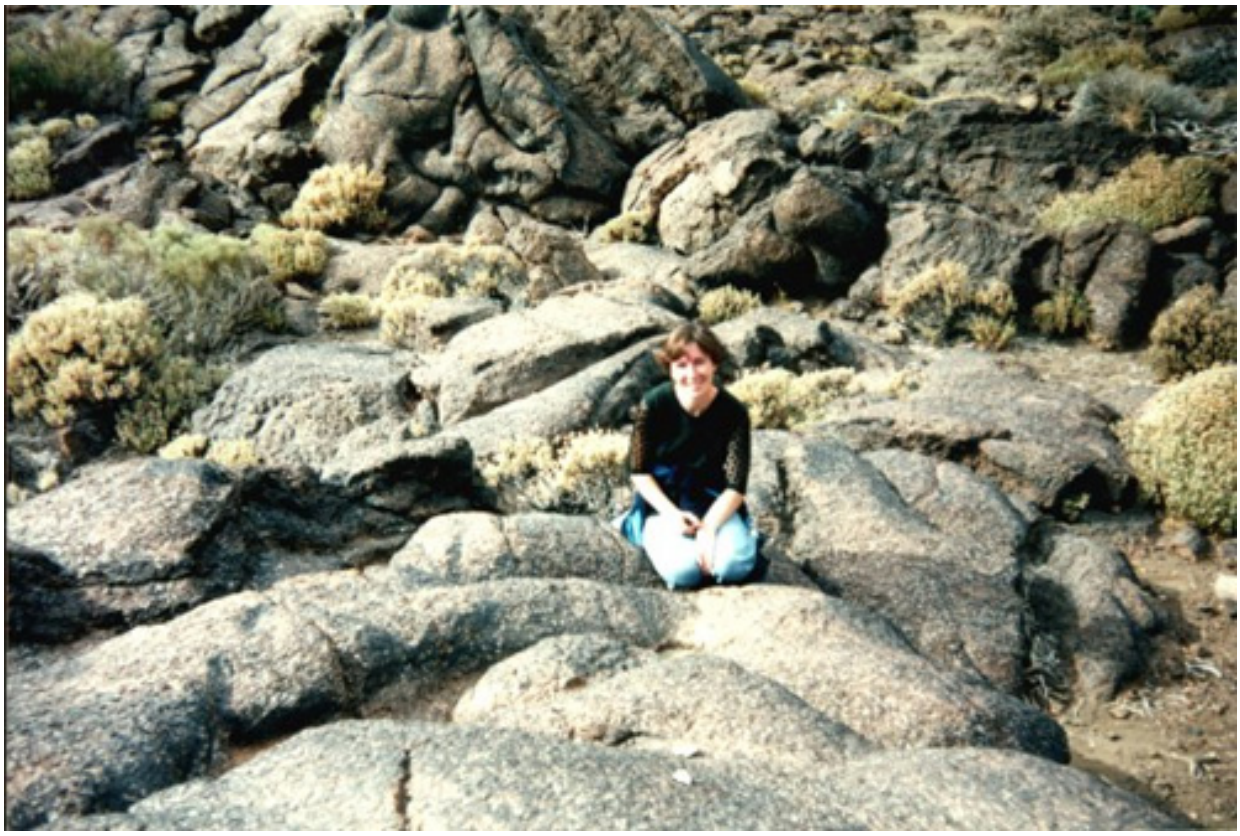


Рис. 8.24. Подушечная отдельность в лаве. Канарские острова. Вулкан Тейде (http://www.mountain.ru/world_mounts/)

При извержениях очень вязкой кислой лавы образуются как уже говорилось, экструзивные тела - вулканические *купола (горнито)* - массы лавы, поднявшиеся из жерла вулкана в виде купола и уже неспособные к дальнейшему течению. Высота таких куполов достигает 1 км при поперечнике основания 2-2,5 км с крутыми склонами и плоским основанием. Один из красивейших куполов расположен в Северном Вайоминге - "Башня Дьявола" (рис. 8.25). Вертикальная штриховка на нем – это гигантская столбчатая отдельность, которая образовалась при охлаждении массива. Толщина отдельных колонн в среднем 2 м и достигает толщины 5 м.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 8.25. Вулканический купол Башня Дьявола, Вайоминг (http://t3.gstatic.com/)

К экструзивным телам относятся также иглы - а, вулканические пробки (купола, столбы - б простые и сложные - в) (рис. 8.26)**.**

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

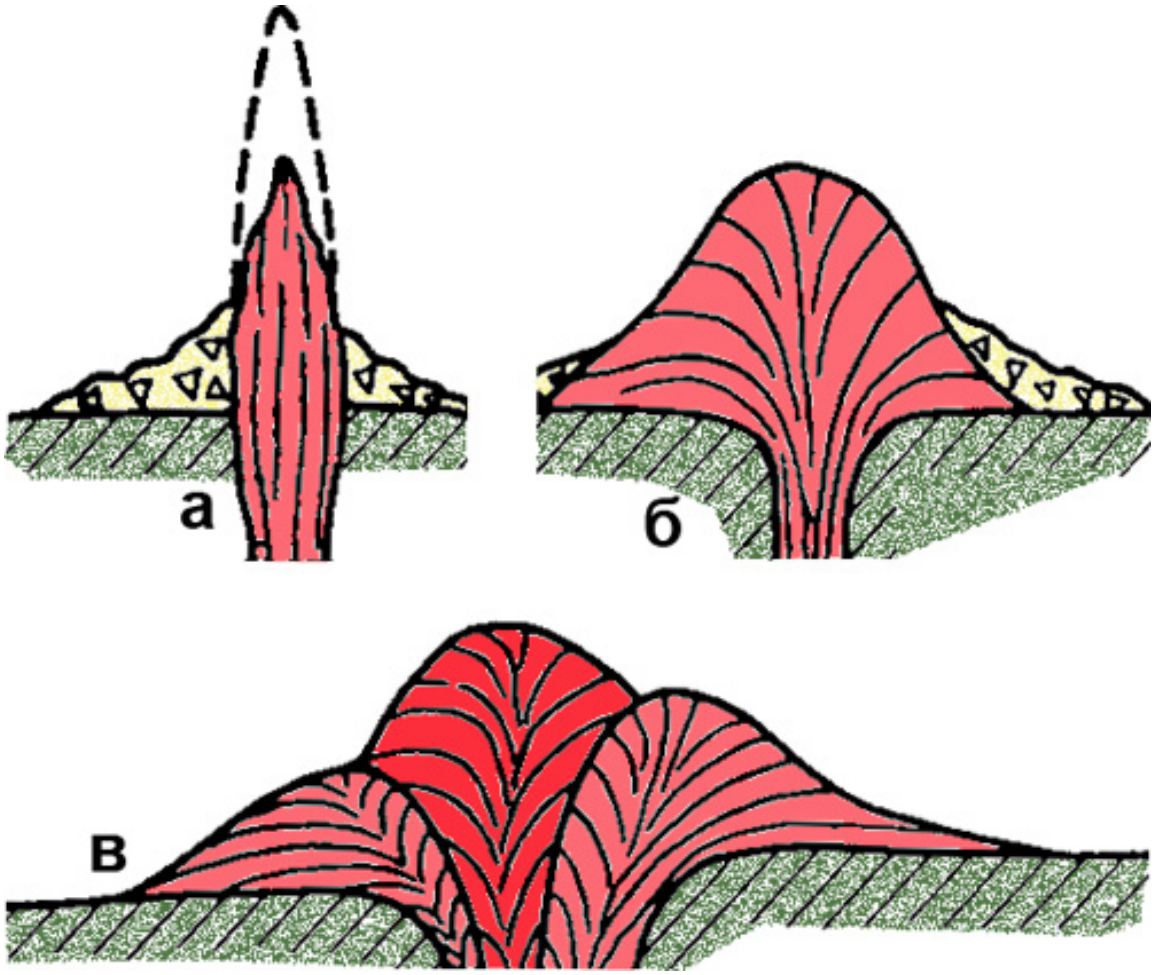


Рис. 8.26. Типы экструзивных массивов: а – игла, или обелиск, б – купол, в – сложный купол (по В.В. Белоусову)

При вулканических извержениях лава может не только излиться или сформировать обелиски, но и взлететь в воздух, а затем осесть в виде туфов - *пирокластических* (огненнообломочных) слоев. Ближе к центру выброса (кратеру) откладывается крупнообломочный материал - вулканические бомбы, лаппили. Чем дальше от источника выброса, тем более мелкие обломки откладываются - песок и пепел. Сочетания слоев разнообразного пирокластического материала, образованные в разные фазы вулканической деятельности, формируют слои *вулканических туфов*. Водные пирокластические отложения называются *туффитами*.

Эффузивные горные породы изображаются на геологических картах и разрезах так же, как и осадочные породы, в соответствии с их возрастом, составом и отражаются на стратиграфической колонке. Состав вулканогенных пород наносится на карту черным крапом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вулканические конусы и их строение. Как уже говорилось, мощности эффузивных образований к центру излияния возрастают, образуя *вулканические конусы.* По всеобщему мнению, это самые красивые горы на Земле: Фудзияма, Килиманджаро, Эльбрус, Арарат, - все это вулканические конусы (рис. 8.27).



Рис. 8.27. Горы – вулканы: а – Фудзияма (sc109.ru), б – Килиманджаро (lenta.ru), Эльбрус (alpfederation.ru), Арарат (svali.ru)

Обычно они образованы перемежающимися лавовыми потоками и пирокластическими слоями. Конусы вулканов имеют высоту от нескольких десятков метров до нескольких километров и ширину до 10 км. При построении геологических разрезов территорий с вулканами, следует помнить, что под ними находятся прорванные жерлами осадочные, или метаморфические породы, имеющие свои собственные структурные формы (рис. 8.28).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

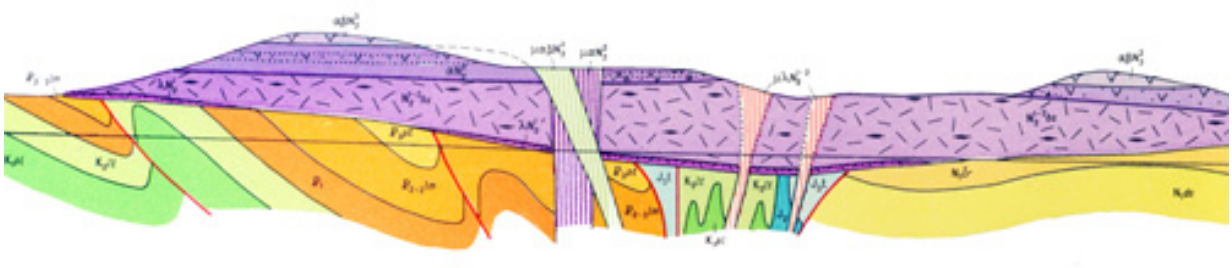


Рис. 8.28. Разрез вулкана. Фрагмент геологического разреза к учебной геологической карте

Обычно эффузивные породы не очень стойкие к выветриванию и конусы древних вулканов разрушаются, образуя, зачастую отрицательные формы рельефа.

Самый характерный структурный элемент вулканов - *кальдера* - большой, изометричный чашеобразный провал на месте обрушившегося конуса вулкана (рис. 8.29)



Рис. 8.29. Кальдера вулкана Крашенинников, Камчатка. (hronoblog.blogspot.com)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Кальдеры отличаются от кратеров большими размерами, в оседание вовлекается не только центральная часть вулканического конуса, но и его склоны, и окружающие территории. Осевшие части окружены сбросами, кольцевыми и дугообразными дайками. На плоском дне кальдеры образуются новые, более молодые конусы Остаток древнего разрушенного вулкана, образующий кольцевой вал вокруг молодого вулканического конуса, называется *сомма,* а ложбина между соммой и внутренним конусом - *атрио*. (рис. 8.30).

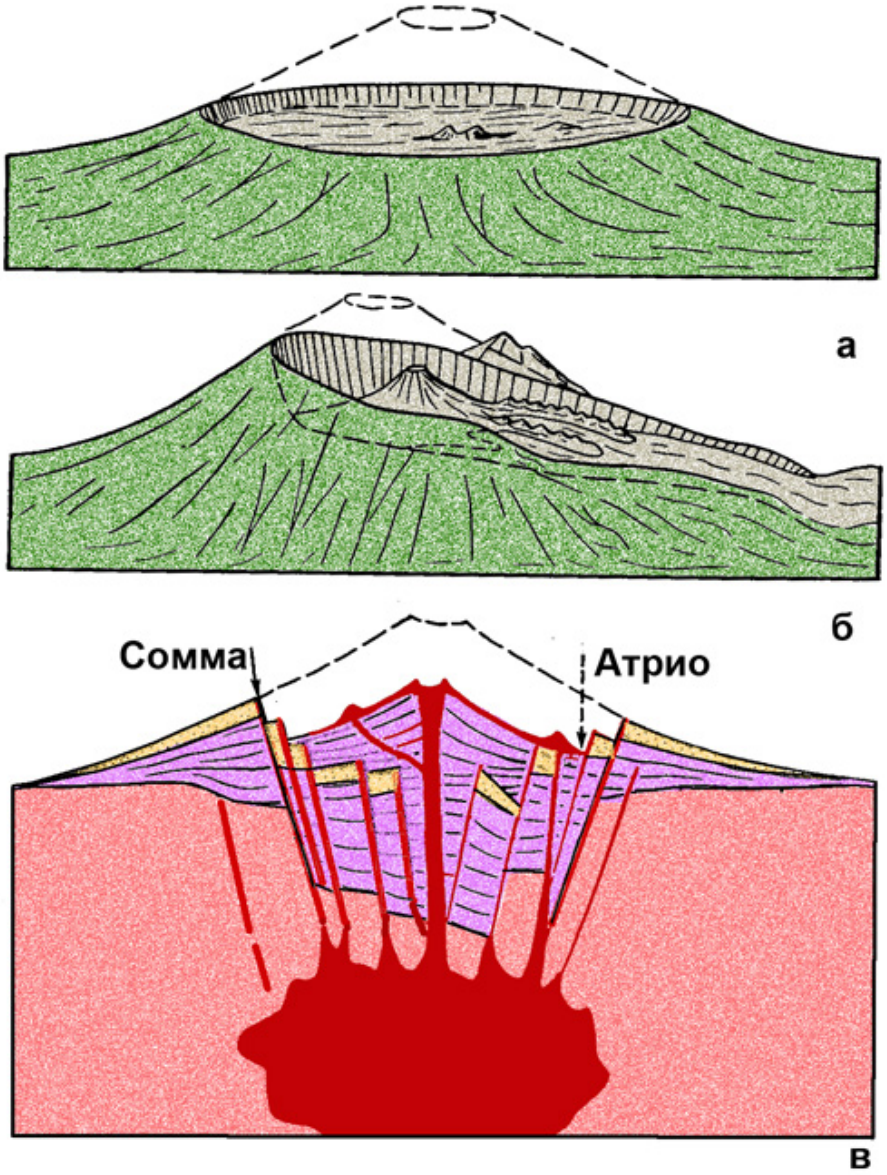


Рис. 8.30. Морфология и внутреннее строение кальдер: а – закрытая кальдера, б – открытая кальдера, в – схематический разрез кальдеры с молодым вулканом внутри

Основными причинами образования кальдеры являются или опускание вулканического конуса по сбросам над вулканическим

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

резервуаром, из которого произошел отток магмы, или обрушение свода в результате взрыва при интенсивном выделении газов.

На рис. 8.31 приведена схема соотношений между интрузивными и эффузивными геологическими телами.

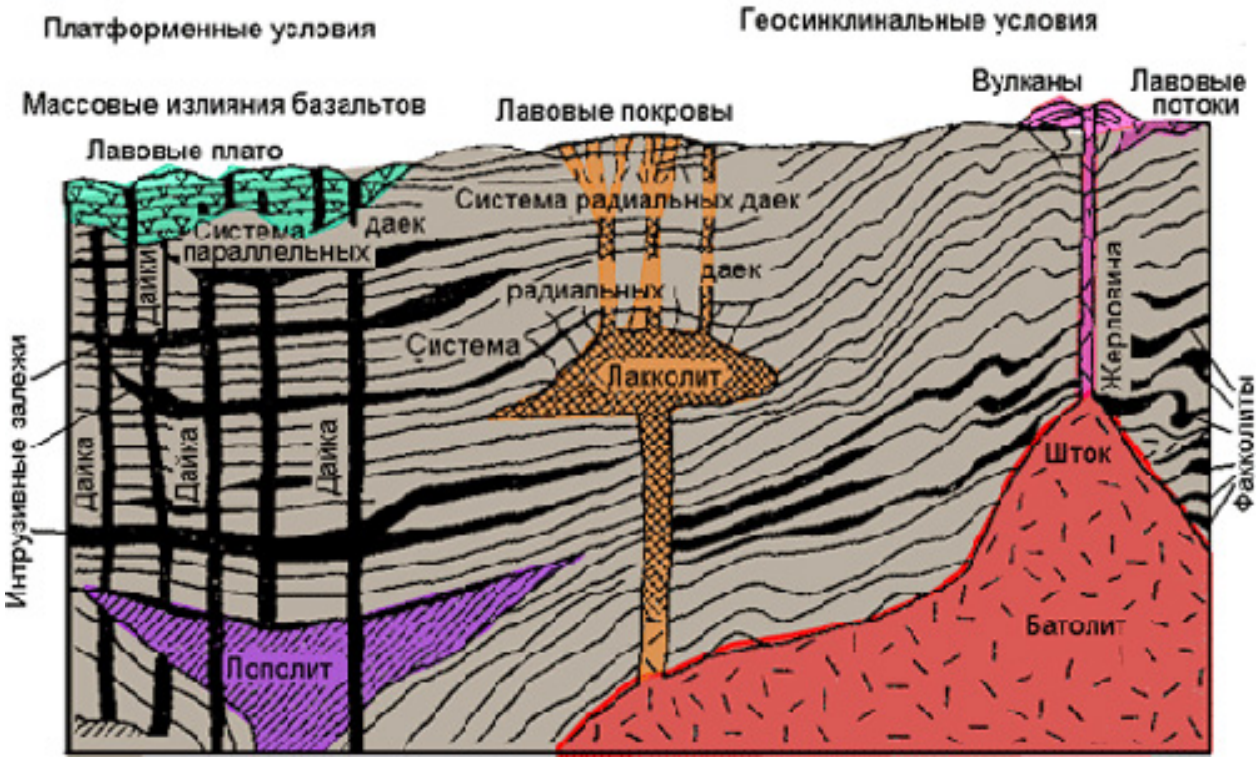


Рис. 8.31. Формы магматических тел

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.1.9. Нефтегазоносность магматических пород

Первые сведения о нефтегазоносности изверженных и метаморфических пород датируются 1915-1916 гг. и относятся к нефтепроявлениям в «серпентиновых полях» Центрального Техаса. Из открытой здесь залежи, приуроченной к измененным базальтам и фонолитам верхнемелового возраста, за два года было получено около 13 миллионов баррелей нефти. В 1917 г. в Венесуэле также были обнаружены нефтепроявления в породах фундамента месторождений Ла Паз и Эль-Тотума. К настоящему времени продуктивность магматических пород в странах Америки, Европы, Африки и Азии установлена на практике, хотя число известных месторождений в магматических породах еще не так велико и их можно перечислить (табл. 8.1). Месторождения, расположенные в одном месте, приведены под одним номером.

Таблица 8.1. **Месторождения углеводородов в магматических породах** (по В.В.Поспелову, 2004)

№ п/п	Месторождение	Территория	Вмещающие породы	Состав
1	Горхэм	Канзас	граниты	нефть
2	Эдисон	Калифорния	граниты	нефть
3	Хьюгтон-Панхэндл	Канзас	гранитные порфириты	нефть
4	Игл Спрингс, Трэп Спринг, Томира Рэнч	Невада	граниты и гранодиориты	нефть
5	Игл Спрингс, Грэнд Кэньон, Бэкон Флэт, Блэкберн, Кэйт Спринг, Уиллоу Крик	Невада	граниты и гранодиориты	нефть
6	Элк-Сити, Аледо	Оклахома, Техас	граниты	газ
7	Монтебо, Бакуранао	Куба	серпентиниты	нефть
8	Диней-Бикейя	Пуэрто-Рико	гранитоиды	нефть
9	ЛаПаз	Венесуэла	гранитоиды	нефть
10	Мара	Колумбия	граниты	нефть
11	Нафора-Ауджила	Ливия	гранитоиды, риолиты	нефть
12	Хургада	Египет	граниты	нефть
13	Гемза	Египет	граниты	нефть
14	Зейт-Бэй	Египет	граниты	нефть
15	Джейсум	Египет	граниты	нефть
16	Хайдусобло	Венгрия	изверженные породы	газ
17	Лубненское	Украина	граниты	газ, нефть
18	Костелянское	Украина	граниты	газ, нефть
19	Хухрянское, Юлбевское	Украина	гранодиориты	нефть
20	Клер	Англия	граниты	нефть
21	Оймаша	Казахстан,	гранитоиды	нефть

		Мангышлак		
22	Березовское, Деминское, Южн. и Сев. Алясовское, Пунгинское и др.	Приуралье	граниты	газ
23	Даниловское, Убинское	Зап. Сибирь	эффузивы	нефть
24	Трехозерное	Зап. Сибирь	гранитоиды	нефть
25	Малоичское, Верх.-Тарское, Веселовское, Медовское	Зап. Сибирь	гранитоиды	нефть, газ
26	Джингбей	Сев. Китай	граниты, диабазы	нефть
27	Ксинглонгтай	Сев. Китай	граниты, эффузивы	нефть, газ
28	Ляохэ	Сев. Китай	граниты	нефть
29	Дуншин	Сев. Китай	граниты	нефть
30	Карамай	Зап. Китай	базальты	нефть
31	Борхолла-Чангпанг	Вост. Индия	изв. породы	нефть
32	Хира	Индия	изв. породы	нефть
33	Бомбей-Хай	Индия	базальты, гранито-гнейсы	нефть
34	Белый Тигр	Вьетнам	граниты, гранодиориты	нефть
35	Дракон	Вьетнам	гранитоиды	нефть
36	Кыулонг	Вьетнам	гранитоиды	нефть

Здесь перечислены месторождения, в которых нефть или газ встречаются в магматических породах, однако в этом же месторождении углеводороды могут встречаться и выше по разрезу, в осадочных породах, как, например, в месторождении Белый Тигр (рис. 8.32) залежи встречаются как в палеогеновых отложениях, так и в гранитах.

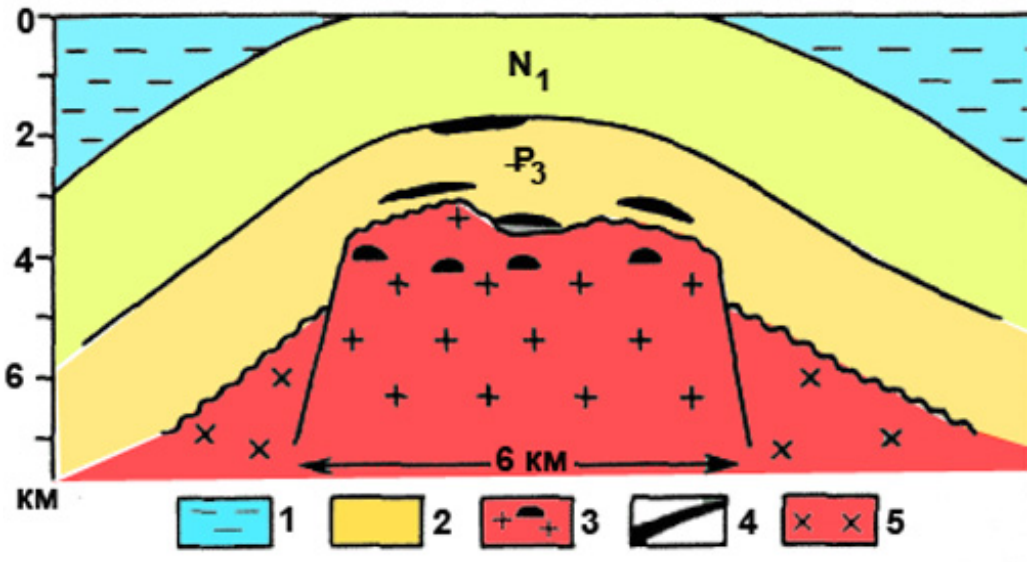


Рис. 8.32. Схематический поперечный разрез через месторождение Белый тигр: 1 - морская толща; 2 - осадочные породы; *3* - нефтенасыщенные граниты фундамента; *4* - нефтяные залежи; *5* – фундамент (по В.П. Гаврилову и др., 1995)

Другой пример – давно известное месторождение в Казахстане – Оймаша. Вблизи его продолжаются поисковые работы, и нефтегазоносность гранитных пород устанавливается в окрестностях этого месторождения (рис. 8.33).

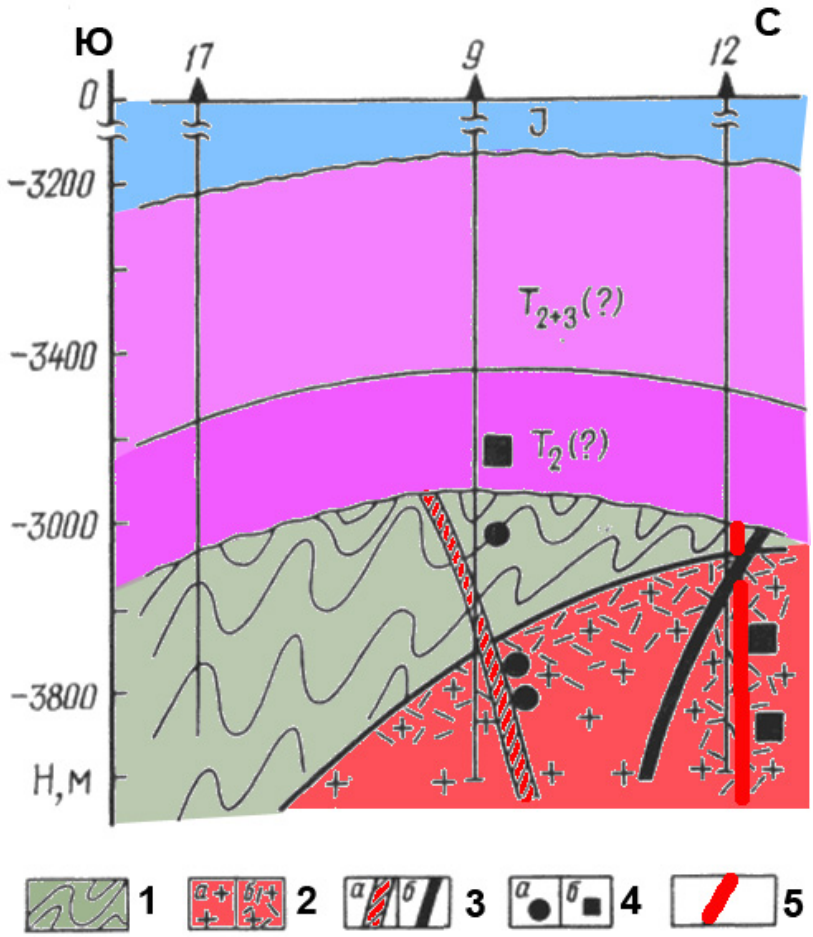


Рис. 8.33. Схематический геологический разрез Оймашинской площади: 1 - метаморфические породы фундамента; 2 - граниты свежие (а) и выветрелые (б); 3 - дайки магматических пород основного (а) и кислого (б) состава; 4 - притоки нефти и газа, полученные при испытаниях пласта в процессе бурения (а) и опробования в колонне (б); 5 - разрывное нарушение (по Л.П. Дмитриеву и др.)

Как видно из приведенных рисунков благоприятными формами для образования залежей являются выпуклые формы геометрически верхней геологической границы.

Хотя магматические горные породы и являются возможными вместилищами для залежей нефти и газа, но месторождений в них найдено на несколько порядков меньше, чем в осадочных породах.

Контрольные вопросы к 8 1

8.2. СТРУКТУРЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Метаморфические тела обычно имеют формы тех пород, из которых они образовались. Однако отдельные типы метаморфизма образуют специфические формы. Выделяются прогрессивный метаморфизм к которому относятся региональный, динамометаморфизм, контактовый, или термальный метаморфизм и регрессивный метаморфизм (диафторез). Структуры диафтореза уже были охарактеризованы в ***2.2.4 – несогласие,*** как геологическое тело. Отдельно выделяются импактные структуры, которые иногда рассматривают как ударный метаморфизм, иногда выделяют как особый вид.

Обычно для метаморфических комплексов характерна метаморфическая зональность, то есть постепенное изменение степени метаморфизма в каком-либо направлении, что выражается в постепенной смене минеральных ассоциаций и изменении текстуры пород.

8.2.1. Особенности текстур метаморфических пород

Метаморфические породы почти всегда обладают специфическими текстурами, из которых наиболее распространены полосчатость, сланцеватость и линейность.

Полосчатость – квазислоистое расположение минералов и их агрегатов в метаморфической породе. Полосчатость может быть отражением первичной слоистости, а может быть и вновь образованной, за счет перераспределения минералов (рис. 8.34).



Рис. 8.34. Полосчатость в гнейсах. Испания. По А.В. Тевелеву

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Сланцеватость – плоскостная текстура метаморфических пород, образованная параллельным в плане расположением пластинчатых или листоватых минералов (рис. 8.35).



Рис. 8.35. Сланцеватость в амфиболитах По А.В. Тевелеву

Линейность – текстура метаморфических пород, образованная параллельным расположением удлиненных кристаллов различных минералов или их агрегатов (рис. 8.36).



Рис. 8.36. Линейность, выраженная расположением удлиненных агрегатов темноцветных минералов в сланце. По А.В. Тевелеву

Считается, что ориентированные текстуры в метаморфических горных породах возникают либо за счет перекристаллизации первичных минералов, либо за счет кристаллизации новых минералов. Ориентировка этих текстурных элементов определяется расположением ориентировки растяжения и сжатия, а раздел тектоники, занимающийся реконструкцией этой ориентировки, называется петротектоникой.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.2.2. Структуры пород регионального метаморфизма.

В условиях регионального метаморфизма образуется глубинная складчатость под действием высоких температур и давлений. В этих условиях практически все породы приобретают пластичность, массы пород деформируются как единое целое и образуют дисгармоничные складки течения (рис.8.37).



Рис. 8.37. Складки течения в гнейсе. Южная Африка (earth.ox.ac.uk)

При образовании глубинных складок характерны повторные деформирующие усилия, ориентированные по различным направлениям, поэтому такие складки имеют сложную фестончатую форму крыльев и извилистую форму осей (рис. 8.38).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

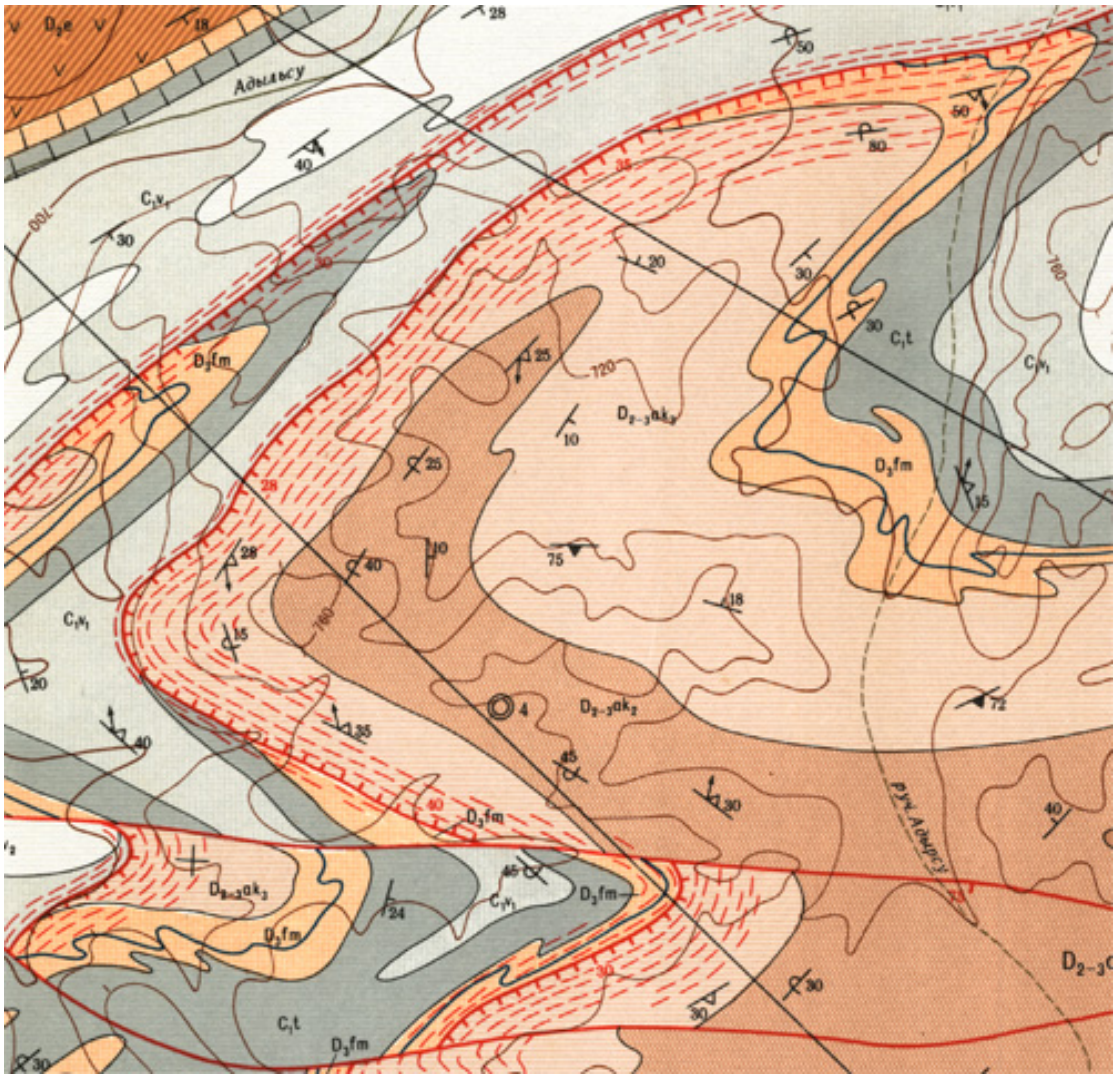


Рис. 8.38. Изогнутые оси складок глубинной складчатости. Фрагмент учебной геологической карты.

При глубинной складчатости одновременно со смятием пород происходит их перекристаллизация и метаморфизм, часто развивается кливаж.

Одной из характерных форм глубинной складчатости являются *гранитно - гнейсовые купола и валы*, картируемые в фундаменте древних платформ (рис. 8.39).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 8.39. Гранито-гнейсовый купол в Канаде (paleokazakhstan.com)

Они представляют собой крупные (десятки и сотни километров в поперечнике) пологие поднятия, образованные этими породами. Межкупольные пространства заполнены смятыми в мелкие складки метаморфическими сланцами разной степени метаморфизма (рис. 8.40, 8.41).

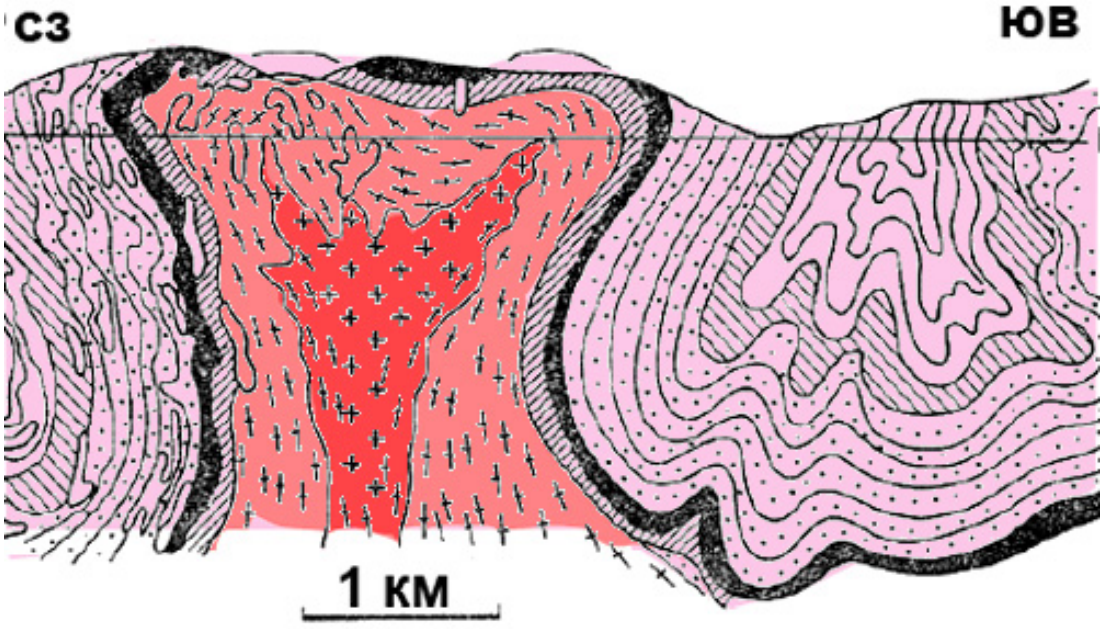


Рис. 8.40. Джеланжинский гранито-гнейсовый купол (по Л.И. Салопу)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

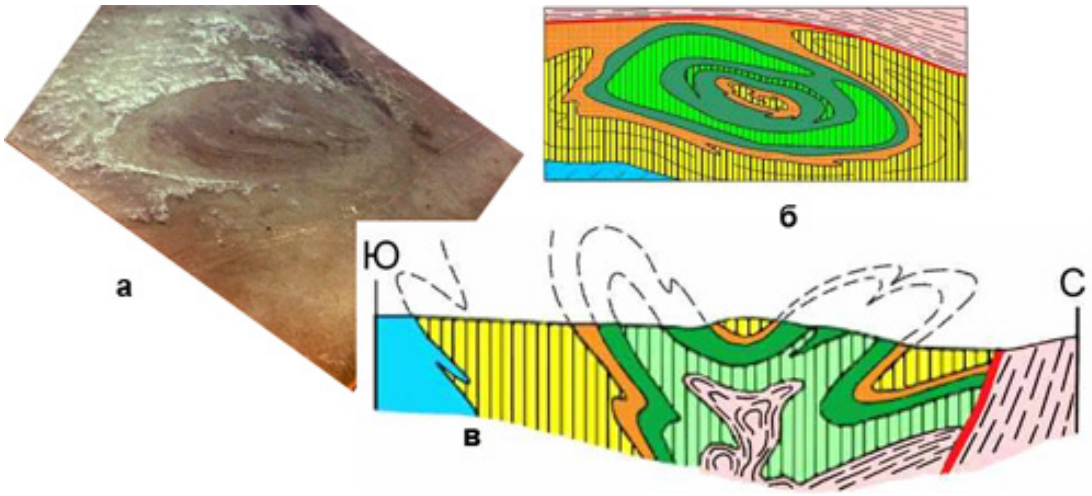


Рис. 8.41. Купол Овал. Прибайкалье: а – снимок с вертолета, геологическая карта, в – меридиональный разрез. Разными цветами показаны различные по составу породы.
(http://geo.web.ru/~sgt/articles/1/page_3_2.htm)

Образование куполов обусловлено инверсией плотностей (аналогично образованию соляных диапиров), так как граниты и гнейсы легче вмещающих их метаморфических пород. Гранито-гнейсовые купола и валы имеют большое значение для нефтегазовой геологии, так как над ними в осадочном чехле нередко образуются купола и валы, которые служат ловушками для нефти и газа.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.2.3. Структуры пород динамометаморфизма

Породы динамометаморфизма, представляющие собой передробленные глыбы, брекчию, щебень закатанные в глинистую массу того же состава образуют структурные формы, соответствующие сместителю разлома, как об этом сказано в ***7.3.2***. Такие породы называются *тектонический меланж* (рис. 8.42).



Рис. 8.42. Тектонический меланж из мраморов и метагабброидов у мыса Шунтэ-Левый (Ангара). www.vladlena-tour.ru

Размер обломков и их сочетания так же, как структура меланжа, могут быть самыми разнообразными (рис. 8.43).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 8.43. Тектонический меланж, состоящий из темной серпентинитовой матрицы и ожелезненных грубообломочных пород. Восточные Кордильеры (http://bio-geo-terms.blogspot.com/2006/12/mlange.html)

Очень часто это плотно прилегающие друг к другу тела линзообразной формы с длинными осями, в общем, параллельными сместителю (рис. 8.44).

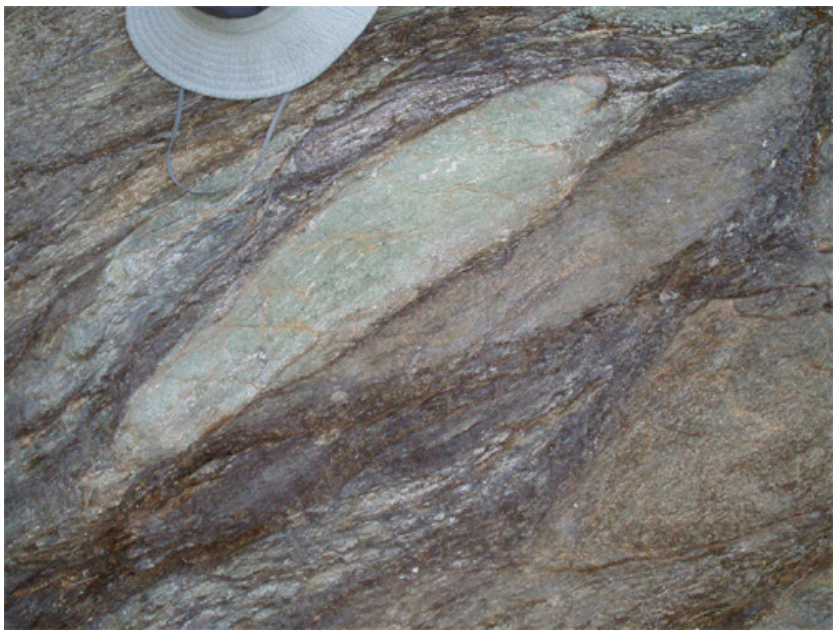


Рис. 8.44. Разлинзование в тектоническом меланже. Амфиболитовый сланец о. Санта-Каталина, Калифорния (http://bio-geo-terms.blogspot.com/2006/12/mlange.html)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.2.4. Структуры контактового метаморфизма

Породы контактового термометаморфизма образуют вокруг интрузивного тела внутри (эндоконтакт) и снаружи (экзоконтакт) ореолы большей или меньшей мощности. Форма и размер их зависят от формы и размеров вызвавшего метаморфизм тела, устойчвостью к термальному воздействию вмещающих пород и степенью их неоднородности. Характерной особенностью пород термального метаморфизма является расплывчатость их внешнего контакта. Структурные формы пневматолитового и гидротермального метаморфизма, обусловлены, главным образом, формой тех зон трещиноватости и разломов, которые являются путепроводами для газовых эманаций (при пневматолитогенезе) и горячих водных растворов (при гидротермальных изменениях) исходных горных пород, называемые жилами. Например, месторождение олова Лост-Ривер (Аляска) связано с раннемеловыми дайками риолитов, кварцевых порфиров, штоком изменённых биотитовых гранитов и вмещающими скарнированными палеозойскими карбонатными породами вблизи их контакта с гранитами (рис. 8.45).



© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Рис. 8.45. Контактовое (скарновое) месторождение Лост-Ривер

Другой пример - Шерегшевское месторождение, принадлежащее группе железорудных Горношорских месторождений. Рудные тела в скарнах залегают в кембрийских вулканогенно-осадочных толщах, прорванных интрузиями (рис. 8.46).

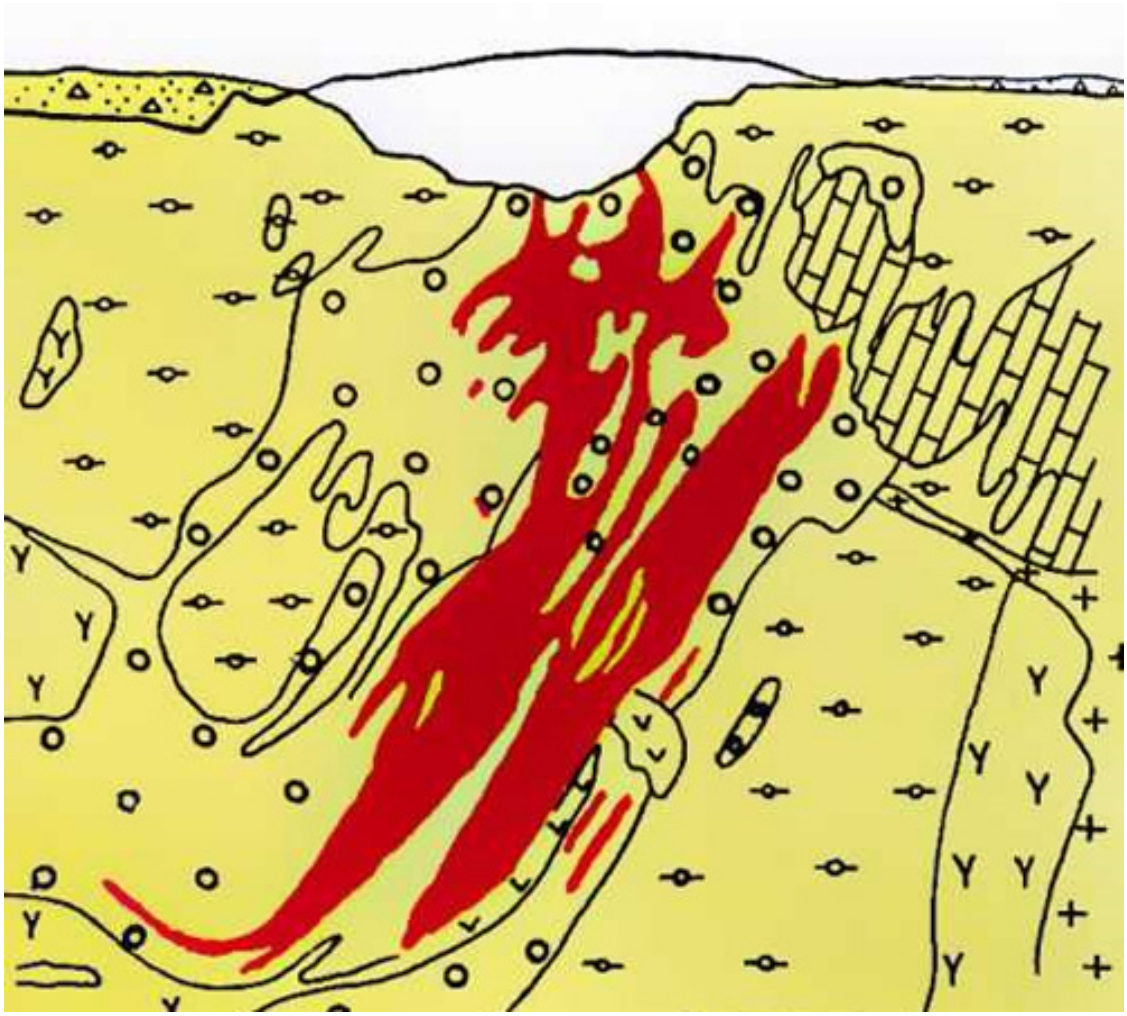


Рис. 8.46. Разрез Шерегешевского месторождения (Горная энциклопедия)

Красным показаны контактово-измененные породы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.2.5. Астроблемы

Структуры ударного (импактного) метаморфизма (астроблемы) известны на всех континентах (рис. 8.47). Возможно, что на самом деле таких структур гораздо больше.

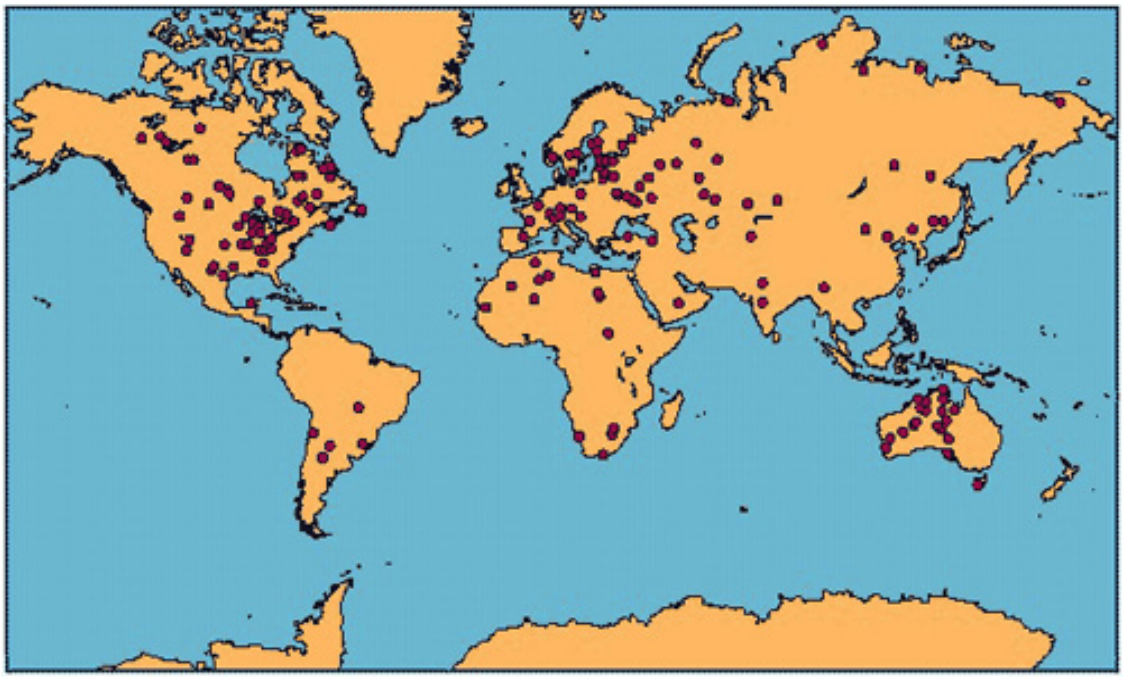


Рис. 8.47. Известные астроблемы на карте Земли (по В.И.Фельдману, 1999)

Размеры метеоритных кратеров колеблются от 10-30 м до 340 км. Так же сильно колеблется и время их образования - от 2,5 млрд. лет назад до наших дней. При этом древние небольшие кратеры практически не встречаются, по-видимому из-за их эрозии.

Ударный метаморфизм развивается при соударениях космических тел друг с другом. При этом развиваются гигантские давления и температуры. После соударения сжатие сменяется разрежением, которое сопровождается механическим преобразованием породы, ее дроблением и адиабатическим охлаждением вещества. В образующемся метеоритном кратере у точки удара возникает зона испарения вещества, затем располагается зона плавления вещества и, наконец, зона дробления пород. Продукты дробления, плавления и испарения горных пород вовлекаются ударной

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

волной в центробежное движение - вверх, в атмосферу планеты и в стороны, за пределы кратера. Расширение пара опережает движение расплава и твердых обломков и благодаря очень высокой скорости создает эффект взрыва. Импактный процесс, начинаясь как удар, заканчивается как взрыв. После взрыва формирование астроблемы продолжается: падают выброшенные в атмосферу обломки, оседают борта воронки, деформируется ее дно, перемешиваются в движении обломки и расплав, кристаллизуется расплав, остывают породы кратера – импактиты - обломки пород мишени, стекла, пемзы и другие производные импактного расплава, смесь дробленого и расплавного материала. Сверху обычно все перекрывают осадочные породы, заполнившие кратер после взрыва. Большая часть метеоритных кратеров имеет в плане округлую форму (рис. 8.48).

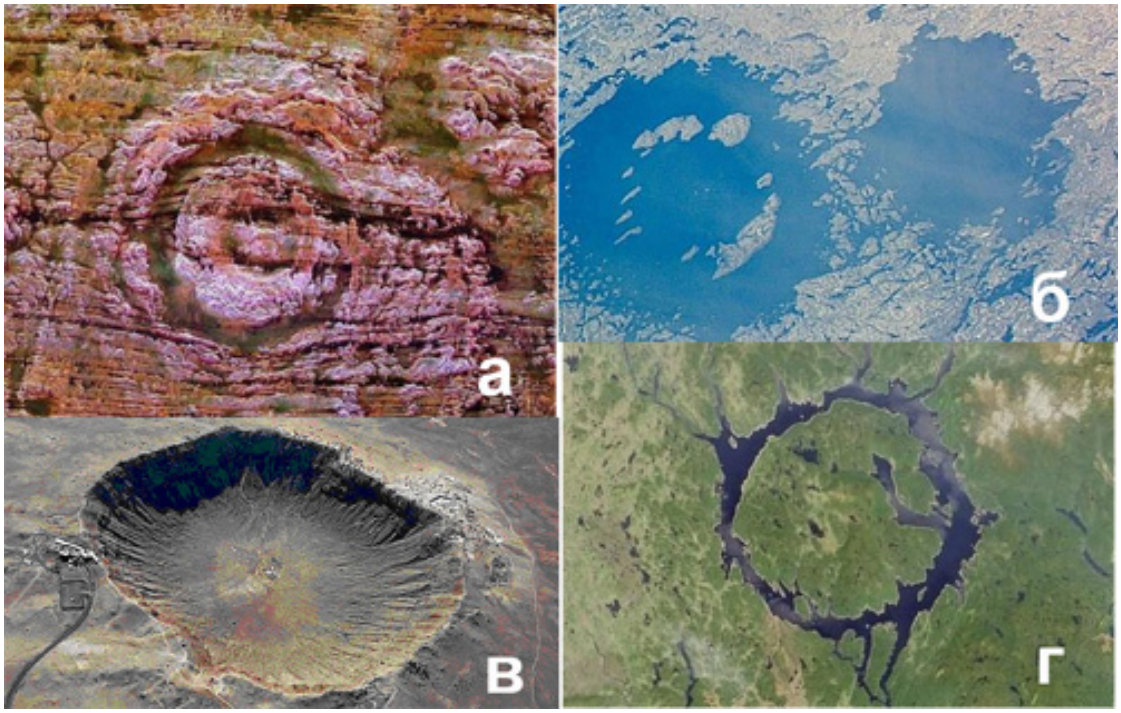


Рис. 8.48. Астроблемы: а – Аорунга, б – Чистая вода, в – Аризонский метеоритный кратер, г – Маникуаган (Google, «Планета Земля»)

Округлая воронка кратера окружена валом, который образован задранными пластами горных пород мишени (это цокольный вал), перекрытыми выброшенными при взрыве обломками пород (которые слагают насыпной вал). Часть

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

обломков переносится взрывной волной еще дальше и дает шлейф закратерных выбросов, который постепенно (по мере удаления от центра кратера) становится все тоньше.

Небольшие (диаметром до 3-4 км) астроблемы имеют простую чашеобразную форму. При больших диаметрах воронки в центре кратера возникает центральное поднятие (центральная горка), которое образуется благодаря упругой отдаче пород мишени в области максимального их сжатия (под точкой удара). При диаметрах воронки более 14-15 км появляются кольцевые поднятия . Иногда в кратере наблюдаются и центральное, и кольцевое поднятия одновременно. Под кратером располагается зона трещиноватости, которая постепенно затухает с глубиной (рис. 8.49).

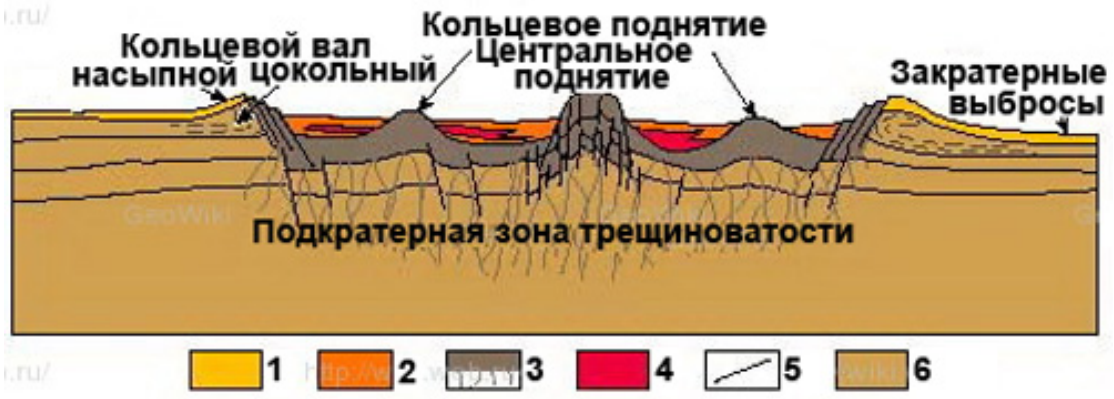


Рис. 8.49. Строение астроблем (разрез): 1-4 - импактиты: 1 - аллогенные брекчии закратерных выбросов, 2 - те же породы внутри астроблемы, 3 - аутигенные брекчии, 4 - расплавные импактиты; 5 - разрывные нарушения, 6 - породы мишени (http://wiki.web.ru/wiki/).

Импактиты делятся на три группы - импактированные породы - горные породы мишени, слабо преобразованные ударной волной, расплавные породы - продукты застывания импактного расплава; импактные брекчии - обломочные породы, сформированные без участия импактного расплава или с очень небольшим его количеством.

Расплавные импактиты слагают пластообразные тела, а также жилы и дайки, которые секут все виды импактитов,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

включая нередко и трещиноватые породы мишени, образующие цоколь астроблемы. Специфическими образованиями, связанными с импактными событиями, являются тектиты и катастрофные слои. Тектиты - это мелкие (размерами от первых миллиметров до нескольких сантиметров) стекла, застывшие из брызг импактного расплава, выброшенных в атмосферу на начальной стадии формирования астроблемы (в первые микросекунды) и улетевшие от материнского кратера иногда на сотни или даже тысячи километров. Поверхность этих застекловавшихся капель имеет характерный аэродинамический узор, свидетельствующий о движении с очень высокими скоростями в горячепластичном состоянии через газовую среду (рис. 8.50).



а б

Рис. 8.50. Тектиты: а - Иргизиты, Иргизский район Актюбинская область, Казахстан (museum-21.ru), б - конусы сотрясения http://meteorites.ru/menu/encyclopaedia/ruscraters_full.html

Под катастрофными слоями понимают горизонты осадочных пород, как правило глин, с примесью продуктов ударного метаморфизма - мельчайшими обломками высокобарических минералов, микросферами импактного стекла (размерами максимум в десятки микрон), очень редко мелкими обломочками метеоритов. Кроме того, для этих слоев характерны повышенные (иногда на порядок и больше) содержания Ir, Ni, Co, Os, изотопные аномалии He, Os, S, C, что указывает на примесь рассеянного метеоритного вещества. Все это говорит о том, что катастрофные слои являются отложениями выбросов в атмосферу тончайшего обломочного материала и пара, возникающих при

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

образовании астроблем. Мощность таких слоев редко бывает больше 1-2 см. Характерным примером такого образования является обнаруженный во многих десятках мест на всех континентах слой на границе мелового и палеогенового периодов.

Связь метеоритных кратеров с месторождениями полезных ископаемых проиллюстрирует на примере уникальной структуры Сэдбери (рис. 8.51).

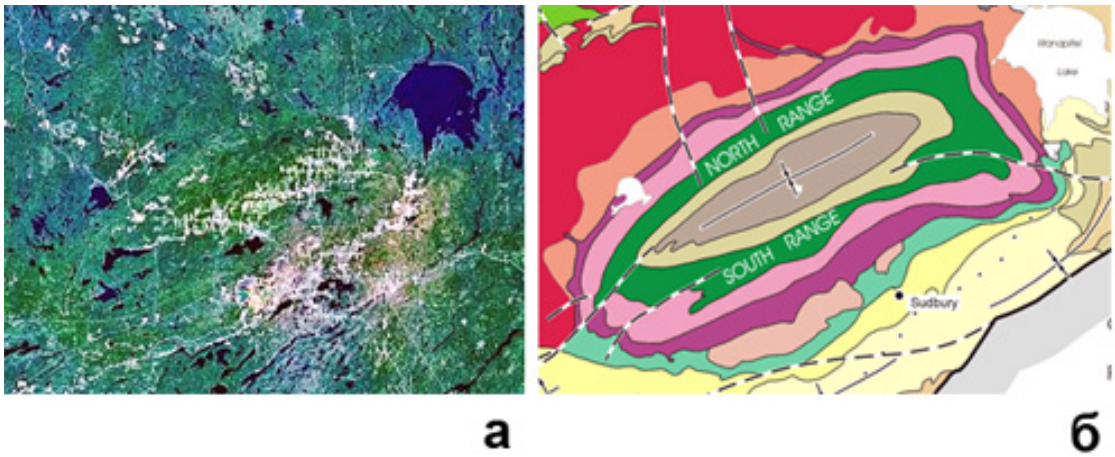


Рис. 8.51. Астроблема Сэдбери на космическом изображении (а) и её геологическая карта (б). Разными цветами показаны различные породы. По big-blue-heron.livejournal.com

В разрезе кратер представляет собой гигантскую чашу около 60 км в длину и 20 км в ширину. Общая площадь области, пораженной метеоритным ударом составляет более чем 18 000 кв. км.

Считается, что метеорит, врезавшись в Землю пробил земную кору практически до ее основания, сделав дыру 35 км глубиной. Сейчас самый нижний слой состоит из распыленных вмещающих пород, он перекрыт слоем плавленой породы, образовавшимся в момент удара, а он в свою очередь покрыт слоем обломков, упавших обратно после коллапса облака распыленного камня, созданного ударом. В результате получился рудоносный сложно дифференцированный интрузивный массив Сэдбери, секущий породы архея и нижнего протерозоя. В плане массив имеет форму эллипса с длинной осью северо-восточного направления

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

протяжённостью 58 км и короткой - 26 км; в разрезе — форму опрокинутого конуса с вершиной, находящейся на глубине от 10 до 25 км. Нижняя часть интрузива сложена разновидностями пород норитового и габбрового состава, верхняя - микропегматитами. Строение массива осложнено разрывами. Рудные залежи пласто-, жилообразной и линзовидной формы расположены по периферии массива: в донной части - бедные вкрапленные руды, на контакте норитов с вмещающими породами и среди последних — богатые руды массивной, брекчиевой, прожилковой и вкрапленной текстуры. Из руд Сэдбери производят никель, медь и кобальт, золото, серебро, металлы платиновой группы, селен, теллур, железную руду.

Контрольные вопросы к 8.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.3. СТРУКТУРЫ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Тела полезных ископаемых являются результатом действия как экзогенных, так и эндогенных процессов. Они могут быть либо ***сингенетическими*** (образованными одновременно с горной породой), либо ***эпигенетическими*** (образованными после ее образования). Твердые полезные ископаемые образуют собственные структурные формы, тогда как жидкие и газообразные заполняют пустоты в породах, называемых коллекторами, и их форма определяется формой породы-коллектора. Из жидких полезных ископаемых геологу чаще всего приходится иметь дело с водой и нефтью, а из газообразных – с природным газом.

8.3.1. ФОРМЫ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Выявление формы полезного ископаемого начинается с описания его границ, которые могут быть:

- ***резкими***, когда тело полезного ископаемого четко отделяется от вмещающей породы;

- ***постепенными,*** когда полезное ископаемое переходит сначала в оруденение, затем в слабоминерализованные породы, и, наконец, сливается с вмещающими породами;

- ***невидимые,*** когда оруденение представлено мелкой вкрапленностью, незаметной без специальных приборов.

По геометрической форме среди тел полезных ископаемых выделяют *изометричные* - имеющие одинаковые размеры в трех направлениях, *трубообразные* (столбообразные) - вытянутые в одном направлении, *плитообразные* - вытянутые в двух направлениях и *сложные*, представляющие собой их комбинацию.

Изометрические тела. К изометричным телам относятся штоки, гнезда, линзы и чечевицы, штокверки.

Штоки - изометричные тела поперечником не менее нескольких десятков метров. Не следует путать штоки - тела полезных ископаемых со штоками магматических тел, которые имеют трубообразную форму. Чаще всего штоки характерны для сингенетических осадочных месторождений (рис. 8.52).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

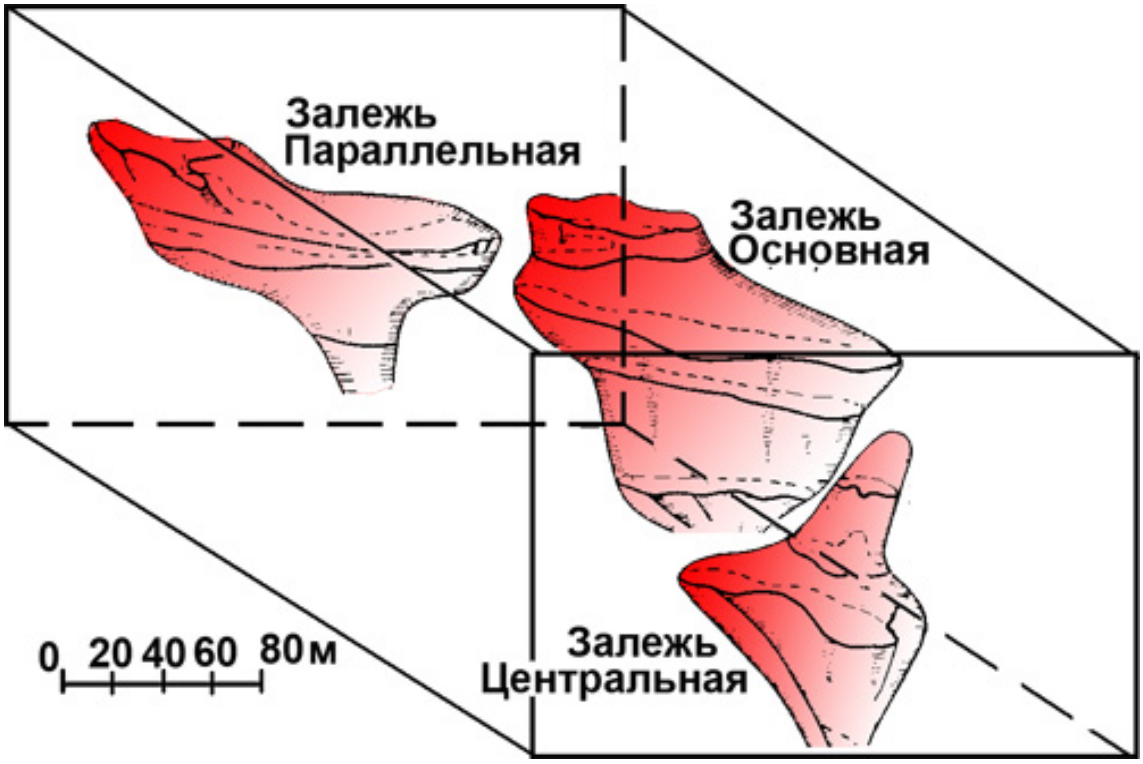
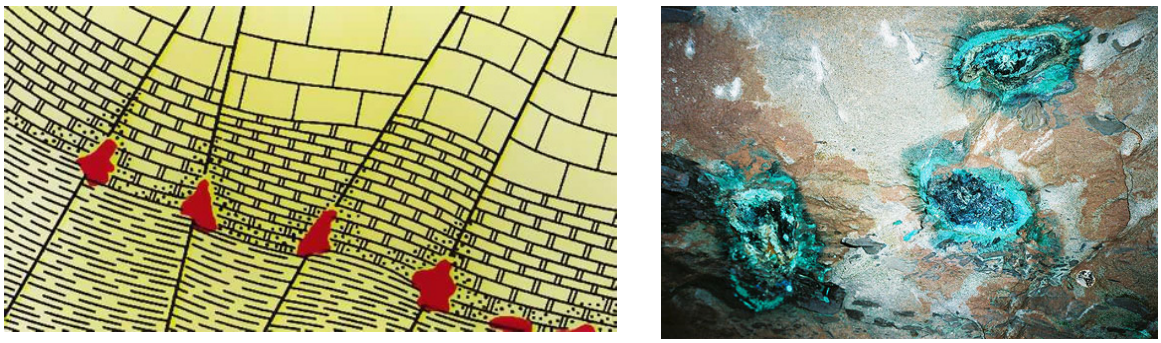


Рис. 8.52. Штоки Кривого Рога (по Гершойгу)

Гнезда - маленькие (первые метры) штоки (рис. 8.53).



а б

Рис. 8.53. Гнезда руды: а – схема (dic.academic.ru), б – медная руда в древних медных рудниках под Оренбургом (www.speleoastronomy.org)

Карманы *(мешки)* и *почки* - контактовые тела, представляющие собой как бы половинки штоков (карман) или гнезд (почка).

Линзы и чечевицы - несколько сплющенные в одном напрвлении штоки и карманы (рис. 8.54, 8.55).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

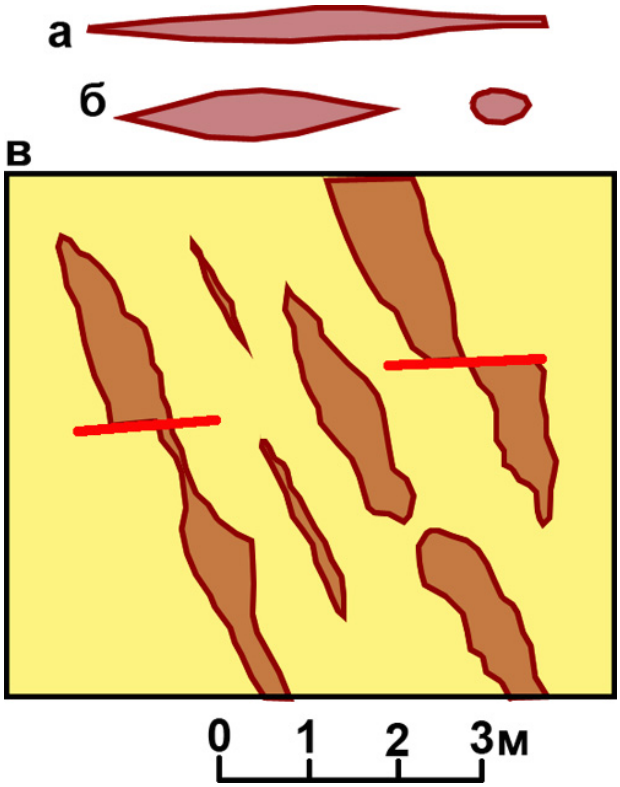


Рис. 8.54. Линзы и чечевицы: а – линза (разрез), б – чечевица (разрез), в – линза (план) (по П.М. Татаринову)

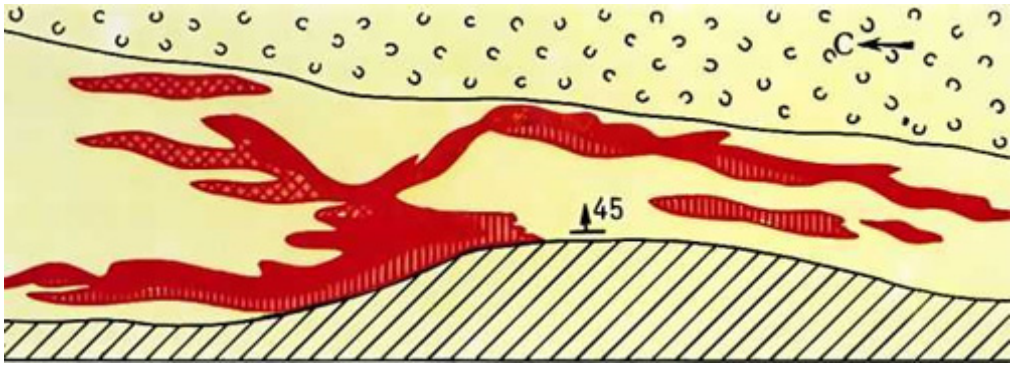


Рис. 8.55. Линзы и чечевицы

Залежи - неправильной формы линзы, однако чаще термином "залежь" называют любую локализацию полезного ископаемого. Например, штокообразная залежь, рудная залежь, нефтегазовая залежь, сводовая залежь и т.д. То есть залежь – единичное скопление рудного вещества, рудное тело.

Штокверки - сложные тела, состоящие из сети пересекающихся между собой мелких рудных жилок и прожилков, сопровождаемых вкрапленностью рудных минералов. В целом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

форма такого прожилково-вкрапленного оруденения изометрична. Штокверки характерны для трещинных структур (рис. 8.56, 8.57).

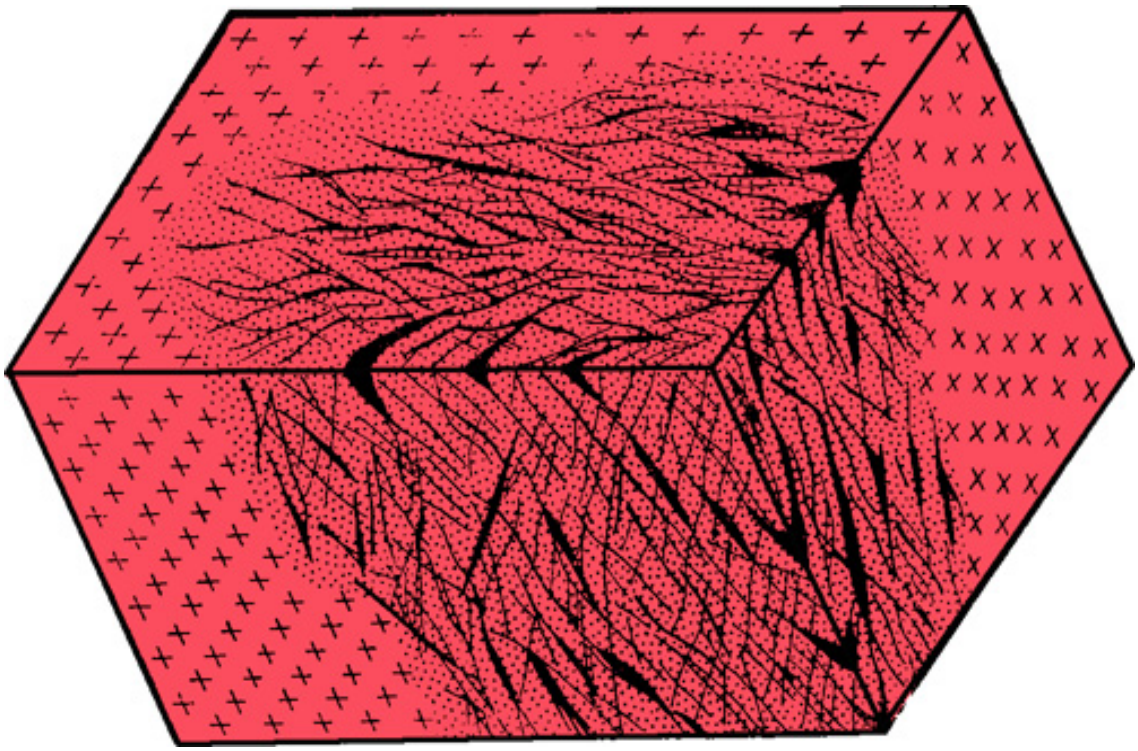


Рис. 8.56. Штокверк (по В.И. Смирнову)

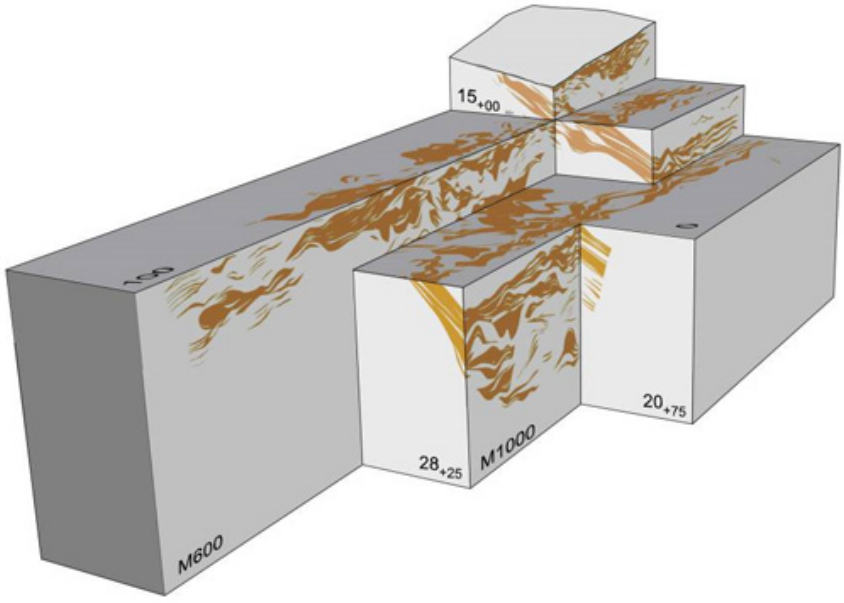


Рис. 8.57. Блок-диаграмма месторождения Коашва (Хибины) - линейный штокверк (geo.web)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Трубообразные (столбообразные) тела встречаются сравнительно редко. Самым ярким примером являются алмазоносные трубки, о которых уже рассказывалось ранее.

К трубообразным телам также относятся седловидные жилы, в которых минеральные массы выполняют пустоты, образовавшиеся в сводах антиклиналей при складкообразовании, если оно предшествовало оруденению. Седловидные жилы иногда протягиваются на расстояние до 20 км (рис. 8.56).

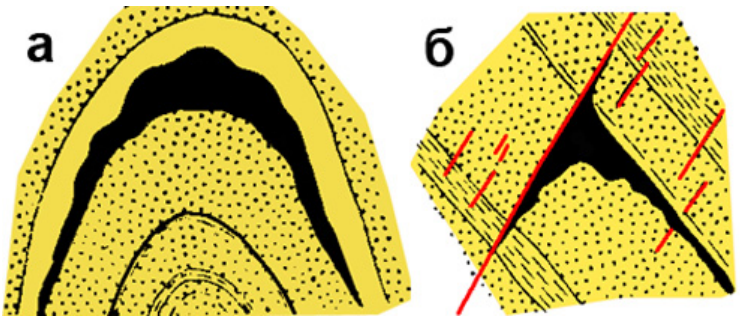


Рис. 8.58. Седловидные залежи: а – типичная (по А.В. Великому), б – ложная (по Риккарду)

Элементы залегания трубообразных рудных тел состоят из азимута и угла погружения, которые меряются так же, как элементы залегания любого вектора.

Плитообразные (пластообразные) тела - самый распространенный вид тел полезных ископаемых, среди которых выделяются жилы и пласты.

Жила - это тело полезного ископаемого, заполнившее трещину в каких-либо горных породах (рис. 8.59).

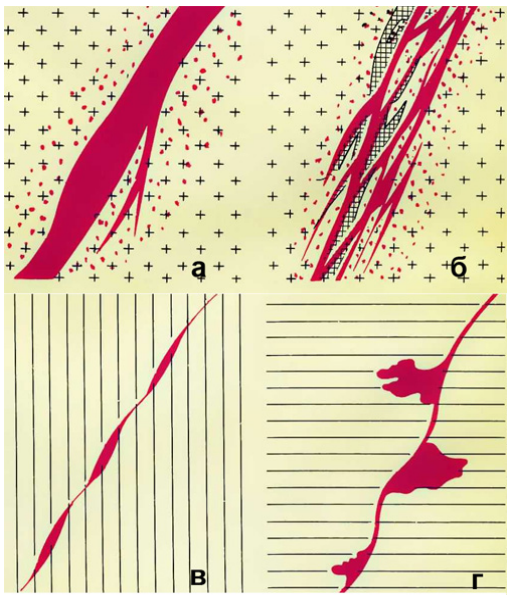


Рис. 8.59. Жилы: а – простая, б – сложная, в – четковидная, г – камерная (Горная энциклопедия)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Жилы могут быть простые и сложные. Поверхность, по которой жила соприкасается с вмещающей породой, называется *зальбанд.* Длина жил обычно составляет десятки и первые сотни метров, а мощность - десятки сантиметров и первые метры. Однако, известны жилы, протяженностью в километры, а мощностью в десятки метров. Уменьшение мощности жилы называется *пережимом*, а уменьшение до нуля - *выклиниванием.* Выклинивание жилы иногда имеет сложный разветвляющийся характер. Увеличение мощности жилы называется *раздувом*. Жилы с большими раздувами штокообразной формы называют *камерными*. Если раздувы в жиле следуют один за другим на некотором расстоянии, такая жила называется *рубцовой,* если пережимы идут один за другим без разрыва и резко выражены, такие жилы называются фестончатыми, если раздувы идут один за другим - *четковидными*. Часто встречаются *лестничные (ступенчатые)* жилы, состоящие из серии коротких рудных жилок, ориентированных перпендикулярно зальбанду, как перекладины на веревочной лестнице.

Прожилковые и жильные зоны представляют собой маленькие пересекающиеся прожилки, в целом имеющие плитообразный характер. Обычно они имеют большую, чем жилы мощность и в среднем бедное оруденение.

Рудные жильные тела не бывают одинаково богаты полезным компонентом на всем протяжении. Наиболее богатые части жилы называются *рудными столбами*. Рудные столбы небольшого размера в зависимости от их формы называются *кустами, гнездами* или *карманами*.

Осадочный слой полезного ископаемого называется *пластом* и для него характерны все свойства слоя. В виде пластов залегают россыпи, соли, железные руды, марганец, торф, горючие сланцы, каменный уголь и многие другие. С пластами связаны многие месторождения нефти и газа. Пластами называются также залежи, приуроченные к поверхности несогласия.

Пластообразные залежи сходны с пластами, но отличаются от них меньшей выдержанностью, прерывистостью.

Лента - согласное рудное тело, ограниченное почти параллельными поверхностями, у которого длина больше ширины в десятки и сотни раз.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Плащеобразные залежи похожи по морфологии на пластообразные и по генезису связаны с корами выветривания и контактового метаморфизма.

Рудные тела сложной формы представляют собой совершенно неправильные тела, состоящие из системы более мелких тел.

Относительный возраст рудных жил и даек устанавливается по их взаимному пересечению.

Элементы залегания плитообразных рудных тел состоят из азимута и угла падения, так же, как для пластов, а также углов *склонения* и *скатывания (ныряния)*. Эти элементы измеряются в тех случаях, когда в плоском теле выделяется ось (наибольшая длина) данного тела. Угол склонения - это угол между линией простирания и осью рудного тела. Этот угол находится в косой по отношению к горизонту плоскости. Угол между осью тела и горизонтальной плоскостью называется углом склонения (скатывания). Это угол наклона рудного тела.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.3.2. Соотношения тел полезных ископаемых и вмещающих пород

По соотношению с вмещающими породами выделяются контактные, согласные и секущие рудные тела.

Контактные рудные тела, приурочены к контакту между различными геологическими телами (рис. 8.60).

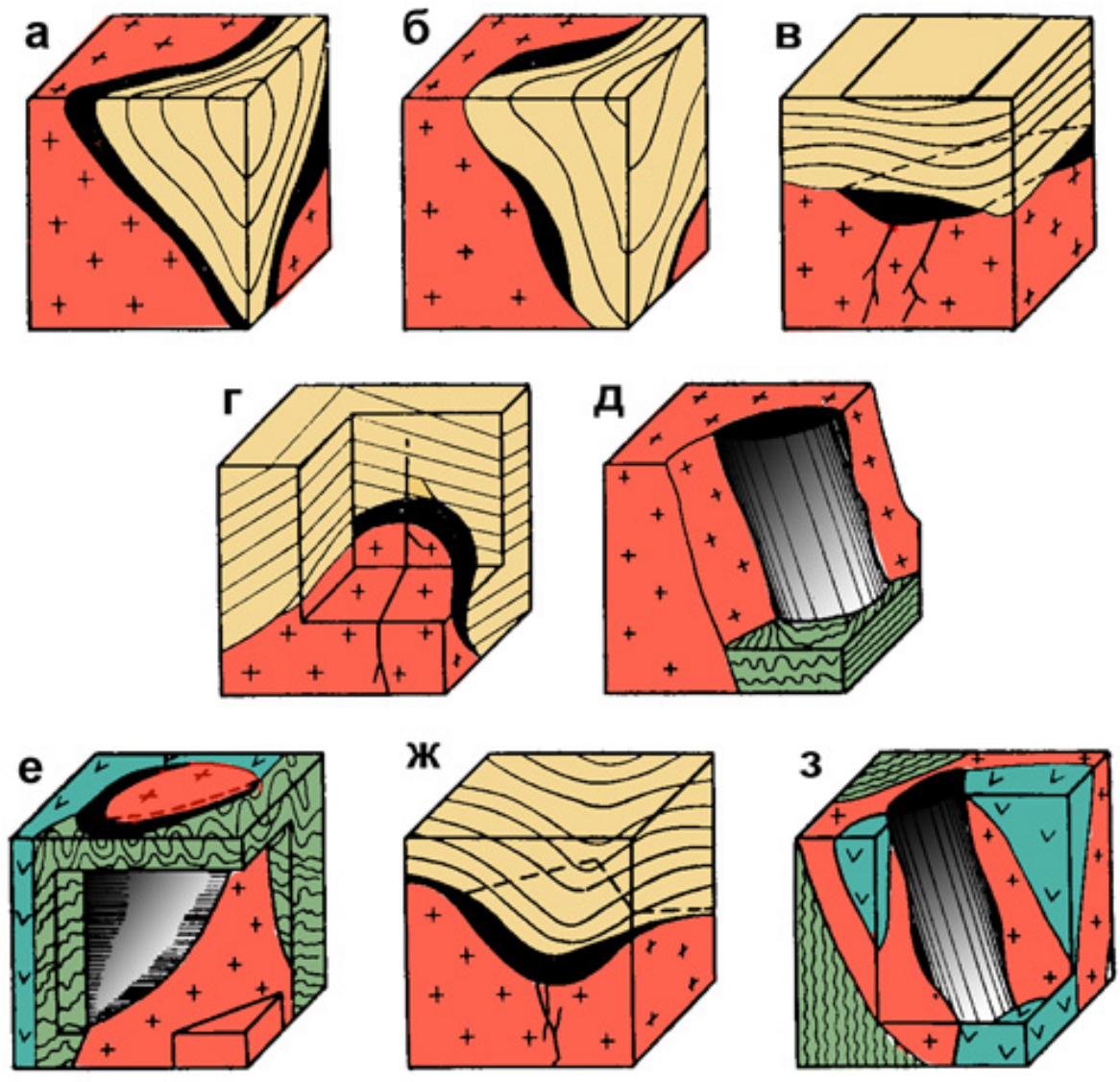


Рис. 8.60 Контактовые рудные тела: а, б – пластообразная рудная залежь, в – лента, г – куполовидная, д – столбообразная, е – обертывающая, ж – корытовидная, з – дайковый столб (по А.В. Королеву и П.А. Шехтману)

Согласные рудные тела совпадают с напластованием осадочных горных пород (рис. 8. 61).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

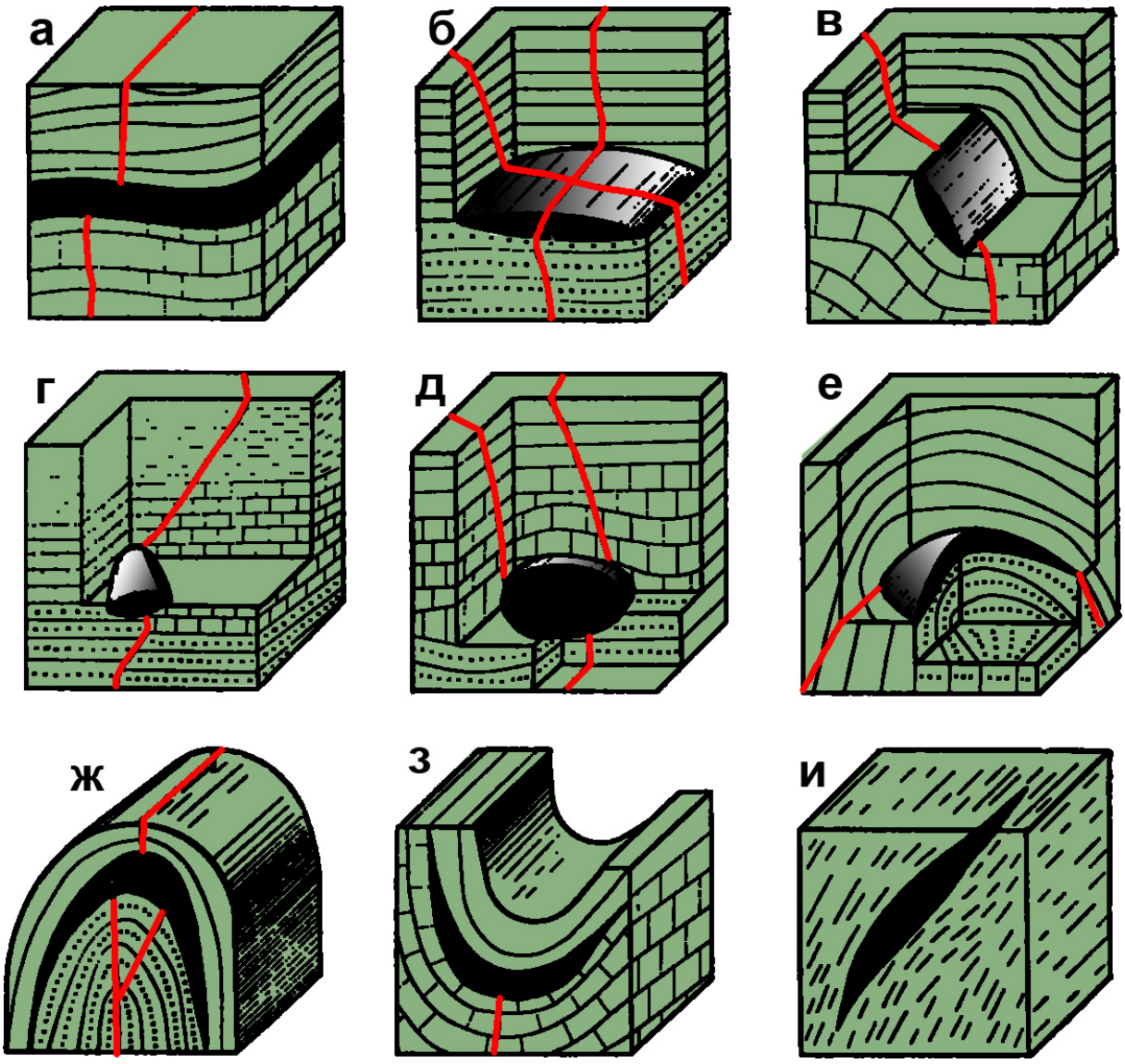


Рис. 8.61. Согласные рудные тела: а – рудный пласт, б – рудная залежь, в – лента, г – брусковидное тело, д – рудное гнездо, е – куполовидная залежь, ж – седловидная залежь, з – корытовидная залежь, и – флексурная линза (по А.В. Королеву и П.А. Шехтману)

Секущие рудные тела пересекают вмещающие породы несогласно (рис. 8.62).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

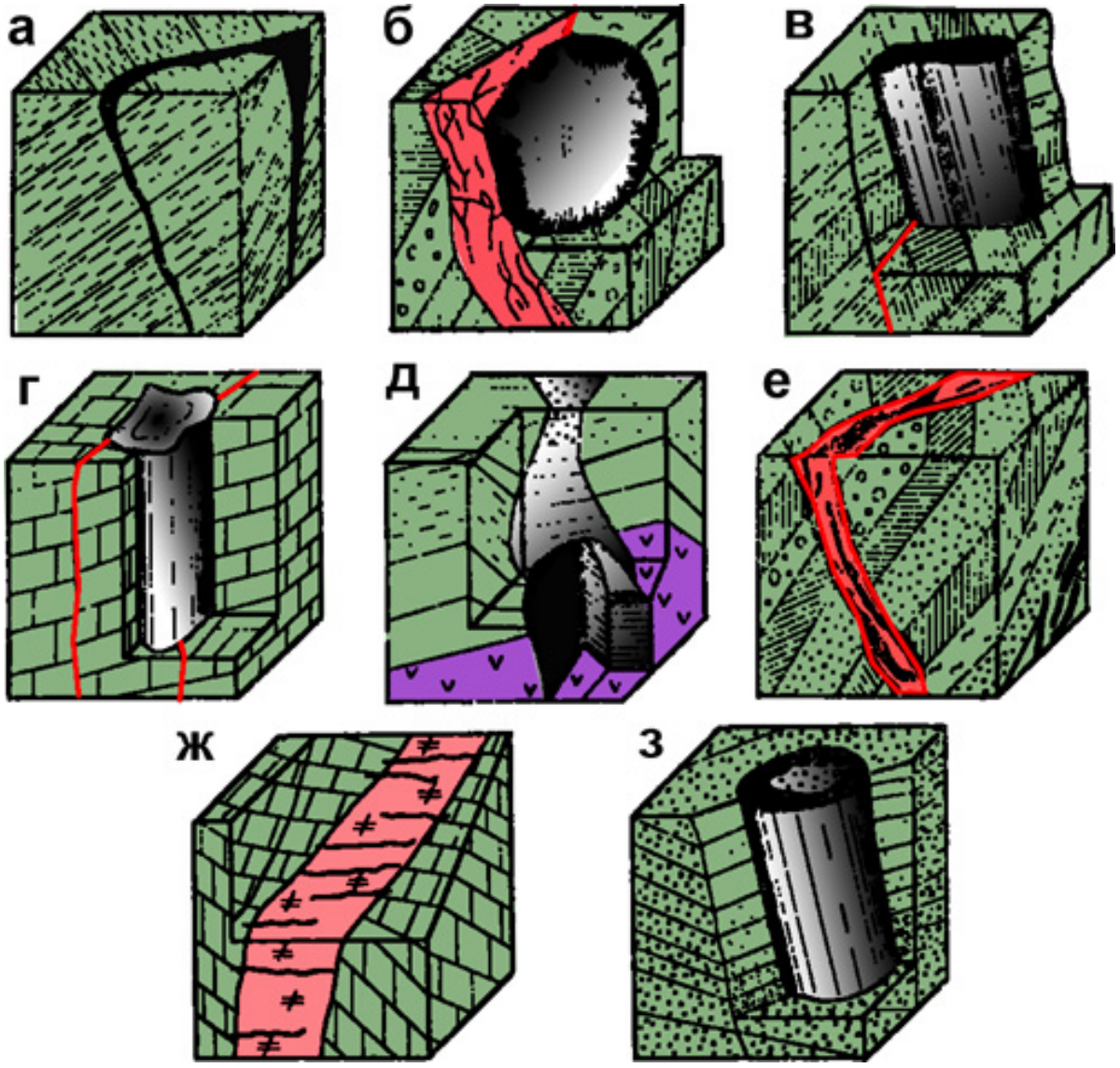


Рис. 8.62. Секущие рудные тела: а – жила, б – рудный диск, в – рудный столб, г – трубчатая жила, д – шток, е – сложная жила, ж – лестничные жилы, з – кольцевая трубчатая жила (по Ф. Лахи)

При поисках рудных тел мы практически никогда заранее не знаем найдем ли мы его, какие у него будут границы, газмеры и форма. Мы моделируем геологические тела на основании косвенных данных, общих соображений и имеющегося разрозненного точечного фактического материала, который нам дают горные выработки (рис. 8.61). Только в этих пересечениях имеется фактический материал, все остальное – модели, то есть выдумки и предположения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

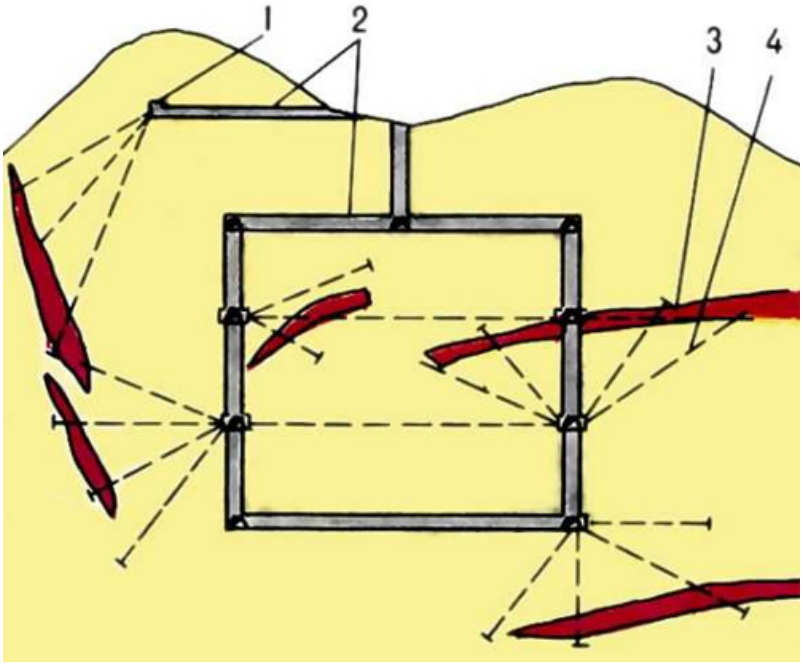


Рис. 8.63. Рудные тела, подсеченные горными выработками: 1 – камеры для подземного бурения, 2 – подземные горные выработки, 3 – рудные тела, 4 – подземные скважины

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8.3.3. Формы залежей жидких и газообразных полезных ископаемых

Самым ценным полезным ископаемым является пресная вода. В основном она залегает во впадинах рельефа в свободном виде поверхностных вод. Однако сейчас все большее значение играют подземные воды, среди которых различают грунтовые и артезианские, получившие свое название от французской провинции Артуа. Это подземные воды, заключённые между водоупорными слоями и находящиеся под гидравлическим давлением. Залегают главным образом в пределах крупных синформных структур, образуя артезианские бассейны (рис. 8.64).



Рис. 8.64. Схема строения артезианского бассейна

На участках, где напорный уровень находится ниже дневной поверхности, эти воды свободно изливаются. В отличие от грунтовых вод, участвующих в современном водообмене с поверхностью земли, многие артезианские воды являются древними, и их химический состав обычно отражает условия формирования. Именно с этими водами обычно связаны и скопления нефти и газа. Условия, при которых образуются эти воды, весьма разнообразны. Во многих районах они приурочены к сложной системе трещин и разломов (рис. 8.65), образуя месторождения трещинно-жильных вод.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

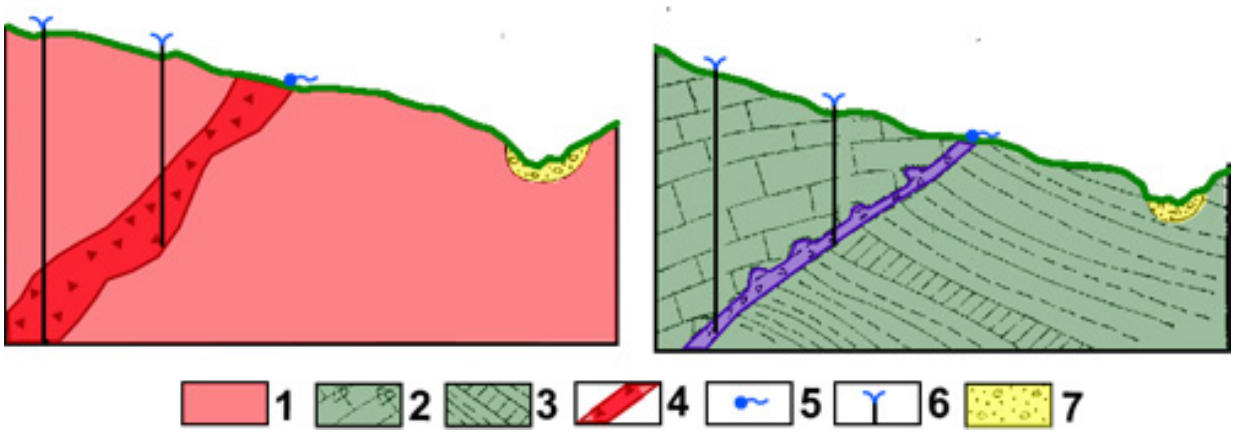


Рис. 8.65. Схематический разрез месторождения трещинно-жильных вод в интрузивных и карбонатных породах: 1 - интрузивные породы; 2 - известняки с карстовыми полостями; 3 - песчано-сланцевая толща; 4 - зона дробления; 5 - родники; 6 - фонтанирующие скважины; 7 - галечники (http://byrim.com/presvod/19.html)

Они залегают в форме линейно-вытянутых узких потоков, приуроченных к горным породам зон дробления, брекчирования или усиленной трещиноватости вдоль зон тектонических нарушений. Месторождения трещинно-жильных вод характерны преимущественно для районов горно-складчатых областей, где сложно дислоцированные толщи пород часто поражаются крупными тектоническими нарушениями, в том числе глубокого заложения и очень сложного строения. В платформенных областях месторождения этого типа встречаются реже.

Соответственно, форма водяной залежи диктуется главным образом формой подошвы водоносного пласта.

Месторождения углеводородов, обычно сопровождающиеся водой, всплывают над ней, образуя скопления в верхней части пористого слоя (пласта коллектора (рис. 8.66).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

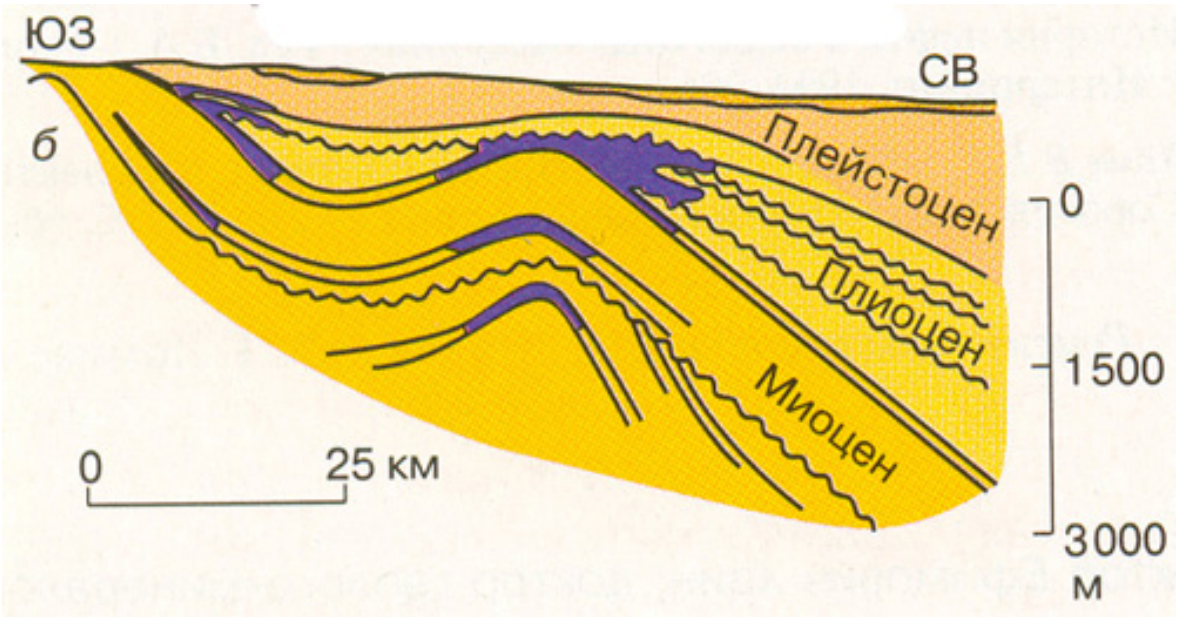


Рис. 8.66. Разрез месторождения Мидуэй-Сенсет, Калифорния (по А. Хилку)

Форма нефтяной залежи определяется, главным образом, формой поверхности кровли пласта-коллектора, поэтому в нефтяной геологии строят структурные карты по кровле нефтеносного пласта - коллектора.

Контрольные вопросы к 8.3.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 9. Основные структуры земной коры

Наблюдатель-геолог видит на Земле структуры различного размера, сформировавшиеся за различный период времени. различное время и образующие системную иерархию (соподчинение). Сложная взаимосвязь разноранговых структур и геологических процессов, а также постоянное развитие геологической науки, связанное с усовершенствованием методик исследований, накоплением новых данных, привели к тому, что существует множество классификационных названий, учитывающих различные признаки одного и того же явления или структуры. Различные наименования геометрически сходных структур бывают обусловлены различиями в теориях их происхождения, и различиями тех исходных данных, на основе которых они были выявлены. Поэтому одна и та же крупная структурная форма в различных работах и описаниях может иметь различные наименования. В литературе сейчас соседствует множество классификаций крупных структур. С некоторой условностью, их можно разделить на три группы: геодинамическую, геофизическую и морфологическую (структурную). Нас будет интересовать структурная (морфологическая) классификация.

Структуры малого размера могут осложнять более крупные, например спорадические антиклинальные складки в горизонтальном осадочном чехле или сплошь заполнять все пространство более крупной структуры. Маленькие элементарные структуры, наблюдающиеся непосредственно в обнажениях, обычно захватывают маломощные толщи, а структуры большого размера, как правило, захватывают значительную часть осадочной оболочки или полностью всю земную кору.

9.1. Основные черты строения земной коры

Основные сведения о строении глубоких частей земной коры мы черпаем из косвенных данных – главным образом из сейсмических. Сведения о вещественном составе пород, слагающих земную кору разрознены и охватывают только её верхнюю часть (рис. 9.1).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

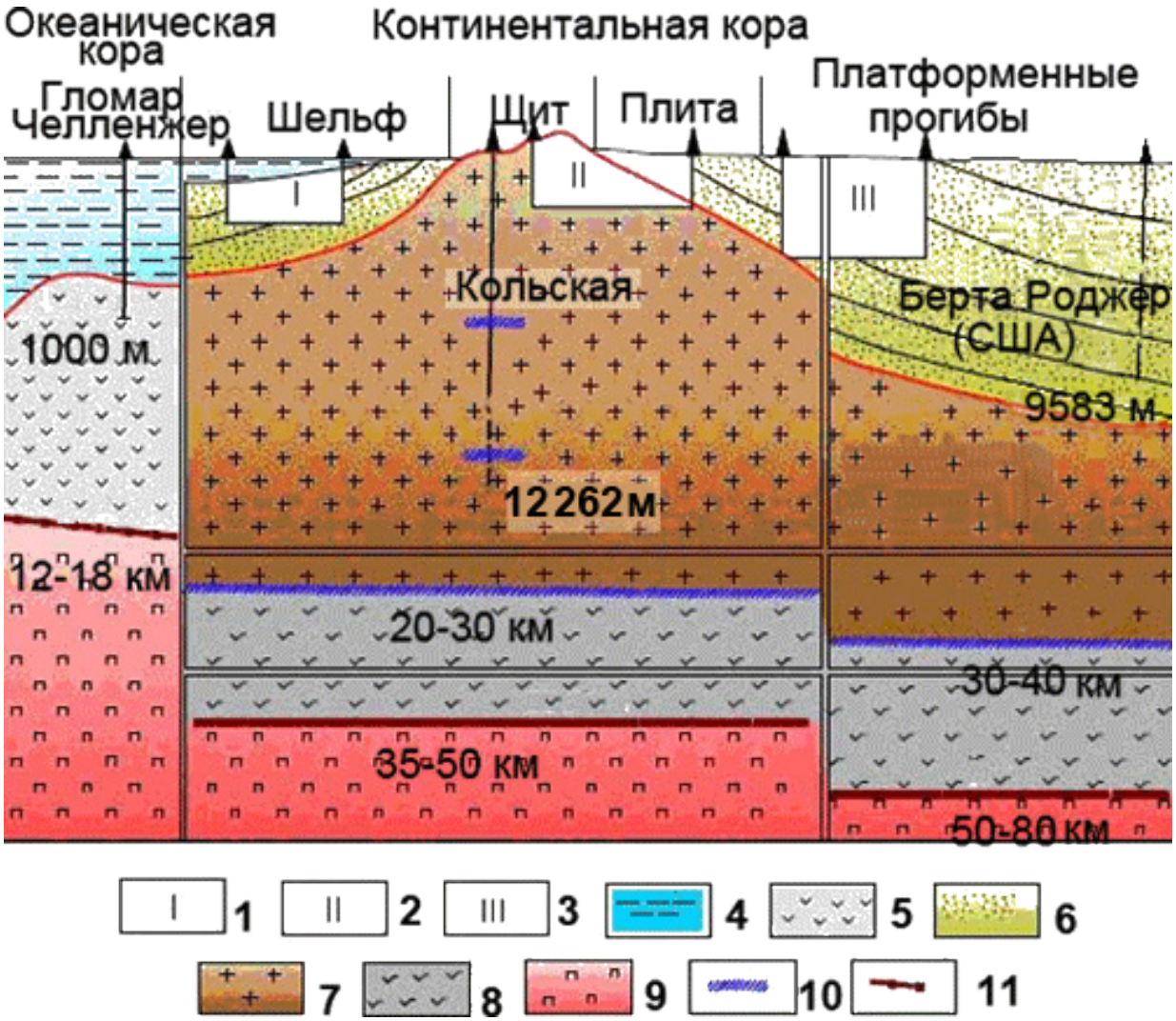


Рис. 9.1. Схематический разрез земной коры по данным глубокого бурения (по Е.А. Козловскому и др. 1984) 1 – глубины бурения на шельфе, 2 – на твердые полезные ископаемые, 3 – на нефть, 4 – гидросфера, 5 – океанические базальты, 6 – осадочные и осадочно-вулканогенные породы фанерозоя, 7 – кристаллические породы «гранитного слоя», 8 – породы континентального «базальтового слоя», 9 – породы мантии, 10 – граница Конрада, 11 – граница Мохоровичича (Мохо)

9.1.1. Континентальная и океаническая земная кора

В строении самых крупных - планетарных (глобальных) структур участвует целиком вся земная кора (рис. 9.2).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

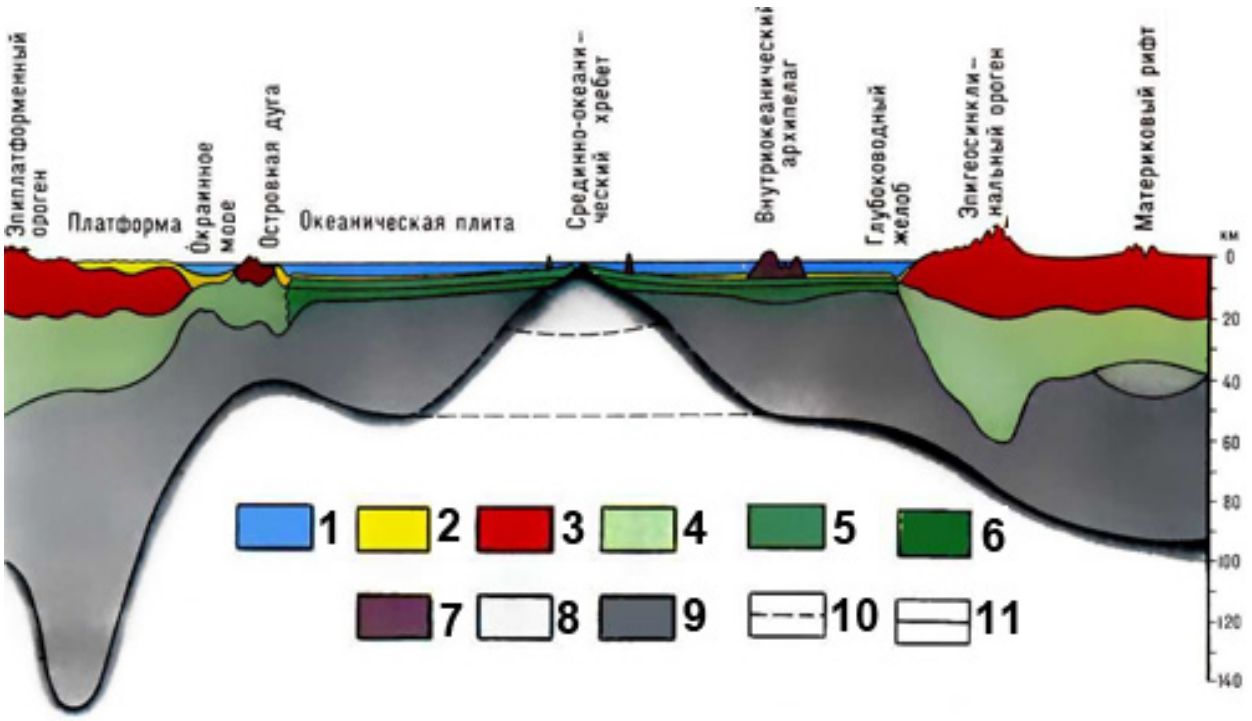


Рис. 9.2. Земная кора: 1 - вода; 2 - осадочный слой, 3 - гранитный слой; 4 - базальтовый слой континентальной коры; 5 - 2-й слой океанической коры; 6 - 3-й слой океанической коры; 7 - вулканические острова; 8 - аномальная мантия; 9 - мантия; 10 - предполагаемое положение границ; 11 - установленное положение границ (по горной энциклопедии)

Земная кора - это оболочка Земли, располагающаяся выше границы Мохоровичича (Мохо), слагающая верхнюю часть литосферы Земли и отделяющаяся от подстилающего субстрата скачком в изменении скорости распространения продольных и поперечных упругих волн. Иногда разделение носит формальный характер, так как граница Мохо является прерывистой или диффузной. Некоторые ученые определяют земную кору (Беньофф, 1954) как твердую оболочку Земли, в которой регистрируются очаги землетрясений, то есть способной к длительному накоплению упругих напряжений — область до глубин ~ 700 км. Земная кора неоднородна как по горизонтали, так и по вертикали.

Выделяют два главных типа земной коры - континентальную и океаническую, различающихся по составу, строению, толщине и другим характеристикам. Толщина континентальной коры в зависимости от тектонических условий меняется, в среднем, от 25-45 км (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования), однако

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

и в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной (рис. 9.3).

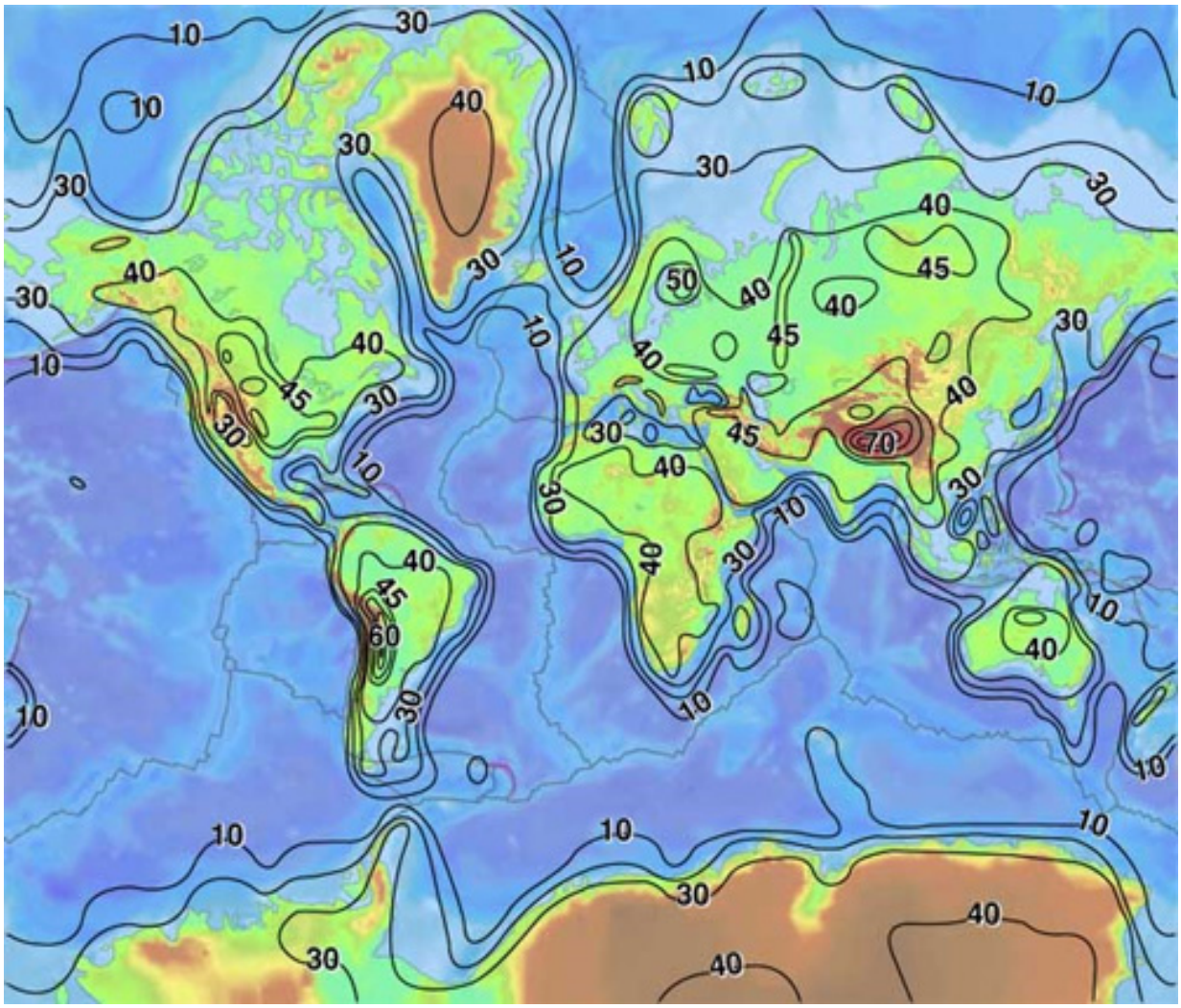


Рис. 9.3. Толщина земной коры (по cryptozoology.ru)

В континентальной коре различают осадочный (со скоростью распространения продольных сейсмических волн до 4,5 км/с), "гранитный" (со скоростью распространения продольных сейсмических волн 5,1-6,4 км/с) и "базальтовый" (со скоростью распространения продольных сейсмических волн 6,1-7,4 км/с) слои. Мощность осадочного слоя достигает 20 км, но распространён он не повсеместно. Названия "гранитный" и "базальтовый" слой условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада (со скоростью распространения продольных сейсмических волн 6,2 км/с), хотя результаты бурения Кольской скважины показали, что скачок в распространении сейсмических волн не связан с вещественной границей. Оба эти слоя иногда объединяют в понятие

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

консолидированной коры. Изучение обнажений пород "гранитного" слоя в пределах щитов показало, что в него входят не только граниты, но и разнообразные гнейсы, и другие метаморфические породы. Прямое изучение "базальтового" слоя на континентах невозможно, и значениям скоростей сейсмических волн, по которым он выделен, могут удовлетворять как магматические породы основного состава, так и породы высоких степеней метаморфизма.

Основные отличия океанической коры от континентальной - отсутствие "гранитного" слоя, существенно меньшая толщина (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Верхний, или осадочный слой характеризуется широким диапазоном скоростей распространения сейсмических волн (от 1,6 до 5,4 км/с) и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км и скорость распространения сейсмических волн - 5,1-5,5 км/с. Глубоководным бурением установлено, что верхняя часть его сложена сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами. Третий слой океанической коры имеет достаточно близкие значения скорости распространения сейсмических волн и мощности, что указывает на его однородность.

Кроме двух главных типов земной коры выделяют подтипы на основе соотношения толщины отд. слоев и суммарной мощности (например, кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах).

Сплошность земной коры прерывается большим количеством вертикальных и наклонных нарушений, разбивающих ее на блоки; некоторые из нарушений уходят в мантию, образуя корово-мантийные блоки. Самые крупные из них - литосферные плиты.

В зависимости от строения земной коры в литосферных плитах выделяют океанические и континентальные структуры, очертания которых не всегда совпадают с очертаниями континентов и океанов, ибо во многих местах прибрежная часть океана (континентальный шельф) это залитая водой часть континента.

Океанические структуры характеризуются следующими признаками:

1. В целом океаны представляют собой синформную (синклинальную) структуру поверхности геоида.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Осадочные породы не метаморфизованы и практически не подвергались складчатости.

3. Возраст осадочных пород в основном не превышает мелового и закономерно изменяется - чем ближе к срединно-океаническим хребтам, тем моложе самые древние породы.

4. Толщина земной коры в океанических структурах меняется от 0 - в срединно-океанических хребтах до 10-15 км в прибрежных зонах.

5. Исключительно основной вулканизм. Линия, разделяющая области проявления основного и кислого вулканизма называется *андезитовая линия*.

Континентальные структуры характеризуются следующими признаками:

1. В целом континенты представляют собой антиформную (антиклинальную) структуру поверхности геоида.

2. В составе земной коры, хотя бы в нижних ее частях всегда присутствуют метаморфизованные и смятые в складки толщи. Соответственно в составе земной коры континентов выделяют области разновозрастной складчатости общего смятия различного возраста. Те области, где складчатые процессы завершились давно, превратились в платформы, а молодые складчатые области (мезозойские и кайнозойские) являются горными странами.

3. Возраст осадочных и метаморфических пород может колебаться от четвертичного до архейского и закономерно изменяется - чем глубже, тем, как правило, обнаруживаются более древние породы.

4. Астеносфера* либо не выражена, либо выражено плохо.

5. Толщина земной коры не менее 30-35 км, а иногда достигает 70-75 км.

6. Присутствует как кислый, так и основной магматизм. Состав основных пород континентов отличается от основных пород океанов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.1.2. Литосферные плиты

Литосферная плита — это крупный стабильный участок земной коры, ограниченный зонами сейсмической, вулканической и тектонической активности. Границы между литосферными плитами проводят по сгущению очагов глубокофокусных землетрясений (рис. 9.4).

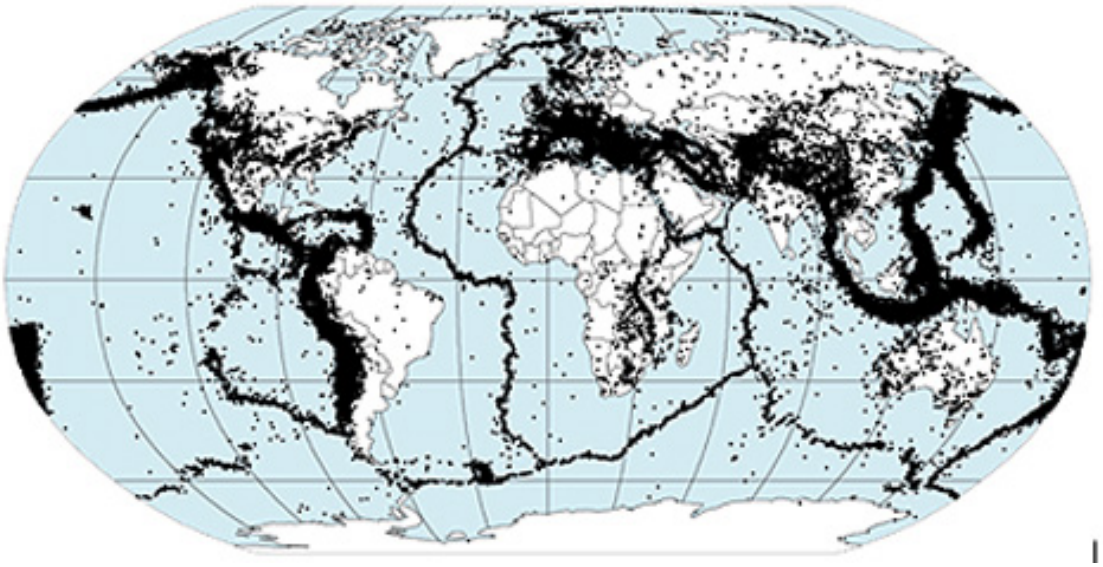


Рис. 9.4. Распределение глубокофокусных землетрясений по земному шару (plus.maths.org)

Границы между литосферными плитами могут быть трех типов: дивергентные, конвергентные и трансформные.

Дивергентные границы, это – гигантские раздвиги, образующие глобальную сеть рифтов – мантийных разломов (рис. 9.5).

В рельефе рифты, как правило, выражены узкими и глубокими удлиненными котловинами или рвами с относительно крутыми склонами. В ходе развития рифтов в них могут накапливаться мощные толщи осадочных или вулканогенно-осадочных пород, в которых заключены крупные месторождения нефти, газа, угля, солей, и руд различных металлов. Иногда древняя континентальная кора в пределах рифта подвергается полному разрыву и между её раздвинутыми блоками в этом случае за счёт поступающего из верхней мантии магматического материала основного состава формируется новая маломощная кора океанического типа. Этот процесс, свойственный рифтам океанов, называется спредингом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 9.5. Система рифтов (по mining-enc.ru/m/mirovoj-okean/

По характеру глубинного строения коры в рифтах и обрамляющих их зонах различаются следующие категории рифтов: внутриконтинентальные, межконтинентальные, периконтинентальные и внутриокеанические.

Конвергентные границы – это мантийные надвиги. Другие их название - зоны Беньофа по имени выделившего их ученого. Это зона гипоцентров землетрясений, прослеживающаяся до глубины более 700 км (рис. 9.6).

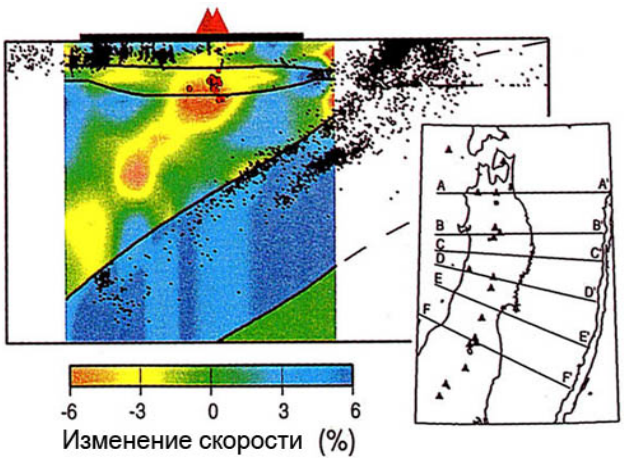


Рис. 9.6. Размещение сейсмических очагов (показаны точками) и их фокальные механизмы в Японской зоне Беньофа (по Т. Йосии (1979), с дополнениями, заимствовано из В.И. Хаина, 2004.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вот как это выглядит на космическом изображении (рис. 9.7)



Рис. 9.7. Конвергентная граница на космическом изображении (Google, «Планета Земля»)

В тех случаях, когда конвергентная граница проходит между плитами с континентальной земной корой, граница называется коллизионной (рис. 9.8).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

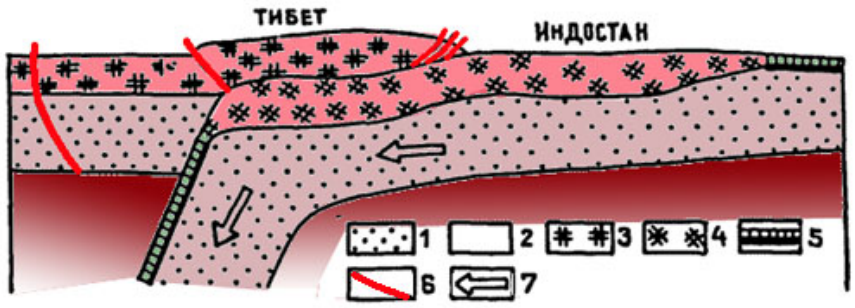


Рис. 9.8. Коллизионная граница (по Л.И. Лобковскому, 1990): 1 – мантийная часть литосферы, 2 – астеносфера, 3,4 – континентальная кора без расчленения в пределах Евразии (3) и Индостана (4), 5 – океаническая кора, 6 – разломы, 7 – направление движения литосферной плиты.

Вот как то выглядит на космическом изображении (рис. 9.9).

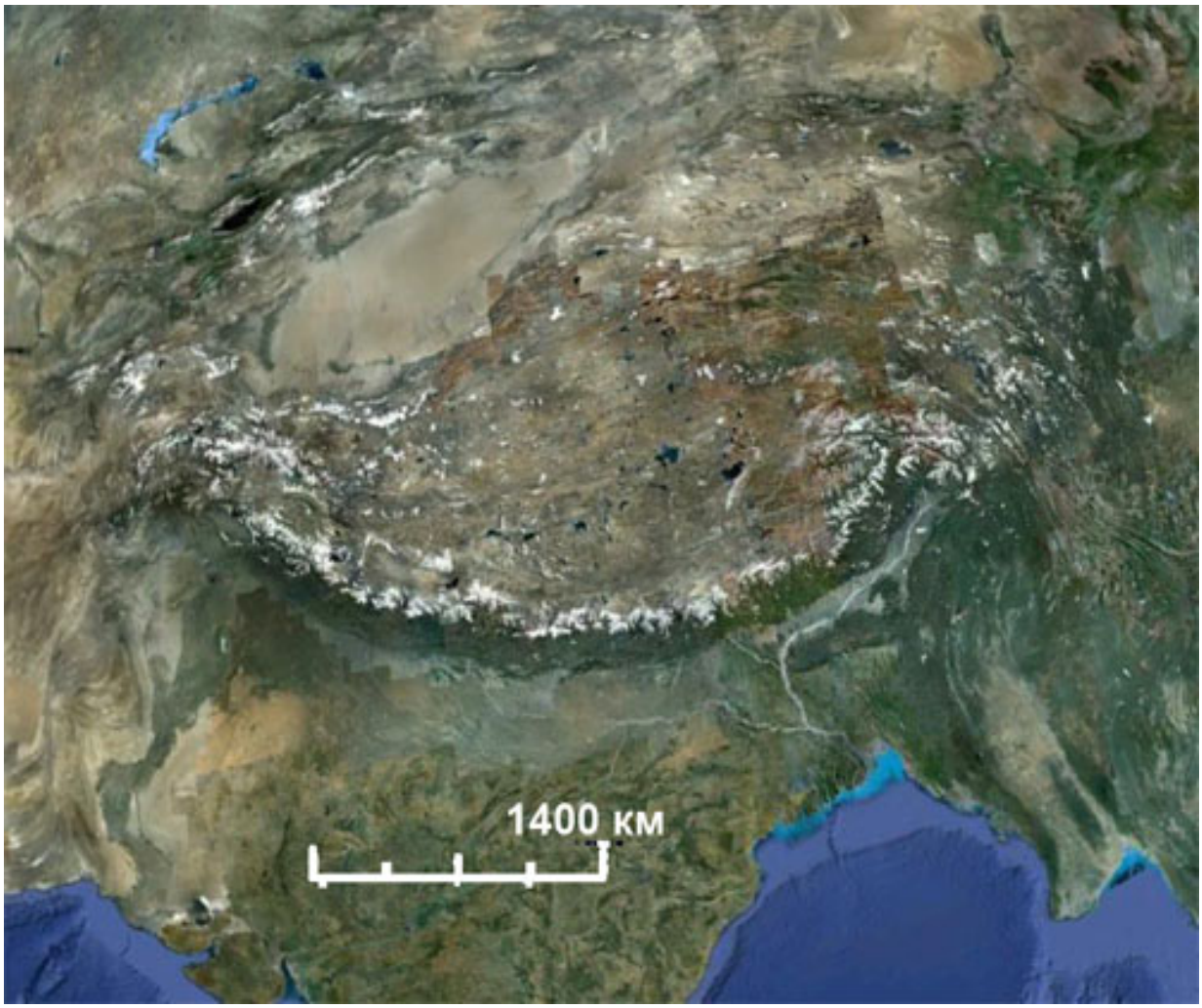


Рис. 9.9. Коллизионная граница в Гималаях (Google, «Планета Земля»)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Трансформные границы – это границы вдоль трансформных разломов – мантийных сдвигов - скольжение вдоль так называемых трансформных разломов (рис. 9.10).



Рис. 9.10. Трансформные разломы в Атлантическом океане смещают срединноокеанический рифт (Google, «Планета Земля»)

Все эти типы смещений устанавливаются по сейсмическим данным, путем определения механизмов смещений в очагах землетрясений.

Литосферные плиты могут иметь исключительно океаническую кору, но чаще вокруг континента располагается область с океанической корой. Иногда выделяют и чисто континентальные литосферные плиты (рис. 9.11).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

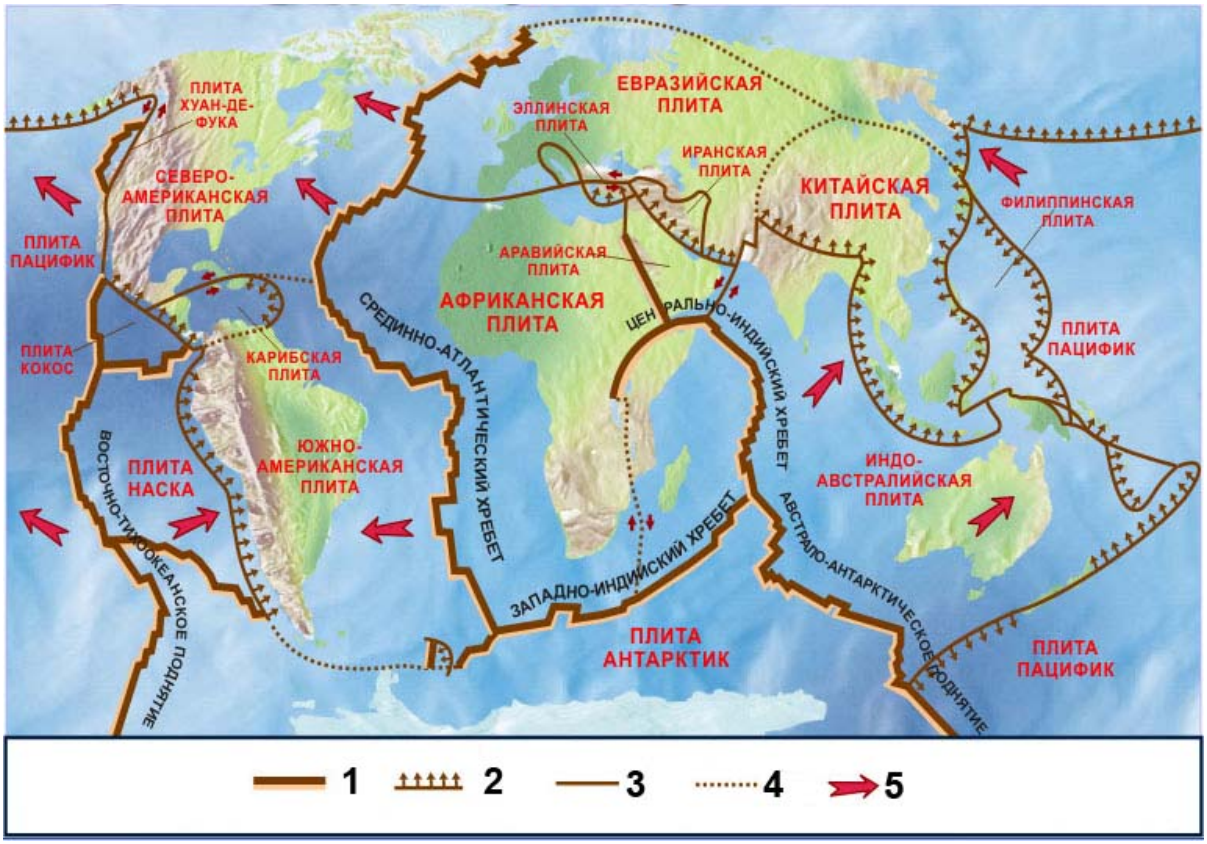


Рис. 9.11. Литосферные плиты (по В.Е.Хаину, 2004 с упрощениями) 1 – срединно-океанические хребты (зоны спрединга), 2 – зоны субдукции, 3 – трансформные разломы, предполагаемые границы плит, 5 – направление перемещения литосферных плит

Контрольные вопросы к 9.1

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.2. СТРУКТУРЫ КОНТИНЕНТОВ

9.2.1. Континенты и их границы

Континенты представляющие собой антиформную структуру поверхности геоида и синформную структуру рельефа мантии. В составе земной коры на континентах, хотя бы в нижних ее частях всегда присутствуют метаморфизованные и смятые в складки толщи. Соответственно в составе земной коры континентов выделяют области разновозрастной складчатости общего смятия возрастом от карельской до альпийской. Те области, где складчатые процессы завершились давно, превратились в платформы с равнинным рельефом, а молодые складчатые области (мезозойские и кайнозойские) являются горными странами.

Границы (окраины) континентов могут быть активными и пассивными.

Активны те окраины, границы которых совпадают с границами литосферных плит. Складчатые системы на них примерно параллельны береговой линии. Эталоном активной окраины считается западное побережье Южной Америки, её часто называют *андийским* типом континентальной окраины, противопоставляя пассивной атлантической окраине. Для активной континентальной окраины характерны многочисленные вулканы и интенсивный магматизм.

Среди активных окраин выделяются два типа: приконтинентальный (восточно-тихоокеанский, андский) и орстроводужный (западно-тихоокеанский). В первом типе переход от глубоководного желоба, вдоль оси которого выходит на поверхность зона субдукции, к континенту, выражен крутым внутренним склоном этого желоба, являющимся одновременно континентальным склоном и узким шельфом. Ширина всей этой зоны составляет порядка 200 км. Край континента оказывается приподнятым и надстроенным вулканоплутоническим поясом (рис. 9.12).

Второй, островодужный, тип активных окраин более сложен и включает следующие элементы: 1) собственно континентальная окраина, мало отличающаяся от пассивных окраин, но более узкая; 2) глубоководная котловина окраинного моря; 3) вулканическая островная дуга; 4) глубоководный желоб; 5) краевой вал океана. Этот

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

тип подводных окраин в современную эпоху наиболее полно развит в западной части Тихого океана, на переходе к материкам Азии и Австралии, включая область Индонезийского архипелага.

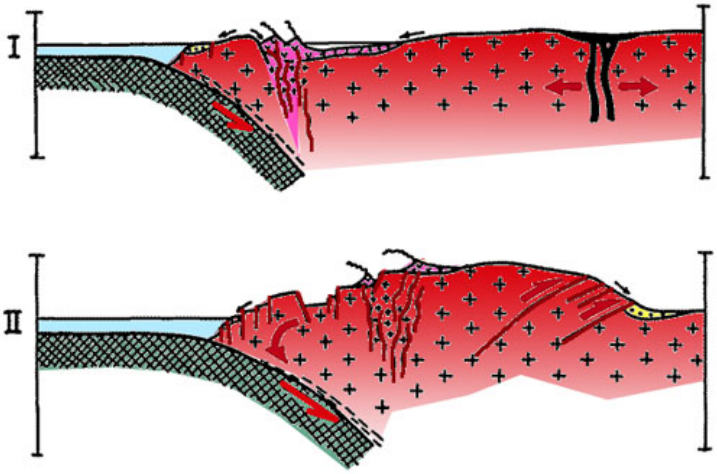


Рис. 9.12. Активные окраины континентов. Центральные Анды (по М.Г. Ломизе)

Подробнее про строение островодужного типа будет рассказано в главе 9.3.

У пассивных окраин складчатые системы несогласно срезаются береговой линией океанов (Атлантический тип). Для них характерно развитие широких прибрежных равнин и отсутствие вулканических дуг. В строении пассивных окраин всегда выделяют: 1) шельф; 2) континентальный склон; 3) континентальное подножие. Шельф представляет собой свалы осадков с прибрежной равнины материка, обладает крайне пологим наклоном в сторону моря и имеет ширину до многих сотен километров. Самый широкий на Земле шельф окаймляет арктическое побережье России. Континентальный склон сравнительно узок и отличается крутым уклоном (около 4°, но иногда и 35° и даже 90°), а глубина увеличивается с 100 - 200 до 1500 - 3500 м. Континентальное подножие обладает значительной шириной и плавно переходит в абиссальную равнину. Оно полого наклонено в сторону абиссальной равнины (круче, чем шельф, но много положе, чем склон), и переход к последней знаменуется уменьшением уклона до субгоризонтального на глубинах около 5000 м (рис. 9.13).

Мощность осадков на пассивной окраине иногда превышает 15 км. Это основная область аккумуляции обломочного и взвешенного материала, приносимого с суши, область лавинной седиментации. Шельф и краевые плато подстилаются континентальной корой прилегающего материка, но эта кора утонена до 25 - 30 км, разбита разломами и пронизана дайками основных пород. Ее верхняя часть

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

представляет чередование горстов, грабенов или полуграбенов с наклоном поверхности блоков в сторону континента. Сбросы, разделяющие горсты и грабены, часто относятся к типу листрических с выполаживанием в сторону океана. На глубине они сливаются в единую поверхность срыва.

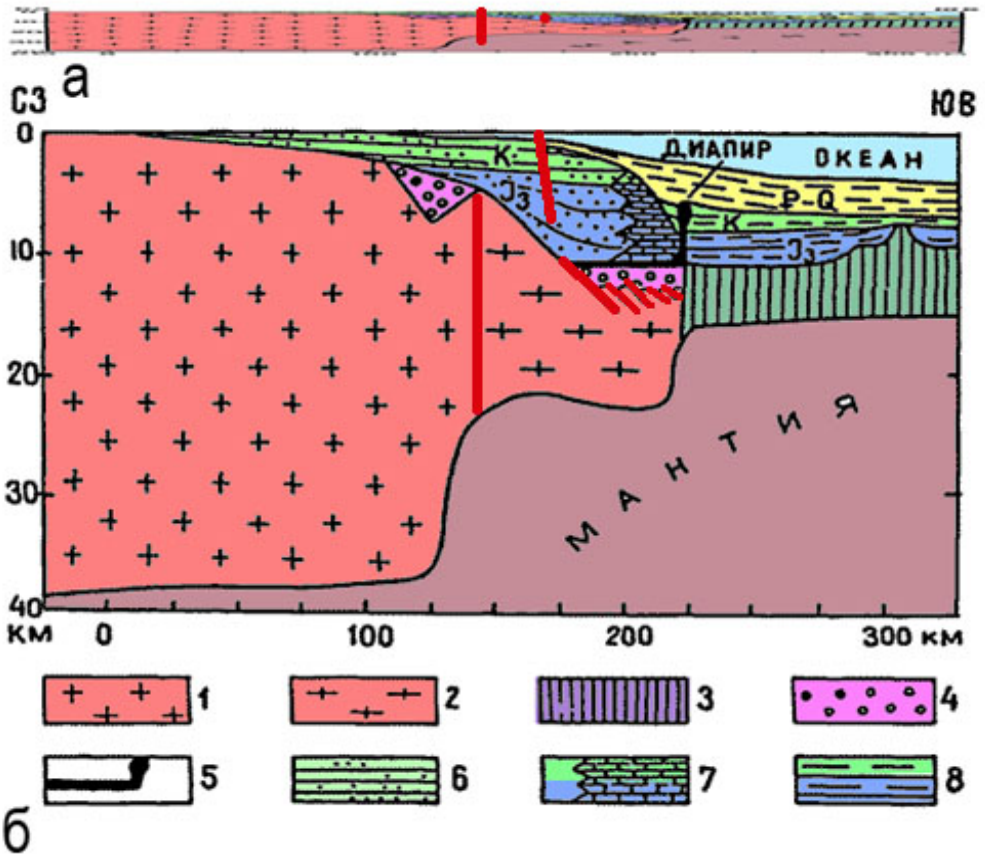


Рис. 9.13. Профиль через пассивную атлантическую окраину (по К. Хатчисону и др., 1982 с изменениями): а – в неискаженном масштабе, б – с десятикратным преувеличением вертикального масштаба над горизонтальным 1 - континентальная кора; 2 - то же, утоненная на рифтовой стадии и пронизанная интрузиями; 3 - океанская кора (второй и третий слои); 4, 5 - формации дорифтовой и рифтовой стадий (триас-юра), в том числе каменная соль (5); 6—8 - формации послерифтовой стадии (юра - четвертичный): шельфовые (6), карбонатной банки или барьерного рифа (7), океанские (8)

Периконтинентальные рифты и рифтовые системы, свойственны окраинам Атлантического и Индийского океанов, обладают сильно утонённой континентальной корой, которая сменяет океаническую в сторону внутренней части океана. Периконтинентальные рифтовые системы формировались на ранних стадиях эволюции впадин вторичных океанов. Грабены рифтов заполнены континентальными

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

обломочными осадками, во влажном климате угленосными, в аридном красноцветными, нередко прослоенными покровами толеитовых базальтов.

Эту толщу несогласно перекрывает плащ осадков, в аридном климате часто начинающийся эвапоритами, которые затем сменяются нормально-морскими отложениями. Все эти отложения плавно увеличивают свою мощность к бровке шельфа. Их мощность отвечает размеру тектонического погружения. Если объем приносимого с суши материала превышает пространство возможного осадконакопления, этот материал сбрасывается за пределы шельфа и последовательно наращивает его, выдвигая бровку на океан. Для него типично образование последовательно наслаивающихся друг на друга клиноформ, которые отражаются сейсмических профилях. Весь шельф представляет собой комплекс этих клиноформ.

В аридном климате при условии ограниченного поступления обломочного материала с суши на бровке шельфа нередко образуются барьерные рифы. Здесь наблюдается сочетание таких благоприятных условий, как прозрачная вода с хорошей аэрацией и притоком питательных веществ со стороны океана, небольшая глубина, постоянное достаточно медленное погружение, за которым поспевает рост рифовых построек. Пострифовый осадочный покров, особенно в его нижней части, часто нарушен сбросами гравитационного происхождения. Эти сбросы развиваются одновременно с накоплением осадков, то есть конседиментационно, и мощность осадков в их нижнем, висячем, крыле больше, чем в противоположном.

Континентальные склоны и внутренние части континентальных подножий подстилаются субокеанской, корой, то есть резко утоненной, переработанной и часто пронизанной дайками основного состава первично-континентальной корой. Граница этой переходной коры и собственно океанической проходит в средней части континентального подножия но положение последней часто определяется не тектоническими, а экзогенными факторами. Наращивание осадками (проградация) может привести к тому, что шельф выдвинется в сторону океана и распространится на область развития океанской коры, а подмыв континентального склона контурными придонными течениями приводит к его отступанию в сторону континента.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Кроме больших континентов выделяются микроконтиненты - некоторые участки в океанах, имеющих кору континентального типа, например, о. Мадагаскар, поднятия Ломоносова, Менделеева в Ледовитом океане и др.

Континенты состоят из структур первого ранга – платформ, складчатых поясов, рифтовых систем и территорий возрожденной тектонической активности. Каждая из них состоит из более мелких, характерных для той или иной структуры, форм.

Как для активных, так и пассивных границ характерны значительные скорости осадконакопления, благоприятные для последующего формирования нефтегазовых месторождений.

На окраинах континентов встречаются скопления газогидратов – соединений метана с водой, которые, как полагают, могут оказаться важнейшим энергетическим сырьем будущего (рис. 9.14).

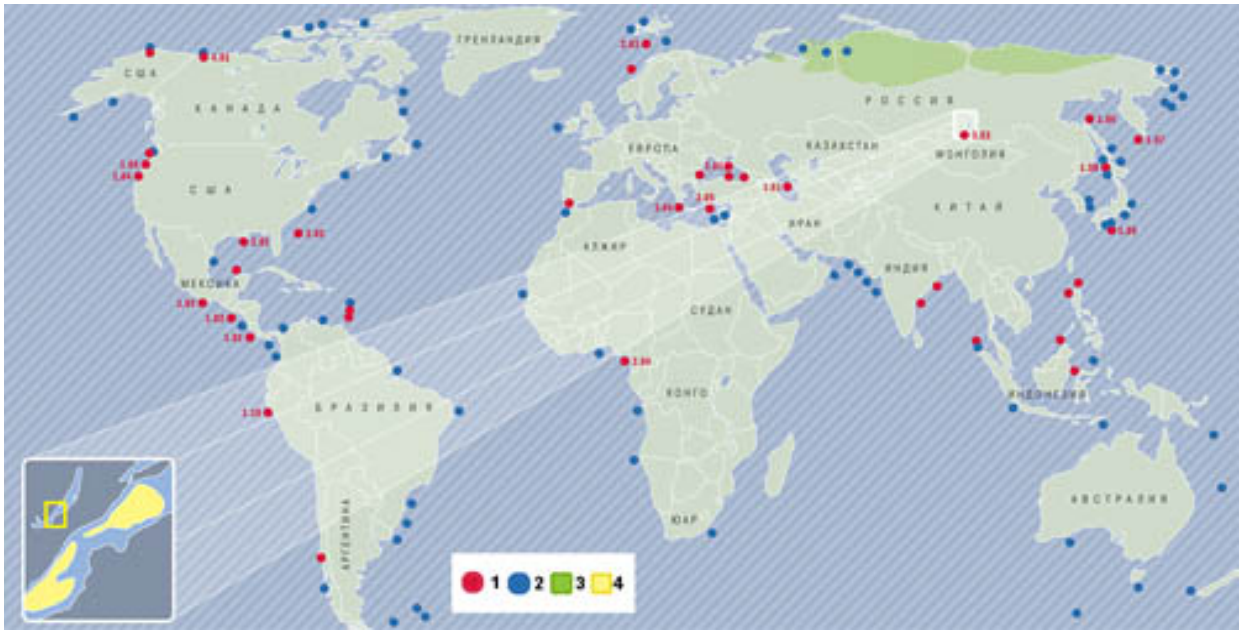


Рис. 9.14. Районы распространения газогидратов 1 – установленные месторождения газогидратов, 2 – предполагаемые скопления газогидратов, 3 – возможная площадь распространения газогидратов в России, 4 - установленные скопления газогидратов на дне озера Байкал (по: http://emd.aapg.org/technical_areas/gas_hydrates/figures_tables.cfm)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.2.2. Иерархия платформенных структур

Структуры ранга - *платформы* - тектонически относительно устойчивые несейсмичные структуры континентальной земной коры со слабым магматизмом. В строении платформ выделяется два структурных этажа: *фундамент*, сложенный дислоцированными метаморфическими породами, прорванными интрузиями, и *осадочный чехол*, состоящий из слабо дислоцированных (за исключением территориий развития солянокупольной тектоники и грязевого вулканизма), почти неизмененных осадочных пород преимущественно морского генезиса.

При характеристике платформ, в первую очередь, учитывается возраст складчатости фундамента. *Древними платформами (кратонами)* называются платформы с фундаментом, сформированном в докембрии, например, Восточно-Европейская, Восточно-Сибирская. Платформы, в состав фундамента которых входят породы палеозоя и мезозоя - молодые. При их характеристике к обозначению возраста складчатости каледонский, герцинский, мезозойский добавляются приставка "эпи" - эпипалеозойская, эпикаледонская, эпигерцинская (рис. 9.15).

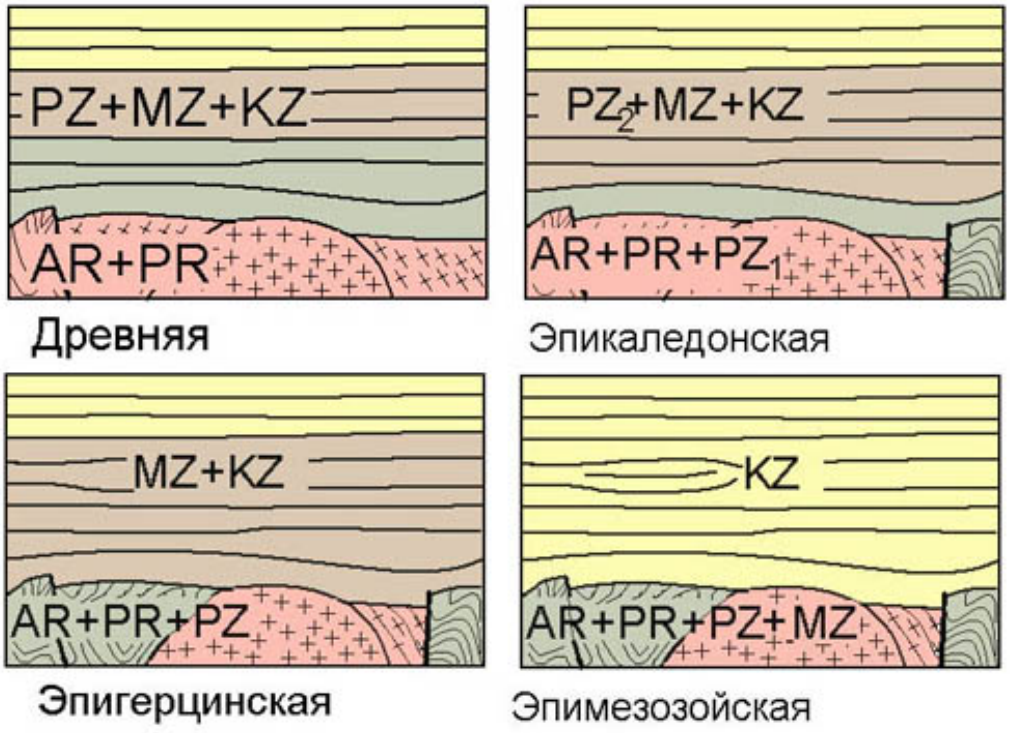


Рис. 9.15. Возраст платформ

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Фундамент древних платформ сложен гранитами и метаморфическими породами глубоких стадий регионального и ультраметаморфизма и смятых в складки. Обычно, фундамент разбит разломами на вертикальные блоки, как клавиши перемещающиеся друг относительно друга и, в большей, или меньшей степени, отраженные в складках осадочного чехла. Поверхность несогласия обычно сложена выветрелыми трещиноватыми горными породами, в которых могут образовываться залежи нефти и газа. Иногда между фундаментом и осадочным чехлом выделяют *промежуточный комплекс*, или *промежуточный структурный этаж* - комплекс пород, со структурами, переходными от фундамента к платформе. В этих толщах также встречаются залежи нефти и газа (рис. 9.16).

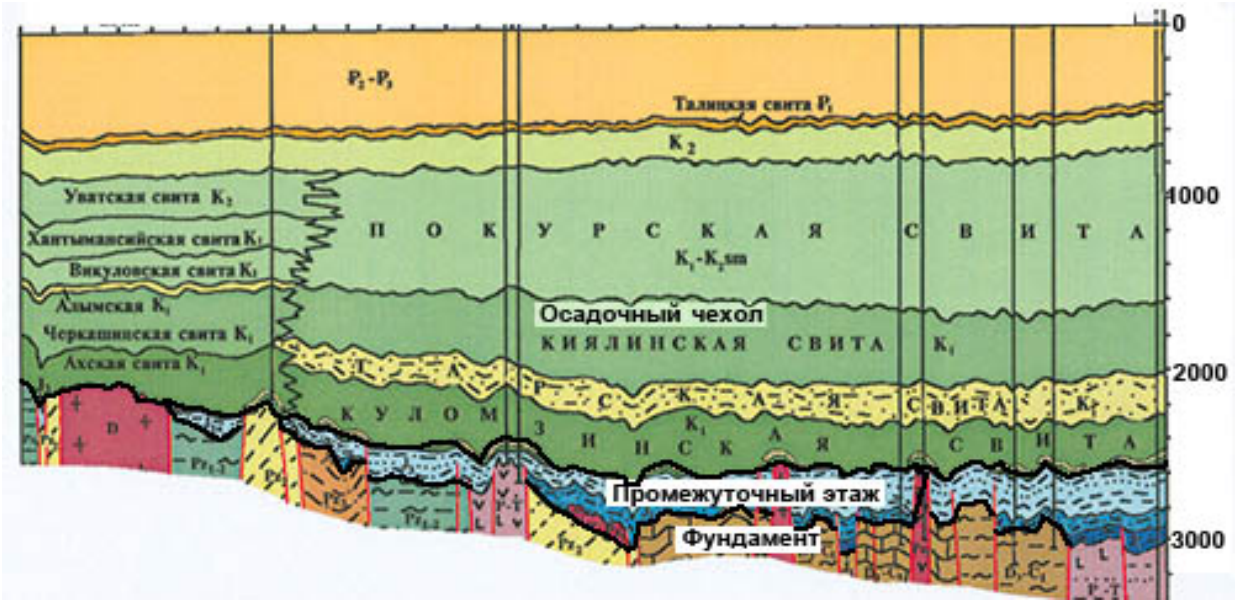


Рис. 9.16. Геологический разрез платформы с промежуточным этажом (Омская область) (http://neftegaz.ru/science/view/454, с упрощениями)

Осадочный чехол на древних платформах, как правило, характеризуется значительным количеством стратиграфических несогласий, наличием нескольких структурных подэтажей. Мощность осадочного чехла древних платформ достигает 2-3 км, а в отдельных местах - 10 км (рис. 9.17).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

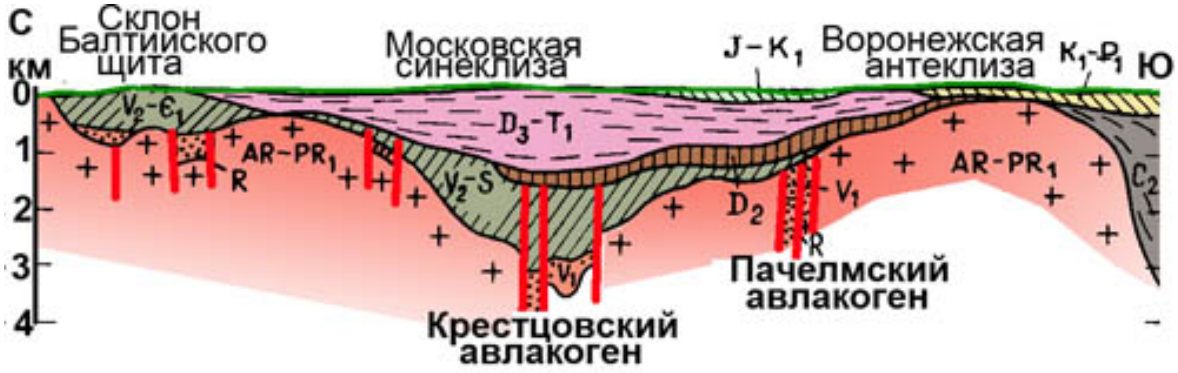


Рис. 9.17. Меридиональный разрез Русской плиты (по Е.Е. Милановскому)

Как правило, очертания структурных форм, на различных структурных этажах различаются между собой, поэтому характеризуя какую-либо структуру необходимо обязательно указывать какая структурная поверхность рассматривается (рис. 9.18).

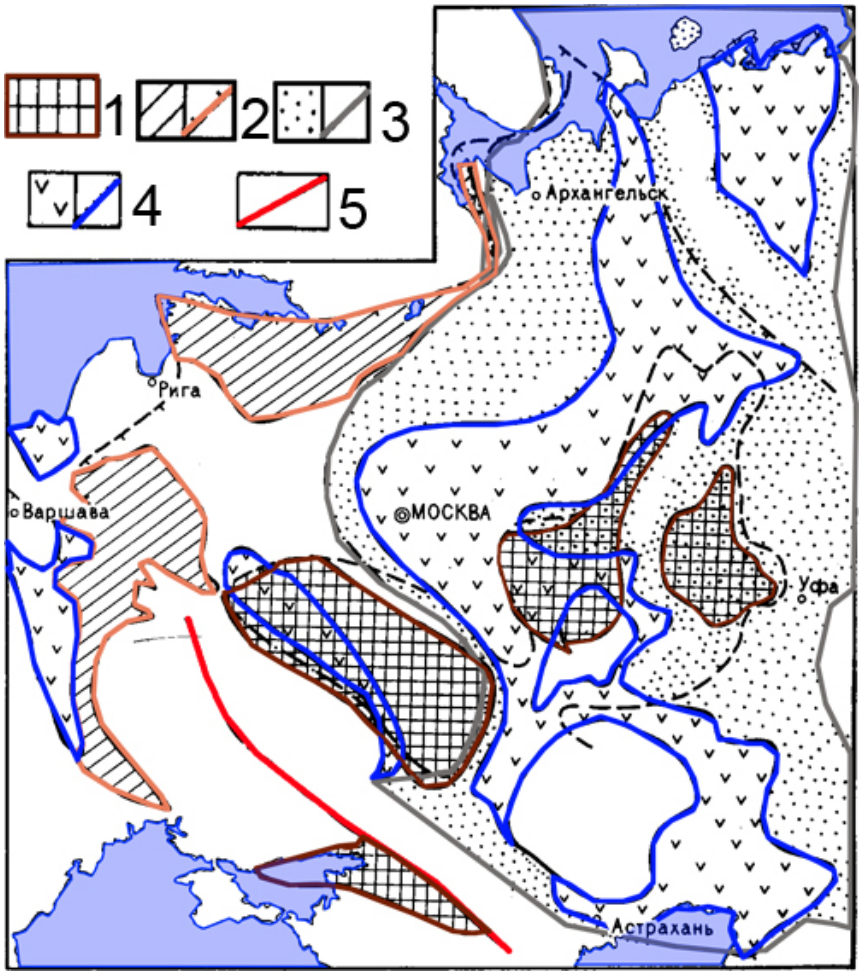


Рис. 9.18 Очертания синеклиз и антеклиз на Восточно-Европейской платформе: 1 – антеклизы по современной структуре фундамента, 2 – синеклизы валдайского (вендского) времени и их границы под более молодыми отложениями, 3 - синеклизы в конце карбона, 4 – синеклизы в поздней юре, 5 – разломы (по М.В. Муратову)

У молодых платформ фундамент обычно сложен смятыми в складки метаморфическими породами. Чем моложе

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

платформа, тем ниже метаморфизм у слагающих фундамент пород. Территории, перешедшие к платформенному этапу развития после завершения мезозойской складчатости, обычно имеют маломощный осадочный чехол и называются мезозоидами. Территории альпийской складчатости еще не завершили своего складчатого развития, поэтому альпийских платформ не бывает. В осадочном чехле на молодых платформах стратиграфических несогласий обычно меньше и мощность чехла редко достигает 1 - 1,5 км. Очертания структурных форм на различных структурных подэтажах повторяют как друг друга, так и рельеф фундамента. Промежуточный структурный этаж для них характерен так же, как и для древних платформ.

Типичный рельеф платформ равнинный, местами холмистый. В мезозоидах рельеф обычно более расчлененный, чем на эпипалеозойских, и тем более древних платформах.

На платформах выделяются щиты и плиты - структуры платформ 2 ранга.

Щиты - части древних платформ, лишенные осадочного чехла или обладающие маломощным чехлом. Это объясняется тем, что щиты в своей истории испытывали преимущественно устойчивые воздымания. Многочисленными разрывами щиты разбиты на более мелкие блоки. Примеры – Алданский, Украинский, Балтийский щиты. Щиты – это выходы на поверхность гранитного слоя. Выступы на поверхность фундамента молодых платформ - это современные горные области Урала, Тянь-Шаня, Центрального и Восточного Казахстана, Алтая, Саян, Забайкалья, Таймыра и др.

Плиты – части платформ, перекрытые мощным (тысячи метров) осадочным чехлом. Это объясняется тем, что плиты в своей истории испытывали преимущественно устойчивые погружения. Плиты - основные вместилища залежей нефти и газа (рис. 9.19).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

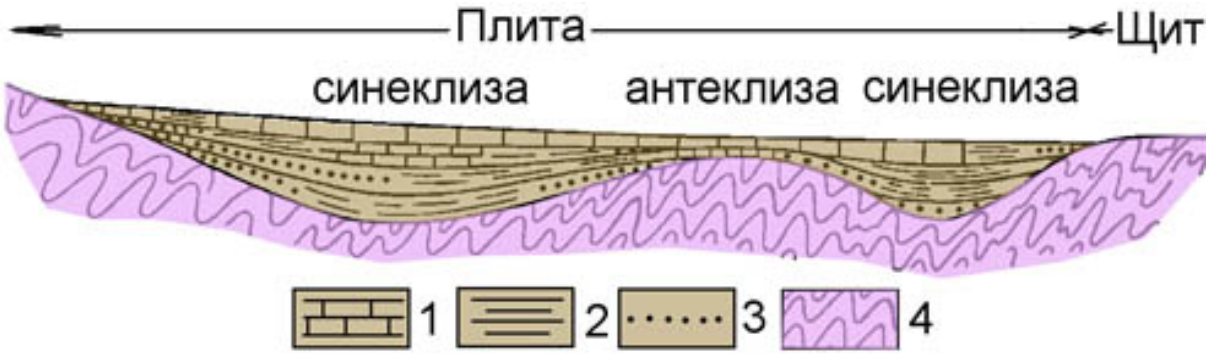


Рис. 9.19. Схематический геологический разрез платформы: 1 – 3 – породы осадочного чехла, 4 – породы фундамента

Структуры платформ 3 ранга. Внутри плит выделяют более мелкие структуры. Их площади могут превышать сотни тысяч квадратных километров, а размеры - сотни километров в поперечнике. К ним относятся *синеклизы* - геологически отрицательные структуры. Общий наклон крыльев синеклиз - 1° и менее, до 0,5°, хотя краевые части синеклиз иногда образуют резкие флексуры. Ввиду того, что размеры синеклиз чрезвычайно велики, углы наклона на крыльях малы, а Земля - круглая, углы падения слоев в центральных частях синеклизы могут иметь антиформный характер (рис. 9.20).

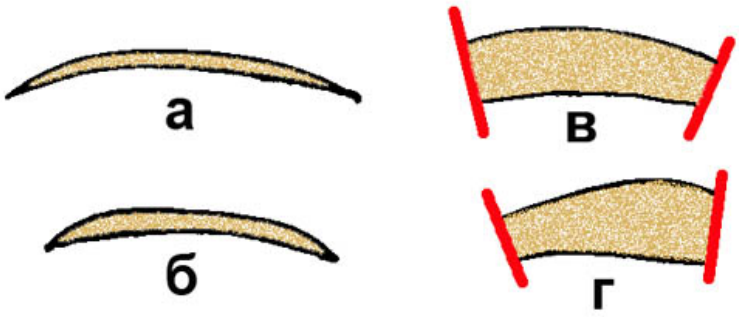


Рис. 9.20. Поперечная форма плит: а – Западно-Сибирская плита, б – Большой артезианский бассейн (Австралия), в – Туранская плита, г – Скифская плита (по В.А.Кулындышеву)

Мощность чехла в пределах синеклиз 3-5 км, а в некоторых случаях достигает 10 км. Фундамент под ними обычно прогибается. Иногда (Прикаспийская, Мексиканская синеклизы) в них оказывается редуцированным и гранитно-гнейсовый слой. Почти всегда, примерно под центральной частью синеклиз, в фундаменте выделяются *авлакогены* – гигантские погребенные грабены длиной сотни и шириной десятки километров. Глубина залегания фундамента в центральной части авлакогена достигает 10-12 км. Разломы, образующие грабен, нередко проникают и в осадочный чехол. Такую

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

сложную структуру, состоящую из авлакогена и расположенной над ним синеклизы, чтобы подчеркнуть их единство, называют *грабен-синеклизой* или *грабен-синклиналью.* В осадочном чехле на крыльях синеклиз над авлакогенами часто формируются меньшие по размерам *флексуры* (рис. 9.21) и *валы*.

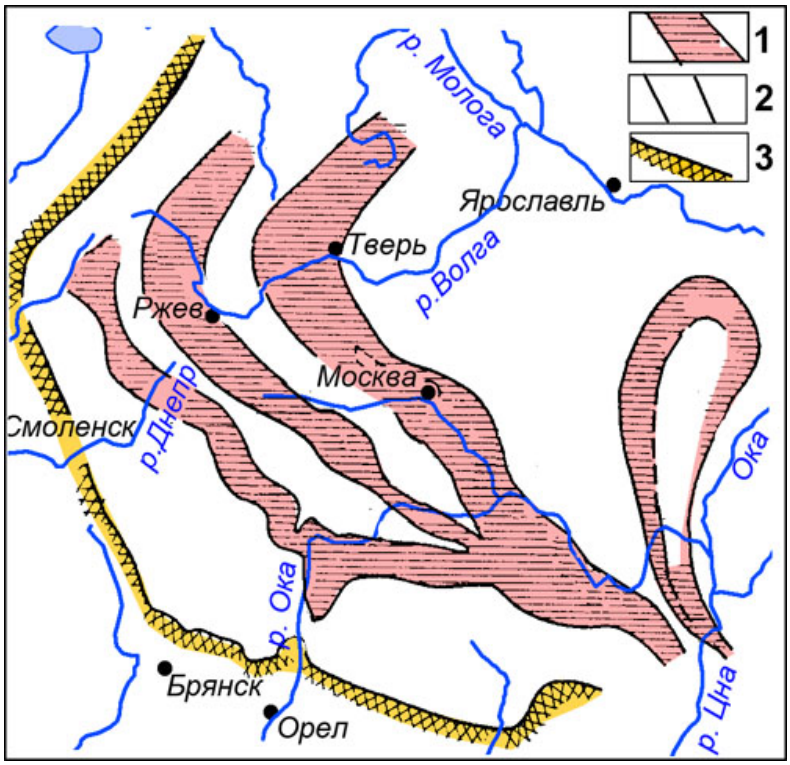


Рис. 9.21. Флексуры на юго-западе Московской синеклизы 1 – смыкающие (крутые) крылья, 2 – горизонтальные крылья, 3 – граница синеклизы (по В.А. Жукову)

Последние обычно осложнены цепочками изометричных антиклиналей – *куполов и синклиналей – мульд,* а также *седловин,* высотой десятки и шириной сотни метров и километры. Именно такие купола и валы являются основными ловушками для нефти и газа.

Кроме погружений, на плитах выделяются *антеклизы* – внутриплатформенные пологовыпуклые поднятия, обычно смежные с синеклизами, того же ранга и размера. Под антеклизами часто расположены крупные выступы фундамента (горсты), перекрытые осадочным чехлом небольшой мощности (1-1,5 км). Разломы, образующие горст, часто проникают в осадочный чехол. Такую сложную структуру, состоящую из выступа фундамента и расположенной над ним антеклизы, чтобы подчеркнуть единство этой структуры, называют *горст-антеклизой* или *горст-антиклиналью.* Примеры – Белорусская, Воронежская, Ангаро-Ботуобинская, Байкало-Хетская. Вершины антеклиз часто называют сводом. Так же,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

как и на синеклизах, осадочный чехол в их пределах, обычно, осложнен валами, куполами, флексурами.

Следующий класс характерных структурных элементов платформ - *желоба* - вытянутые прогибы с пологими склонами, длиной в сотни километров и шириной 50-30 км. Пример - Пурский желоб в Западной Сибири.

Крупнейшие незамкнутые структурные формы, обычно расположенные на краю платформ, имеющие форму моноклинали или флексуры называются *склонами*. Примером является Восточно-Уральский склон в Западной и Ангаро-Ленский в Восточной Сибири. Сочленяющие синеклизы и антеклизы структурные формы иногда выделяют в самостоятельные структуры, называемые *крупными седловинами* - например - Кустанайская.

Структуры платформ 4 ранга. Это пликативные дислокации меньшего размера - площадью около 100 000 кв.км и поперечными размерами примерно 100х300 км. К ним относятся изометричные замкнутые положительные структуры, называемые *сводами*. Примерами сводов являются Татарский, Сургутский, Непско-Сонский, Байкитский. С ними связаны крупнейшие месторождения нефти и газа.

К изометричным замкнутым отрицательным структурам 4 ранга относят *впадины.* Примеры - Мелекесская, Юганская впадины.

Удлиненные тела этого порядка - это *крупные валы, зоны линейных поднятий* - зачастую содержат нефть и газ. Примерами могут служить Прикумская зона поднятий, Центрально-Мангышлакско-Устюртская зона поднятий. Удлиненные отрицательные тела - это *крупные прогибы*.

Полузамкнутые структурные формы 4 порядка **-** *выступы* - геометрически представляют собой структурные носы. Примером выступов может служить Щучинский выступ в Западной Сибири, Структурные заливы называются обычно *незамкнутыми впадинами* (Кулундинская впадина в Западной Сибири). Среди структур 4 порядка выделяются также *седловины* - (Карачинская на Мангышлаке).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Незамкнутые структурные формы 4 ранга - *моноклинали, ступени, структурные террасы* - например, Приаргинская в Западной Сибири, Шахпахтиская (Мангышлак).

Структуры платформ 5 ранга - это образования еще меньшего размера. Площадь их колеблется около 3 000 кв. км. Линейные размеры имеют в поперечнике около 25 км - изометричные и до 300 км - линейные. К ним относятся *купола, мульды* - изометричные структуры, *валы, прогибы* - линейные структуры, *структурные носы, структурные заливы* (рис. 9.22), *уступы, флексуры, перемычки (седловины).*

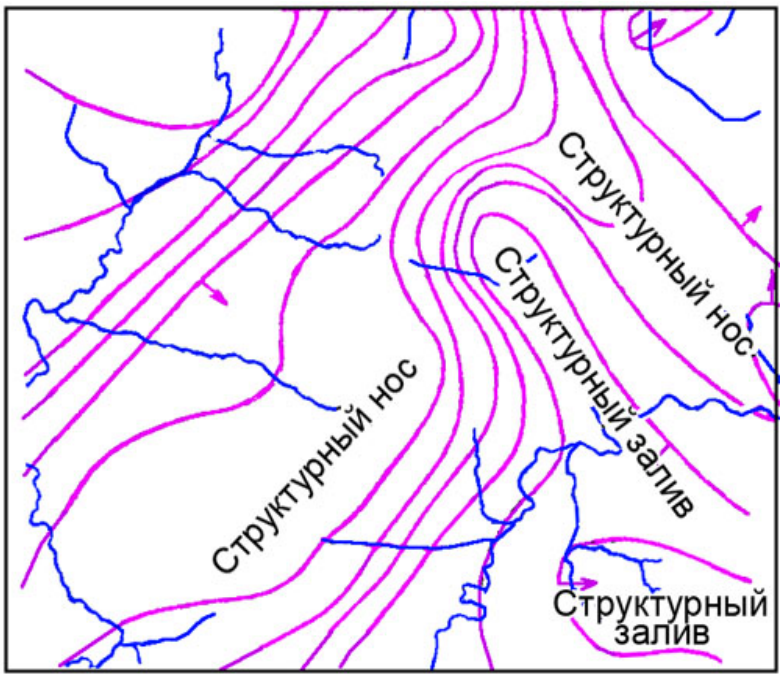


Рис. 9.22. Структурные носы и структурные заливы на Тресвянско-Петровской полосе поднятий (по Е.В. Чибриковой)

Структуры 6 ранга (*локальные*) - имеют площадь примерно 250 кв. км и размерами в несколько километров (удлиненные - десятки километров). Структуры, принадлежащие шестому порядку, имеют те же названия и геометрию, что и принадлежащие 5 порядку.

Приведенный перечень структурных форм дан по В.Н.Наливкину (1963) и не является единственно возможным. В научной литературе встречаются иные названия и интервалы ранжирования структурных элементов платформ.

В табл. 9.1 приведена сводная классификация структурных форм платформ.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 9.1. Морфологическая классификация платформенных структур (по В.Д.Наливкину, 1963 с изменениями и упрощениями)

Размеры (порядки)	Структуры платформ									
	Замкнутые				Незамкнутые				Однокрылые	Сочленяющие
	Округлые		Вытянутые		Округлые		Вытянутые			
	Положительные	Отрицательные	Положительные	Отрицательные	Положительные	Отрицательные	Положительные	Отрицательные		
2	Щиты	Плиты								
3. Крупнейшие 600 000 – 100 000 км^2 50-200 х 150-500 км	Антеклизы	Синеклизы		Желоба					Склоны	Крупные седловины
4. Крупные 100 000 км^2 50-200 х 150-500 км	Своды	Впадины	Крупные валы	Крупные прогибы	Выступы	Незамкнутые впадины	Крупные структурные носы	Крупные структурные заливы	Моноклинали, структурные террасы	Седловины
5. Средние 500 – 6000 км^2 10-40 х 40-300 км	Купола	Мульды	Валы	Прогибы			Структурные носы	Структурные заливы	Флексуры	Перемычки
6. Мелкие локальные 20 – 500 км^2 2-3х15-20 км	Локальные структуры									

Структуры, особенно первых порядков, чаще всего конседиментационные. В общем, чем крупнее структура, тем она более долгоживущая. При переходе от более крупных иерархических уровней к мелким, закономерно увеличиваются и характерные углы на крыльях складок. Например, средние углы на крыльях синеклиз и антеклиз не превышают долей градуса, у сводов и валов – это несколько градусов, а у локальных структур могут достигать десятков градусов и даже быть вертикальными (сундучные складки).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.2.3. Особенности платформенных структур

Платформенный чехол развивается на складчатом основании, являющемся его цоколем, фундаментом, для которого характерны все черты строения геосинклинали, за исключением рельефа и активного вулканизма. В геологии пока не выработано однозначных представлений об условиях образования фундамента древних платформ. Особенности нового платформенного режима развития территории отражаются в строении осадочного чехла, отделенного от складчатого основания несогласием.

Складчатость платформенного чехла развита прерывисто, в виде отдельных куполов и брахиантиклиналей или их групп. Нередко антиклинальные формы платформ - своды и валы являются основанием для рифовых массивов.

В районах накопления соленосных отложений в них развиваются соляные диапиры - купола, валы, штоки.

Разрывы в целом образуют мозаичную, сеть, смещения по ним выражены незначительно. Данные геологического дешифрирования космических снимков показывают, что для платформ характерна довольно густая сеть *линеаментов*, отражающих разрывы с некартируемыми амплитудами перемещений по ним, зоны дробления (рис. 9.23).

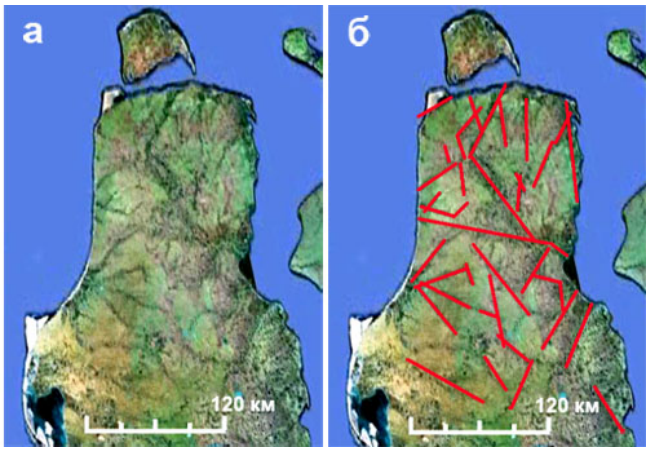


Рис. 9.23. Линеаменты п-ва Ямал (Google, «Планета Земля»)

Магматизм представлен трапповой разновидностью (основные силлы и покровы базальтов).

Характерны плавные, постепенные изменения фациального состава и мощностей осадочных пород.

9.2.4. Границы платформ

Платформы граничат со смежными образованиями либо через предгорные прогибы, либо через краевые швы.

Предгорные (краевые, передовые) прогибы. Иногда эти понятия обозначают различные структуры, но мы будем рассматривать их как синонимы. Предгорные прогибы развиваются на тех границах, где фундамент платформ достаточно глубоко погружен - на плитах, синеклизах и т.д. Они характеризуются очень большими мощностями осадочных толщ и дифференцируются на отдельные впадины, разделенные кулисообразно располагающимися поднятиями, ориентированными диагонально по отношению длинной оси впадины. Для предгорных прогибов характерны линейная, гравитационная и куполовидная виды складчатости. Они осложнены многочисленными дополнительными складками различного морфологического облика - в том числе - сундучными и веерообразными. Дизъюнктивные дислокации, осложняющие складчатость это - пологие разрывы - надвиги, количество которых увеличивается по мере приближения к поднятиям, окаймляющих прогибы (рис. 9.24).



Рис. 9.24. Предуральский краевой прогиб (по Р.А. Исмагилову, с упрощениями)

По направлению к платформе гребневидные складки сменяются моноклиналью. Кроме того, для предгорных прогибов характерна куполовидная складчатость. В отличие от линейных, куполовидные складки расположены, на первый взгляд независимо, однако, все же линии, проведенные через их оси, позволяют объединять их в системы - иногда изгибающиеся и перпендикулярные к генеральным тектоническим направлениям соседней геосинклинальной системы. Антиклинали располагаются четковидно или кулисообразно, нередко

в общем погружаясь в одном направлении. Системы куполовидных антиклиналей нередко располагаются на линиях крупных разломов. Часто они разделяются блюдцеобразными широкими синклиналями. Куполовидные складки иногда являются диапировыми, с ядром протыкания и типичными для них сопряженными структурами - многообразными разрывами, грязевыми вулканами.

Краевые швы представляют собой зоны глубинных разломов, отделяющие платформу от смежных складчатых систем. Часто по краевым швам складчатые системы бывают надвинуты на платформу. Примером краевого шва может служить граница между Балтийским щитом Восточно-Европейской платформы и Скандинавскими каледонидами (рис. 9.25).

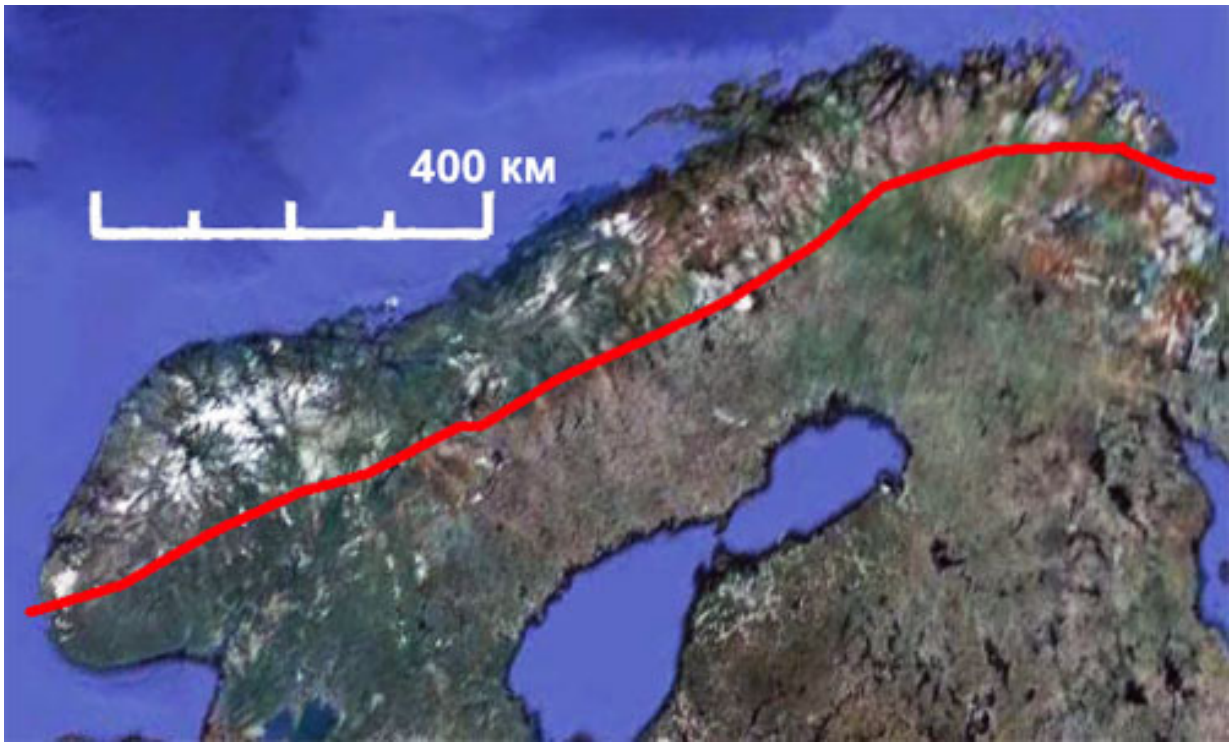


Рис. 9.25. Краевой шов между Балтийским щитом и Скандинавскими каледонидами (Google «Планета Земля», граница проведена по С.В. Богдановой)

Предгорные прогибы развиваются обычно там, где осадочный чехол смежной платформы имеет большую мощность, краевые швы – на границе со щитами.

Краевые швы и краевые прогибы нередко по простиранию переходят друг в друга.

9.2.5. Иерархия структур складчатых поясов

Между соседними платформами расположены или складчатые (геосинклинальные) пояса или рифтовые системы.

Складчатый (геосинклинальный) пояс, геосинклиналь - глобальная тектоническая единица, характеризующаяся в течение всей её эволюции высокой тектонической активностью, формированием магматических и осадочных комплексов. Протяжённость складчатых поясов составляет многие тысячи километров, ширина превышает тысячу километров (рис. 9.26).

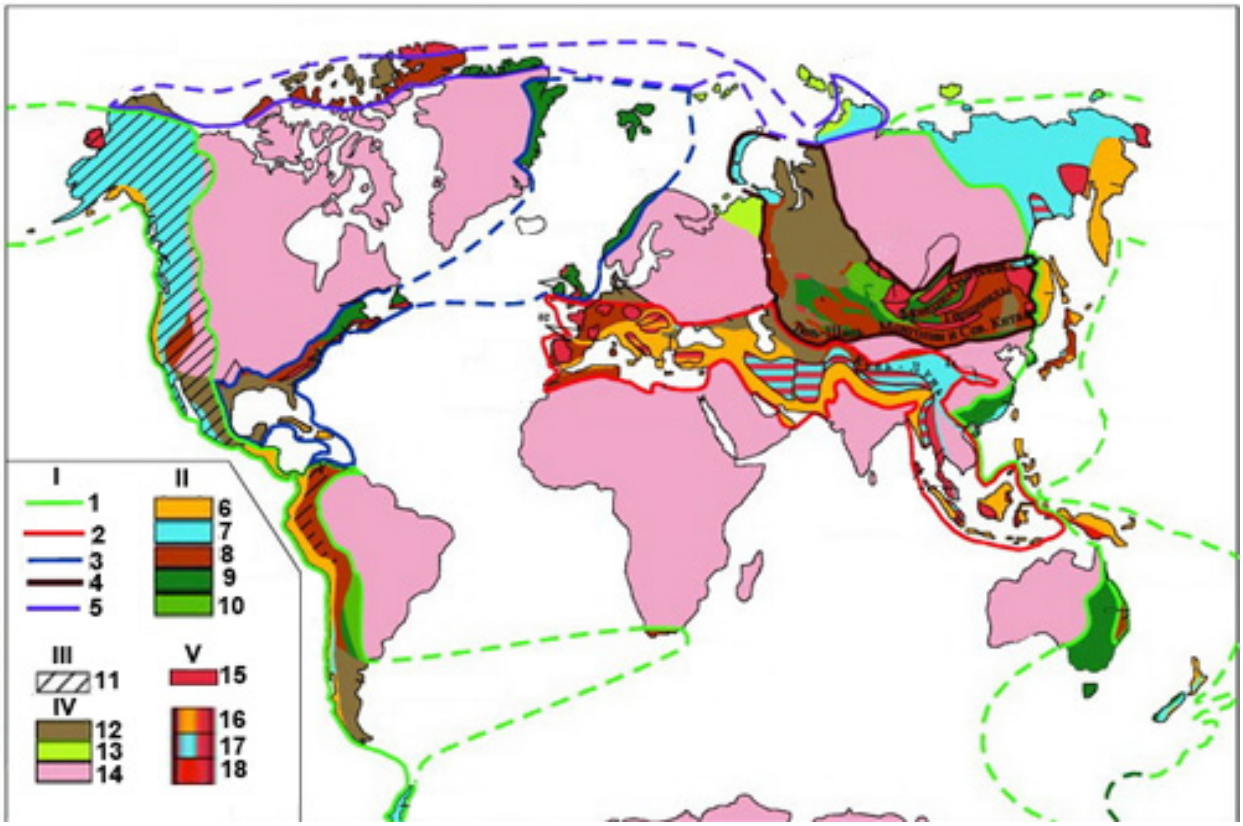


Рис. 9.26. Складчатые пояса фанерозоя и молодые платформы (упрощенная схема), (по П.В. Федорову, 2006): I – границы фанерозойских складчатых поясов: 1 – Тихоокеанского, 2 – Средиземноморского, 3 – Северо-Атлантического, 4 – Урало-Охотского, 5 – Арктического; II – складчатые системы и области в пределах фанерозойских складчатых поясов: 6 – альпийские, 7 – киммерийские, 8 – герцинские, 9 – каледонские, 10 – салаирские; III: 11 – докембрийские и фанерозойские образования, вовлеченные в ларамийскую орогению; IV Платформы и впадины: 12 – Эпигерцинские платформы и впадины, 13 – Эпибайкальские платформы, 14 – Докембрийские платформы; V – Микроконтиненты в складчатых поясах: 15 – хорошо обнаженные, 16-18 – скрытые под чехлами и тектоническими покровами

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Складчатые пояса располагаются либо между древними континентальными платформами, либо между платформами и океаном, включая внутренние и окраинные моря, островные дуги и глубоководные желоба.

Геосинклинальные пояса расчленяются на разновозрастные геосинклинальные области и системы, превращаясь в разновозрастные складчатые горные системы, а затем в молодые платформы.

Большая часть геосинклинальных поясов к настоящему времени приобрела характер складчатых горных сооружений или молодых платформ. Так, палеозойские структуры на обширных площадях погребены под мощным чехлом горизонтально залегающих осадочных пород, образуя фундамент молодых платформ (например, у Западно-Сибирской плиты). Наиболее молодые, кайнозойские части геосинклинальных поясов ещё не закончили геосинклинального развития, сохраняя до настоящего времени высокую подвижность, сопровождаемую повышенной сейсмичностью и активным вулканизмом.

В складчатых поясах выделяются складчатые области - крупные, относительно обособленные участки, отличающиеся от смежных областей возрастом складчатости и особенностями истории развития.

Геосинклинальные (складчатые) области состоят из складчатых систем[1] одного или близкого возраста (например, каледонских или герцинских). Складчатые системы протягиваются внутри складчатых областей двумя и более параллельными рядами, продолжая или кулисообразно замещая друг друга по простиранию. Например Уральская система. После завершения своего развития геосинклинальные системы превращаются в *мегантиклинории* (мегантиклинорий Большого Кавказа) и *мегасинклинории* (Куринская впадина).

[1] Термин система обозначает совокупность элементов, объединенных по тому, или иному признаку. Поэтому термин складчатая система нередко употребляется как синоним и для складчатой области, и для складчатого пояса и для других складчатых единиц.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Геосинклинальные системы делятся на отдельные *геосинклинали*[2] и *геоантиклинали*, которые представляли соответственно прогибы и относительные поднятия на фоне общего погружения геосинклинальной системы. В целом геосинклинали имеют линейные и овальные формы, со значительным преобладанием длины над шириной. В геосинклиналях накапливаются значительно большие мощности осадочных толщ по сравнению с геоантиклиналями. Так, например, в геосинклиналях Большого Кавказа мощность нижнего мела в различных участках превосходит 2 км, тогда как в геоантиклинали Северо-Западного Кавказа она едва составляет 300 м. Для геоантиклиналей характерно выпадение из разреза отдельных стратиграфических горизонтов, присутствующих в смежных геосинклиналях.

Среди геосинклинальных прогибов иногда выделяют *внешние (миогеосинклинали)*, примыкающие к смежной платформе, и *внутренние (эвгеосинклинали).*

Для миогеосинклиналей характерны сравнительно слабая магматическая активность, практически отсутствует региональный метаморфизм. Эвгеосинклинали характеризуются высокой степенью магматической активности - и интрузивной и эффузивной значительной степенью регионального метаморфизма (рис. 9.27).

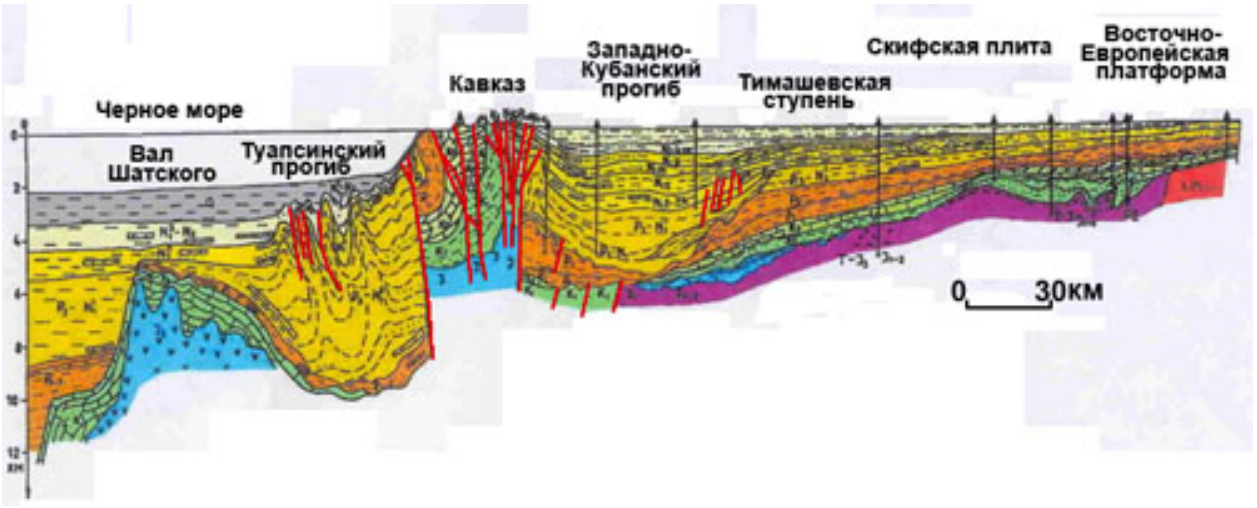


Рис. 9.27. Геологический разрез через Кавказ и прилегающие платформы (http://www.khrisanov.net/photoalbum/misc_pics/kavkaz_geol_razrez.jpg)

[2] Термин геосинклиналь употребляется также в значении геосинклинальной области.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Завершая геосинклинальное развитие, геосинклинали и геоантиклинали превращаются в *синклинории* и *антиклинории* шириной от десятков до первых сотен километров. Синклинорий - это сложный комплекс складок, имеющий, в общем, синклинальное строение, антиклинорий - сложный комплекс складок, имеющий в общем антиклинальное строение. Синклинории и антиклинории могут быть *унаследованными* (синклинории от синклиналей, антиклинории от антиклиналей) и *обращенными* (синклинории от антиклиналей, антиклинории от синклиналей) (рис. 9.28).

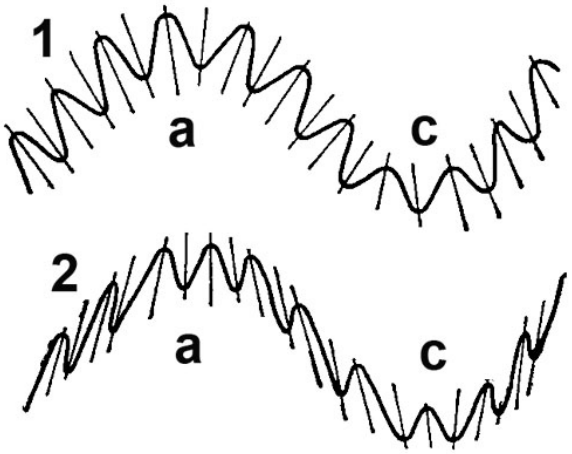


Рис. 9.28. Схемы строения антиклинориев (a), и синклинориев (c): 1 – унаследованные, 2 - обращенные

Иногда сложные синклинории называются *межгорными прогибами* (например, Куринский прогиб Кавказа). Для межгорных прогибов характерны лагунные, угленосные, соленосные, молассовые отложения в верхних частях разреза.

Крылья таких структур, в свою очередь, смяты в синклинальные и антиклинальные складки более мелкого ранга. Часто они бывают осложнены горстами и грабенами и называются, соответственно, горст-антиклинориями и грабен-синклинориями. Для межгорных прогибов, с их гигантскими мощностями характерны те же локальные складки, в том числе и явления диапиризма, которые были описаны при рассмотрении предгорных прогибов.

Внутренняя структура складчатых поясов пояса чрезвычайно сложная. Зоны интенсивной линейной складчатости, магматизма и метаморфизма чередуются с зонами сравнительно слабодислоцированных пород без проявлений магматизма. Они называются *срединными массивами (террейнами)*. Срединный массив - относительно устойчивая глыба континентальной коры,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

более древней (обычно докембрийской), чем кора подвижного, геосинклинального пояса, внутри которого расположена эта глыба. Чехол массива одновозрастен осадочно-вулканогенному выполнению геосинклинального пояса, но отличается, как правило, пониженной мощностью, преобладанием мелководных или континентальных отложений и меньшей степенью дислоцированности слоев. Складки и надвиги обычно как бы обтекают срединный массив, но некоторые надвиги перекрывают его периферические участки (рис. 9.29).

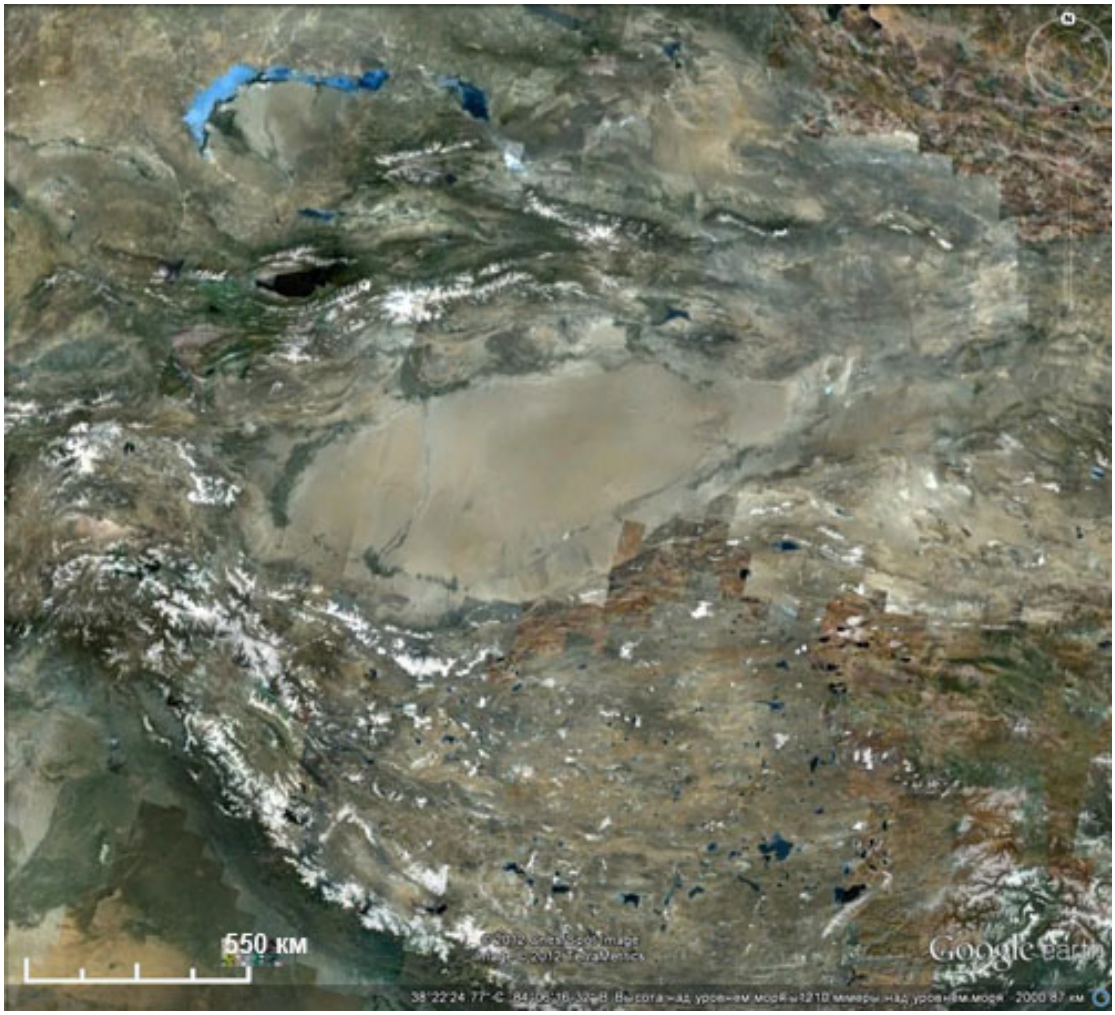


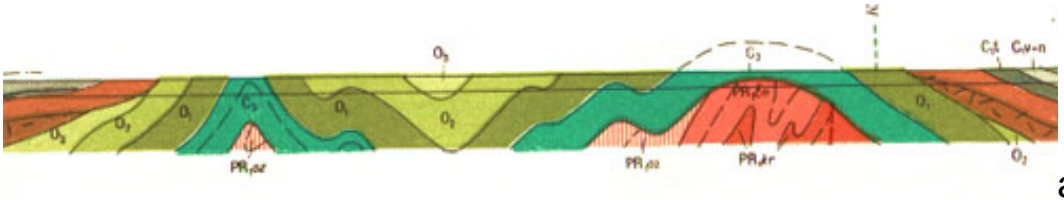
Рис. 9.29. Таримский срединный массив (Google «Планета Земля»)

Все перечисленные структуры состоят из более мелких складок, обычно непрерывно переходящих одни в другие и осложненных разломами.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.2.6. Особенности структур складчатых поясов

Складчатость геосинклинальных областей преимущественно линейная (рис. 9.30).



а



б

Рис. 9.30. Фрагмент учебной геологической карты складчатой территории: а – разреза, б - карты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Характерны сходные ориентировки их осевых поверхностей. Широко распространены наклонные и опрокинутые складки, осложненные надвигами (рис. 9.31).

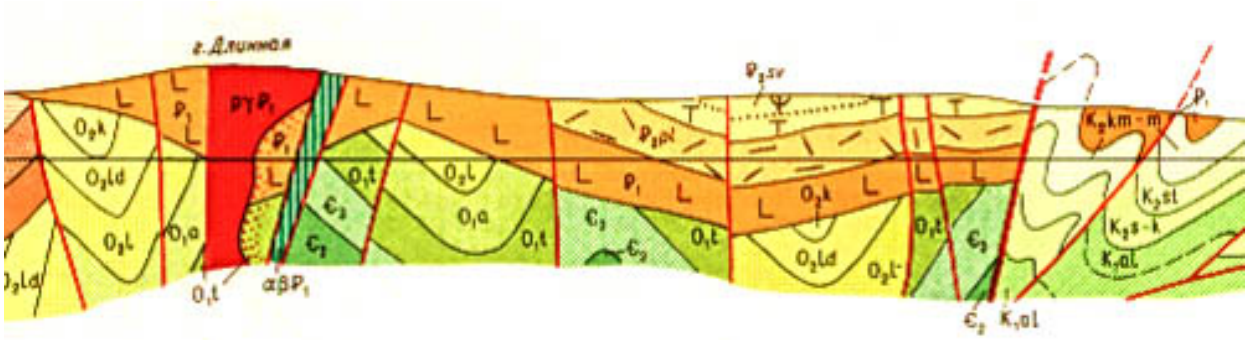


Рис. 9.31. Фрагмент разреза к учебной геологической карте складчатой территории осложненной разломами

В складчатой системе обычно может быть выделено несколько структурных этажей. Разрывы имеют широкое распространение и обычно образуют как согласные длинным осям складок, так и поперечные системы. Часто встречаются надвиги. В глобальном масштабе геосинклинальную систему можно рассматривать как гигантский глубинный разлом. Магматизм широко распространен как в эффузивном, так и в интрузивном виде. Состав магматических пород разнообразен - от ультраосновного до кислого. Характерны резкие изменения фациального состава и мощностей вкрест простирания складчатых областей. Рельеф, как правило, сильно расчлененный. Абсолютные отметки могут достигать 8000 м, а расчлененность рельефа может достигать 1500 м. Горные хребты, в основном, протягиваются вдоль геосинклинальных систем и речные долины обычно рассекают их. На заключительных стадиях развития геосинклиналей тектоническая активность затухает и рельеф выравнивается. Геосинклнальные системы становятся складчатыми.

Нефтегазоносность складчатых областей связана, как правило, с антиклинальными складками синклинориев.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.2.7. Рифтовые системы континентов

Континентальные рифтовые системы это, как правило, системы линейно вытянутых грабенов планетарного масштаба, выходящие на дневную поверхность.

Внутриконтинентальные рифты обладают корой континентального типа, утонённой по сравнению с обрамляющими областями. Среди них по особенностям тектонического положения выделяются рифты древних платформ (эпиплатформенные или интракратонные) сводово-вулканического типа (например, Кенийский, Эфиопский). Одна из самых больших рифтовых систем такого типа – Африканская система (рис. 9.32).

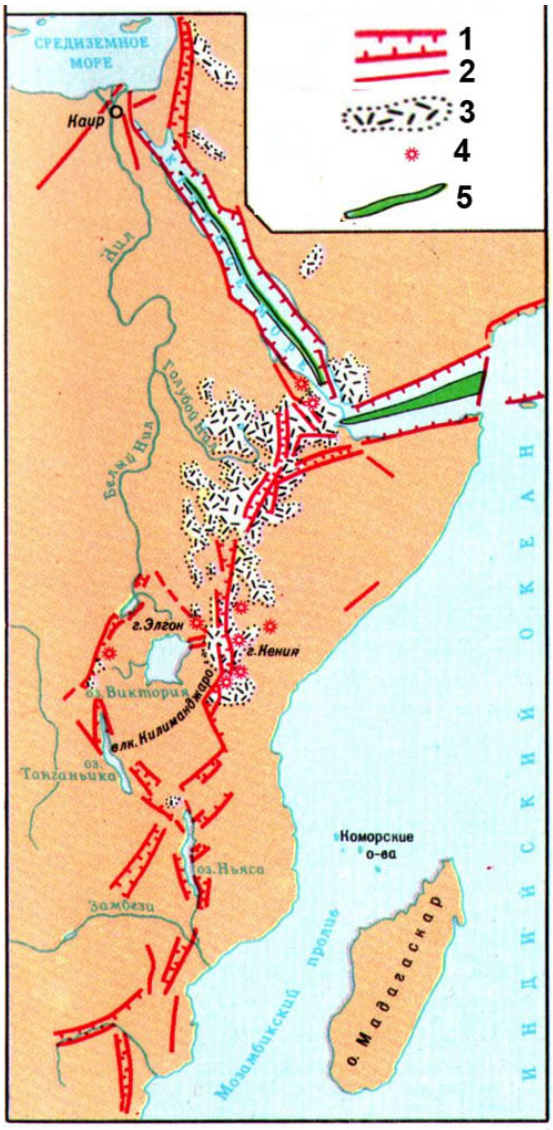


Рис. 9.32. Восточно-Африканская рифтовая система а – грабены (рифты), 2 – разломы, 3 – поля молодых вулканитов, 4 – вулканы, 5 – зоны отсутствия гранитного слоя (по http://dic.academic.ru/pictures/enc_geolog/360.jpg)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Восточно-Африканская рифтовая система простирается в меридиональном направлении от северной окраины Красного моря до низовьев р. Замбези. Включает грабен Красного моря с ответвлениями и грабен Аденского залива, сочленяющиеся в районе впадины Афар. К северу система продолжается через Мёртвое море до подножий гор Тавра. На территории Африки система состоит из двух ветвей - Западного и Восточного рифта, выраженных в рельефе глубокими и широкими (40-50 км) долинами с обрывистыми склонами, которые заняты озёрами (рис.9.33).



Рис. 9.33. Кенийский рифт – южная ветвь Восточно-Африканской системы рифтов (http://puteshestvennik.com/P_africa_intresting.html)

К разломам рифта приурочены вулканы, например, Килиманджаро. Для рифтовых грабенов характерно также утонение континентальной коры, доходящее до её разрыва и частичного замещения корой океанического типа.

Другой тип системы континентальных рифтов – невулканические щелевого типа, например, Байкальская (рис. 9.34). Байкальская система рифтов - система грабенов глубинного заложения общей длиной около 2000 км, расположенных на северо-западной окраине горной области Прибайкалья. Крупнейшие наиболее опущенные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

звенья ее - грабен-впадины: Байкальская, Тункинская, Баргузинская, Хубсугульская.



Рис. 9.34. Байкальская система рифтов
(по http://plate-tectonic.narod.ru/baikalriftphotoalbum.html)

На северо-востоке и востоке эта система продолжается в направлении Станового хребта, на юго-западе уходит через Тункинскую впадину к озеру Хубсугул. В одной из этих тектонических впадин расположен самый глубокий континентальный водоем мира — озеро Байкал с максимальной глубиной 1620 м, окруженный горными хребтами до 2000 м над его водной поверхностью. Вот как это выглядит из космоса (рис. 9.35).

Впадина озера Байкал отличается асимметрией поперечного профиля с большой крутизной склонов западных берегов и более пологих восточных; глубина кристаллического фундамента 4500 м (рис. 9.36).

Рифты и рифтовые системы подвижных поясов периодически возникают и затем преобразуются в ходе их геосинклинального развития и, главным образом, формируются на постгеосинклинальных этапах их эволюции, например, рифтовая система Бассейнов и Хребтов в Кордильерах). Если континентальная кора в зоне рифтов подвергается полному разрыву, внутриконтинентальные рифты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

превращаются в межконтинентальные (рифты Красного моря, Аденского, Калифорнийского заливов.

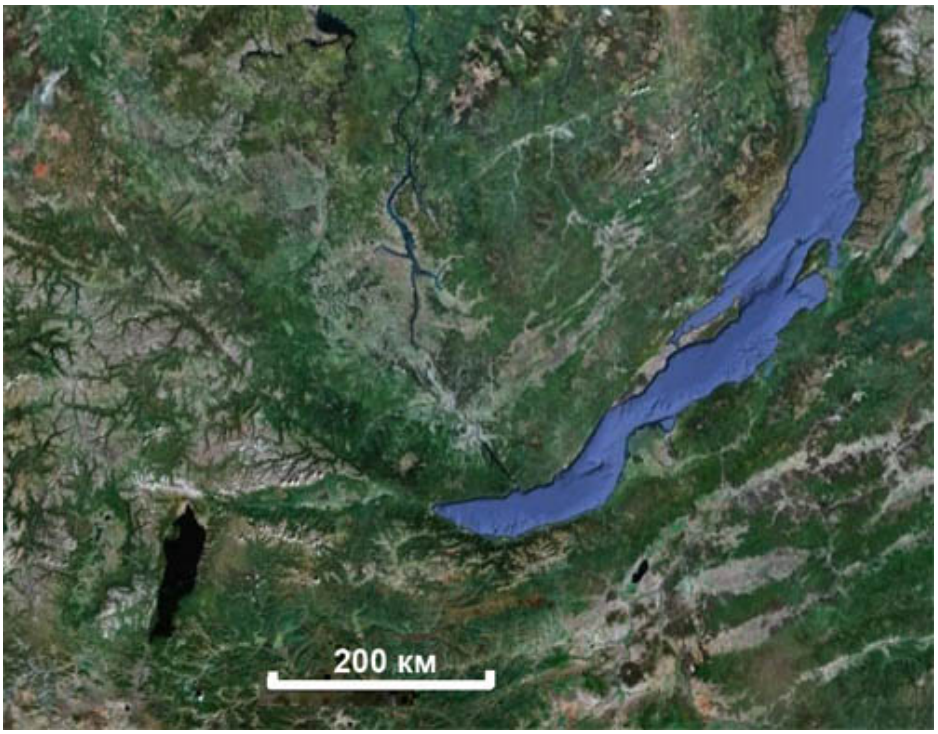


Рис. 9.35. Байкальскй рифт (Google «Планета Земля»)

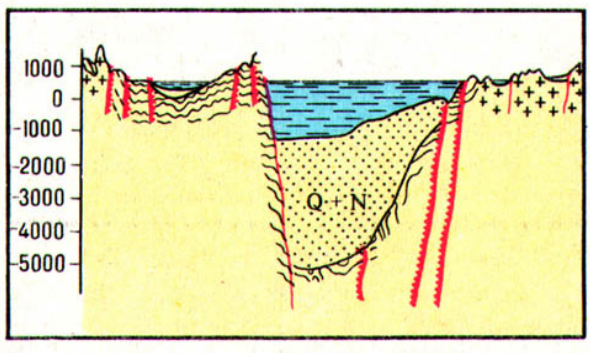


Рис. 9.36. Строение Байкальской системы рифтов (по В. П. Солоненко и Н. А. Флоренсову, dic.academic.ru).

Ограничивающие грабены системы субпараллельных разломов часто являются листрическими сбросами. Ширина опущенных блоков на континентах колеблется от нескольких до десятков километров, а в океанах - до сотен километров. Для рифтов характерна современная сейсмическая и вулканическая активность основного состава. Заполнены рифтовые впадины либо рыхлыми кайнозойскими отложениями, либо водой.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.2.8. Области возрожденной тектонической активности

Области возрожденной тектонической активности представляют собой структуры, образующиеся в результате возрождения активных тектонических движений в отдельных частях платформ (тогда они называются *эпиплатформенные орогены*) или складчатых областей. Примеры – Памир (рис. 9.37), Тянь-Шань, плато Путорана (рис. 9.38), Лабино-Малкинская моноклинальная зона.



Рис. 9.37. Область возрожденной тектонической активности – Памир. Обратите внимание на практически горизонтальное плато среди складчатых образований. http://images.google.ru/url?sa

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 9.38. Эпиплатформенный ороген - плато Путорана
http://unesco.ru/media/2013/02/1360765473.jpg

Для таких структур характерны тектонические поднятия, интенсивная разломная тектоника. При этом разбитые разломами блоки земной коры испытывают разноамплитудные вертикальные движения. В результате возникают горные системы с поднятиями и впадинами. В рельефе они выражаются чередованием плосковершинных горных сооружений и межгорных впадин, выполненных обломочными континентальными отложениями. Другой особенностью рельефа гор и впадин является наличие ярко выраженных ярусов рельефа. Как для областей возрожденной тектонической активности, так и для складчатых областей характерно различное число структурных этажей – от одного до четырех. Как правило, породы верхнего структурного этажа лежат субгоризонтально, а нижних - смяты в складки, как это можно видеть на учебных геологических картах №№.18-69, 29-84 ***в приложении 4***.

Контрольные вопросы к 9.2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.3. СТРУКТУРЫ ОКЕАНОВ

9.3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОКЕАНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Структурно-тектоническое районирование дна океана проводится в основном по батиметрическим и магнитометрическим данным. Основные морфоструктуры дна океана выделены по рельефу, так как осадочный чехол слабо вуалирует структуры океанического фундамента. По мере удаления от подводной окраины материков (шельфа)* рельеф переходит в континентальный (материковый) склон, а затем через переходную зону в ложе океана, или глубоководную, или океаническую котловину. Между континентальным склоном и глубоководной котловиной часто располагаются глубоководные желоба и островные дуги, а глубоководные котловины осложнены островами, которые представляют собой подводные горы и срединно-океаническими хребтами (СОХ) (рис. 9.39).

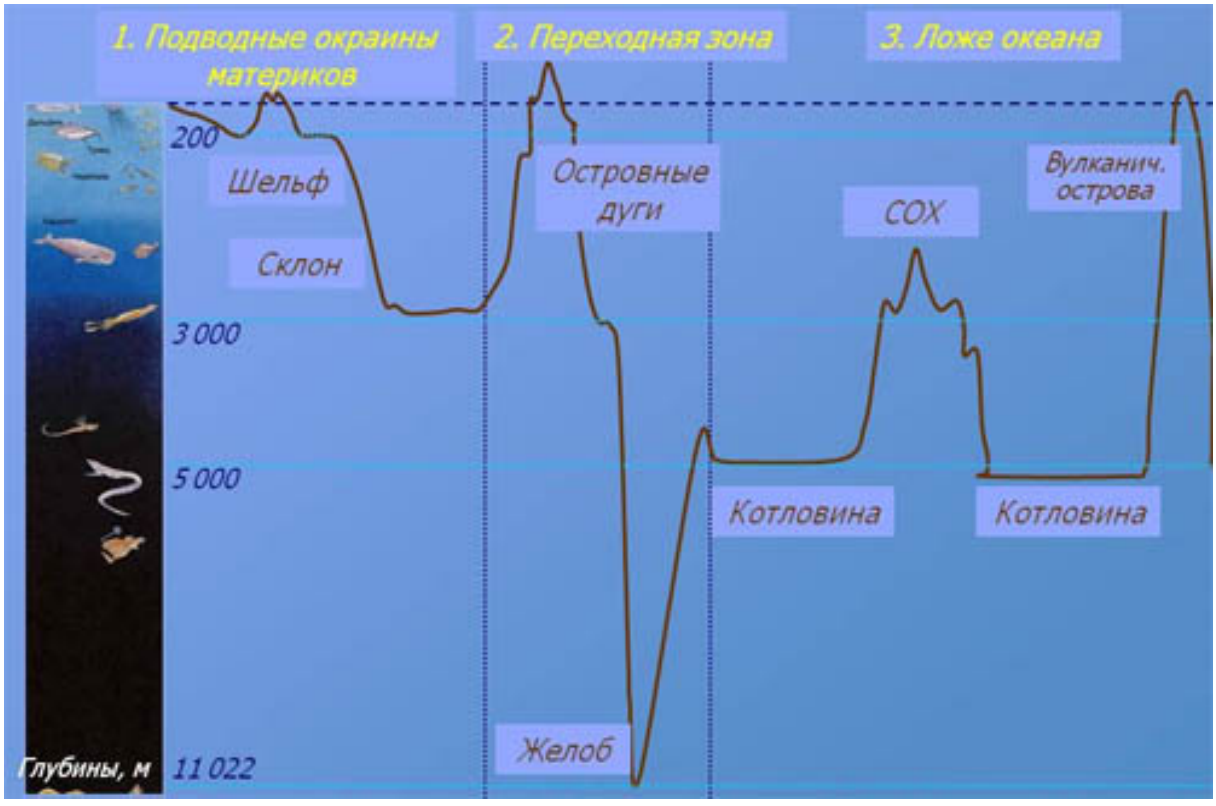


Рис. 9.39. Формы рельефа дна океана (http://900igr.net/prezentatsii/)

Поверхность шельфа неровная. На внешней ее стороне обычны скальные выступы; средняя глубина внешнего края (бровки) шельфа

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

составляет около 130 метров. У берегов, подвергавшихся оледенению, на шельфе часто встречаются ложбины и впадины. Материковый склон он обычно образует четкую и хорошо выраженную границу с шельфом и почти всегда его пересекают глубокие подводные каньоны. Рельеф дна океана имеет многочисленные неровности, примером чего служит фрагмент рельефа дна Тихого океана (рис. 9.40).

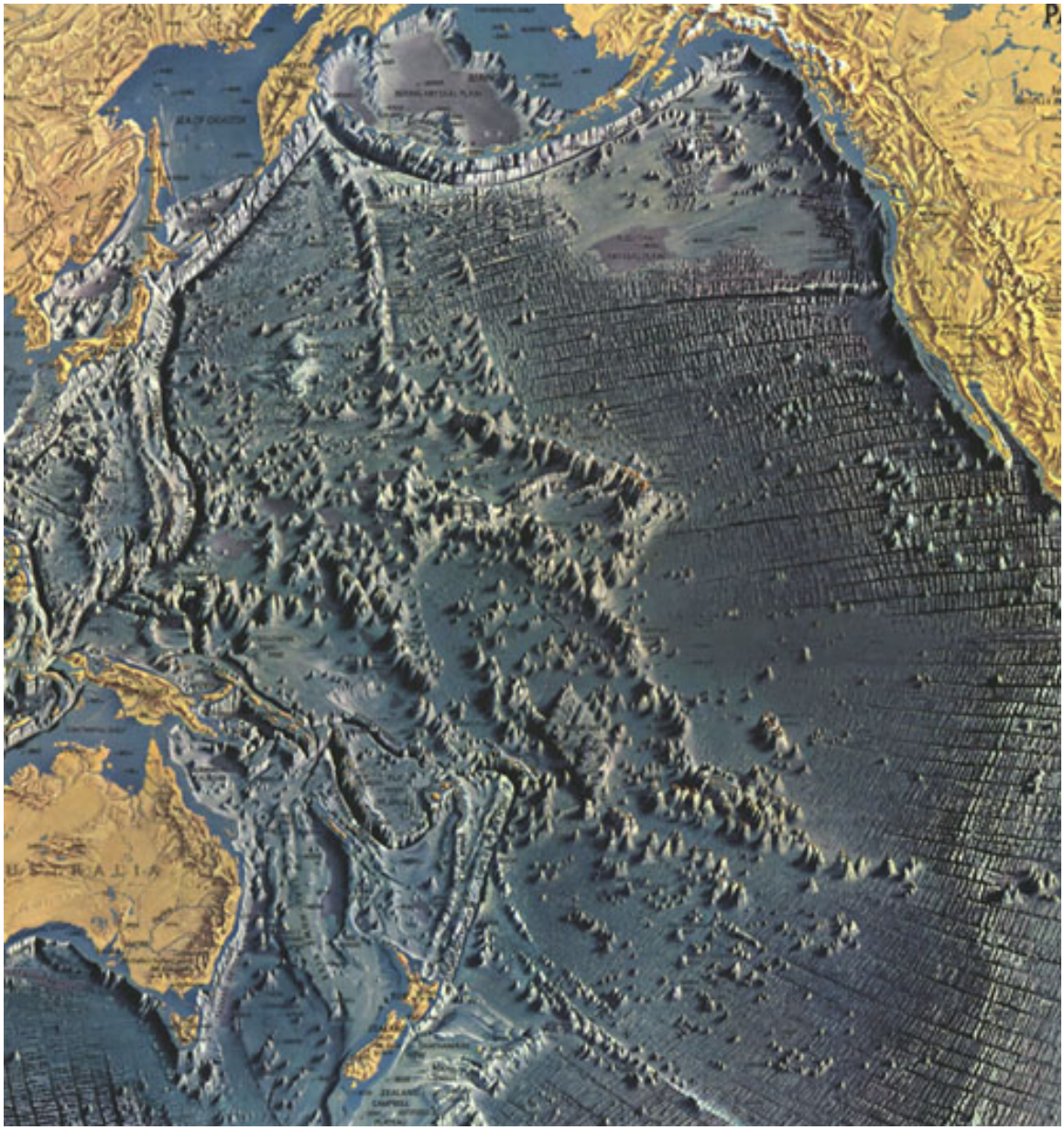


Рис. 9.40. Фрагмент карты рельефа дна Тихого океана - опубликовано журналом National Geographic в октябре 1969 года. (http://vladcity.com/far-east-maps/

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Фундамент океанского дна океана сложен разновозрастными базальтами, расположенными закономерно относительно осей срединно-океанических хребтов. Эта закономерность проявляется в первую очередь при наблюдении над полосовыми магнитными аномалиями (рис. 9.41).

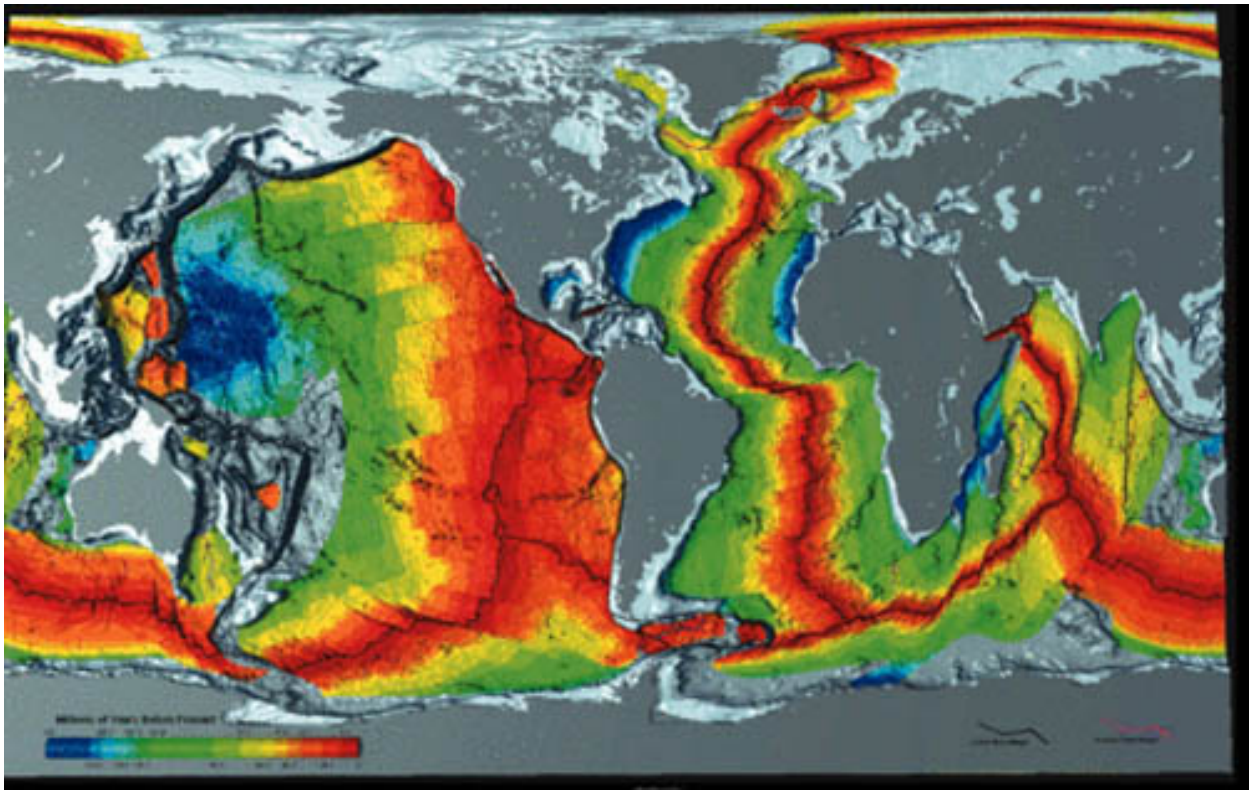


Рис. 9.41. Возраст океанической коры. Последовательность цветов красный – желтый – зеленый – синий – указывает на возрастание возраста пород (по http://ru.wikipedia.org/ wiki/BB:Earth_seafloor_crust_age_poster.gif)

Эти полосы по-разному намагниченных пород впервые были обнаружены в конце 50-х – начале 60-х годов. Протяженность их несколько сот километров, ширина 20–30 км. Оказалось, что чем дальше от срединного разлома подводного хребта расположена полоса магнитной аномалии, тем возраст образца старше (рис. 9.42), что было подтверждено впоследствии определением относительного и абсолютного возраста в результате глубоководного бурения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 9.42. Иллюстрация симметрии магнитных аномалий относительно оси срединно-океанического хребта (http://ru.wikipedia.org/wiki)

Магнитное поле океана характеризуется четырьмя главными типами, отражающими геодинамику формирования базальтового фундамента.

Первый тип представлен линейно упорядоченным (обычно бисимметричным) полем с четко выраженным линейным центром симметрии, соответствующим осевому рифту срединно-океанического хребта (СОХ). Второй тип магнитного поля характеризуется наличием сразу нескольких систем линейных аномалий, разноориентированных по отношению друг к другу. В этом случае рифты не составляют единой системы; отсутствует срединно-океанический хребет; линейные аномалии нередко образуют только одно крыло.

Первый и второй типы магнитного поля отражают спрединговый механизм образования океанического фундамента. Два других типа неспрединговой природы представлены «спокойным» и некоррелируемым магнитным полем.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.3.2. ТАЛАССОКРАТОНЫ

В океанах аналогами платформ являются глубоководные (абиссальные) равнины – *талассократоны, расположенные в глубоководных котловинах* между *материковым подножием* или *глубоководными желобами* - с одной стороны, и *срединно-океаническими хребтами* - с другой. Фундамент талассократонов сложен основными и метаморфизированными (серпентиниты) ультраосновными породами и разбит разломами на блоки, которые смещены друг относительно друга на сотни метров и осложнены вулканами. Осадочный чехол на них, состоящий из илов, глин и карбонатных пород мощностью десятки и сотни метров (до 1 км), субгоризонтальным плащом практически без тектонических нарушений покрывает любые неровности фундамента. В отдельных периферийных зонах осадочный чехол нередко осложнен грязевым диапиризмом. Возраст осадков закономерно возрастает по мере удаления от оси срединноокеанического хребта, но обычно не превышает меловой-юрский (рис. 9.43).

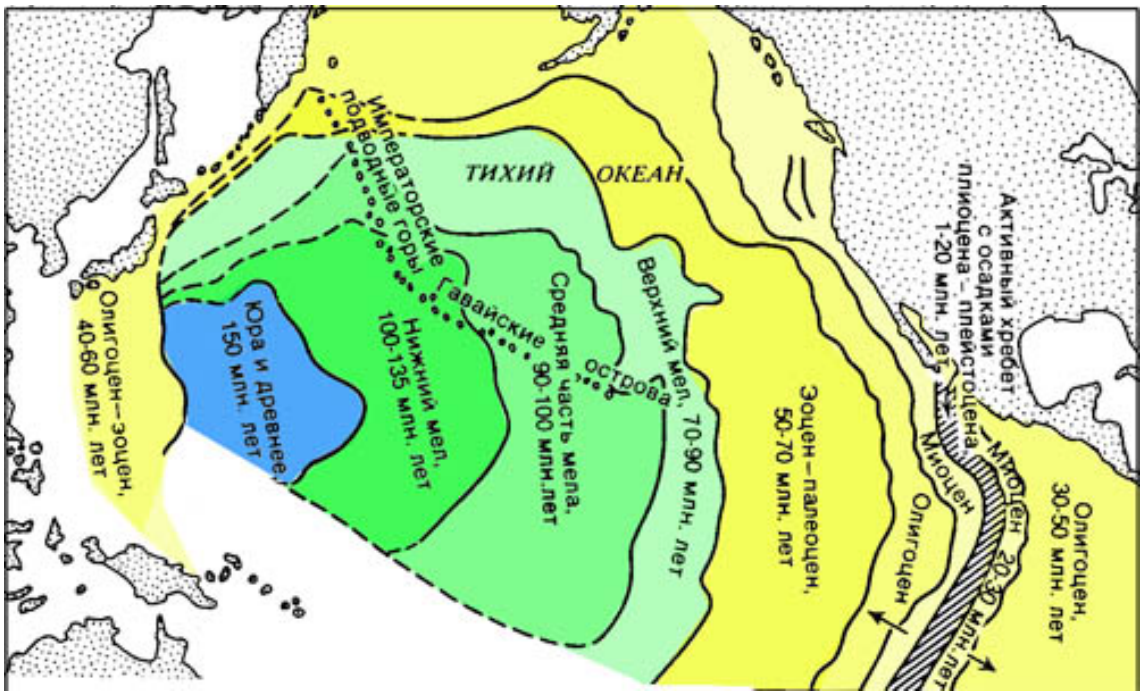


Рис. 9.43. Возраст осадков морского дна на площади между осью спрединга в Восточно-Тихоокеанском поднятии (современные) и западной части Тихого океана (юрские осадки) (по А. Аллисону и Д. Палмеру)

На фоне котловин выделяются внутриплитные поднятия и подводные горы, которые иногда выходят на дневную поверхность,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

образуя острова. Многие горы приурочены к зонам разломов и их пересечениям. Подавляющее большинство подводных гор (до 97%) - вулканического происхождения. Некоторые из них представляют собой грандиознейшие сооружения. Например, высочайшая вершина Земли – Эверест - возвышается над окружающими горами примерно на 3,5 км, а вулканический остров Гавайи над дном океана на 9,2 км. Как правило, они образуют цепочки и изометрические скопления.

Подводные горы с уплощенными вершинами - *гайоты* названы по имени американского геолога и географа А.Гюйо (Guyot). Особенно много гайотов в Тихом океане - в его центральной части и в заливе Аляска. Уплощенные вершины, связаны с субаэральной денудацией вершин, поэтому положение их вершин относительно современного уровня моря свидетельствует о тектонических перемещениях. Сложены гайоты вулканическими породами, вверху нередко венчаются коралловыми постройками (рис. 9.44).

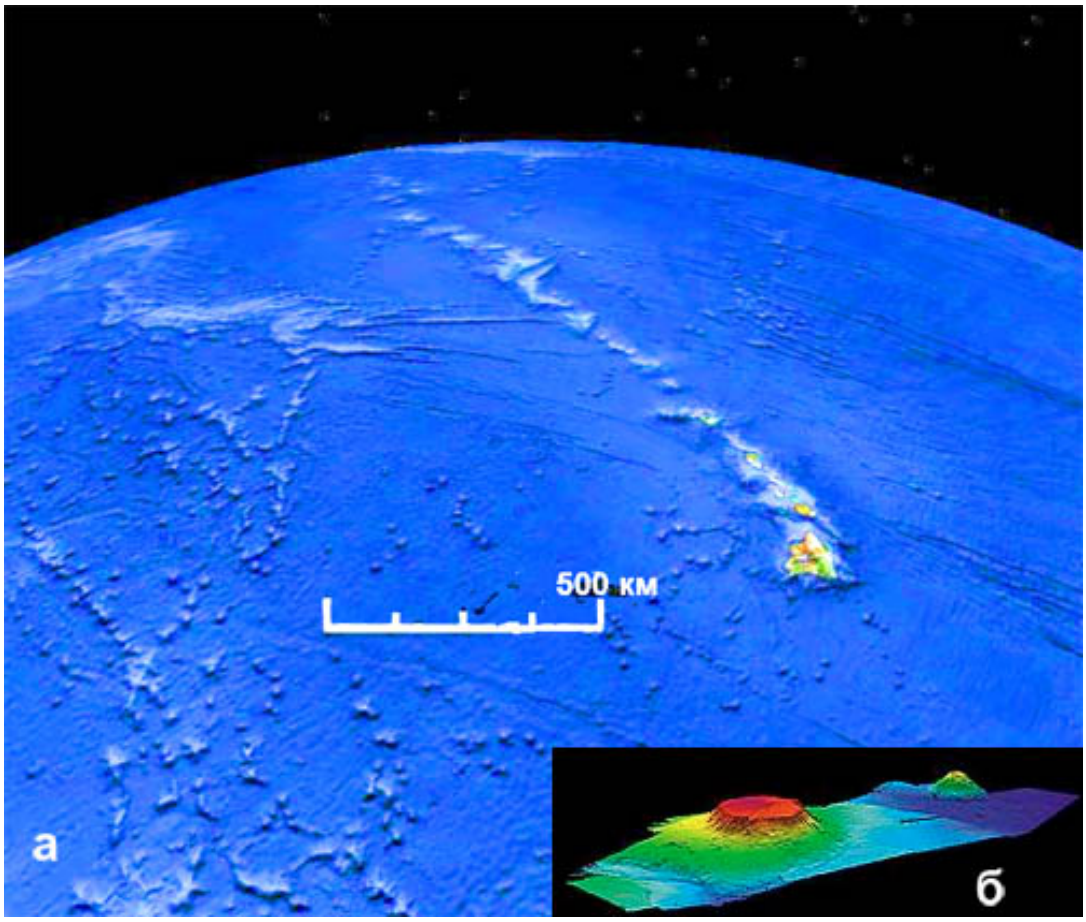


Рис. 9.44. Гайоты Тихого океана а «Планета Земля», на переднем плане – Гаваи, б – гайот Беар (http://ru.wikipedia.org/wiki)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Коралловые рифы образуют атоллы, и, в зависимости от знака тектонических движений, эволюция их может идти разными путями (рис. 9.45).

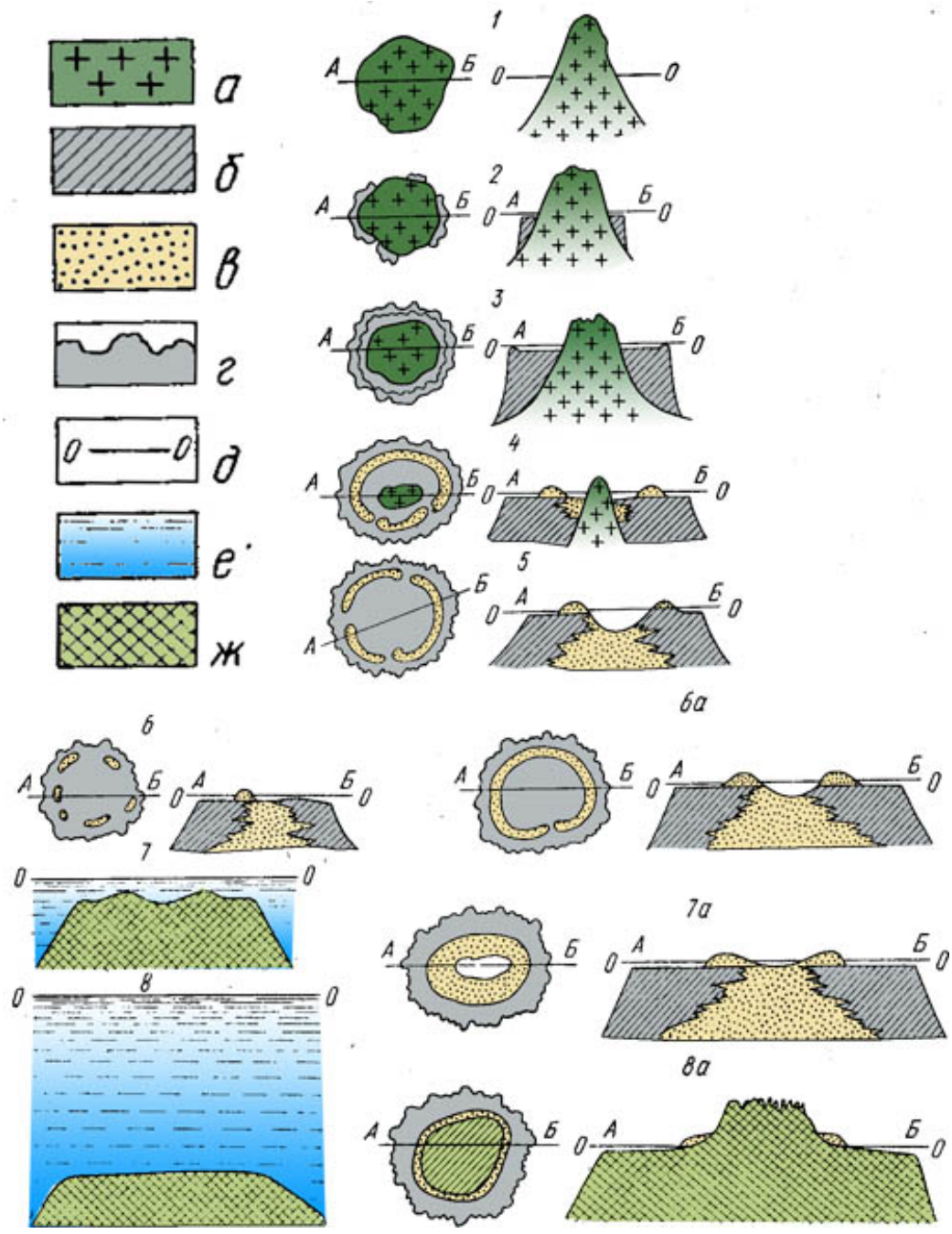


Рис. 9.45. Схема эволюции коралловых рифов (объяснение в тексте): а – вулканические породы, б – коралловые известняки,(на разрезах), в – рыхлые осадки, слагающие острова и днища лагун, г – коралловый риф (на плановых рисунках), д – уровень океана, е – толща воды, ж – древние коралловые известняки (на разрезах) (по О.К. Леонтьеву)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В условиях устойчивого тектонического погружения вулканического острова *(1)*, на его подводных склонах поселяются кораллы *(2),* образующие вдоль его берега береговой риф, который со временем разрастается, образует барьерный риф *(3).* При дальнейшем погружении вулкана, образуется коралловый атолл с остаточным вулканическим островом в середине лагуны *(4),* затем образуется нормальный атолл с аккумулятивными островами, насаженными на кольцевой риф *(5).* Если прогибание продолжается, то в дальнейшем на этом месте образуется атолл с подводной кольцевой постройкой, с редкими и незначительными по размерам островками (6б), подводный атолл *(7б)* и, наконец, гайот кораллового происхождения *(8б).* Если после достижения стадии 5 морское дно начало испытывать восходящие движения (или понизился уровень моря), то нормальный атолл превращается в островной атолл *(6а).* Кольцевой барьер такого атолла называется "рим", почти полностью превращается в остров. Затем атолл становится реликтовым, лагуна превращается в озеро в центре острова (7а), завершается цикл образованием поднятого реликтового атолла, превратившегося в известняковый остров.

Внутриплитные поднятия также образуют подводные банки и подводные плато, поднимающиеся над средним уровнем дна на 2-3 км. На ложе океанов встречаются и так называемые валы — широкие массивные поднятия с очень пологими склонами. Система валов делит ложе Тихого океана на несколько крупных котловин: Северо-Западную, Северо-Восточную, Марианскую, Центральную, Южную, Беллинсгаузена, Чилийскую, Панамскую. Есть ещё одна особенность строения океанского ложа — так называемые зоны разломов. Это узкие и необычайно длинные полосы сложно раздробленного дна; то крутые сбросовые уступы, то гребни и желоба, то просто сложный расчлененный рельеф.

На талассократонах находят железо-марганцевые конкреции (рис. 9.46), а также кобальтоносные железомарганцевые корки, находки которых приурочены к гайотам.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

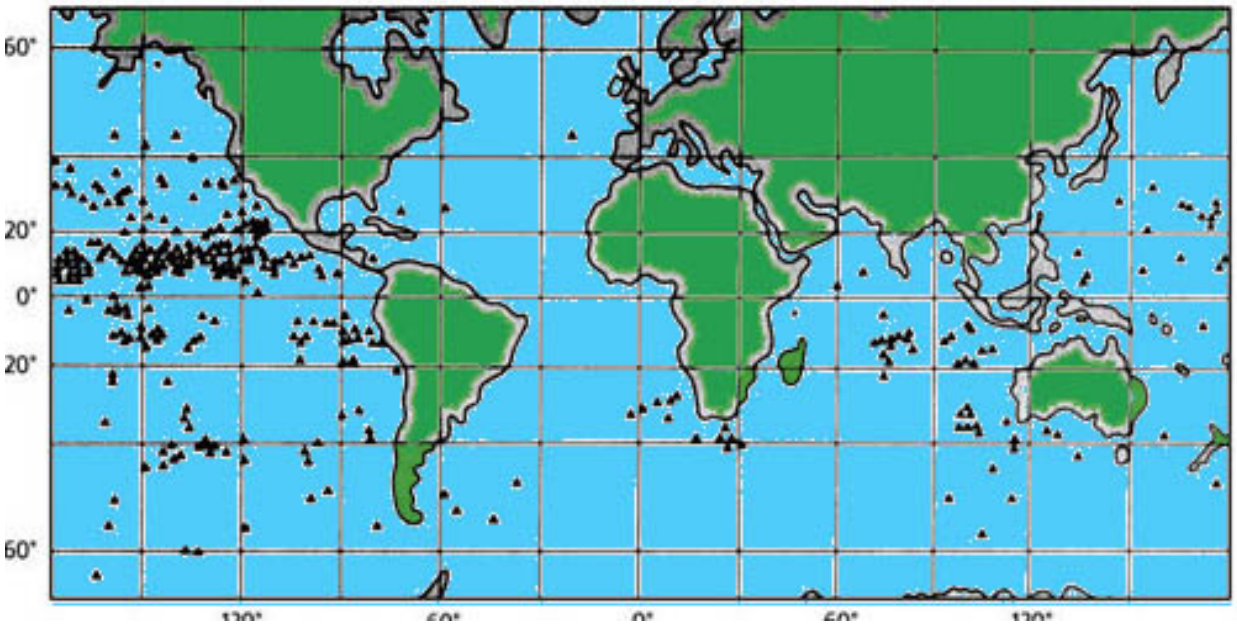


Рис. 9.46. Районы скоплений железо-марганцевых конкреций океана (http://articles.excelion.ru/science/geografy/62687067.html)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.3.3. СРЕДИННООКЕАНИЧЕСКИЕ ХРЕБТЫ

Главной особенностью рельефа океанского дна является планетарная система *срединно-океанических хребтов*, протягивающаяся через все океаны Земли. Ширина хребтов 1-2 тыс. км, высота над окружающим дном океана - до 4 км. Осевые части хребтов выражены узкими 20-30 км *рифтовыми* зонами, представляющими собой раздвиги. Срединно-океанические хребты характеризуются высокой сейсмичностью. В некоторых местах (Восточно-Тихоокеанское поднятие, Срединно-Атлантический хребет южнее Исландии) вместо грабенов-рифтов картируются горсты. Все срединно-океанические хребты пересечены многочисленными *трансформными* (потому что по ним происходит трансформация раздвигов в сдвиги) разломами. Самые крупные трансформные разломы, пересекающие не только океанское дно, но и прослеживающиеся на континентах, называются *магистральными.*

Внутриокеанические рифты, выраженные в рельефе срединноокеаническими хребтами (СОХ) обладают корой океанического типа как в их осевых зонах (зонах современного спрединга), так и на их флангах. Подобные рифтовые хребты могут возникать либо в результате дальнейшего развития межконтинентальных рифтов, либо в пределах более древних океанических областей (например, в Тихом океане). Масштаб горизонтального расширения во внутриокеанических рифтах — наибольший (до первых тысяч км). Для этих рифтов характерно наличие пересекающих их поперечных разрывов (трансформных разломов), как бы смещающих в плане соседние отрезки этих рифтовых зон относительно друг друга. Все современные внутриокеанические, межконтинентальные, а также значительная часть внутриконтинентальных рифтов непосредственно связаны между собой на поверхности Земли и образуют мировую систему.

Строение срединноокеанических хребтов зависит от скорости их раздвигания (рис. 9.47).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

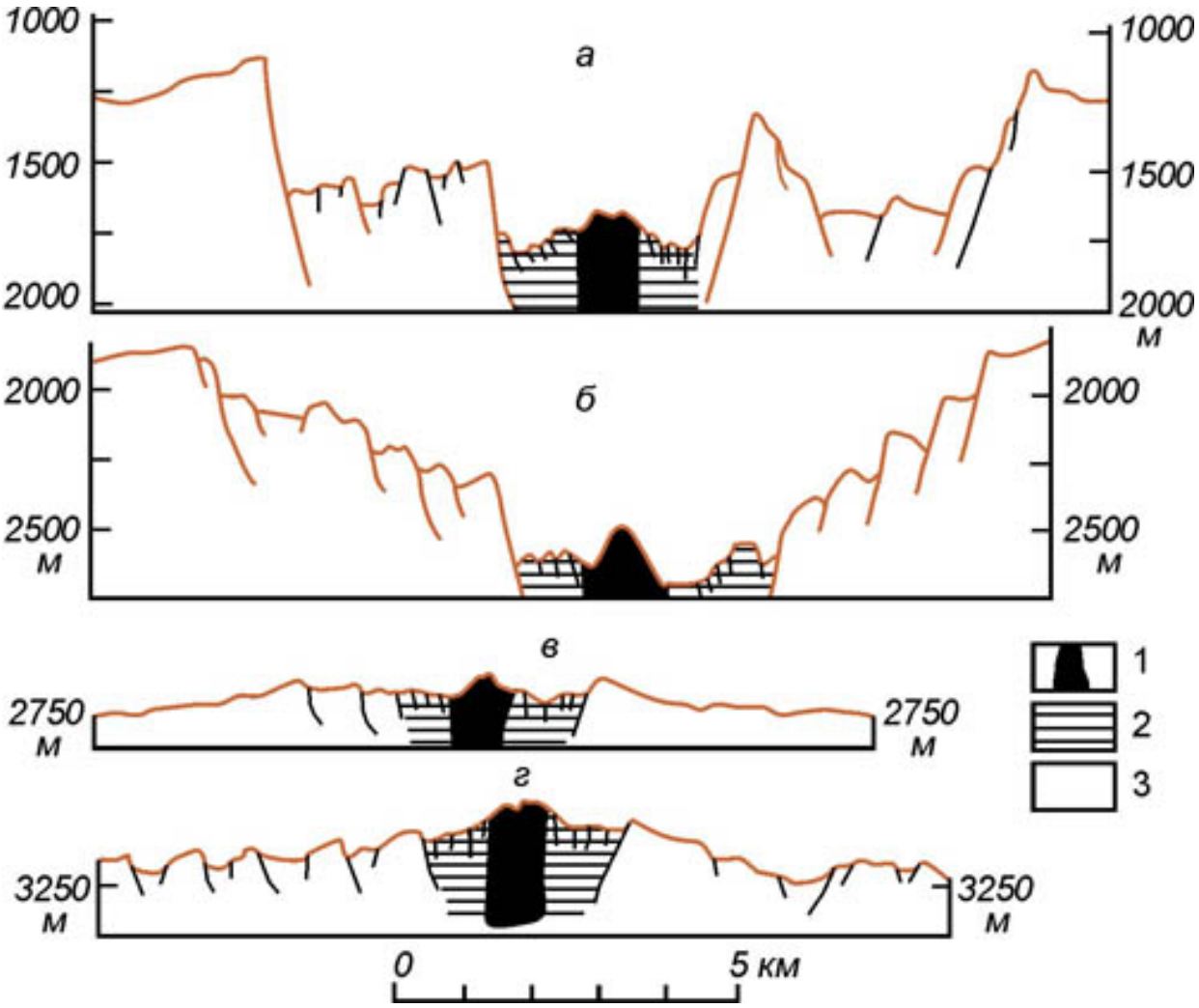


Рис. 9.47. Разрезы океанических рифтовых зон с разной скоростью спрединга а – Красноморский рифт – 1,5 см в год, б – Срединно- Атлантический рифт 2,5 см в год, в – и г – Восточно-тихоокеанское поднятие 6 см в год и 15 см в год. 1 – зона внедрения магмы, 2 – внутренняя зона рифта, 3 – рифтовые ступени (по http://kafgeo/igpu.ru/web-text-books/geology/glossary.htm)

Все современные внутриокеанические, межконтинентальные, а также значительная часть внутриконтинентальных рифтов непосредственно связаны между собой на поверхности Земли и образуют мировую систему рифтов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

9.3.4. Островные дуги и глубоководные желоба

Островные дуги - это гигантские системы надводных и подводных горных хребтов, образующих одинарные, двойные, тройные или разветвляющиеся системы поднятий длиной от 1000 до 4000 км. Одинарные островные дуги - линейно ориентированные подводные валообразные поднятия, по гребню и склонам которых насажены вулканические конусы. Иногда вершины конусов выступают над уровнем моря и образуют гирлянду островов. Некоторые дуги обращены выпуклостью в сторону океана, другие (Новогебридская) - в сторону от океана, или не имеют строгой ориентировки. В строении островных дуг важнейшее значение имеют разломы, и связанные с ними складки. Вал дуги состоит из системы сегментов, разделенных поперечными разломами, и образующих нередко ступенчатые системы и грабены. К пересечению разлома и осевой линии дуги нередко приурочены эпицентры землетрясений, вулканические аппараты (рис. 9.48).

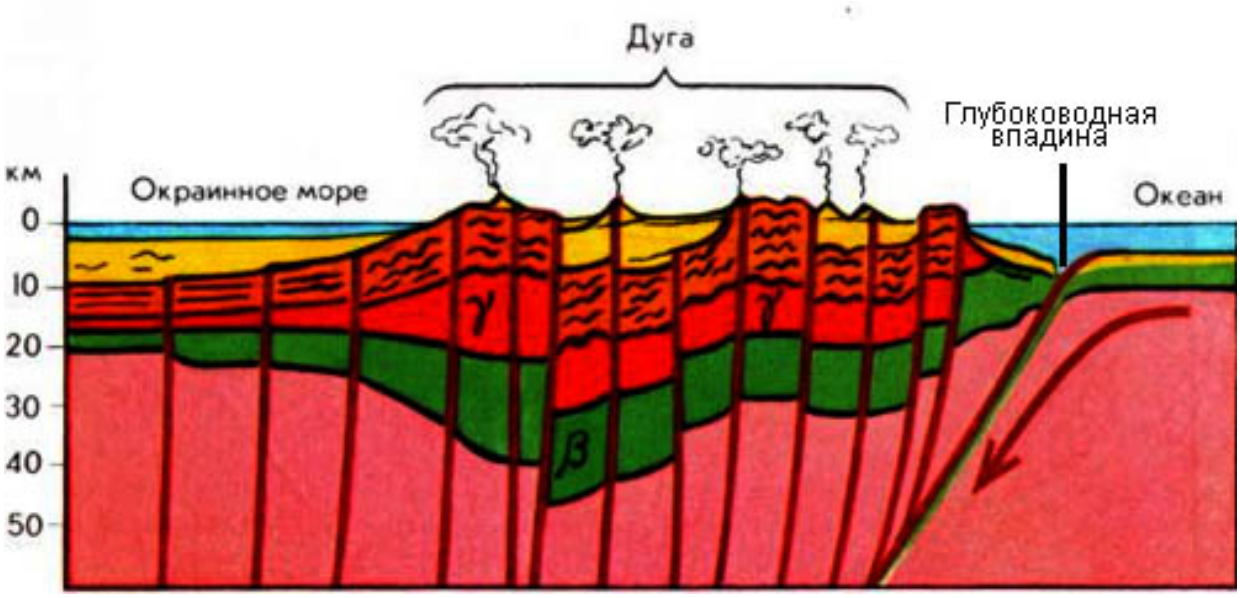


Рис. 9.48. Принципиальный разрез островной дуги

Внутри двойных дуг присутствуют глубокие впадины. Бывает, что острова сложены складчатыми структурами осадочного происхождения, нередко флишевого состава. Но, главным образом, островные дуги сложены вулканическими породами и являются областями наиболее активного современного вулканизма (80% современных действующих вулканов Земли приурочено именно к островным дугам). Состав лавы, как правило, андезитовый. В

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структурном отношении островные дуги представляют собой разнообразные образования. Как правило, островодужная система состоит из собственно островных дуг и *линз (призм) аккреции* (подводных поднятий) (рис. 9.49).

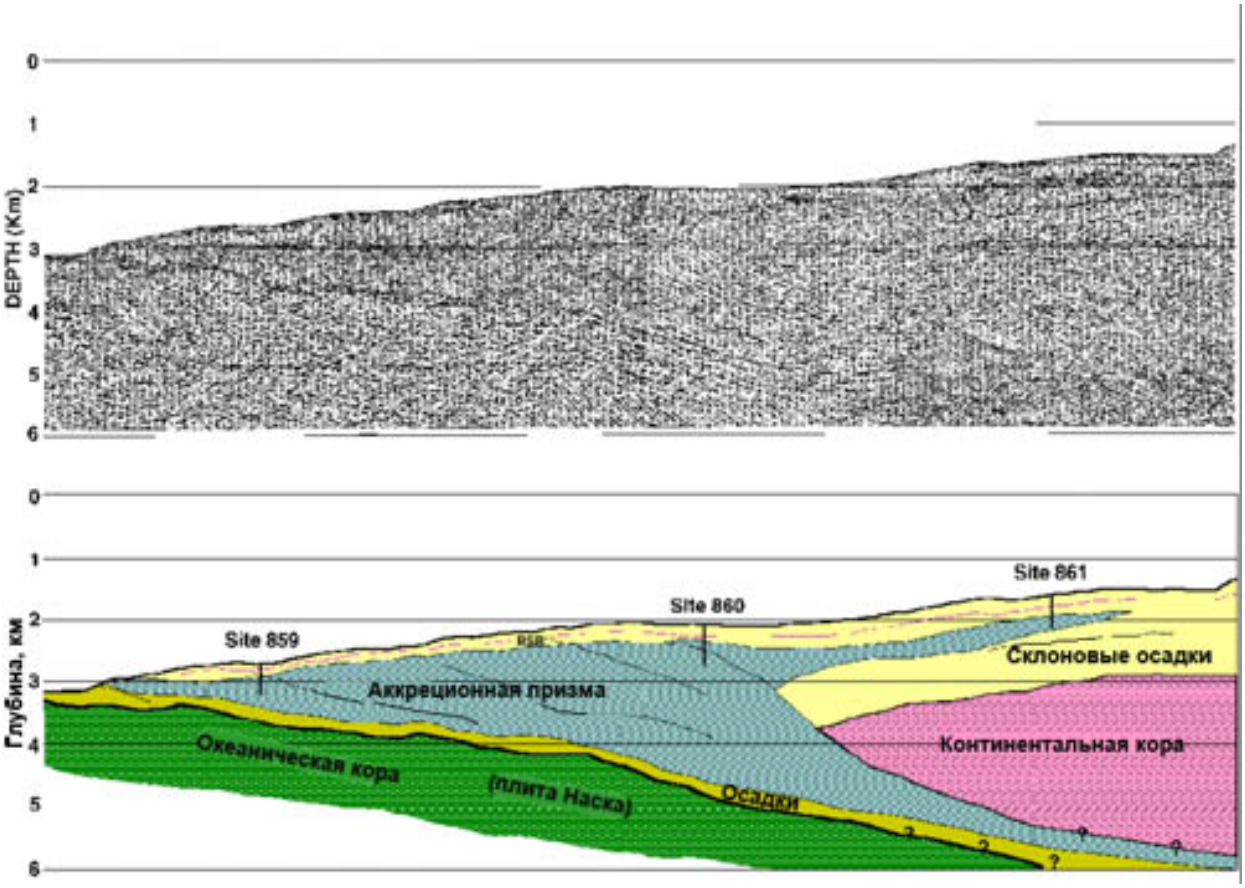


Рис. 9.49. Сейсмический и геологический профиль аккреционной призмы у побережья южной части Чили (http://walrus.wr.usgs.gov/research/images/lewis4.gif)

Аккреци́онная при́зма или *аккреционный клин* (от лат. accretio — *приращение, увеличение*) — геологическое тело, формирующееся в ходе погружения океанической коры в мантию (субдукции) во фронтальной части вышележащей тектонической плиты. Возникает в результате наслоения осадочных горных пород обеих плит и выделяется сильной деформацией нагромождаемого материала, разрушаемого бесконечными надвигами. Аккреционная призма образует своеобразный внешний предел островной дуги, который никак не связан с её вулканизмом. В зависимости от скорости прироста и глубины, аккреционная призма может подняться выше уровня моря. Линзы аккреции располагаются на внешней стороне дуги между глубоководным желобом и преддуговым бассейном. и

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

сложены толщами сложно дислоцированных толщ, смятых и разорванных разломами взбросового и надвигового типа.

Глубоководные океанические желоба - один из наиболее типичных элементов рельефа переходной зоны между материком и океаном, представляющий собой длинное узкое понижение дна океанов глубиной более 6000 м, со дна которых поступают гидротермы - глубоководные горячие источники – абиссогидротельмальными источниками. Их также называют черными курильщиками, из–за темного цвета воды, температура которой достигает 250 °С и выше. Кипения воды не происходит благодаря высокому давлению – 300 атм (рис.9.50).

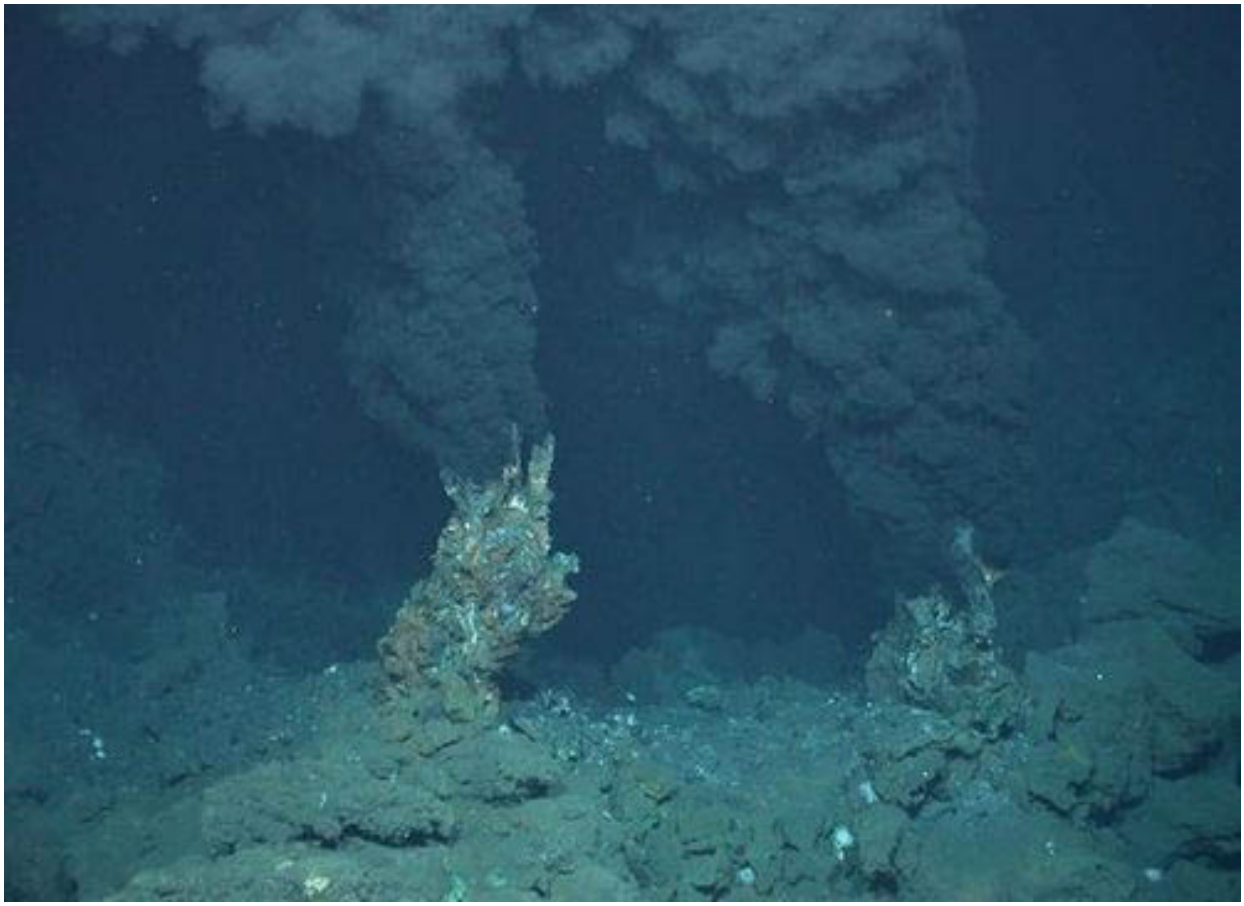


Рис. 9.50. Черные курильщики в Марианской впадине. Температура воды - 382ºС (http://deepseachallenge.com/wp-content/uploads/2012/02/deep-sea-mud-vents.jpg)

Глубоководные желоба обычно расположены с внешней (океанической) стороны хребтов островных дуг. В геологическом отношении представляют собой современные геосинклинальные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

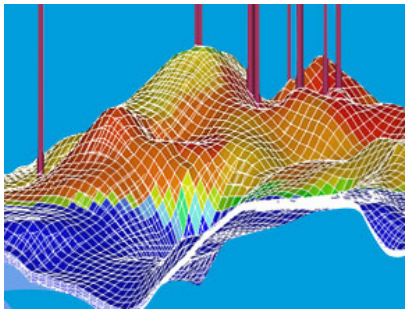
структуры. Самые глубокие желоба находятся в Тихом океане (наиболее глубокий Марианский жёлоб — до 11 022 м). Крутизна их склонов 10-25^0 со стороны континента и 3-8^0 со стороны океана. На продольных профилях рельефа глубоководных желобов нередко обнаруживаются поперечные ступени и пороги, вероятно связанные с подвижками земной коры по разломам. Некоторые глубоководные желоба имеют поперечные ответвления, возможно связанные с поперечными разломами.

Глубоководные желоба активно заполняются осадками - тонкими терригенными, вулканогенными, диатомовыми илами, красными глинами. Сравнительно большая мощность осадков оказывается со стороны борта, прилегающего к островной дуге. Для этих осадков характерны подводнооползневые складки и складки, образованные турбидитовыми потоками.

Глубоководные желоба по геофизическим данным представляют собой шовные структуры - со стороны океана характер земной коры океанический, со стороны континента - континентальный. В континентальных окраинах *андийского* типа отсутствуют окраинные моря и островные дуги, а глубоководные желоба примыкают к окраине континента.

Контрольные вопросы к 9.3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



ЧАСТЬ II. СТРУКТУРНЫЕ ПОСТРОЕНИЯ И АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Раздел посвящен структурным и картировочным построениям, а также чтению геологических графических документов и их структурному анализу. В нем приведены методические указания по выполнению работ, варианты заданий и упражнений по структурной геологии и анализу геологических документов. В некоторых случаях имеются подсказки и решения к ним.

Глава 10. Изображение геологических тел и границ на геологических чертежах

10.1. Изображение точки, вектора, линии и плоскости

Геологические тела определяются своими границами, которые можно аппроксимировать плоскостями, по-разному ориентированными в пространстве, линиями, прямыми и их отрезками, характерными точками. Чтобы изобразить точку, линию или геологическое тело их наносят на топографическую основу, пользуясь различными методами «привязки». Это могут быть ***метод сличения с местностью - 10.1.1, метод засечек – 10.1.2,*** по координатам и с помощью программных средств и специальных устройств.

!Привязываясь с помощью специальных устройств всегда необходимо контролировать результат визуальными методами!

Точка, привязанная к карте, имеет три координаты – широту, долготу и высоту (глубину). С помощью условных знаков указывают, какой именно объект обозначает данная точка (пункт геологического наблюдения, устье скважины, нефтепроявление, место в недрах с какими-либо конкретными свойствами, численное значение картируемого признака). В геологии нередко третье значение характеризует не координату какого-либо значения, а иной количественный, или качественный ***признак недр**,*** например пористость породы-коллектора, толщину (мощность) какого-либо слоя, наличие горной породы определенного состава, или возраста и т.д.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.1.1. Привязка точки «по ситуации» (метод сличения с местностью)

Привязка «по ситуации» обычно осуществляется при работе на местности. Тогда привязаться к местности, или ориентироваться, – это значит определить свое местоположение относительно местных предметов, определить на карте точку своего стояния, найти направление движения к поставленной цели.

Метод «по ситуации» называют еще методом «*сличения с местностью».* Выполняя его, сначала ориентируют[1] аэроснимок, или топооснову на местности, затем приблизительно находят точку своего стояния относительно крупных, хорошо заметных элементов ландшафта. Затем постепенно детализируют и уточняют это местоположение относительно все меньших элементов, расположенных все ближе к точке стояния до тех пор, пока не окажутся точно на данной точке (рис. 10.1).

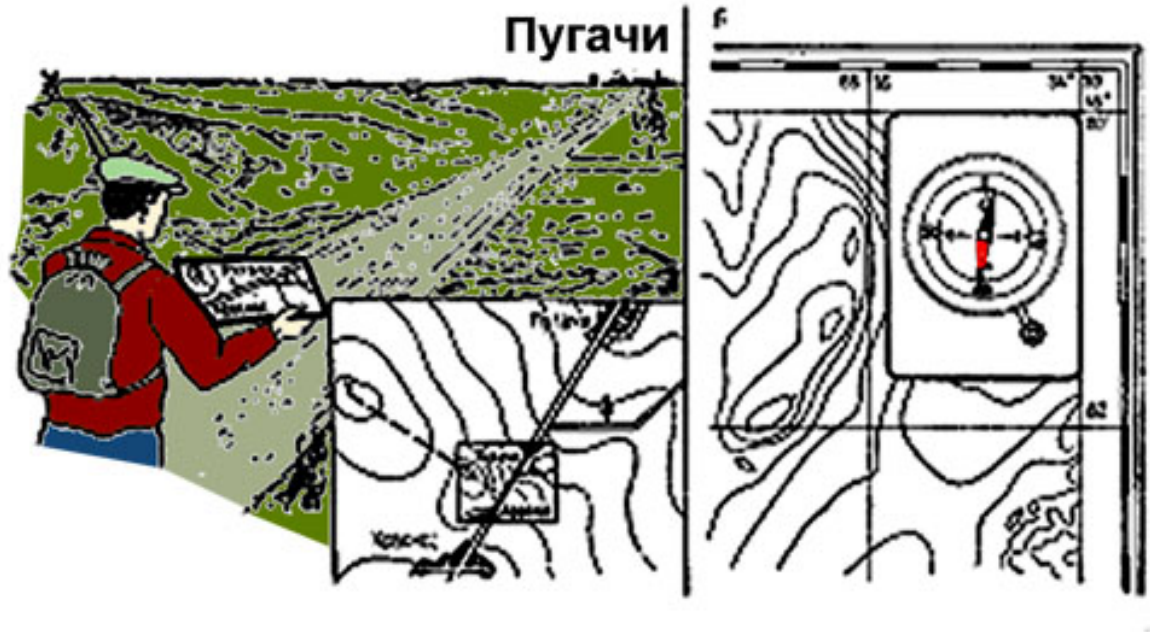


Рис. 10.1. Ориентирование методом сличения с местностью

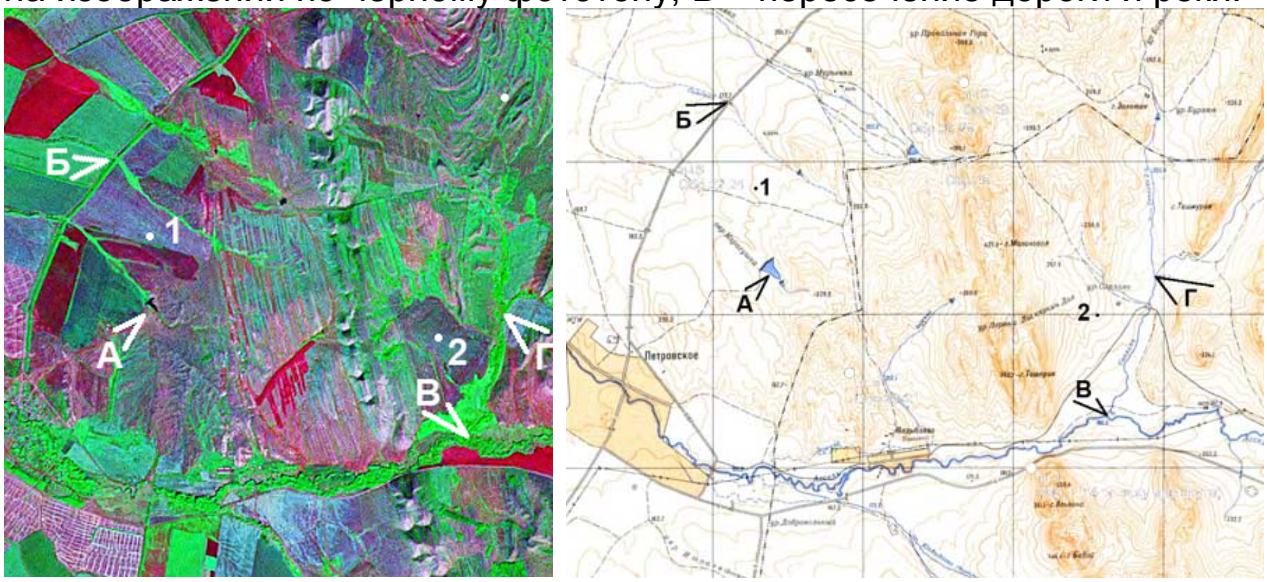
Этот метод лучше всего применять при ориентировании по аэрофотоснимкам потому, что на них можно увидеть много мелких деталей ландшафта. При ориентировании «по ситуации» следует учитывать изменения, которые могли произойти в ландшафте по сравнению с моментом съемки (на аэрофотоснимке), или с момента

[1] Ориентировать снимок или карту - значит расположить его так, чтобы северное направление на изображении указывало на север на местности.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

создания топоосновы (построены новые дома, разрушены старые, изменились очертания дорог, построены новые и т.д.).

Иногда необходимо перенести точку с одного геологического чертежа на другой. Тогда их ориентируют в одинаковом направлении, и, учитывая масштаб, находят положение искомой точки относительно точек, уверенно опознающихся на обоих изображениях. Такие точки называют ***опорными***, или ***опознаками.*** Например, при переносе точки 1 (рис. 10.1) опознаками могут служить А – пруд, выделяющийся на изображении по черному фототону, Б – пересечение дороги и реки.



а б

Рис. 10.2. Перенос точек «по ситуации» со снимка на топооснову. А, Б, В, Г – опорные точки (опознаки); 1,2 – переносимые точки; а – космоснимок (с которого переносят, б – топокарта (на которую переносят)

Тогда точка 1 на карте должна быть нанесена почти на прямой между опознаками, примерно на равном расстоянии между ними, чуть севернее тропы, которая, вероятно, проходит по краю поля.

При нанесении точки 2 можно использовать в качестве опознаков устья рек и ручьев, а в качестве дополнительных признаков использовать уступ рельефа.

Этот метод применяется, если имеется достаточное количество хорошо заметных ориентиров.

Для закрепления материала перейдите по ссылке и выполните ***упражнения к 10.1.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.1.2. Привязка методом засечек

При привязке точки с местности на карту (снимок) методом засечек следует (рис. 10.3):

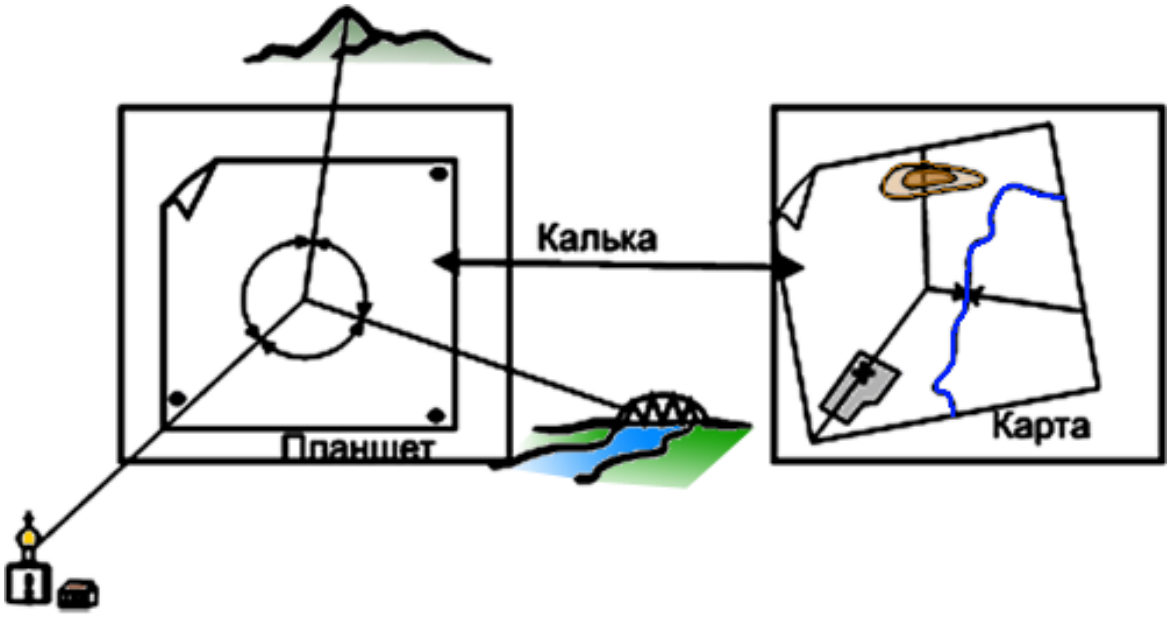


Рис. 10.3. Привязка методом засечек

– найти на местности три точки (опознака), которые хорошо видны и на снимке (топооснове), расположенные по разные стороны от точки наблюдения;

– взять на них азимут с помощью горного компаса (о работе с горным компасом можно прочитать ***в приложении 1***;

– на небольшом кусочке кальки примерно посередине в произвольной точке нанести точку (0) и построить от неё три луча, соответствующие замеренным азимутам;

– наложить кальку на снимок (топооснову) так, чтобы лучи прошли через намеченные точки (опознаки). Тогда точка 0 на снимке (топооснове) будет соответствовать точке стояния.

Этот метод применяют при ориентировании с топоосновой или в местностях, где сложно привязаться "по ситуации".

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.1.3. Привязка контуров

Терминология: контурные точки, это:

– точки поворотов контура, который необходимо перенести, точки, которые определяют контур. В этом значении еще употребляется термин «характеристические точки» – по которым можно характеризовать контур;
– точки, однозначно определяемые на снимках, на карте и на местности. В этом значении иногда (и в данном пособии) употребляются термины «опорные точки», или «опознаки».

Перенос «по ситуации»

1. Положить рядом снимок и карту и выделить на переносимом контуре характеристические точки – точки поворотов контура, краевые точки и т.д. Именно их необходимо будет перенести со снимка на карту, а затем соединить их плавными линиями, сообразуясь с рельефом, показанным на карте и наблюдаемом на снимке под стереоскопом.

2. В окрестностях переносимого контура найти на снимке и на карте идентичные надежно устанавливаемые опорные точки (2-3 на каждую характеристическую точку).

3. Определить положение характеристических точек относительно контурных и нанести их на карту. При этом можно пользоваться пропорциональным циркулем.

4. Соединить характеристические точки на глаз, плавными линиями, сообразуясь с рельефом, показанным на карте и наблюдаемом на снимке под стереоскопом. Контур перенесен.

Перенос методом засечек из опорных точек

1. Определить точки (характеристические), которые будут переноситься, и взять одну из них (точка 0).

2. В окрестностях этой точки выбрать 3-4 опорных, находящихся по разные стороны от характеристической, и выделить их на снимке и на карте.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. Взять листок кальки или другой прозрачной бумаги, наложить на снимок, и отметить на ней переносимую характеристическую (0) и опорные точки.

4. Соединить характеристическую и опорные точки лучами, проходящими через опорные точки и продолжить эти прямые примерно настолько, насколько масштаб карты крупнее масштаба снимка.

5. Наложить кальку на карту так, чтобы лучи прошли через опорные точки. Тогда точка 0 на кальке будет соответствовать характеристической точке на снимке.

6. Повторить эту процедуру для всех выбранных точек.

7. Соединить характеристические точки на глаз, плавными линиями, сообразуясь с рельефом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.1.4. Изображение прямой, отрезка и линии

П р я м у ю в геологии принято изображать на карте точкой, лежащей на прямой, и элементами ее залегания. Элементы залегания прямой – это два угла. Один - *азимут* прямой - располагается в горизонтальной плоскости и является правым углом, отсчитываемым от севера до проекции прямой на горизонтальную плоскость. Этот угол всегда измеряется в градусах. Азимут может меняться от 0° до 360°(северное направление). Восточное направление имеет азимут 90°, южное - 180°, западное - 270°. Этот угол на карте изображается графически в виде вектора. Другой угол называется углом *погружения* или *падения* прямой. Он показывает наклон прямой к горизонтальной плоскости и измеряется в градусах, либо в тангенсах. Горизонтальная плоскость имеет угол падения 0°, вертикальная - 90°, а наклонная может принимать любые значения в этом промежутке. Этот угол записывают рядом с точкой цифрами (рис. 10.4, а).

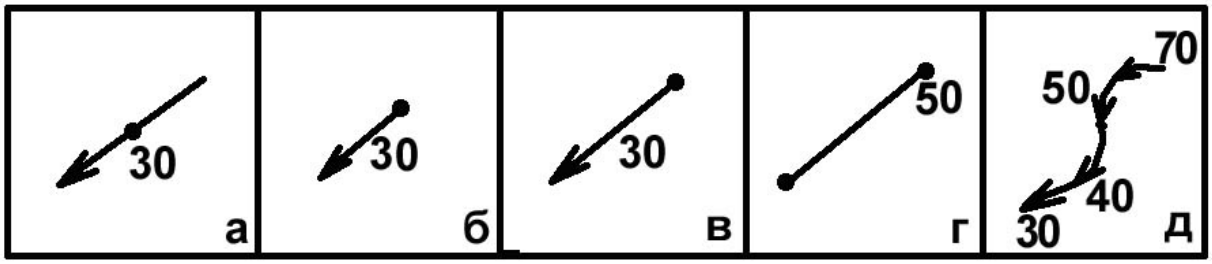


Рис. 10.4. Изображение прямой (а), вектора (б), отрезка прямой (в, г), кривой (д) на геологических картах

Проекция падения на горизонтальную плоскость часто называется *линией падения*. Направление, противоположное падению, называется *восстанием.*

В е к т о р на карте изображают точно так же, только точку с элементами залегания ставят в начале вектора (рис. 10.4,б).

О т р е з о к п р я м о й изображается либо вектором и длиной отрезка (рис. 10.4, в), либо двумя точками, соответствующими краям отрезка (рис. 10.4, г). У отрезка можно определить превышение – разность высотных отметок между максимальным и минимальным значением высот точек *(∆ H)*. Иногда для отрезков линий, особенно в случае малых наклонов, погружение задают не в градусах или

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

тангенсах, а указывают непосредственно превышение (например, 10 метров на километр).

При решении различных задач структурной геологии часто приходится интерполировать или градуировать отрезки. Интерполирование (градуирование) отрезков изучается в курсе инженерной графики, а также геодезии и топографии, если Вы забыли, как это делается, перейдите ***по ссылке (приложение 2 - линейная интерполяция).***

К р и в а я линия в геологии изображается ее траекторией на карте, а на отдельных характерных участках этой траектории проставляются величины погружения кривой (рис. 10.4, *д*).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.1.5. Задание плоскости

Плоскость в геологии чаще всего задают с помощью падения, координатами трех точек, или системой стратоизогипс.

Падением называется вектор, лежащий в плоскости пласта и имеющий самый большой наклон в сторону наименьших высот. Противоположное падению направление называется *восстанием.* При задании с помощью падения указывают точку на карте, в которой определяются его азимут и угол с горизонтальной плоскостью (рис. 10.5).

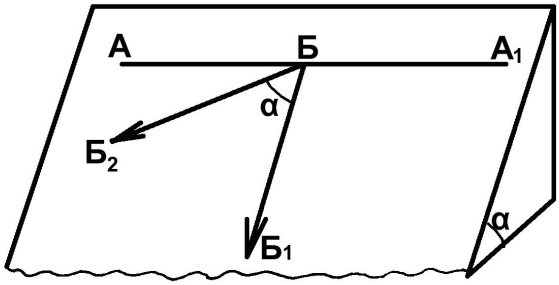


Рис. 10.5. Падение и простирание плоскости

Кроме того используется понятие простирания. Так как падение - это вектор, то геологи определяют его пространственное положение так же, как любого другого вектора - азимутом падения и углом падения. *Азимут падения* **–** угол, отсчитываемый по *часовой стрелке* от северного направления до проекции линии падения на горизонтальную плоскость (на рис. 10.5 вектор $ББ_2$). ***Угол падения*** **(α) -** это максимальный угол наклона плоскости, то есть, это угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость. Горизонтальная плоскость имеет угол падения 0°, вертикальная - 90°, а наклонная может принимать любые значения в этом промежутке. На геологических документах азимут и угол падения принято записывать следующим образом: *Аз. пад. 60 ∠ 20.* Знак "°" в записи не ставится.

Простиранием называется любая горизонтальная линия, лежащая в рассматриваемой наклонной плоскости (кровле, или подошве пласта, плоскости разрыва). Простирание всюду имеет одинаковые абсолютные отметки, является линией пересечения рассматриваемой плоскости с горизонтальными плоскостями и перпендикулярна и линии падения, и самому падению. Простирание может быть только у наклонных и вертикальных плоскостей.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Направление, перпендикулярное простиранию (падение или восстание) называют направлением «*вкрест простирания*».

На картах элементы залегания наклонной плоскости обозначаются значком в виде буквы "Т" с длинной перекладиной (4 мм по стандарту), ориентированной в соответствии с простиранием плоскости и коротким основанием (2 мм по стандарту), ориентированным в сторону падения плоскости. Вершина прямого угла является точкой замера. Угол падения надписывается цифрами около значка (рис. 10.6.а). Горизонтальные плоскости ни падения, ни простирания не имеют и изображаются симметричным крестом (рис. 10.6.б). Вертикальную плоскость изображают одним из значков, приведенных на рис. 10.6 в, причем, длинная сторона значка указывает направление простирания. При опрокинутом (перевернутом) залегании значок наклонного залегания сопровождается петлей (рис. 10.6.г).



Рис. 10.6. Обозначение залегания плоскости на геологических картах: а - наклонной падающей к востоку под углом 30º, б - горизонтальной, в – вертикальной, г – опрокинутой, падающей к востоку под углом 80º.

В зависимости от исходных данных существуют различные методы определения и задания элементов залегания пласта. При полевых исследованиях – их замеряют непосредственно горным компасом. Если Вы забыли, как работают с горным компасом, перейдите по ссылке в ***приложение 1 (определение элементов залегания горным компасом)***. В других случаях элементы залегания определяют и изображают с помощью вычислений или графических построений.

Плоскость можно задавать и изображать с помощью *изогипс* – линий равных высот. Для наклонной плоскости изогипсы имеют вид серии параллельных равноотстоящих друг от друга прямых, являющихся линиями простирания (рис. 10.7).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

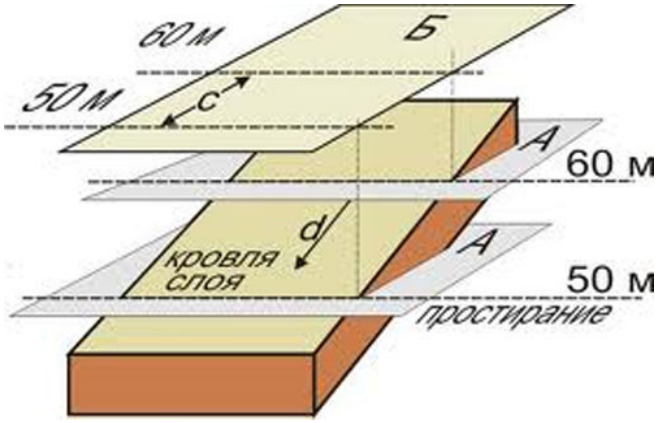


Рис. 10.7. Заложение при моноклинальном залегании: d – падение, c - заложение

При изображении слоистых горных пород изогипсы называются *стратоизогипсами* (stratum - пласт). Расстояние между соседними, различными по высоте стратоизогипсами на карте называется заложением. При прочих равных условиях заложение тем больше, чем положе залегает плоскость.

Все три способа задания плоскости можно трансформировать друг в друга. Как это делается описано в ***10.1.6.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.1.6. Определение элемеТов залегания по трем точкам (по данным бурения, по геологической и структурной картам)

Графический метод определения элементов залегания по трем точкам широко распространен. Им можно определить элементы залегания плоскости, если эти точки не лежат на одной прямой, и хотя бы одна из них имеет отличную от других абсолютную отметку. Для построения необходимо также знать положение точек на карте или плане. Точками могут быть три скважины, три шурфа, три обнажения горных пород, три пересечения геологической границы с горизонталями рельефа и др.

Графическое задание 10.1. Определение элементов залегания по данным бурения скважин

В нефтяной геологии, из-за того, что интересующие нефтяников пласты расположены обычно под землей, вскрыты только буровыми скважинами и недоступны непосредственным измерениям компасом, метод определения элементов залегания по трем точкам особенно важен.

Рассмотрим выполнение работы на примере со следующими исходными данными:

Точка 1 - $\beta_1 = 340^o$; $L_1 = 400$ м; Абс. отм.= 400 м

Точка 2 - $\beta_2 = 200^o$; $L_2 = 300$ м; Абс. отм.= 300 м

Точка 3 - $\beta_3 = 55^o$; $L_3 = 550$ м, Абс. отм.= 350 м,

где β - азимут направления от опорного пункта (точка, в которой стоите Вы с теодолитом) до точки наблюдения (устья скважины).

L - расстояние от опорного пункта до точки наблюдения (устья скважины) в метрах;

Абс. отм. - абсолютная отметка маркирующего горизонта.

1. Определение масштаба будущего чертежа. Масштаб надо подобрать таким образом, чтобы он поместился на чертеже и при этом был максимально крупным. Если Вы затрудняетесь сделать это, перейдите по ***ссылке*** к приложению 3 «Задание масштаба чертежа».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Для данной работы при выполнении ее на листе формата А4 удобен масштаб 1:10000 или 1:20000.

2. Нанесение на чертеж положений устий скважин (исходные данные для этой работы предусматривают работу в полярных координатах).

Для нанесения устий скважин необходимо:

- ориентировать чертеж по странам света, указав на нем стрелкой произвольно направление севера;
- в центральной части чертежа произвольно отметить положение опорной точки 0;
- с помощью транспортира из точки 0 от северного направления по часовой стрелке отложить угол β_1, соответствующий заданному азимуту к скважине, а вдоль полученного направления в выбранном масштабе расстояние L_1 , которое даст место – положение скв.1. Точно так же следует нанести положения скважин 2 и 3, соответственно их положению на местности.
- рядом с точками проставить абсолютные значения отметок кровли пласта в скважинах (рис. 10.8). После этого лучи О1, О2 и О3 можно убрать.

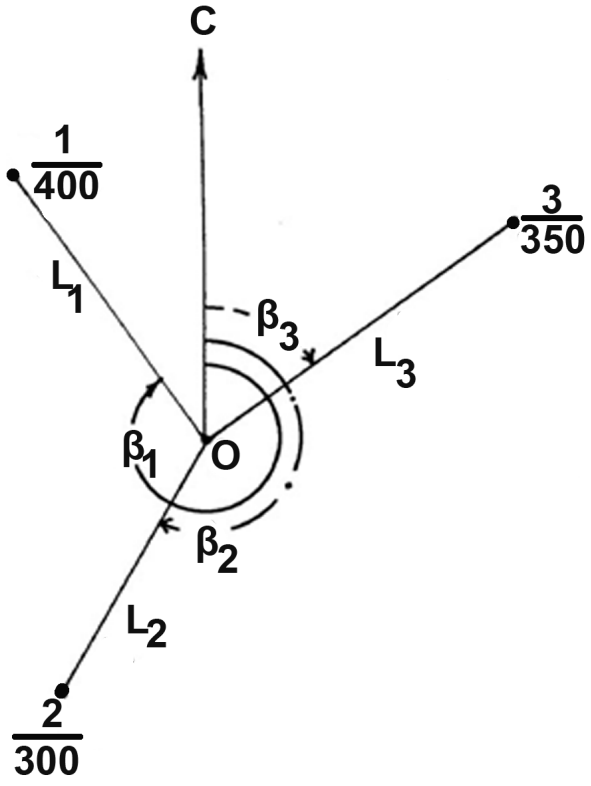


Рис. 10.8. Нанесение на чертеж положения скважин

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. Определение азимута простирания пласта.

Точки, в которых пласт имеет максимальную и минимальную абсолютные отметки (1 и 2 – в нашем примере) соединить отрезком прямой (рис. 10.9).

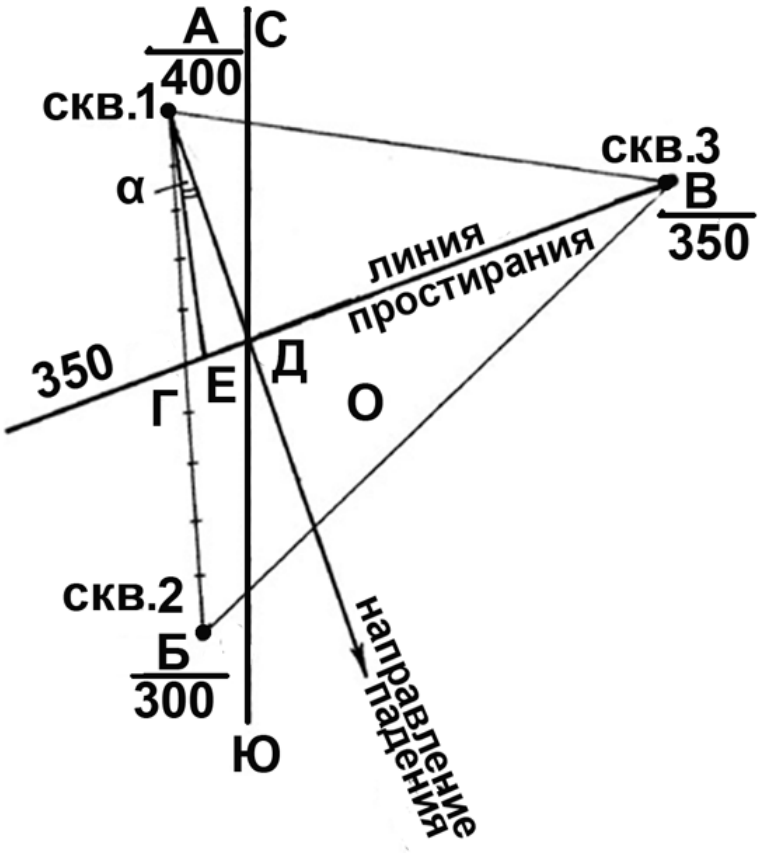


Рис. 10.9. Определение элементов залегания пласта по трем скважинам

Вдоль проведенного отрезка пласт меняет свою высоту от 300 до 400 м, где-то принимая и значение 350 м, - равное абсолютной отметке пласта в скважине 3 (В*)* – ее промежуточному значению. Проекция этой точки на горизонтальную плоскость - Г (рис. 10.9).

Положение точки Г можно рассчитать из соотношения:

$АГ/(Н_{макс} – Н_{пром.}) = АВ/(Н_{макс} – Н_{мин.})$,

где $Н_{макс}$, $Н_{пром}$ и $Н_{мин}$ - значения абсолютных отметок пласта в скважинах (максимальное, промежуточное и минимальное соответственно).

Расстояние АБ можно измерить линейкой на чертеже.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вычисленное расстояние АГ отложить на чертеже с помощью линейки. Точка Г лежит в плоскости пласта и имеет такую же абсолютную отметку, как и точка В. Следовательно, линия ГВ горизонтальна и поэтому является простиранием данного пласта. Её азимут следует измерить с помощью транспортира.

4. Определение азимута падения пласта.

Падение перпендикулярно простиранию и направлено в сторону скважины с минимальной абсолютной отметкой, поэтому для определения линии падения надо восстановить перпендикуляр от линии простирания к скважине с минимальной или максимальной отметкой (ДА).

Вектор, направленный в сторону меньшей абсолютной отметки, будет проекцией линии падения на горизонтальную плоскость (направлением падения), и его азимут также измеряется транспортиром. Измеренное значение азимута падения должно на 90° или 270° отличаться от значения азимута линии простирания.

5. Определение угла падения.

Чтобы найти угол падения, нужно из точки Д (рис. 10.8) в масштабе чертежа отложить вправо или влево по линии ВГ отрезок, равный разнице между максимальным и промежуточным (высотной отметкой в точке А и отметкой в точке В) значениями абсолютных отметок пласта и соединить полученный отрезок с точкой *А*. В нашем примере – это отрезок, равный (400 – 350 = 50 м). Тогда угол ЕАД будет углом падения пласта (α) и его можно измерить транспортиром. На рис. 10.10 приведен пример окончательного оформления работы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

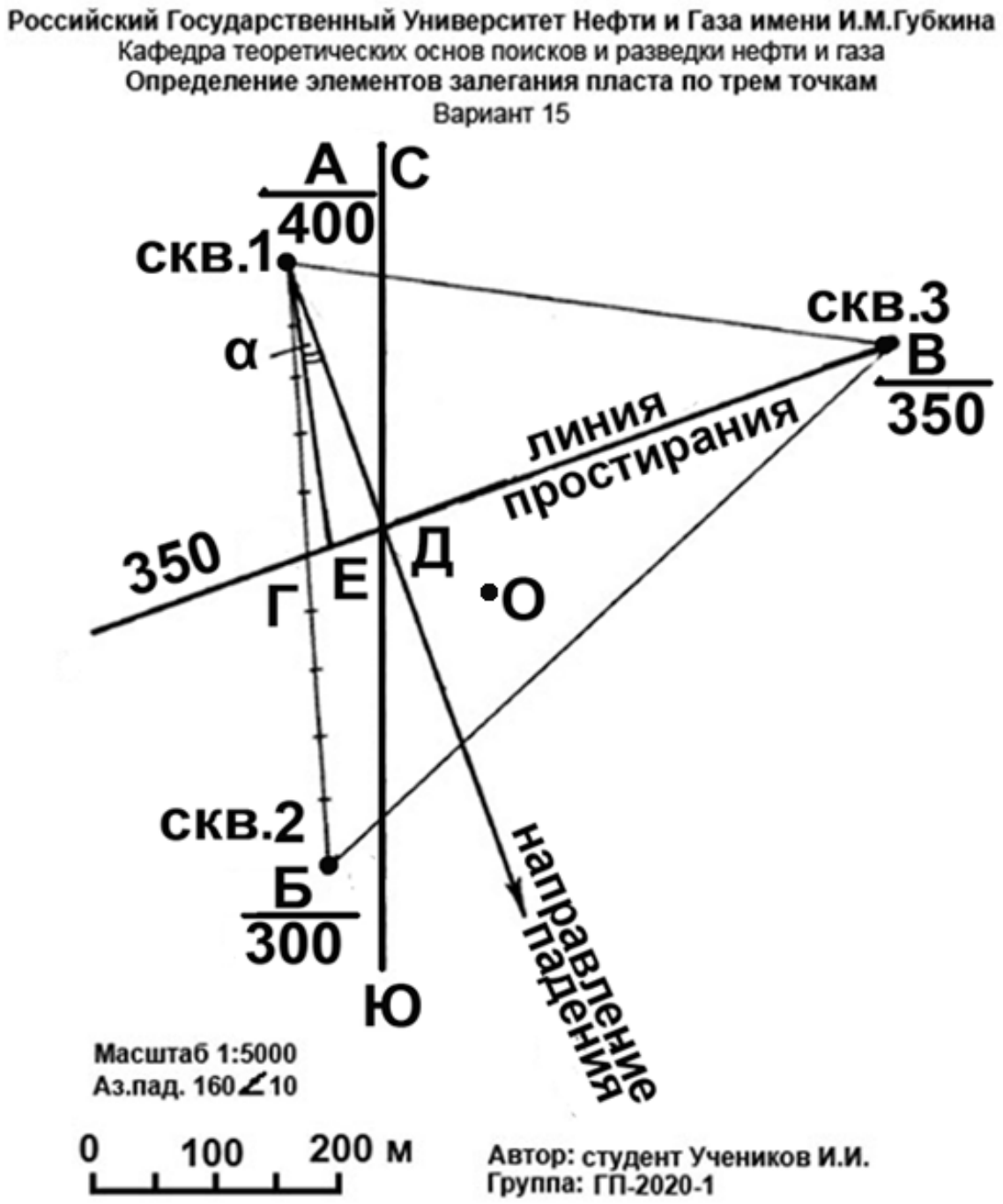


Рис. 10.10. Пример оформления работы по определению элементов залегания по трем скважинам.

Для закрепления материала перейдите по ***ссылке и выполните задание*** по одному из приведенных вариантов

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание з10.2. Определение элементов залегания по геологической карте

Если геологическая граница пересекает горизонтали рельефа в трех точках, не лежащих на одной прямой, то по этим данным можно определить элементы залегания точно так же, как определяли их в предыдущем задании, потому что в этих точках известна абсолютная отметка границы, равная значению горизонтали рельефа.

Как правило, на геологической карте можно найти две точки геологической границы, лежащие на одной горизонтали, и третью точку, лежащую на другой горизонтали. В этом случае построения упрощаются.

Разберем построение на примере. На рис. 10.11 приведен фрагмент геологической карты масштаба 1:1000, на котором показана граница между породами юры и мела, пересекающая горизонтали.

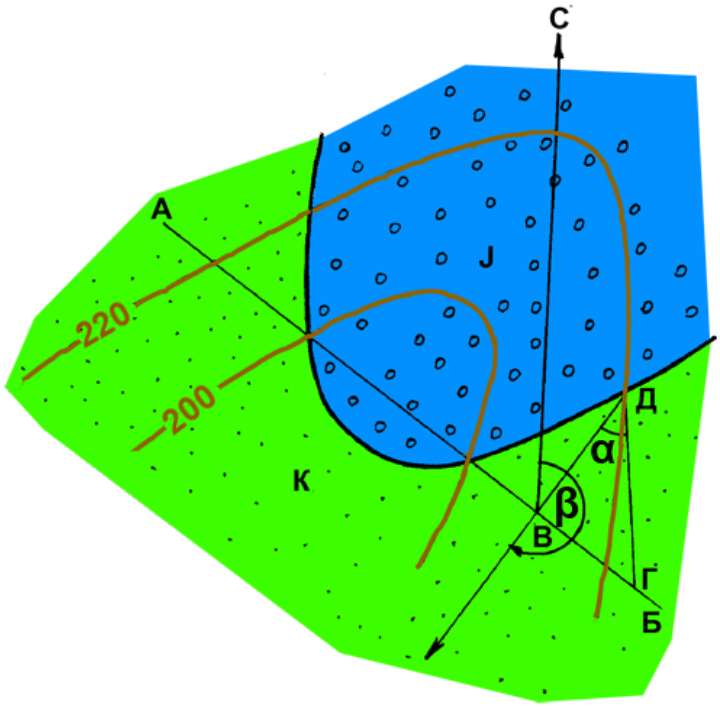


Рис. 10.11. Определение элементов залегания по трем точкам по геологической карте

1. Построение линии простирания.

Для построения линии простирания следует найти две точки пересечения геологической границы с одной и той же горизонталью и провести через них прямую линию (рис. 10.10, прямая АБ). Она, во-

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

первых, лежит в плоскости геологической границы между юрой и мелом; а, во-вторых – горизонтальна, так как принадлежащие ей точки находятся на одной высоте. Следовательно, прямая АБ - это - линия простирания.

2. Построение линии падения.

Найти точку пересечения той же геологической границы со следующей по высоте горизонталью (выше или ниже по склону) – точка Д.

Опустить перпендикуляр ВД из точки Д на прямую АБ, и на этом перпендикуляре поставить стрелку, указывающую в сторону меньших значений высот. Полученный вектор лежит в плоскости пласта, перпендикулярен простиранию и направлен в сторону меньшей отметки рельефа. Следовательно, это проекция падения пласта на горизонтальную плоскость. Замерив его азимут ($\angle\beta$) транспортиром, получим азимут падения.

3. Определение угла падения.

Чтобы получить угол падения (см. п. 5 предыдущего задания) на линии простирания от точки *В* в любую сторону отложить отрезок *ВГ*, равный в принятом масштабе сечению горизонталей (в нашем случае - 20 м, в масштабе 1:1000 равно 2 см). $\angle$ ВДГ **-** угол падения (α), который можно замерить транспортиром.

Для закрепления материала перейдите по ***ссылке и выполните задание***

Графическое задание (з10.3). Определение элементов залегания по структурной карте

В отличие от предыдущих заданий, при определении элементов залегания по структурной карте, полученные значения усредняются по площади не между тремя, а только между двумя точками – кратчайшему расстоянию между соседними стратоизогипсами.

На структурной карте простирание пласта в данной точке определяется как касательная к стратоизогипсе в данной точке.

Порядок выполнения работы рассмотрим на примере, приведенном на рис. 10.12, на котором изображен фрагмент

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структурной карты антиклинальной складке. Необходимо определить элементы залегания этой границы в точке Д**.** Мы предполагаем, что в окрестностях точки Д пласт можно аппроксимировать наклонной плоскостью.

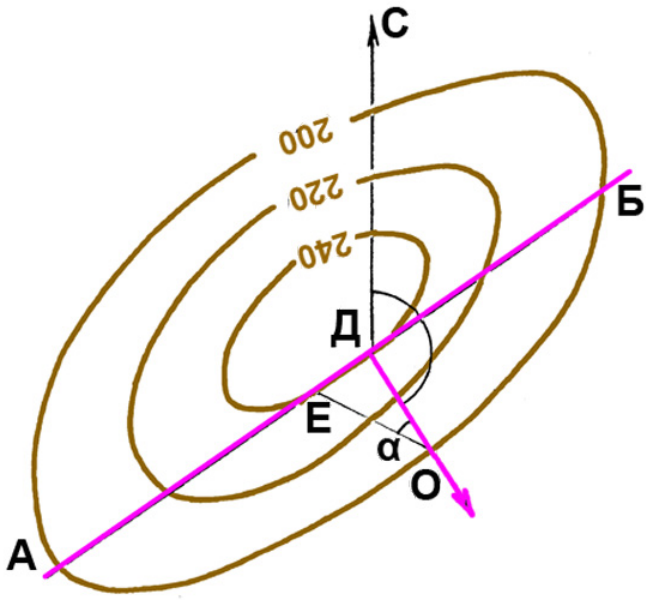


Рис. 10.12. Определение элементов залегания по структурной карте

Для определения элементов залегания необходимо:

– Построить касательную АБ из точки Д. Это – линия простирания, и ее азимут можно замерить транспортиром.

– Восстановить перпендикуляр из точки Д к линии простирания в сторону меньших значений стратоизогипс (отрезок ДО) до пересечения до какой-либо из следующих стратоизогипс. Это – направление линии падения и ее азимут (угол *СДО*) можно замерить транспортиром.

– На линии простирания из точки *Д* отложить в масштабе отрезок ДЕ, равный разности абсолютных отметок между точками Д и О (в нашем случае, это (240-200 = 40 м), и соединить с точкой О. Угол ДОЕ – угол падения пласта. Его можно замерить транспортиром.

Для закрепления материала перейдите по ***ссылке и выполните задание.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.1.7. Определение элеметов залегания по двум видимым сечениям

Если непосредственно замерить элементы залегания невозможно, тогда компасом замеряют видимые наклоны геологической границы (видимое сечение), а по ним определяют угол и азимут падения.

Видимое сечение (падение) пласта - *это наблюдаемый в горных выработках или в естественных обнажениях наклон геологических границ, не совпадающих с направлением их падения.*

При определении элементов залегания геологической поверхности методом «двух видимых сечений» необходимо иметь два видимых угла ее наклона, замеренных на стенках шурфа, обнажения и т.д., и азимуты видимых падений этой поверхности. Существует несколько способов определения элементов залегания по двум видимым наклонам, два из них мы рассмотрим.

Пространственное решение задачи определения элементов залегания кровли или подошвы пласта методом “двух видимых сечений” показано на рис. 10.13, где МА и МВ - линии наклона пласта на стенках шурфа, ОА и ОВ (а1 и а2) - направления азимутов стенок шурфа, (в нашем примере 42º и 29º) - углы наклона пласта на стенках шурфа, МС - линия падения пласта, ОС (а) - направление азимута падения пласта, α - угол его падения.

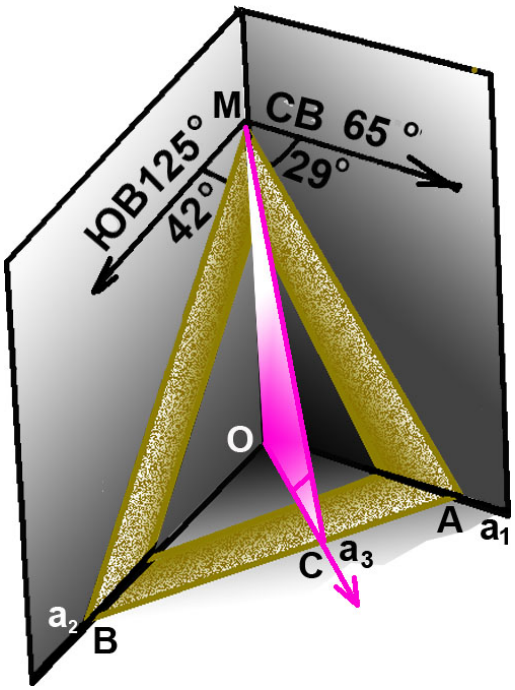


Рис. 10.13. Два видимых сечения на стенке шурфа и их ориентировка

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Видимые углы падения пласта (42º и 29º) замерены горным компасом на стенках шурфа (обнажения) и характеризуют наклон пласта относительно горизонтальной плоскости. Азимуты видимых падений (125º и 65º) определяются пространственным положением относительно стран света стенок шурфа. Замеры азимутов проводятся горным компасом в направлении наклона геологической границы.

Решение задачи производится графически в произвольно выбранном масштабе (на листе миллиметровки формата А4).

В качестве примера рассмотрим выполнение задания при приведенных исходных данных: азимуты видимых наклонов - a_1 = 65º, a_2 =125º; углы падения составляют 42º и 29º магнитное склонение западное 3º.

1. Построение методом Сократова.

На листе миллиметровой бумаги из произвольной точки *О* с зафиксированным направлением на север провести направления азимутов видимых падений (стенок шурфа), но предварительно необходимо учесть магнитное склонение ***(см. приложение 1 работа с горным компасом, внесение поправок).*** В случае восточного склонения его величина прибавляется к отсчету по компасу, в случае западного – вычитается (рис. 10.14).

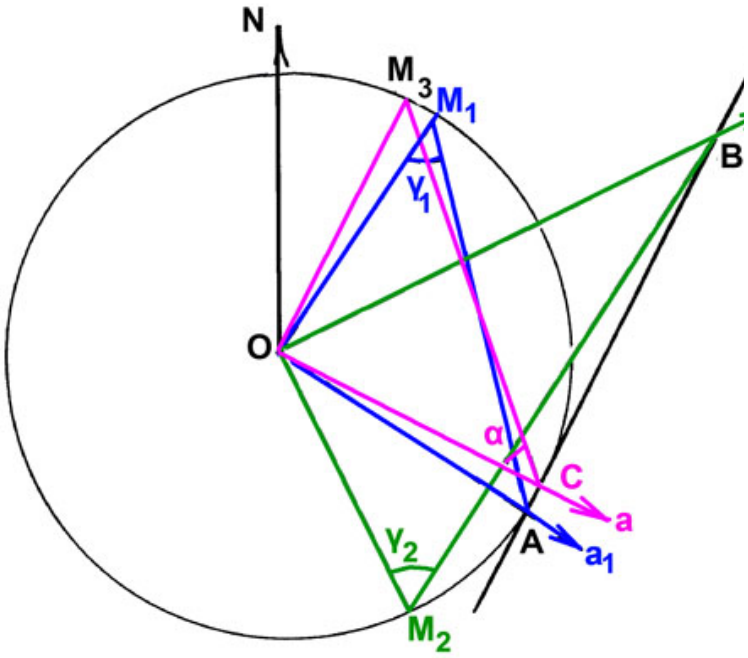


Рис. 10.14. Определение элементов залегания по двум видимым сечениям (по Г.И. Сократову)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Из точки О к линиям Oa_1 и Oa_2, восстановить перпендикуляры и соединить их с точкой О, отрезками OM_1 и OM_2 произвольной, но равной величины.

Построить окружность с радиусом, равным отрезкам OM_1 и OM_2 с центром в точке О.

При точках M_1 и M_2 построить углы γ_1 и γ_2, равные соответственно 90º - α_1 и 90º - α_2, т.е. 45º и 58º.

Продолжив полученные стороны углов γ_1 и γ_2 до пересечения с линиями a_1 и a_2, и получаем треугольники, точки А и В которых будут принадлежать линии простирания геологической границы.

Опустив из точки О перпендикуляр на линию простирания, получаем направление линии падения пласта (а) или проекцию линии его падения на горизонтальную плоскость.

Азимут линии падения и азимут простирания пласта замеряются транспортиром. Отсчет ведется от северного конца меридиана по часовой стрелке (в нашем примере они соответственно составят: аз.пад. ЮВ 120.

Восстановить из точки О перпендикуляр OM_3 к линии ОС, равный величине OM_1 (OM_2).

Соединив точку M_3 с С, получим треугольник OM_3C, в котором угол при вершине С будет углом падения геологической границы. В нашем примере угол α равен 43º.

2. Построение методом котангенсов (методом Н.Б. Вассоевича). Применимо для пологих углов.

При произвольно выбранной точке О построить направления видимых азимутов падения Oa_1 и Oa_2 (рис. 10.15).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

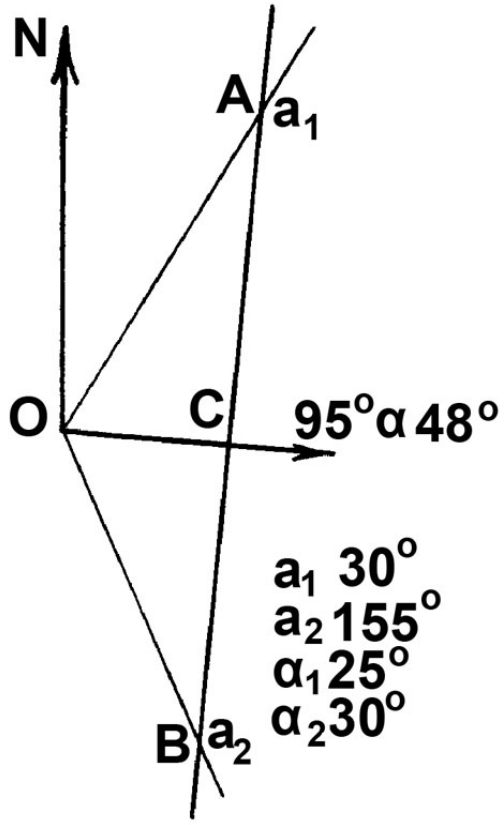


Рис. 10.15. Определение элементов залегания по двум видимым сечениям (по Н.Б. Вассоевичу)

На лучах Oa_1 и Oa_2 в произвольно выбранном масштабе отложить котангенсы соответствующих углов наклона и получить точки А и В.

Соединить точки А и В концов полученных отрезков прямой линией, получить линию простирания.

Опустив из точки О перпендикуляр на линию АВ, получить направление линии падения. Его можно измерить транспортиром.

Длина отрезка ОС отвечает котангенсу искомого угла падения.

Чтобы закрепить материал, перейдите ***по ссылке*** и выполните задание своего варианта.

Контрольные вопросы к 10.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.2. МОЩНОСТЬ СЛОЯ И СПОСОБЫ ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Толщина (мощность) пласта - это расстояние между его граничными поверхностями. Кратчайшее расстояние называется **истинной** толщиной. **Горизонтальная толщина** - расстояние между кровлей и подошвой по горизонтали.

Вертикальная толщина - расстояние между кровлей и подошвой по вертикали. **Видимая** - расстояние между кровлей и подошвой по любому другому направлению (рис. 10.16).

В частных случаях истинная толщина может совпадать с видимой, горизонтальной или вертикальной. При горизонтальном залегании пласта его истинная и вертикальная толщины равны, а горизонтальная является бесконечно большой. При вертикальном залегании пласта его истинная и горизонтальная толщины равны, а вертикальная является бесконечно большой.

! **При наклоне рельефа и слоя в одну и ту же сторону и залегания слоя круче рельефа, даже при нормальном залегании кровля пласта оказывается гипсометрически ниже подошвы**

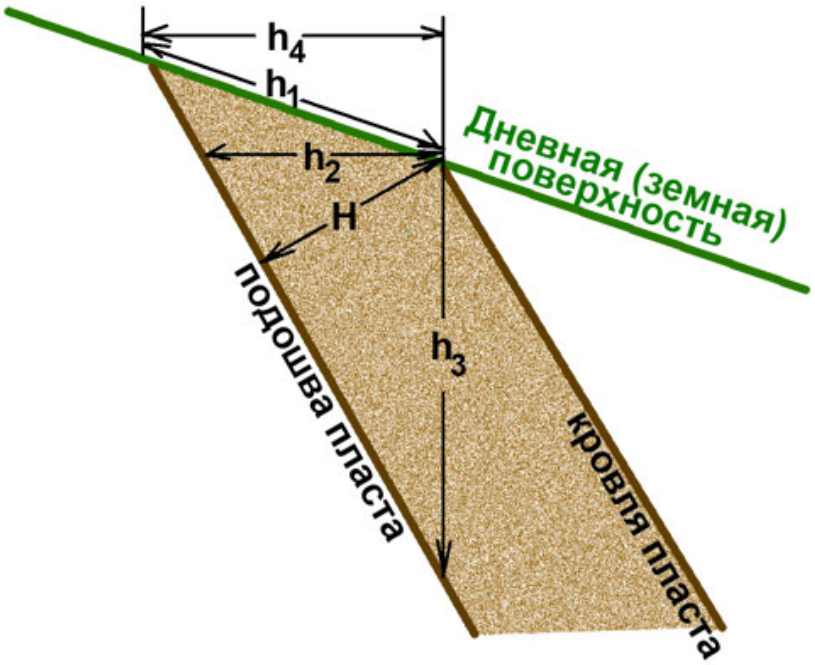


Рис. 10.16. Виды толщины (мощности) пласта: H – истинная, h_1 - видимая (ширина выхода пласта на дневную поверхность), h_2 – горизонтальная, h_3 – вертикальная, h_4 - проекция видимой толщины на горизонтальную плоскость

Различные виды мощностей связаны между собой тригонометрическими соотношениями (рис. 10.17).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

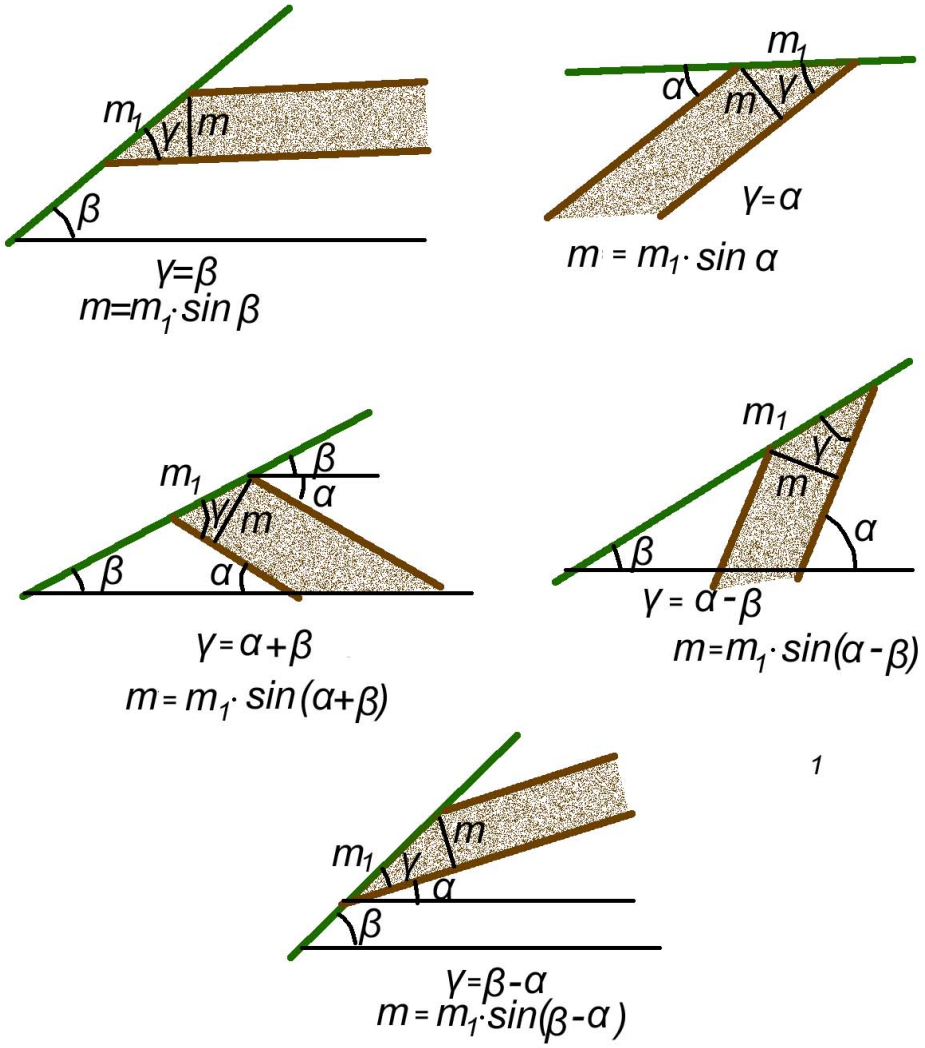


Рис. 10.17. Тригонометрические соотношения между истинной и другими видами мощностей: ***α*** – угол падения пласта, ***β*** – угол наклона поверхности земли, ***γ*** – угол между наклоном пласта и рельефом земли, ***m*** – истинная мощность, ***m₁*** – видимая мощность

Истинная мощность при горизонтальном залегании это разность абсолютных отметок кровли и подошвы слоя. При наклонном расчлененном рельефе истинная мощность слоя можно определить по видимой мощности и углу наклона рельефа (рис. 10.18).

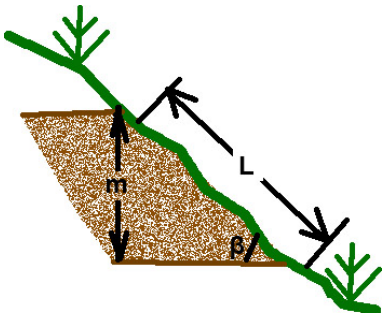


Рис. 10.18 Определение истинной мощности слоя: L – видимая мощность, β – угол наклона рельефа в направлении замера, *m* - истинная мощность (толщина)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

м = L sin β, где м – истинная мощность, L – видимая мощность, β – угол наклона рельефа в направлении замера.

При работе на обнажениях горных пород и в горных выработках замерить истинную толщину слоев или пачек горных пород удается не всегда. Ее замеры приходится выполнять по наиболее обнаженному и удобному для передвижения направлению, которое может и не совпадать и с направлением падения пластов (т.е. в косом сечении).

В тех случаях, когда направление замера не перпендикулярно падению слоя, формула для вычисления истинной мощности по видимой усложняется. Если замер сделан вдоль склона в косом сечении, то для вычисления истинной мощности пользуются формулой П.М. Леонтовского:

$$m = \pm L (\sin \alpha \cos \beta \cos \gamma \pm \cos \alpha \sin \beta),$$

где L - расстояние от кровли до подошвы пласта по косому сечению (величина замера),

α - угол падения пласта,

β- угол наклона рельефа по направлению замера,

γ- угол между азимутом падения пласта и азимутом линии замера (L).

cos γ - это поправочный коэффициент, позволяющий производить коррекцию угла падения при промере величины *L* не по падению пласта. Эту коррекцию без большой погрешности можно не производить при значениях угла до 15°. Если рельеф и пласт падают в противоположные стороны, перед обоими произведениями ставится знак плюс. В случае совпадения направления падения пласта и рельефа из большего произведения вычитают меньшее.

По геологической карте истинную толщину вычисляют по формуле Фролова:

$$m = \pm L \sin \alpha \cos\gamma \pm \Delta h \cos \alpha,$$

где Δh - превышение (разность абсолютных отметок) между концами линии замера.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Остальные обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

Если рельеф и пласт падают в противоположные стороны, перед обоими произведениями ставится знак плюс. В случае совпадения направления падения пласта и рельефа из большего произведения вычитают меньшее. Этой формулой удобно пользоваться для определения истинной толщины пласта по геологической карте. Величину Δh измеряют по линии, соединяющей точки пересечения проекций кровли и подошвы пласта на горизонтальную плоскость с какими либо горизонталями рельефа, разница отметок которых дает величину Δh.

При замере Δh по падению пласта угол $\gamma = 0$, тогда $m = \Delta h \cos \alpha$, и при замере Δh вкрест простирания $\gamma = 90^{\circ}$, тогда $m = \Delta h \sin \alpha$.

В полевых условиях мощность слоя измеряется рулеткой, складным метром, но можно и веревкой или рукояткой молотка, если на них предварительно сделана разметка, ростом, с помощью горного компаса (рис. 10.19).

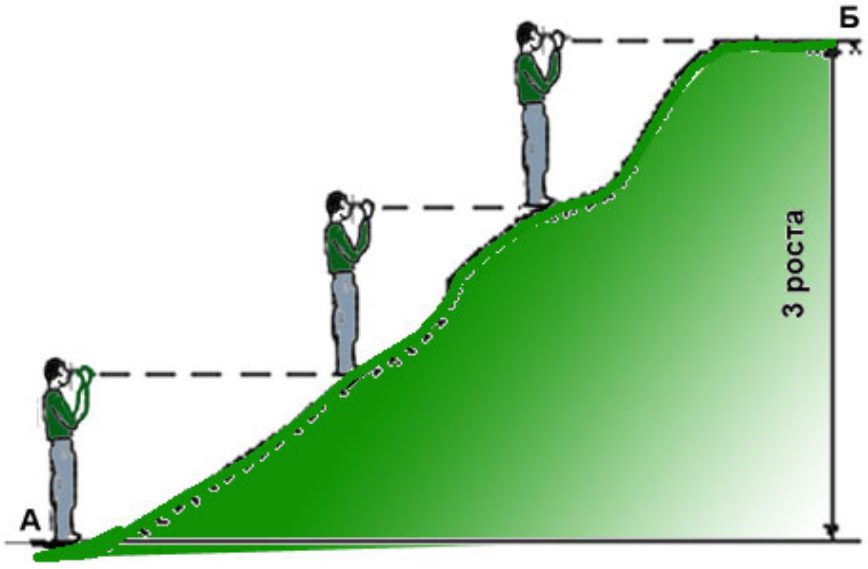


Рис. 10.19. Схема определения превышения (мощности) ростом

На обнажении замер истинной мощности пласта возможен лишь тогда, когда его поверхность перпендикулярна плоскости пласта. В противном случае мощность измерения в плоскости обнажения является не истинной, а видимой (наклонной). Истинная мощность связана с видимыми тригонометрическими соотношениями. Если невозможно замерять мощность вкрест простирания пород, то следует

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

измерить вертикальную мощность. Для этого, встав на уровень подошвы пласта, устанавливают длинную сторону компаса под углом, равным углу падения пород, и визируют на поверхность обнажения. Заметив точку, на которую попадает линия визирования, переходят в нее и повторяют визирование снова до тех пор, пока линия визирования совпадет с выходом кровли пласта. Вертикальная мощность пласта определяется как сумма отмеренных вертикальных расстояний – высот уровня глаз наблюдателя над землей. Этот способ замера мощности целесообразен и эффективен, особенно при пологих углах падения (до 10°), когда вертикальная мощность практически равна истинной (рис. 10.20).

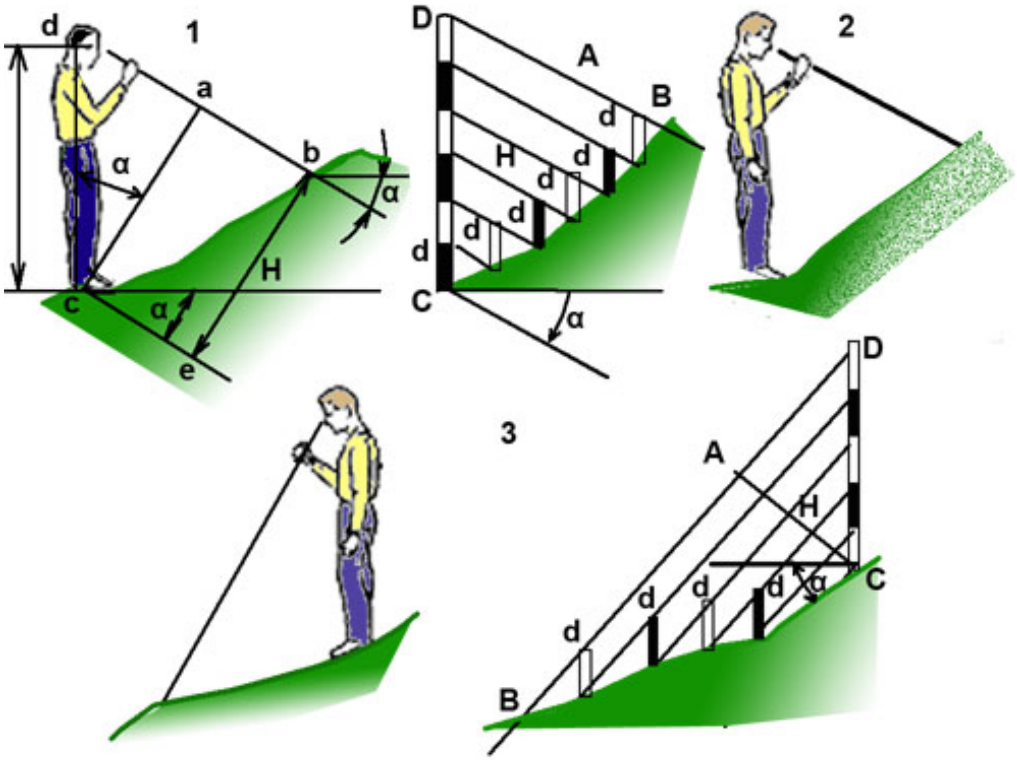


Рис. 10.20. Определение мощности пластов при помощи горного компаса: 1 – принципиальная схема определения , 2 – определение при наклоне рельефа и слоя в противоположные стороны, 3 – определение при наклоне рельефа и слоя в одну сторону. *H* – истинная мощность, *cd (CD)* – вертикальная мощность,*α* – угол падения пласта (по В.Д. Войлошникову)

Перейдите по ***ссылке*** и выполните упражнения к разделу 10.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.3. МОНОКЛИНАЛИ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ

Задача изображения наклонного залегания на чертежах отличается от его построения по данным геологических наблюдений. Она сводится к проецированию некоторых наклонных плоскостей, на взаимно перпендикулярные плоскости - горизонтальную плоскость (карта) и (или) вертикальную (геологический разрез).

Рассмотрим, например, геологическую карту моноклинали, сложенную породами от неогена до карбона. Рельеф местности плоский и горизонтальный. Породы падают к западу под углом в 30º (рис. 10.21).

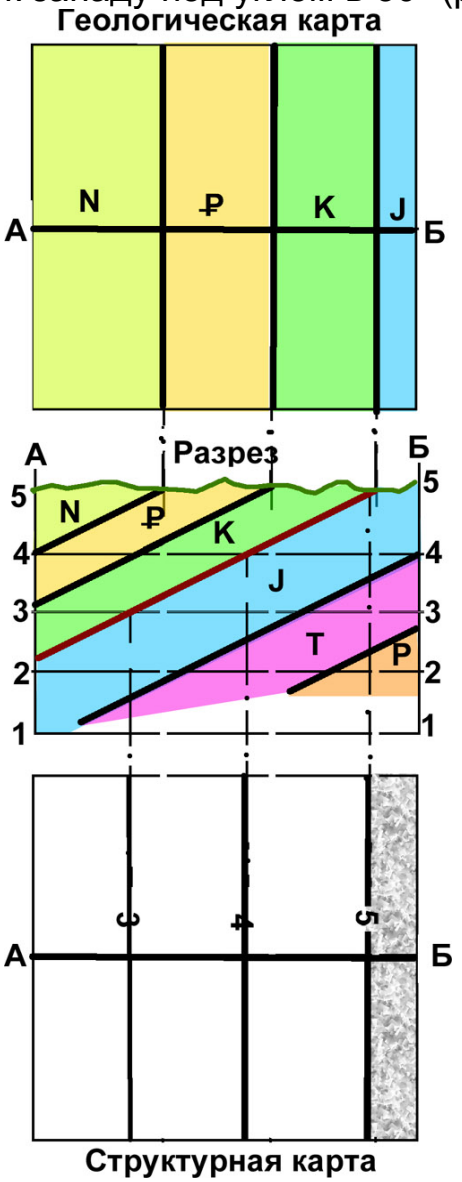


Рис. 10.21. Построение наклонного залегания. Объяснение в тексте

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Линию разреза такой моноклинали правильно провести в крест простирания (в широтном направлении в нашем примере). Так как нам неизвестен масштаб и абсолютные отметки, условно обозначим их цифрами от 1 до 5. Спроецируем геологические границы на линию разреза и проведем их под соответствующим углом. Получим геологический разрез по линии А-Б.

Выделим поверхность, по которой будем строить структурную карту. Предположим, это будет подошва мела. Спроецируем абсолютные отметки этой границы на линию разреза на структурной карте и проведем параллельные линии. Надпишем соответствующие стратоизогипсы. Восточнее стратоизогипсы 5, там, где юрские отложения на геологической карте выходят на дневную поверхность, граница будет размыта, что на структурной карте показано соответствующим знаком.

Таким образом, одна и та же моноклинальная структура изображена на геологической, структурной картах и разрезе, причем все три чертежа соответствуют друг другу.

Закрепить знания и приобрести умения связанные с наклонным залеганием можно, выполнив, упражнения. Для этого перейдите по ***ссылке.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.4. ПЛИКАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ

10.4.1. Изображение флексур

Задача изображения флексур на чертежах сводится к проецированию некоторых наклонных плоскостей, на взаимно перпендикулярные плоскости - горизонтальную плоскость (карта) и (или) вертикальную (геологический разрез).

Построение удобно начать с геологических разрезов согласной (а), и несогласной (б) флексур. Абсолютные отметки условно обозначим их числами от 100 до 70 (рис.10.22).

Линию разреза таких флексур правильно провести вкрест простирания (в широтном направлении в нашем примере).

Выделим поверхность, по которой будем строить структурные карты. Предположим, это будет подошва перми у согласной флексуры (а), и подошва мела у несогласной флексуры (б). Спроецируем абсолютные отметки этих границ на линию разреза на структурной карте и проведем параллельные линии. Надпишем соответствующие стратоизогипсы. На рис. 10.22, а западнее стратоизогипсы 110, там, где пермские отложения на геологической карте выходят на дневную поверхность, граница будет размыта, что на структурной карте показано соответствующим знаком.

На рисунке 10.22, а – согласная флексура – часть флексуры, на которую приходится смыкающее крыло, имеет более частые стратоизогипсы (с меньшим заложением). На рис. 10.22, б. значения стратоизогипс повторяются.

Спроецируем геологические границы на геологическую карту.

Таким образом, одна и та же моноклинальная структура изображена на геологической, структурной картах и разрезе, причем все три чертежа соответствуют друг другу.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

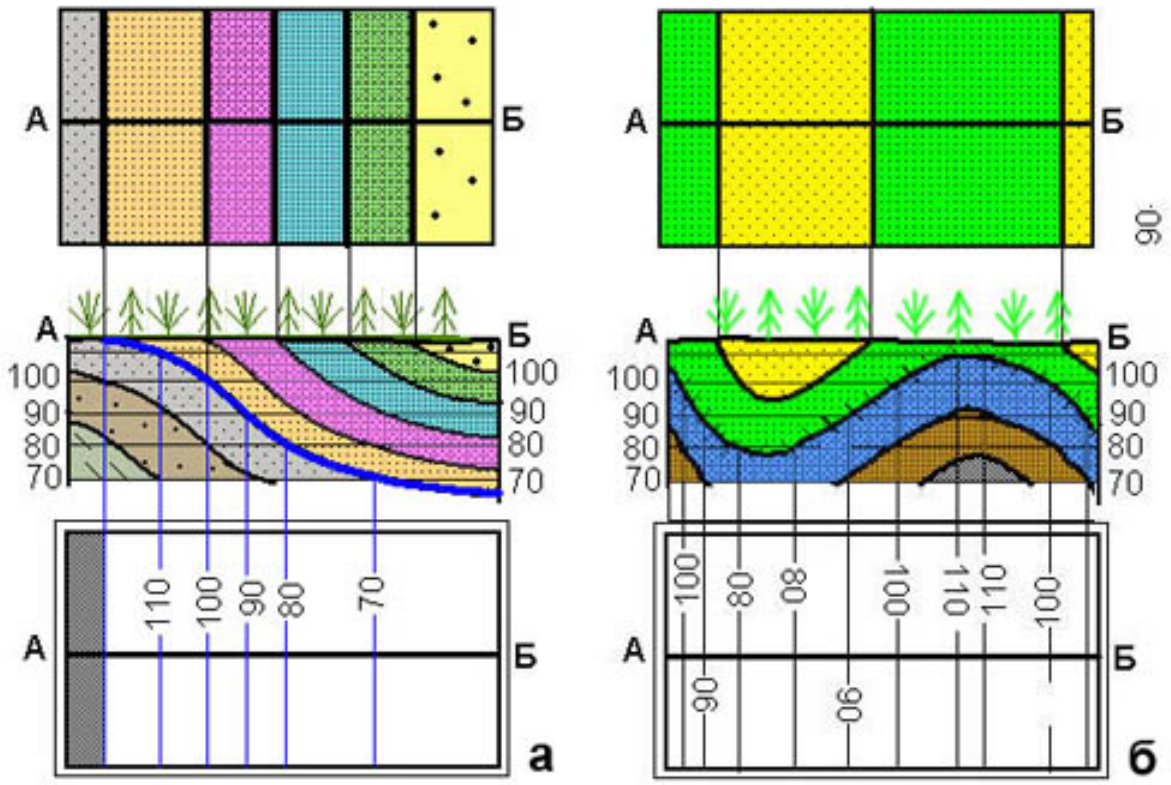


Рис. 10.22. Построение флексуры а согласной, б - несогласной. Объяснение в тексте

Закрепить знания и приобрести умения связанные с флексурами можно, выполнив, упражнения. Для этого перейдите по ***ссылке.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.4.2. Изображение полузамкнутых структур

Полузамкнутые структуры изображаются примерно по одному и тому же алгоритму.

Построение структурного носа. Построение структурного носа следует начинать с изображения его геологической карты. Затем провести две взаимно перпендикулярные линии разрезов (АБ и ВГ), построить рамки разрезов, спроецировать на условную поверхность рельефа геологические границы и построить два взаимно перпендикулярных разреза (рис. 10.23).

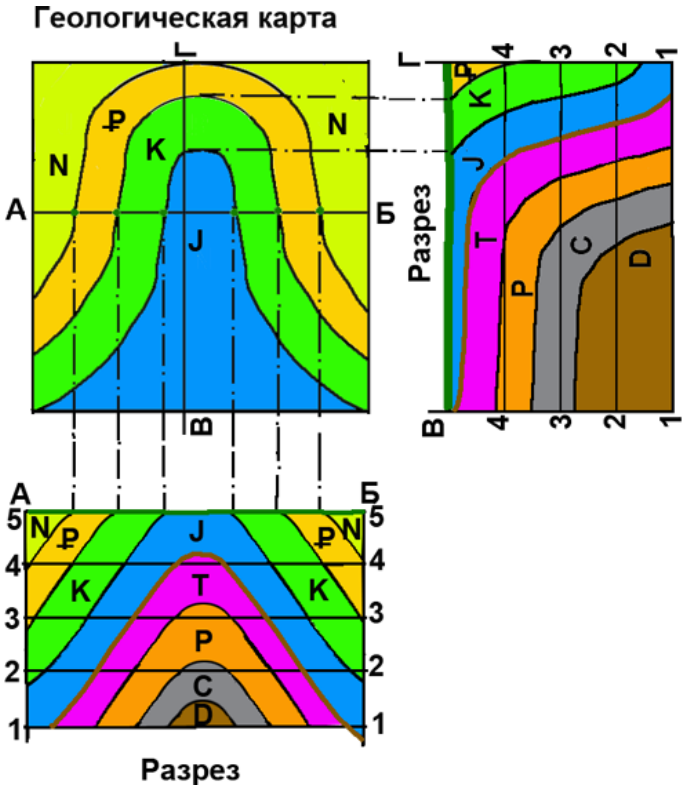


Рис. 10.23. Построение геологической карты и двух взаимно перпендикулярных разрезов структурного носа

После этого следует выделить структурную поверхность, по которой будет строиться структурная карта. Удобно выбрать её так, чтобы она не выходила на поверхность земли и пересекала бы максимальное число высотных отметок. На нашем рисунке это кровля триаса (показано коричневым цветом на рисунке).

Затем необходимо построить рамку будущей структурной карты, перенести на неё линии разрезов и спроецировать на них точки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

пересечения структурной поверхности и высотных отметок (рис. 10.24).

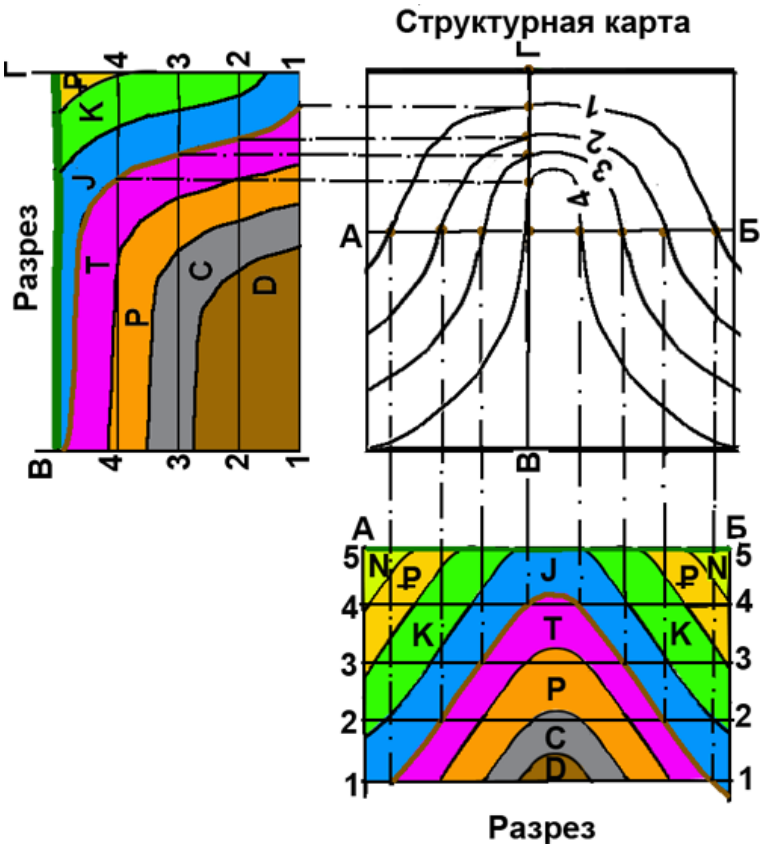


Рис. 10.24. Построение структурной карты структурного носа

Соединить одноименные точки и провести стратоизогипсы, учитывая общую рисовку геологических границ на геологической карте.

В результате изображены геологическая и структурная карты и два разреза одной и той же объемной структуры – структурного носа и все рисунки согласованы друг с другом. Понятно, что первоначальная картинка может быть несколько иной, но затем необходимо учитывать уже заданные характеристики.

Построение структурного залива. Построение структурного залива также следует начинать с изображения его геологической карты. Затем провести две взаимно перпендикулярные линии разрезов (АБ и ВГ), построить рамки разрезов, спроецировать на условную поверхность рельефа геологические границы и построить два взаимно перпендикулярных разреза

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

После этого следует выделить структурную поверхность, по которой будет строиться структурная карта. Удобно выбрать её так, чтобы она не выходила на поверхность земли и пересекала бы максимальное число высотных отметок. На нашем рисунке это кровля юры (показано коричневым цветом на рисунке).

Затем необходимо построить рамку будущей структурной карты, перенести на нее линии разрезов и спроецировать на них точки пересечения структурной поверхности и высотных отметок.

Соединить одноименные точки и провести стратоизогипсы, учитывая общую рисовку геологических границ на геологической карте.

В результате изображены геологическая и структурная карты и два разреза одной и той же объемной структуры - структурного носа и все рисунки согласованы друг с другом (рис. 10.25). Понятно, что первоначальная картинка может быть несколько иной, но затем необходимо учитывать уже заданные характеристики.

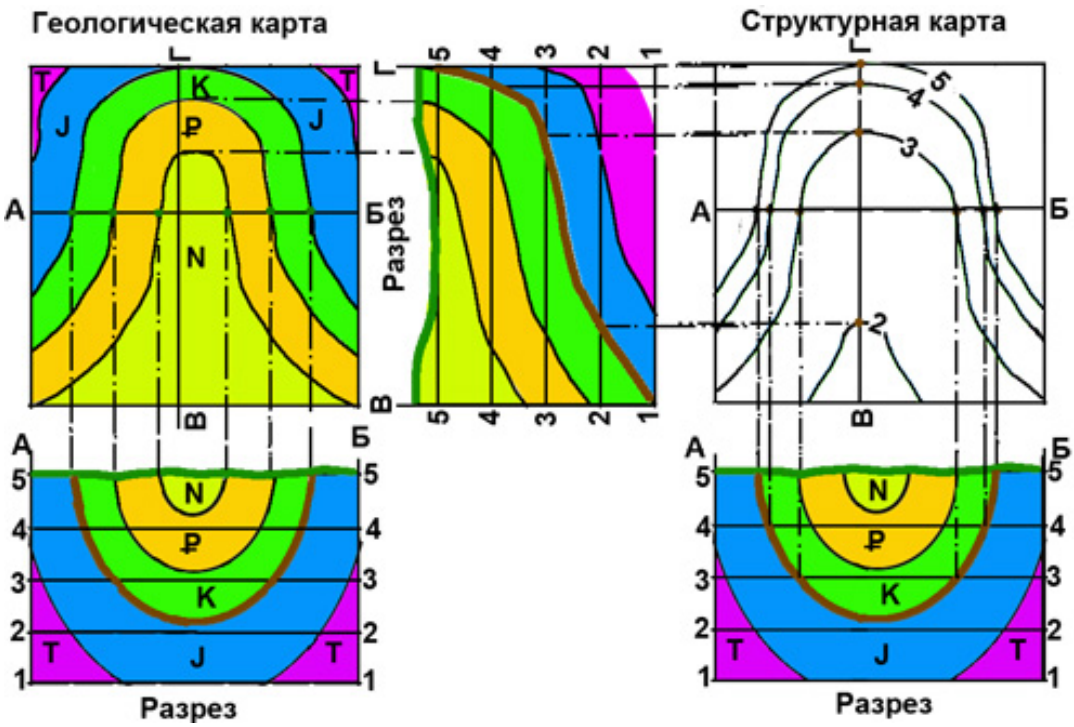


Рис. 10.25. Построение геологической карты, разрезов и структурной карты структурного залива

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Построение структурного седла. Построение структурного седла также следует начинать с изображения его геологической карты. Затем провести две взаимно перпендикулярные линии разрезов (АБ и ВГ), построить рамки разрезов, спроецировать на условную поверхность рельефа геологические границы и построить два взаимно перпендикулярных разреза

После этого следует выделить структурную поверхность, по которой будет строиться структурная карта. Удобно выбрать ее таким образом, чтобы она не выходила на поверхность земли и пересекала бы максимальное число высотных отметок. На нашем рисунке это кровля юры (показано коричневым цветом на рисунке).

Затем необходимо построить рамку будущей структурной карты, перенести на нее линии разрезов и спроецировать на них точки пересечения структурной поверхности и высотных отметок.

Соединить одноименные точки и провести стратоизогипсы, учитывая общую рисовку геологических границ на геологической карте.

В результате изображены геологическая и структурная карты и два разреза одной и той же объемной структуры – структурного седла и все рисунки согласованы друг с другом (рис. 10.26).

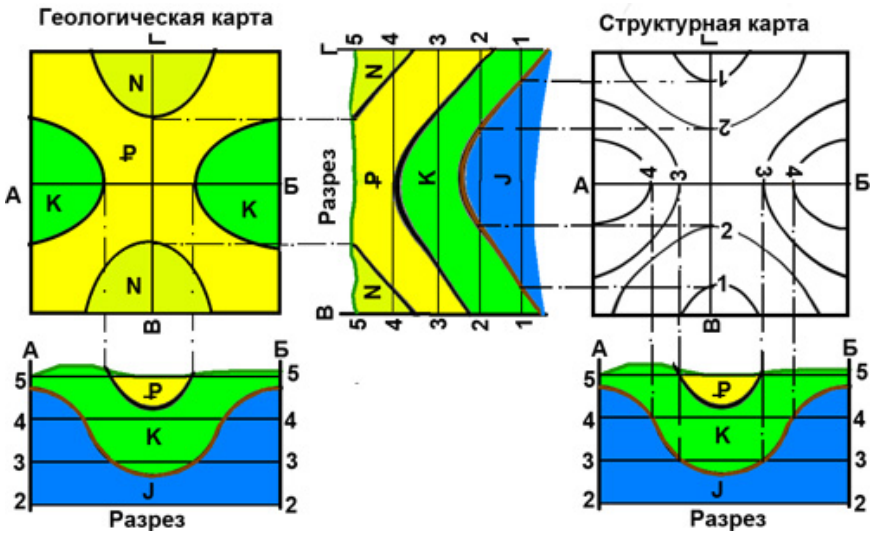


Рис. 10.26 Построение геологической карты, разрезов и структурной карты структурного седла (седловины)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В целом алгоритм построения имеет следующий вид:

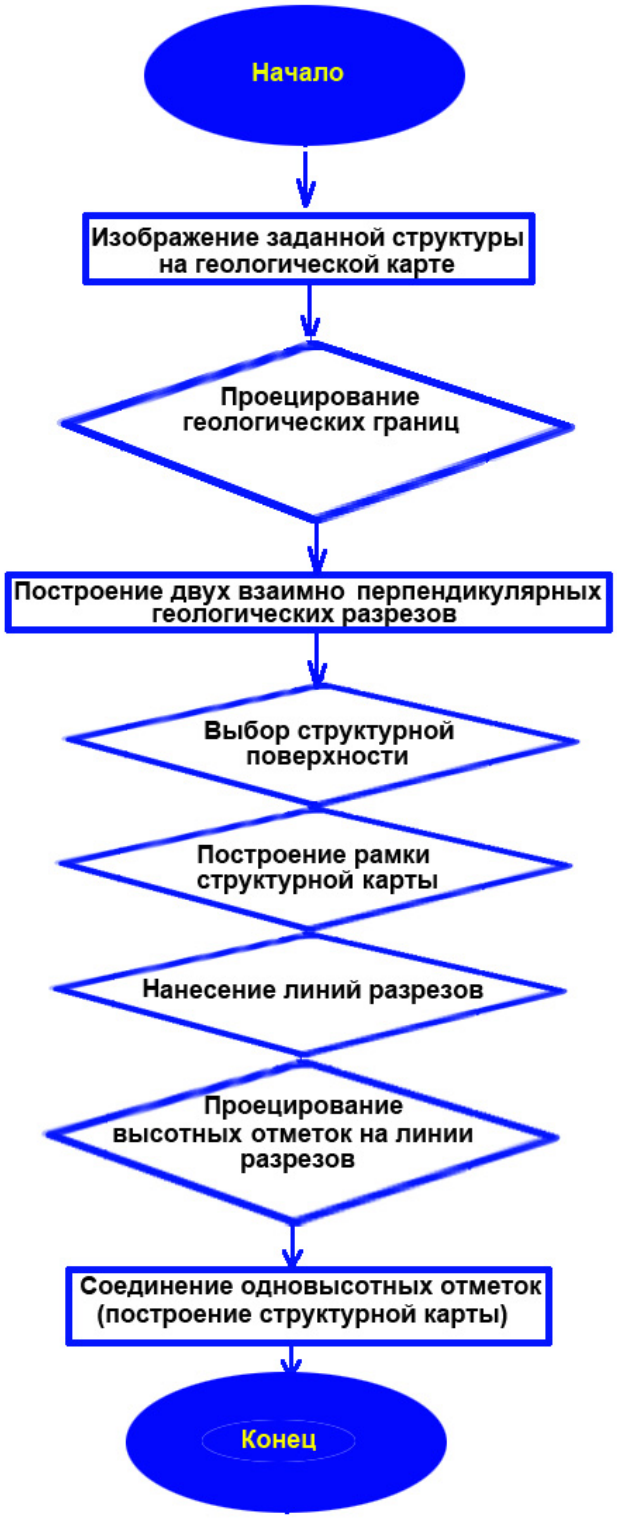


Рис. 10.27. Алгоритм построения полузамкнутых структур

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.4.3. ИЗОБРАЖЕНИЕ СКЛАДОК

Замкнутые структуры изображаются по одному и тому же алгоритму.

Построение антиклинальной складки. Построение складки следует начинать с изображения его геологического разреза. Затем выбрать структурную поверхность (в нашем случае это условно кровля перми). Построить рамку будущих карт, провести линии разрезов, и спроецировать на них положение структурной поверхности. Понятно, что величина брахиморфности выбирается произвольно – складка может быть изометричной или линейной. Однако, если мы на геологической карте изобразили брахиморфную складку, на структурной карте, должны изобразить такую же брахиморфную – с таким же радиусом кривизны (рис. 10.28).

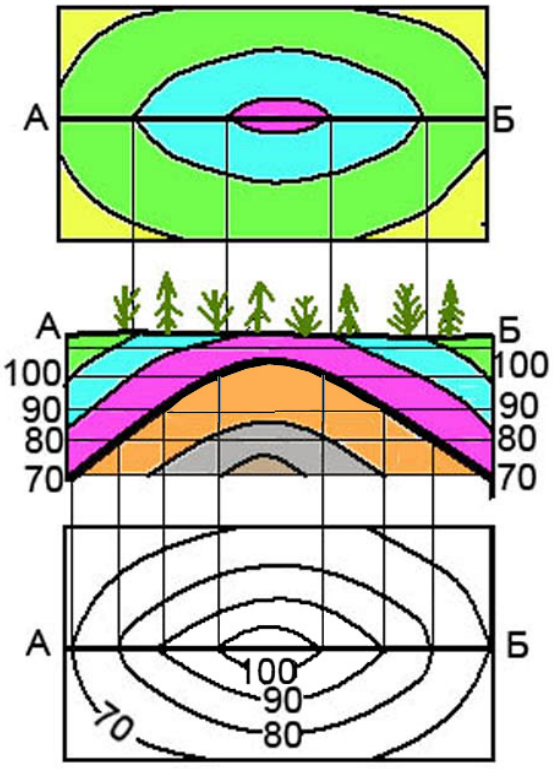


Рис. 10.28. Построение геологической и структурной карт и разреза антиклинальной складки

Величина заложения стратоизогипс тем больше, чем положе лежит слой. В случае опрокинутых складок стратоизогипсы заходят одна под другую. Строго говоря, они не могут быть проведены, потому что в этом случае нарушается принцип однозначности

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

топографических поверхностей. Поэтому "невидимые" стратоизогипсы изображаются условно, прерывистой линией (рис. 10.29).

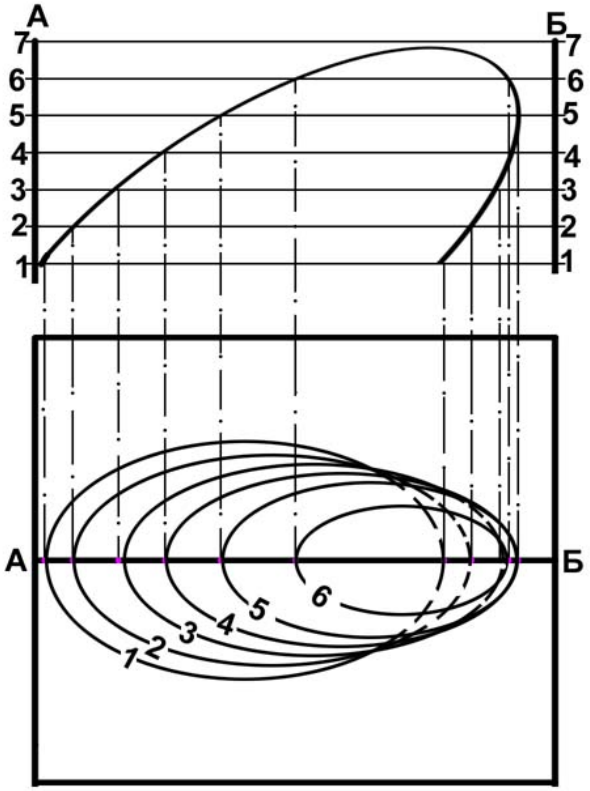


Рис. 10.29 Изображение взаимно согласованных разреза и структурной карты опрокинутой складки

Точно так же строятся и изображения складок других видов.

Для закрепления материала следует перейти по ***ссылке*** и выполнить упражнения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.5. РАЗРЫВНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ

Разрывные дислокации в горных породах (разрывы) образуются в результате деформации, когда напряжения превышают пределы прочности пород. Они, в отличие от пликативных (складчатых) дислокаций, сопровождаются разрывом сплошности горных пород.

При анализе геологических карт важно определить тип разрывных (дизъюнктивных) дислокаций, развитых в закартированном районе, азимут падения плоскости смесителя и угол ее наклона, а также время образования разрыва.

Определение элементов залегания плоскости сместителя разрывного нарушения производится так же, как и любой другой геологической поверхности, например, кровли, или подошвы слоя (см. 10.1.5).

Методические приемы, применяемые в случае плоского рельефа и выраженного рельефа несколько различны.

ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 10.7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА РАЗРЫВНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ И ПАРАМЕТРОВ ИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ ПРИ ПЛОСКОМ РЕЛЬЕФЕ

Цель работы:

- овладение методическими приемами определения типа разрывных дислокаций,
- знакомство с правилами вычисления амплитуд смещения отдельных блоков разломов относительно друг друга,

Напоминание! При наклонном залегании по направлению падения обнажаются (картируются) более молодые породы

Исходные данные: приведены в табл. з.10.7 и на фрагментах геологических карт на рис. 10.30 (карта I) и 10.31 (карта II).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

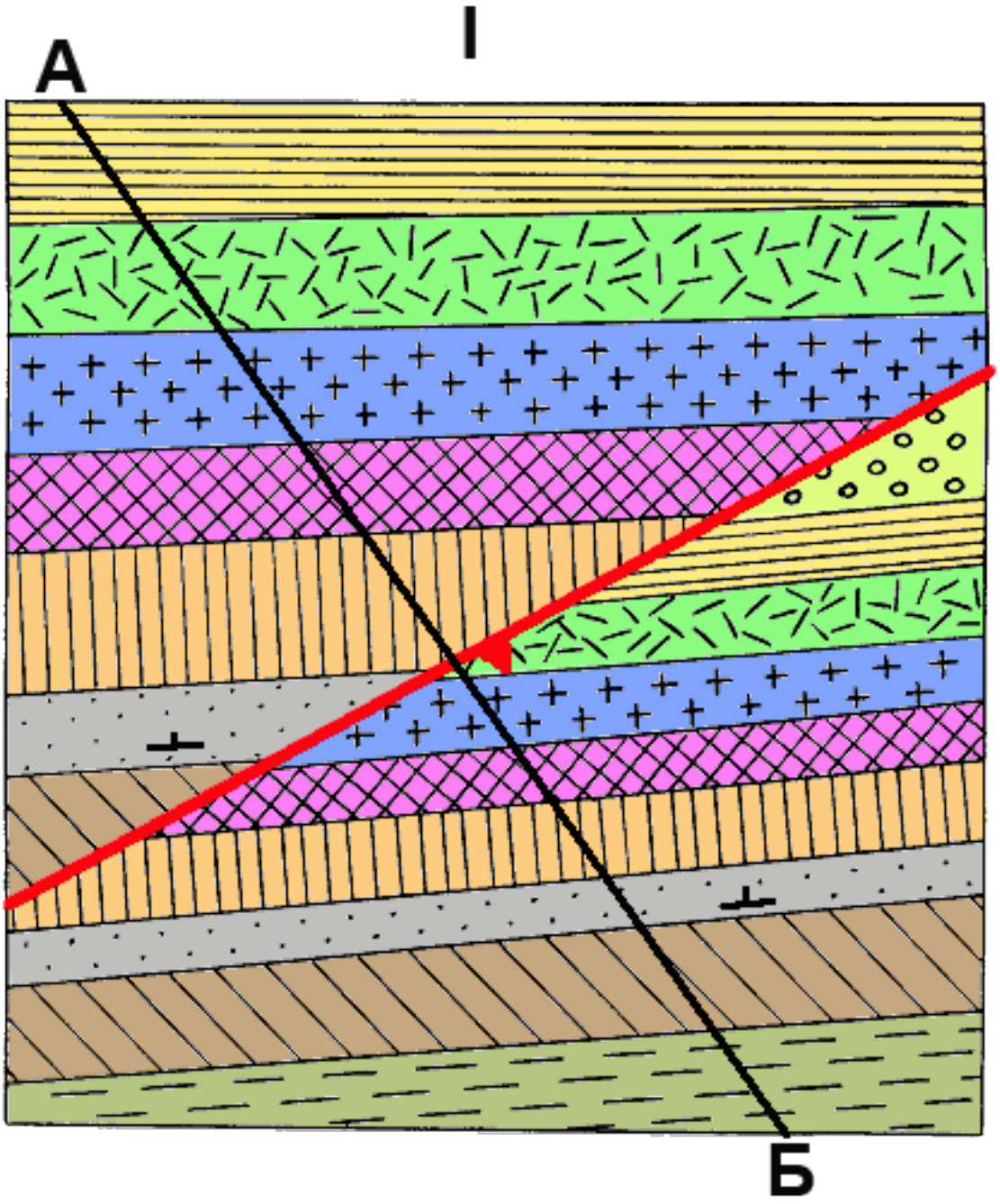


Рис. 10.30. Исходные данные для выполнения задания. Карта I

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

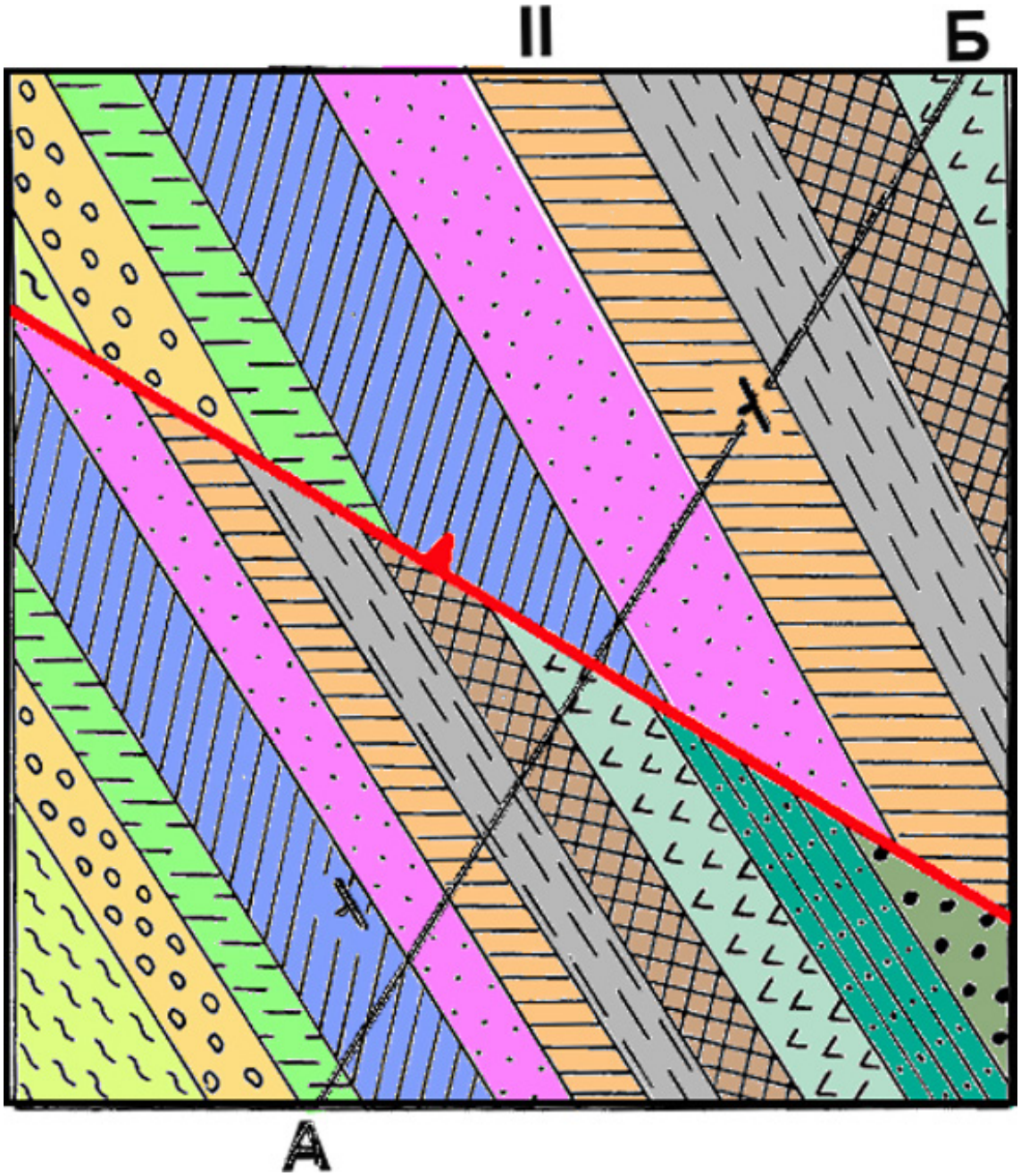


Рис. 10.31. Исходные данные для выполнения задания. Карта II

Методические указания по выполнению работы.

1. Для определения относительного перемещения блоков разрывов нужно сравнить возраст выходов горных пород на карте по обе стороны разрыва. На приподнятом блоке на земную поверхность выходят более древние породы, на опущенном - более молодые.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

! Подсказка. Прежде, чем выполнять задание, составьте возрастную шкалу выходящих на поверхность пород, пользуясь правилом, изменения возраста пород по падению.

2. Определить амплитуду смещения блоков относительно друг друга графическим способом - по геологическому профильному разрезу, построенному в крест простирания разрыва.

Вертикальный масштаб принять равным горизонтальному. Если слои линией профиля пересекаются под углом, то в углы падения при построении профильного разреза следует внести соответствующие поправки (см 12.3.2).

На рис. 10.32 приведен пример определения амплитуды относительного перемещения блоков по плоскости разрыва.

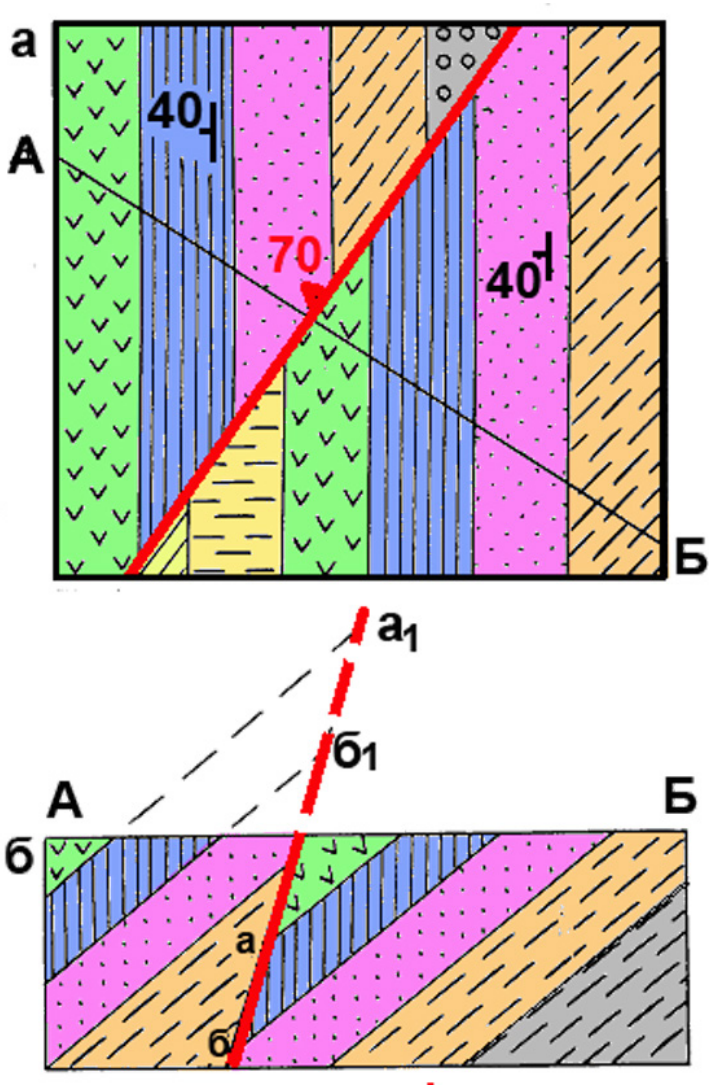


Рис. 10.32. Определение амплитуды относительного перемещения блоков по плоскости разрыва

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На этом же рисунке путем несложных дополнительных графических построений могут быть определены и другие виды амплитуд смещений (вертикальная, горизонтальная, стратиграфическая), величина вертикального и горизонтального отхода.

Графическое задание з.10.8 Определение типа разрывных дислокаций и параметров их элементов по геологическим картам при выраженном рельефе

При наличии на геологической карте горизонталей рельефа можно графическим способом определить величину вертикальной амплитуды (вернее, отхода) методом простирания или методом заложения. Эта задача решается при предположении о неизменных элементах залегания слоев в пределах анализируемого участка геологической карты.

Метод простирания

1. На одном из блоков нарушения найти линию простирания (см. работу «Определение элементов залегания по геологической карте»). Продолжить ее на другое крыло до пересечения с той же границей на другом блоке.
2. По разнице ее высотных отметок линии простирания на обоих блоках получить вертикальную амплитуду их перемещения (600-560=40
3. м) (рис. 10.33).

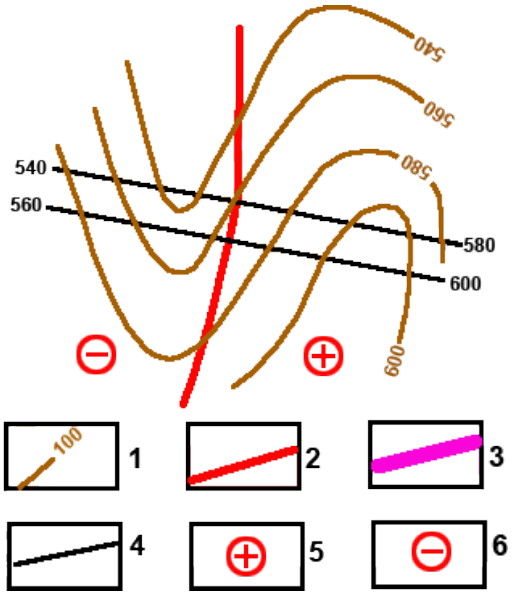


Рис. 10.33. Определение амплитуды смещения по геологической карте (с горизонталями) без дополнительных построений. Условные обозначения:1 – горизонтали рельефа, 2 – линия разрыва, 3 – маркирующий горизонт, 4 - линии простирания, 5, 6 – поднятый и опущенный блоки соответственно.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

4. Если на втором блоке точка пересечения линии простирания с одной из граничных поверхностей не попадает на какую-либо высотную отметку, провести дополнительные построения (рис.10.34):

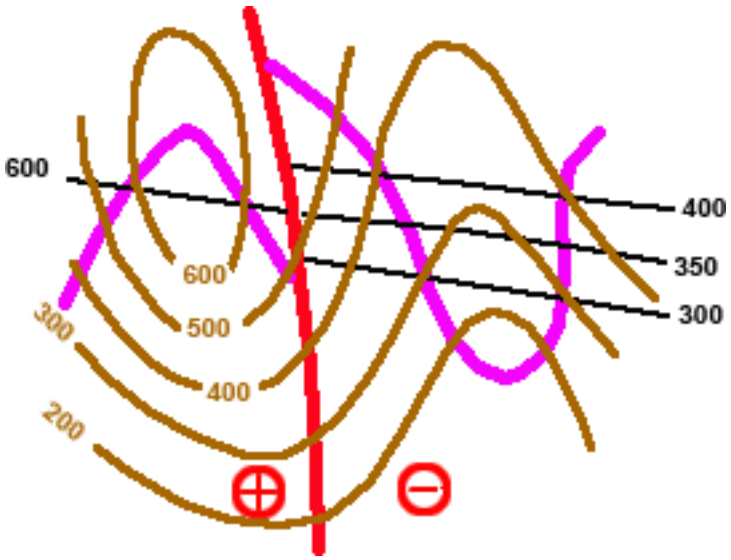


Рис. 10.34. Определение амплитуды смещения по геологической карте (с горизонталями) с дополнительными построениями. Условные обзначения те же, что на рис. 10.33 :

- на втором блоке провести дополнительные линии простирания
- интерполяцией между ними найти высотную отметку поверхности слоя - в данном случае 350м. Следовательно, амплитуда смещения составит:

  600-350=250м.

  Другой способ показан на рис. 10.35 (130-115=15м).

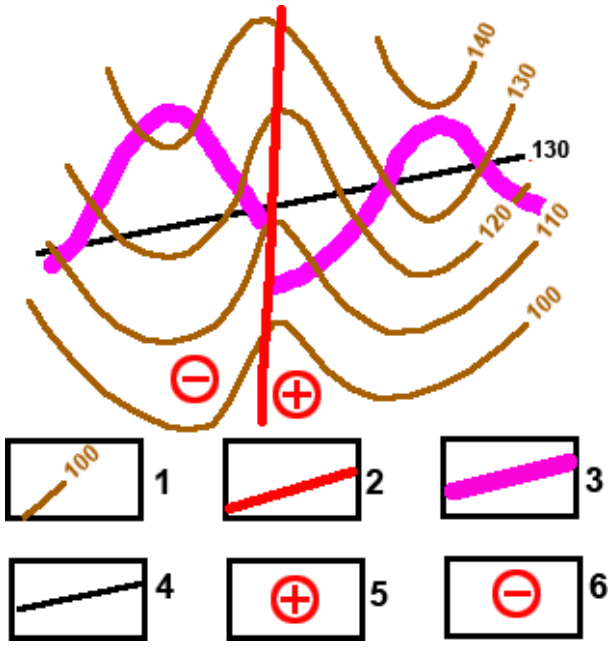


Рис. 10.35. Определение амплитуды смещения по геологической карте (с горизонталями) с дополнительными построениями. Условные обзначения: 1 – горизонтали рельефа, 2 – линия разрыва, 3 – маркирующий горизонт, 4 - линии простирания, 5, 6 – поднятый и опущенный блоки соответственно.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Метод заложения

Метод заложения применяют для определения относительной вертикальной амплитуды смещения блоков разрывной дислокацией при значительном смещении в плане положения выходов на земную поверхность геологических границ. Для этого:

1. На одном из блоков определить величину заложения (рис. 10.36).

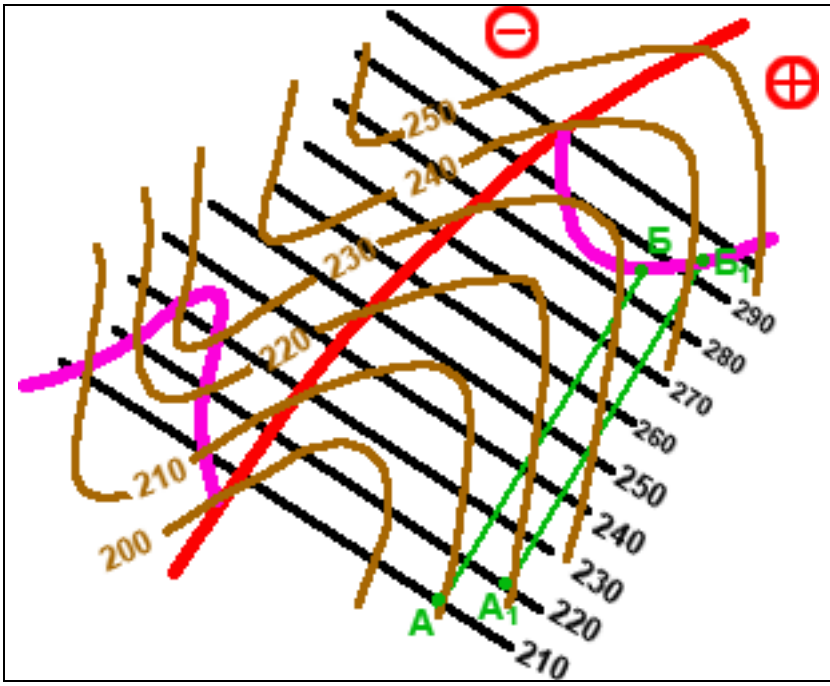


Рис. 10.36. Определение амплитуды смещения по геологической карте (с горизонталями) методом заложений. Условные обозначения те же, что на рис. 10.35

2. На другом (восточном) блоке построить линию падения АБ или $А_1$ $Б_1$ и т.д. от одной из линий простирания до пересечения ее с выходом слоя на земную поверхность. Затем проводится ряд линий простирания, пока они не станут пересекать геологическую поверхность слоя. Если бы смещение по разрыву отсутствовало, то абсолютная отметка геологической границы в точке Б была бы 285м, а $Б_1$ - 295м. В то же время она в тех же точках соответственно равна 233 и 242м (по интерполяции между горизонталями рельефа). Следовательно, величина вертикальной амплитуды относительного смещения блоков разрыва составит порядка 50м (по линии АБ: 285 – 233 = 52м, по линии $А_1Б_1$ 295 – 242 = 53м).

Исходные данные приведены в разделе «задачи и упражнения к главе 10.5 – разломы, графическое задание 10.8. Определение типа разрывных дислокаций и параметров их элементов по геологическим

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

картам при выраженном рельефе»

1. Скопировать свой вариант задания и определить амплитуду перемещения. Сначала воспользуйтесь методическим приемом, показанным на рис. 10.26, а если не удается – то одним из приемов, показанных на рис 10.27.
2. Определить тип разрыва (сброс, взброс, сдвиг), и его характеристику по отношению к простиранию нарушенных пород,
3. Записать ответ, указать опущенный и поднятый блоки. Оформить работу в соответствии с правилами.

Для закрепления материала перейдите по ссылке и выполните задания

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.6. ИЗОБРАЖЕНИЕ СТРУКТУР, ОСЛОЖНЕННЫХ РАЗЛОМАМИ

В практике геологических работ нередко приходится изображать различные соотношения структурных форм и осложняющих их разломов. Эти изображения основываются на геометрических соотношениях, однако имеются алгоритмы построения, которые позволяют сделать эту работу без затруднений. Так как таких соотношений может быть неопределенно много, ниже будут приведены примеры чаще всего встречающихся соотношений.

10.6.1. Изображение моноклинали, осложненной наклонным разломом

Построим разрез, геологическую и структурную карты моноклинали, осложненной продольным несогласным сбросом (простирание продольного сброса совпадает с простиранием моноклинали).

Построение удобно начать построения с геологического разреза. Соотношение простираний моноклинали и сброса на разрезе не видно. Раскраска – условная, высотные отметки также условные.

Строим геологический разрез моноклинали, рамки карт и показываем на картах линию разреза.

Проецируем на линию разреза положение выхода на дневную поверхность геологических границ и разреза.

Строим геологическую карту (рис. 10.37).

Понятно, что меридиональное простирание структуры и разреза взято произвольно.

Выбираем структурную поверхность. В нашем примере это кровля условного триаса.

Проецируем на разрез в рамке структурной карты точки пересечения выбранной поверхности и высотных отметок, а также точек пересечения структурной поверхности и разлома.

Проводим через полученные точки стратоизогипсы и область разрыва, равную горизонтальной амплитуде смещения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

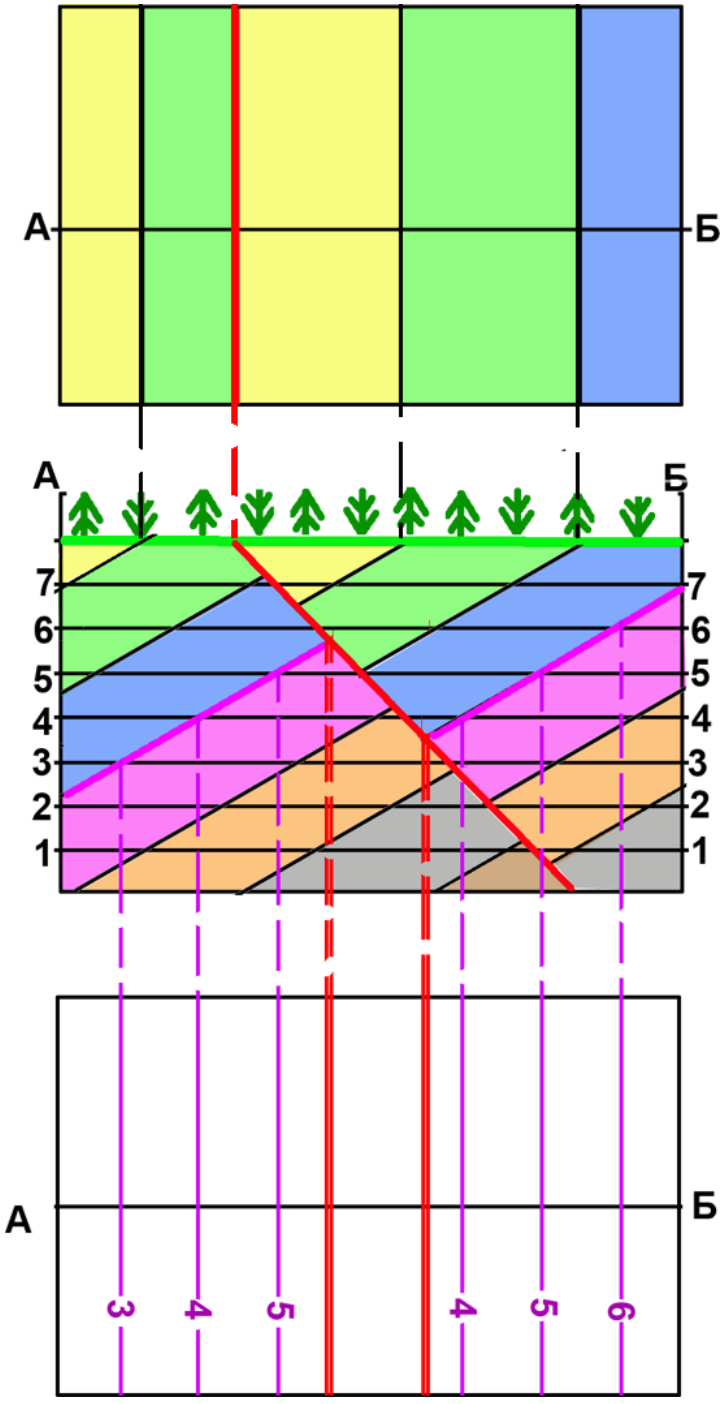


Рис. 10.37 Геологический разрез (в центре), геологическая и структурная карты моноклинали, осложненной несогласным продольным сбросом

Если разлом диагональный, то есть простирается под углом к простиранию моноклинали, алгоритм построения остается прежним, а карты будут выглядеть, например, так, как показано на рис. 10.38.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

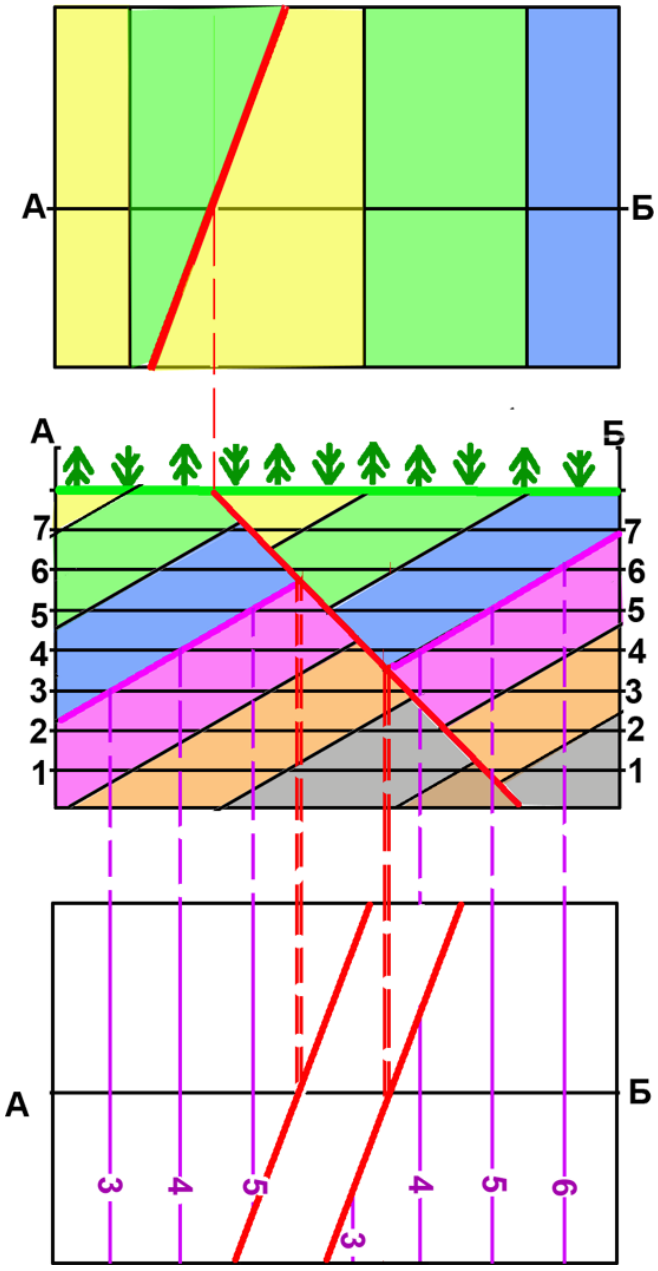


Рис. 10.38. Геологический разрез (в центре), геологическая и структурная карты моноклинали, осложненной несогласным диагональным сбросом

При построении необходимо следить, чтобы простирание геологических границ на геологической и структурной картах совпадали, также, чтобы совпадали между собой и простирания разлома и линий пересечения разлома и пласта.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.6.2. Изображение антиклинали, осложненной наклонным разломом

Предположим, мы изображаем прямую округлую брахиморфную антиклиналь. Работу начинают с построения геологического разреза (рис. 10.38).

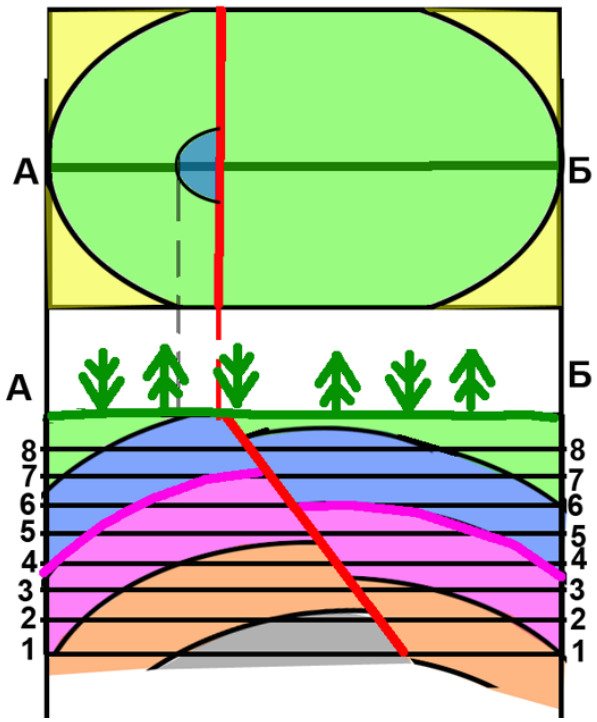


Рис. 10.38. Геологический разрез (внизу) и геологическая карта (вверху) антиклинали, осложненной наклонным сбросом

Цифры на разрезе показывают условные высоты, а раскраска – условно различные слои. Это могут быть любые другие цифры и слои – литологические пачки или стратиграфические подразделения. Для определенности будем условно полагать, что это толщи, соответствующие стратиграфическим подразделениям данной раскраски – карбон, пермь, юра, мел и палеоген.

Сверху изображаем рамку будущей геологической карты и обозначаем линию разреза (АБ). Проецируем на эту линию выход разлома и геологических границ. То, что простирание разреза перпендикулярно линии разреза и простиранию складки – условность, по разрезу мы это определить не можем. Мы взяли именно этот случай произвольно, а могли бы взять любой другой.

Через точку, соответствующую границе, выходящей на дневную поверхность (в нашем примере кровли юры) проводим часть овала, соответствующего очертаниям брахискладки, срезаемого разломом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Так как на поверхности у нас больше не выходит никаких других границ, условно изображаем фрагменты овала, срезаемого границами карты.

Для построения структурной карты выбираем структурную поверхность. Например, это кровля триаса (показано сиреневым цветом на разрезе). Дальнейшие построения структурной карты касаются только этой поверхности.

Рисуем рамку будущей карты и линию разреза на ней. Затем сносим на эту линию разреза точки пересечения разлома и высотных отметок и проводим серию линий, перпендикулярных линии разреза. Получается структурная карта разлома – наклонной плоскости. Естественно, что стратоизогипсы должны идти в том же направлении, что и геологическая граница (в нашем случае – в меридиональном направлении) (рис. 10.39).

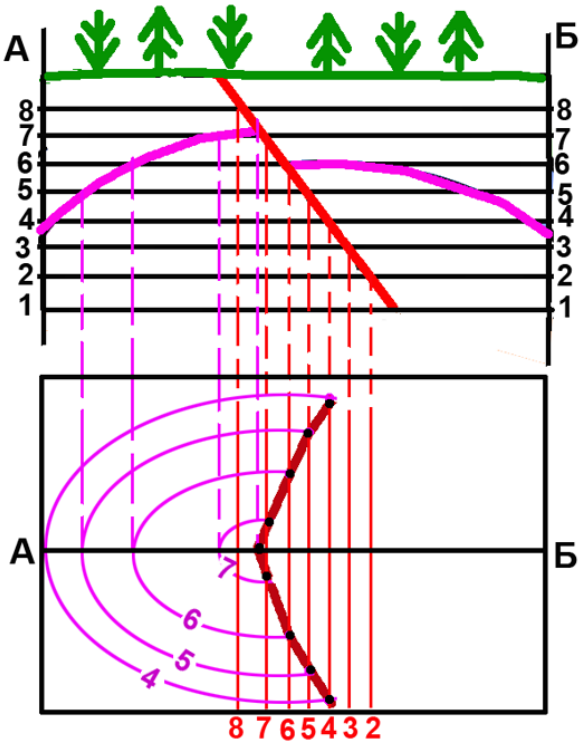


Рис. 10.39. Построение структурной карты разлома и западного крыла складки

Строим структурную карту западного крыла складки.

Через точки пересечения западного крыла картируемой поверхности и высотных отметок проводим серию концентрических овалов, соответствующих стратоизогипсам кровли триаса. Вытянутость овалов должна быть такой же, как на геологической карте, так как это одна и та же складка. Также проецируем на линию разреза точку

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

пересечения разлома и кровли триаса. В точках пересечения стратоизогипс западного крыла складки с одновысотными стратоизогипсами разломов они срезаются разломом и дальше не прослеживаются. Соединив их плавной линией, получим линию пересечения западного крыла антиклинали и разлома.

Проецируем на линию разреза точку пересечения разлома и восточного крыла складки – это величина зияния, равная горизонтальной амплитуде сброса.

Проводим через полученную точку дугу, параллельную первой – линии пересечения разлома и западного крыла. Это будет линия пересечения разлома и восточного крыла. Там, где она пересекает стратоизогипсы разлома эта дуга имеет соответствующую высоту (рис. 10.40).

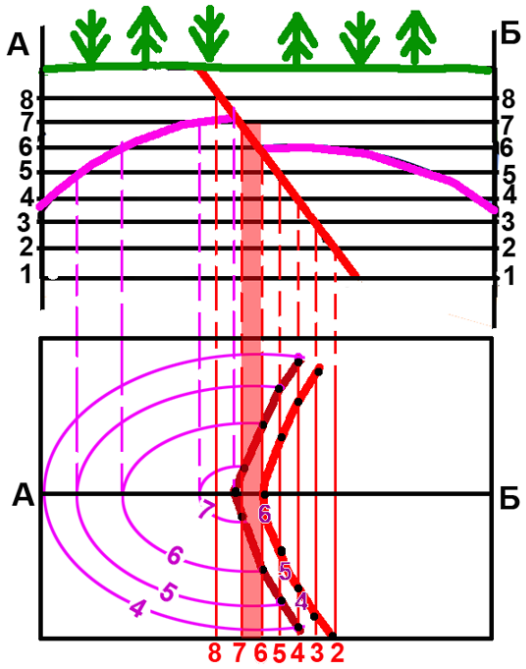


Рис. 10.40. Построение линии пересечения разлома и восточного крыла складки

Через точки пересечения картируемой поверхности восточного крыла и высотных отметок проводим серию концентрических овалов, соответствующих стратоизогипсам кровли триаса. Дуги полученных овалов должны пересекаться с соответствующими высотными отметками на линии пересечения разлома и восточного крыла (рис.10.41).

Если убрать вспомогательные построения, в целом разрез, геологическая и структурная карты брахиморфной антиклинали, осложненной сбросом, будет выглядеть так, как показано на рис. 10.42.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Это – не единственно возможный вариант изображения. Складка может быть круглее или длиннее, разлом не обязательно перпендикулярен длинной оси складки, быть более или менее крутым. Тем не менее, на рис. 10.42 изображено взаимно согласованное изображение данной структурной формы.

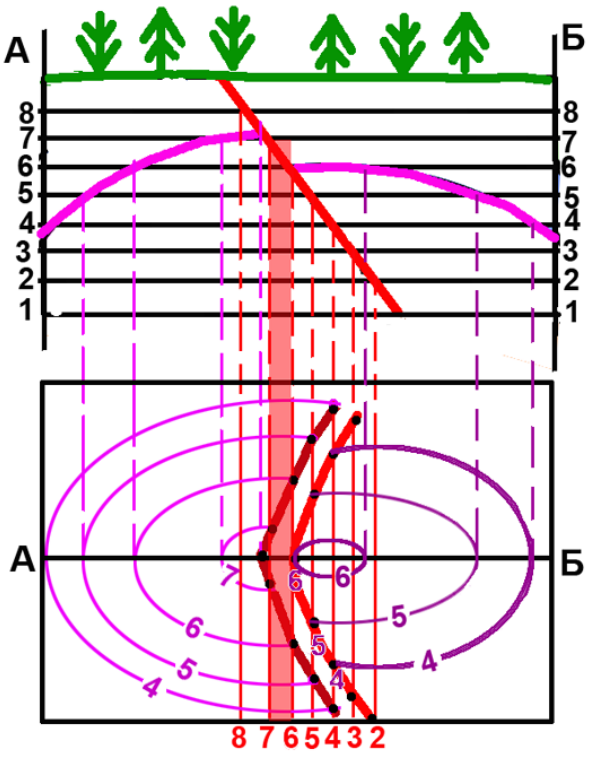


Рис. 10.41. Построение структурной карты восточного крыла складки

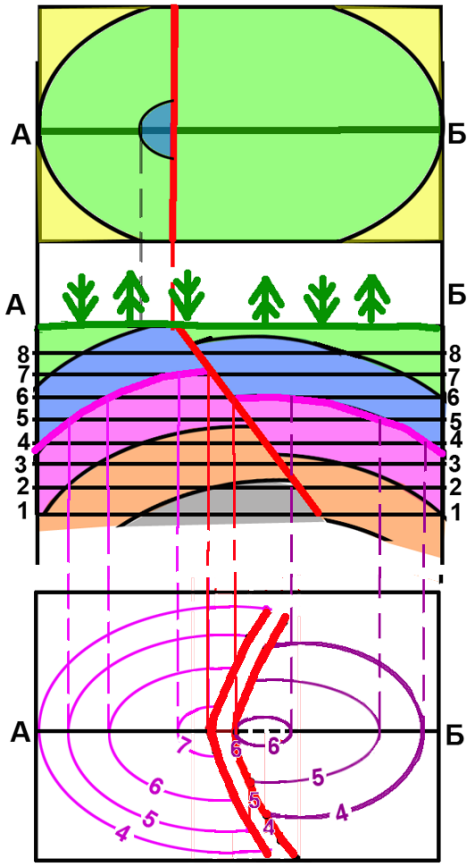


Рис. 10.42. Разрез (в центре), геологическая (наверху) и структурная (внизу) карты брахиморфной антиклинали, осложненной сбросом

Для построения структурной карты антиклинали, осложненной взбросом, поступаем аналогичным способом. Сначала строим разрез и рамку будущей геологической карты (рис.10.43).

Цифры на разрезе показывают условные высоты, а раскраска – условно различные слои. Это могут быть любые другие цифры и слои – литологические пачки или стратиграфические подразделения. Для определенности будем условно полагать, что это толщи, соответствующие стратиграфическим подразделениям данной раскраски – пермь, юра, мел и палеоген, неоген.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

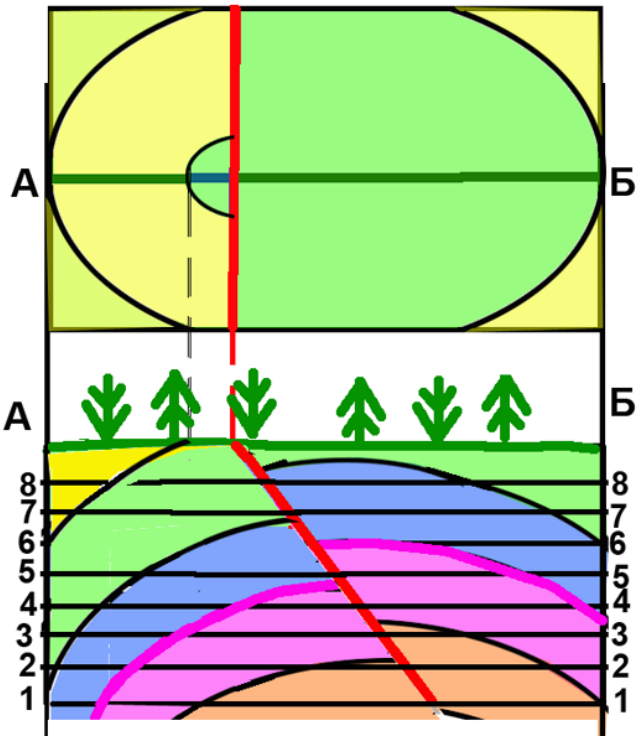


Рис.10.43. Геологический разрез (внизу) и геологическая карта (вверху) антиклинали, осложненной наклонным взбросом

Сверху изображаем рамку будущей геологической карты и обозначаем линию разреза (АБ). Проецируем на эту линию выход разлома и геологических границ. То, что простирание разреза перпендикулярно линии разреза и простиранию складки – условность, по разрезу мы это определить не можем. Мы взяли именно этот случай произвольно, а могли бы взять любой другой.

Через точку, соответствующую границе, выходящей на дневную поверхность (в нашем примере кровли мела), проводим часть овала, соответствующего очертаниям брахискладки, срезаемого разломом.

Так как на поверхности у нас больше не выходит никаких других границ, условно изображаем фрагменты овала, срезаемого границами карты.

Для построения структурной карты выбираем структурную поверхность. Например, это кровля триаса (показано сиреневым цветом на разрезе). Дальнейшие построения структурной карты касаются только этой поверхности.

Рисуем рамку будущей карты и линию разреза на ней. Затем сносим на эту линию разреза точки пересечения разлома и высотных отметок и проводим серию линий, перпендикулярных линии разреза.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Получается структурная карта разлома – наклонной плоскости. Естественно, что стратоизогипсы должны идти в том же направлении, что и геологическая граница (в нашем случае – в меридиональном направлении) (рис. 10.44).

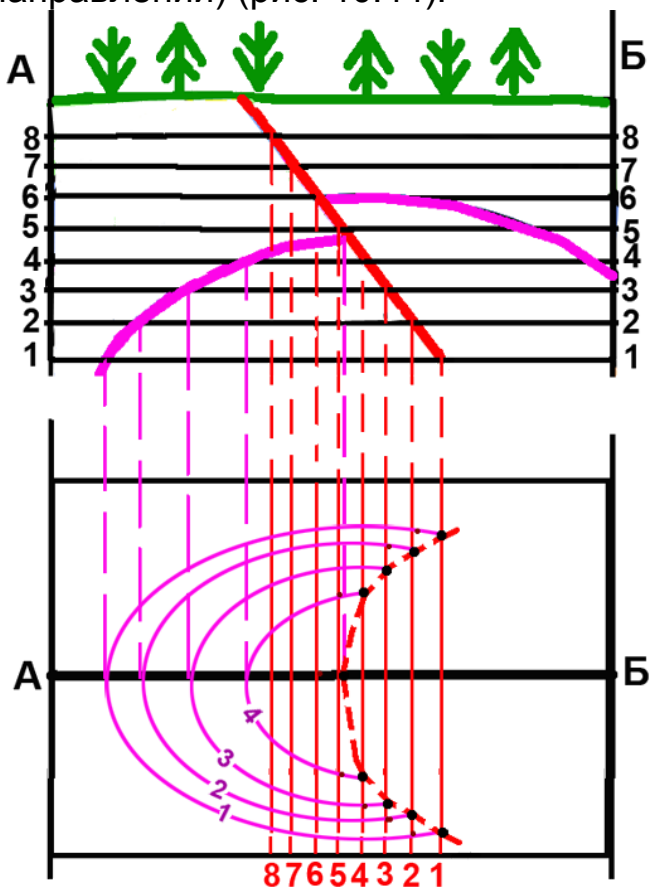


Рис. 10.44. Построение структурной карты разлома и западного крыла складки

Строим структурную карту западного крыла складки.

Через точки пересечения западного крыла картируемой поверхности и высотных отметок проводим серию концентрических овалов, соответствующих стратоизогипсам кровли триаса. Вытянутость овалов должна быть такой же, как на геологической карте, так как это одна и та же складка. Также проецируем на линию разреза точку пересечения разлома и кровли триаса. В точках пересечения стратоизогипс западного крыла складки с одновысотными стратоизогипсами разломов они срезаются разломом и дальше не прослеживаются. Соединив их плавной линией, получим линию пересечения западного крыла антиклинали и разлома. Так как эта линия сверху перекрыта надвинутым восточным крылом, рисуем её прерывистой линией.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Проецируем на линию разреза точку пересечения разлома и восточного крыла складки – это величина перекрытия, равная горизонтальной амплитуде сброса.

Проводим через полученную точку дугу, параллельную первой – линии пересечения разлома и западного крыла. Это будет линия пересечения разлома и восточного крыла. Там, где она пересекает стратоизогипсы разлома эта дуга имеет соответствующую высоту (рис. 10.45).

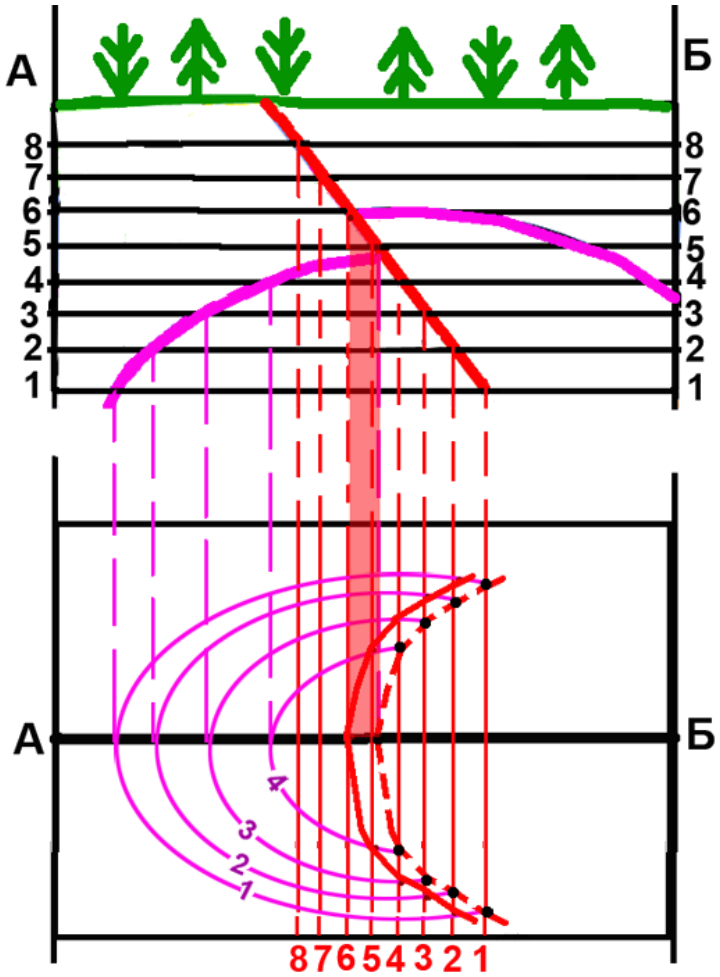
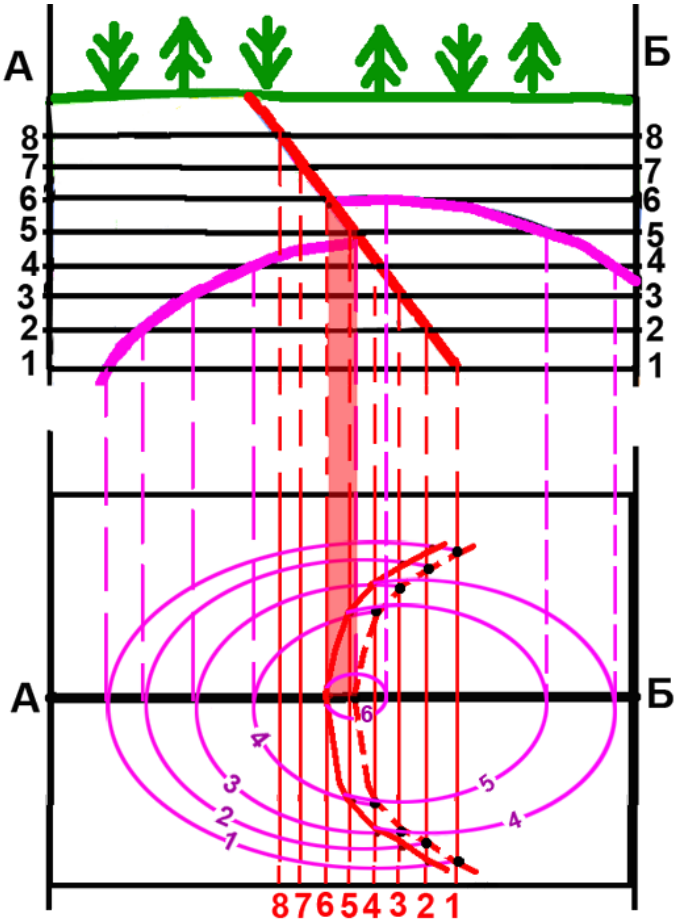


Рис. 10.45. Построение линии пересечения взброса и восточного крыла складки

Через точки пересечения картируемой поверхности восточного крыла и высотных отметок проводим серию концентрических овалов, соответствующих стратоизогипсам кровли триаса. Дуги полученных овалов должны пересекаться с соответствующими высотными отметками на линии пересечения разлома и восточного крыла (рис. 10.46).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



10. 46. Построение структурной карты восточного крыла складки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10.6.3. Изображение синклинали, осложненной вертикальным сдвигом

При построении структуры, осложненной сдвигом, удобнее несколько изменить алгоритм построения.

Предположим, мы изображаем прямую округлую брахиморфную синклиналь, осложненную вертикальным правым сдвигом.

Работу начинают с построения структурной карты (рис. 10.47).

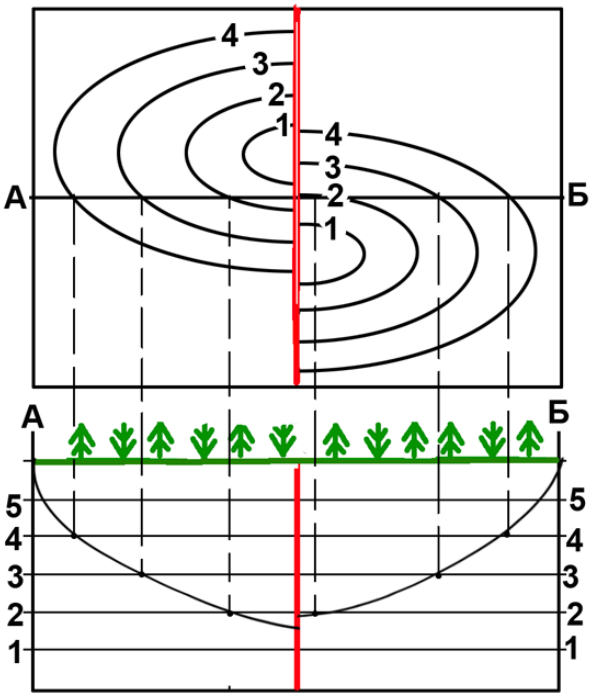


Рис. 10.47. Структурная карта (вверху) и профиль структуры (внизу) синклинали, осложненной вертикальным сдвигом

Цифры на разрезе показывают условные высоты. Степень вытянутости структуры – произвольная.

Снизу изображаем рамку будущего геологического разреза. По структурной карте строим профиль структуры аналогично тому, как строят профиль рельефа.

Дополняем профиль до геологического разреза. Раскраска выбранных толщ и мощности выбираются произвольно (рис. 10.48).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

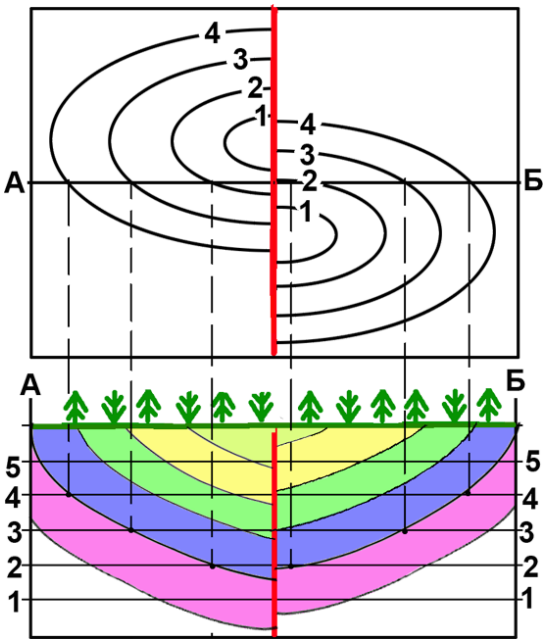


Рис. 10.48. Структурная карта (вверху) и разрез (внизу) синклинали, осложненной вертикальным сдвигом

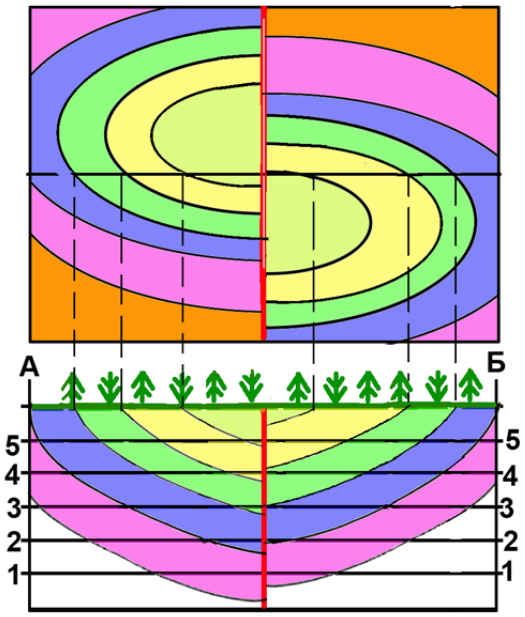


Рис. 10.49. Геологическая карта (вверху) и разрез (внизу) синклинали, осложненной вертикальным сдвигом

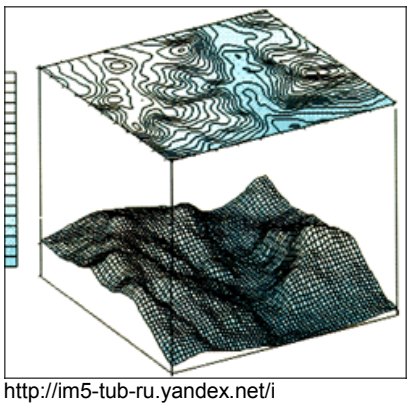
Строим рамку геологической карты и линию разреза на ней. Проецируем на линию разреза выходы геологических границ. Проводим через полученные точки геологические границы, выдерживая очертания такими же, как стратоизогипсы структурной карты (рис. 10.49).

Раскрашиваем геологическую карту в цвета, принятые для соответствующих слоев на разрезе.

По такому алгоритму можно построить любые структурные формы и их сочетания.

Закрепить знания и приобрести умения связанные с построением структурных форм, осложненных разломами, можно, выполнив, упражнения. Для этого перейдите по ***ссылке.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



http://im5-tub-ru.yandex.net/i

Глава 11. Карты в изолиниях и структурные карты

11.1. Задание поверхностей

В структурной геологии чаще всего приходится иметь дело не с плоскостями, а с неправильной формы топографическими поверхностями. Пример - рельеф Земли с его выпуклыми и вогнутыми неровностями. Такая поверхность называется *топографической*. Поверхность геологических тел - кровля и подошва слоев, стратиграфическое несогласие - еще более сложна, чем математическая топографическая поверхность. Главные отличия заключаются в их неоднозначности (например, при вертикальных и опрокинутых залеганиях слоев одному и тому же X и У соответствует несколько высот - Z) и прерывистости (например, когда слой разбит разломом, или серией разломов (рис. 11.1).

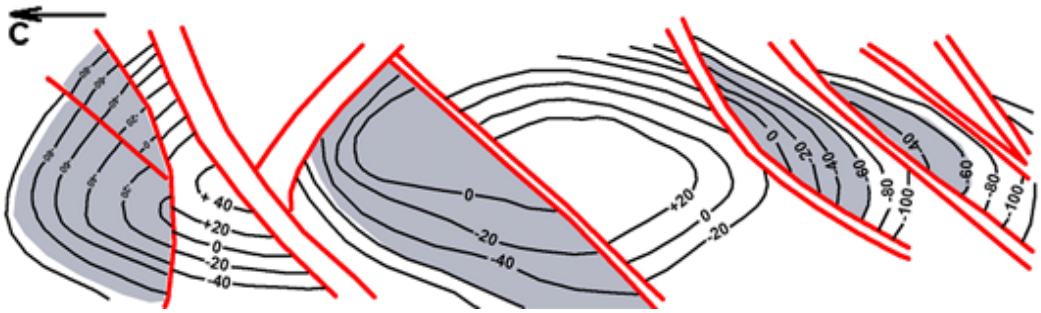


Рис. 11.1. Изображение топографических поверхностей. Структурная карта разбитой разломами антиклинальной складки. Нефтяное месторождение Оха, о. Сахалин. По Н.П. Будникову

Тогда реальную сложную поверхность складывают из отдельных простых частей, каждая из которой изобразится на чертеже системой непересекающихся изолиний. Изображенное на рис. 11.1 месторождение состоит из нескольких блоков топографических поверхностей, представляющих собой структурную карту продуктивного горизонта, разделенных разломами (красные линии). Некоторые из них пересекаются еще и горизонтальными плоскостями,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

нижних границ нефтяных залежей (водонефтяными контактами) - показано серым цветом.

Изолиния (от др.-греч. Ισος - «равный») - условное обозначение на чертеже, , представляющее собой линию, в каждой точке которой измеряемая величина сохраняет одинаковое значение.

Изолиниями показывают различные явления, при этом многие из них имеют собственные имена, например: изогипса (горизонталь) - линия одинаковых высот (обычно для отображения рельефа на топографической карте); изоанемона - линия одинаковых среднегодовых скоростей ветра; изобара - линия одинакового давления, изобата - линия одинаковых глубин водоёма (озера, моря), изогиета - линия одинакового выпадения атмосферных осадков; изогона - линия ориентации каких-либо физических величин; изодинама - линия полной напряжённости земного магнитного поля или её составляющих (горизонтальной, вертикальной и др.) на магнитных картах; изотерма — линия одинаковых температур; изотерма в метеорологии - линия на карте, обозначающая область с той или иной границей температуры; изопахита — линия одинаковых мощностей пласта горных пород; изохора — линия одинаковых объёмов, кроме того изохорами называют линию на диаграмме состояния, изображающая процесс, происходящий в системе при постоянном объёме (изохорный процесс), также это линии одинаковых времен прихода отраженных волн, а иногда изохорами называют линии равных вертикальных мощностей. Кроме того, в геологии часто в виде изолиний изображают концентрации полезных ископаемых, мощности, пористость и проницаемость, нефте-, газо- и водонасыщеннсть и любые признаки недр.

Иногда изолинии сопровождаются бергштрихами- чёрточками, проведёнными перпендикулярно изолинии и указывающими свободным концом направление уменьшения обозначаемой изолиниями величины (для изогипс— в каком направлении склон снижается).

Масштаб структурной карты обычно обусловлен геологическими задачами и обоснованностью фактическим материалом. Самые распространенные масштабы: 1:5 000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000. При построении структурных карт по данным бурения, число точек (скважин), необходимых для построения структурной карты, варьируется от 0,6 - 0,3 на 1 км^2 для масштаба 1:200 000 до 6 - 12 для масштаба 1:10 000.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При выборе сечения изогипс, основным правилом является достаточная детальность карты и неперегруженность ее лишними линиями. При пологом залегании геологической граничной поверхности оно обычно берется равным 5 или 10 м, для крутопадающих поверхностей - 25, 50 и 100 м. Сечение определяется также и масштабом карты: чем крупней масштаб карты, тем меньше сечение изогипс, а также количеством скважин, по данным которых построена данная карта. Существуют различные подходы к выбору сечения стратоизогипс, но, в общем, необходимо, чтобы в зонах самого большого сгущения изогипс просвет между ними был бы не менее 2 мм, иначе они сольются. В тех случаях, когда стратоизогипсы оказываются слишком редкими, между ним на отдельных участках можно проводить дополнительные изолинии с половинным сечением. Как правило, для построения учебных структурных карт бывает достаточно 10 стратоизогипс. Тогда для определения их сечения необходимо вычислить разность между максимальной и минимальной абсолютными отметками структуры (с учетом знаков), полученное число разделить на 10 и округлить. Как правило, сечение изогипс округляется до 5, 10, 25, 20, 100 и т.д.

При анализе фактического материала устанавливают примерную форму структуры, намечают ее ось, линии максимальных и минимальных отметок. Для простейших оценок руководствуются обычно следующими признаками:

– если в центральной части площади абсолютные отметки геологической опорной поверхности больше, чем на ее периферии - перед нами антиклиналь;

– если в центральной части площади абсолютные отметки меньше - синклиналь;

– если значения абсолютных отметок имеют тенденцию умень-шаться в каком-либо направлении - перед нами моноклиналь.

В зависимости от этого выбирают и способ построения. В геологической практике топографическую поверхность приходится строить различным исходным данным - бурения, результатам интерпретации сейсмических разрезов и другим материалам. Для этого используются методы скатов (инвариант), треугольников, гриды, профилей и другие. Геологу обычно не хватает информации о геологическом строении глубоких недр. При этом он гораздо подробнее знает строение более высоко залегающих горизонтов, и соотношения между высоко и глубокозалегающими горизонтами. В таком случае используется метод схождения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.2. ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ МЕТОДОМ ИНВАРИАНТНЫХ ЛИНИЙ (СКАТОВ)

Это самый простой метод построения структурных карт. Он наилучшим образом подходит для тех случаев, когда изображаемая структурная поверхность имеет облик горного хребта или долины. После определения сечения стратоизогипс и выбора высотных отметок последовательность работы следующая (по В.А. Букринскому).

1. Анализируют высотные отметки поверхности, по которой строят структурную карту (рис. 11.2) и выделяют инвариантные линии — как скелет изображаемой поверхности.

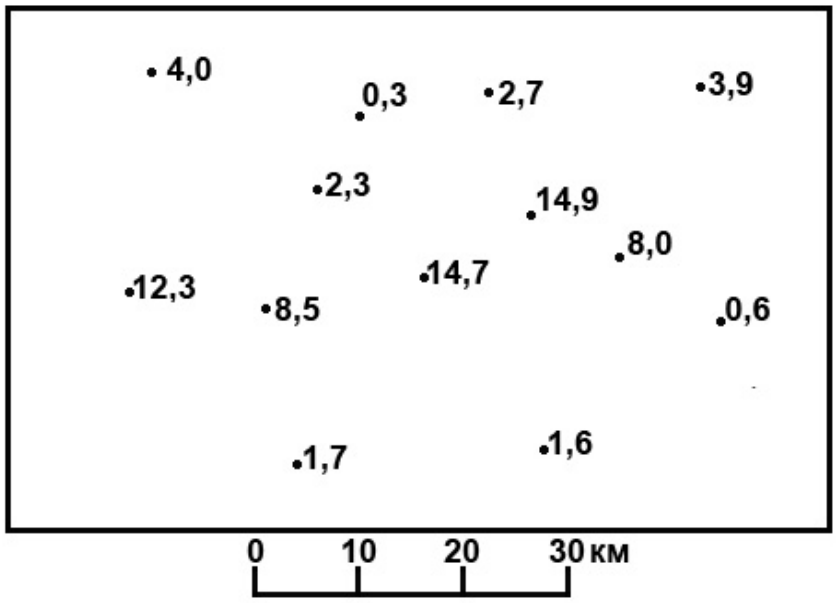


Рис. 11.2. Исходные данные для построения структурной карты

Эти инвариантные линии соответствуют линиям «водоразделов», или «тальвегов», на поверхности структуры (рис. 11.3).

2. Намечают линии скатов (склонов) будущей поверхности, в основном перпендикулярно линиям инвариант. Удобно, если линии скатов проходят через скважины.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

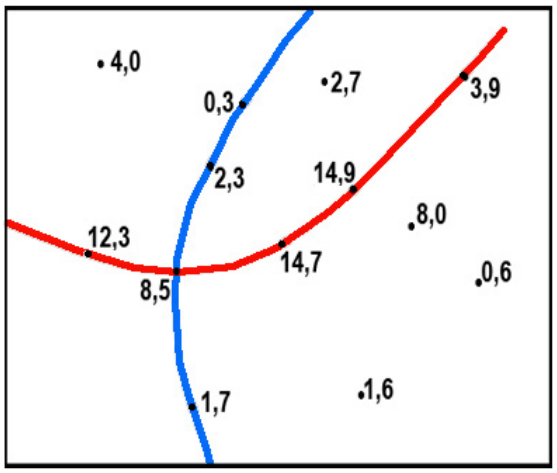


Рис. 11.3. Проведение инвариантных линий

3. На линиях инвариант и скатов путем линейной интерполяции отмечают точки, соответствующие выбранным для данной карты абсолютным отметкам стратоизогипс (рис. 11.4).

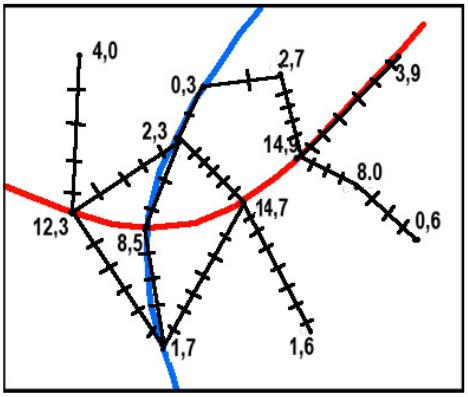


Рис. 11.4. Проведение линий скатов и интерполирование

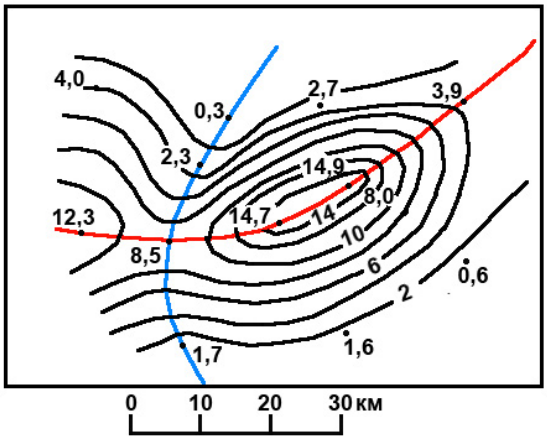


Рис. 11.5. Проведение стратоизогипс.

4. Соединяют одноименные отметки плавными линиями, начиная от самой высокой или самой глубокой, следя за тем, чтобы стратоизогипсы не пересекались.

5. Надписывают стратоизогипсы в их разрывах (рис. 11.5).

Чтобы закрепить знания, перейдите ***по ссылке и выполните задание***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.3. ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ МЕТОДОМ ТРЕУГОЛЬНИКОВ

Метод треугольников - наиболее распространенный способ построения структурных карт в геологической практике. Чаще всего он применяется в случае, когда территория разбурена равномерной сетью скважин, а картируемые структурные формы предполагаются изометричными или брахиморфными. Этот метод заключается в том, что любая структурная форма представляется в виде системы плоскостей, каждая из которых строится по трем точкам, зафиксированным в трех соседних скважинах. То есть неизвестная структурная форма определяется многогранником, вершины которого фиксированы абсолютными отметками, полученными по скважинам, либо иным путем, например в результате геолого-структурной съемки с применением геодезических приборов. На рис. 11.6 показано такое представление поверхности по пяти скважинам. Эта поверхность представлена четырьмя треугольниками ABC, BCD, DCE, ECA.

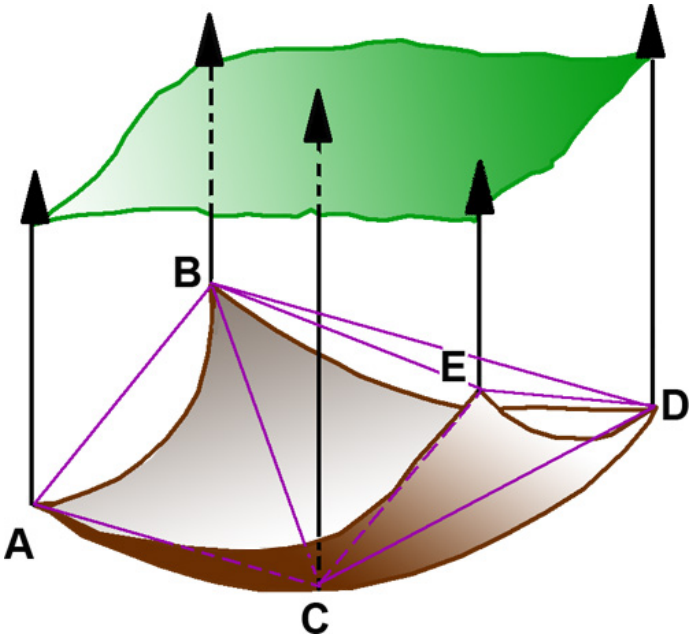


Рис. 11.6. Представление произвольной поверхности системой треугольников

1. Работа начинается с определения масштаба будущей карты. В геологической практике масштаб структурной карты обычно обусловлен геологическими задачами и обоснованностью фактическим материалом. Наиболее распространенные масштабы: 1:5 000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000. В нашем примере рекомендуется масштаб 1:10 000.

2. Выбрать сечение стратоизогипс, то есть вертикальное расстояние между линиями простирания. Основным правилом выбора сечения изогипс является достаточная детальность карты и не перегруженность ее лишними линиями. При пологом залегании

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геологической граничной поверхности оно обычно берется равным 5 или 10 м, для крутопадающих поверхностей - 25, 50 и 100 м. Сечение определяется также и масштабом карты: чем крупней масштаб карты, тем меньше сечение изогипс, а также количеством скважин, по данным которых построена данная карта.

Для того чтобы охарактеризовать структурную форму, предложенную в учебном задании, достаточно 8-12 изогипс – число изогипс соразмерно числу скважин, по которым они построены. Примем для определенности число 10. Сечение изогипс при заданном их числе (10 в нашем случае) зависит от амплитуды структуры. Чтобы определить амплитуду, необходимо

– вычислить разность между максимальной и минимальной абсолютными отметками структуры (с учетом знаков);

– полученное число разделить на 10 и округлить.

Обычно сечение изогипс округляется до 5, 10, 15, 20 и т.д. Чаще всего это числа, кратные 5, 10, 25, 50, 100 и т.д. В нашем примере сечение изогипс принято равным 10 м.

3. Проанализировать фактический материал, установить примерную форму структуры, наметить ее ось, простирание и т.д.

Для простейших оценок руководствуются обычно следующими признаками:

если в центральной части площади абсолютные отметки геологической опорной поверхности больше, чем на ее периферии - перед нами антиклиналь;

если в центральной части площади абсолютные отметки меньше - синклиналь;

если значения абсолютных отметок имеют тенденцию уменьшаться в каком-либо направлении - перед нами моноклиналь.

4. Разбивка на треугольники. Соединить между собой точки расположения смежных скважин, в результате чего получить систему треугольников. При этом можно соединять только те скважины, между которыми пласт залегает моноклинально. Стороны треугольников не должны пересекаться друг с другом и не должны пересекать ось структуры, а треугольники должны быть как можно более равносторонними. Вдоль каждой стороны треугольника можно предполагать равномерное и однонаправленное изменение абсолютной отметки пласта. На рис. 11.7 приведен вариант возможной разбивки площади на треугольники.

5. Линейная интерполяция - пропорциональное деление расстояния между скважинами согласно выбранному сечению стратоизогипс. Для этого нужно найти те места на отрезках между скважинами, где должны проходить изогипсы (при выбранном

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

сечении). Различные приемы линейной интерполяции описаны в ***приложении 2.***

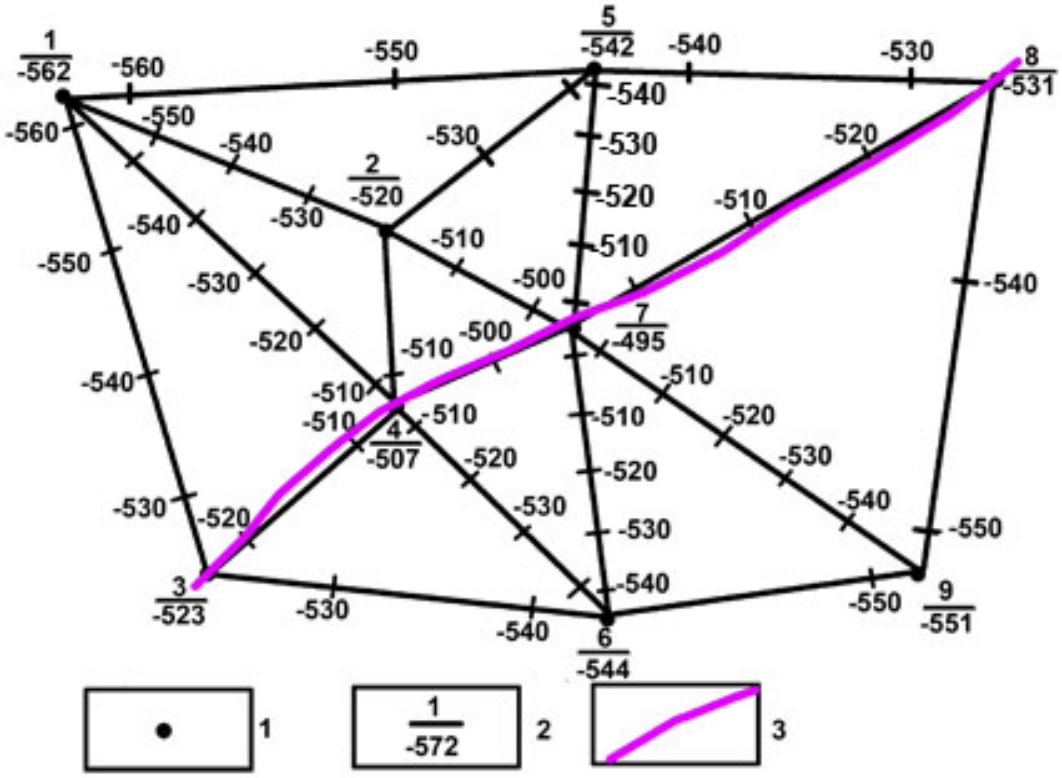


Рис. 11.7. Вариант разбивки площади на треугольники: 1 – скважины, 2 – номер скважины и абсолютная отметка целевой поверхности, 3 – предполагаемая ось структуры

6. Построение стратоизогипс. Полученные на сторонах треугольников значения изогипс для удобства построения карты надписываются карандашом, и одноименные значения соединяются плавными линиями, начиная от максимальных или минимальных значений стратоизогипс.

✔ При одинаковой крутизне геологической опорной поверхности (одинаковом угле падения) изогипсы пройдут на одинаковом расстоянии друг от друга. При уменьшении углов падения расстояния между изогипсами увеличиваются (они как бы расходятся), а при увеличении - уменьшаются (наблюдается их сгущение) точно так же, как это происходит с заложением пласта.

!!! Стратоизогипсы никогда не пересекаются !!!

7. Значения приведенных глубин (абсолютных отметок) изогипс подписать в их «разрыве», причем основание цифр должно быть

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

направлено вниз по наклону структурной форм. Оформить чертеж в соответствии с принятыми правилами (ориентировка, название, масштаб, условные обозначения и т.д.), как показано на рис. 11.8.

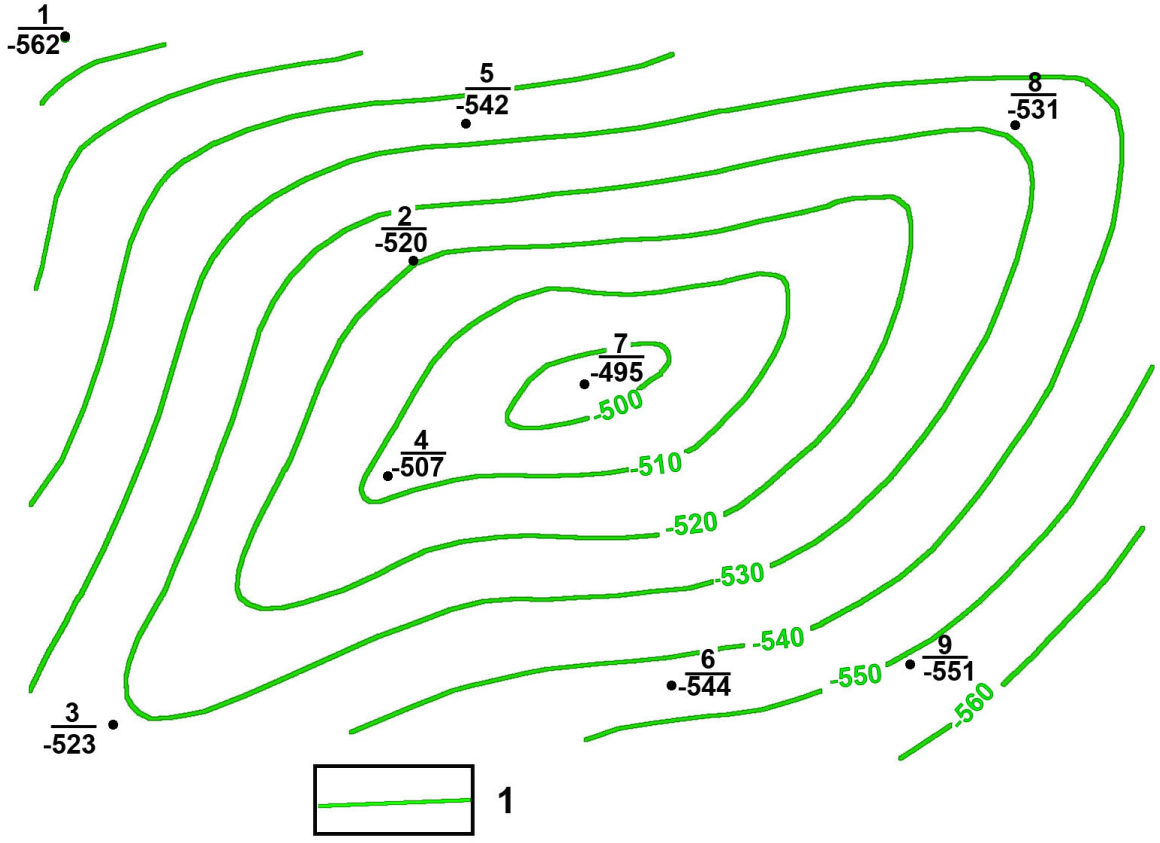


Рис. 11.8 Структурная карта: 1 - стратоизогипсы

Чтобы закрепить знания, перейдите *по ссылке* и выполните задание.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.4. ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ МЕТОДОМ ПРОФИЛЕЙ

Метод профилей, может, применяться в сложных в тектоническом отношении районах. Этот метод особенно важен при изучении геологического строения нефтяных и газовых месторождений, имеющих разрывные нарушения, так дает возможность трассировать на плане дизъюнктивные дислокации. А это, в свою очередь, позволяет правильно прогнозировать размещение залежей. Профили скважин закладываются обычно по ряду поперечных (в крест предполагаемого простирания структур), реже - продольных профилей. Иногда эти ряды соединяются связующим профилем, располагаемым перпендикулярно им. Для построения структурной карты методом профилей необходимо иметь на изучаемой площади минимум три геологических профиля, которые составляются по данным пробуренных скважин в масштабе строящейся карты.

На разрезах, исходя из целей и задач работы, выделяется геологическая поверхность - кровля опорного (маркирующего) или продуктивного горизонта, по которой необходимо построить структурную карту (рис. 11.9).

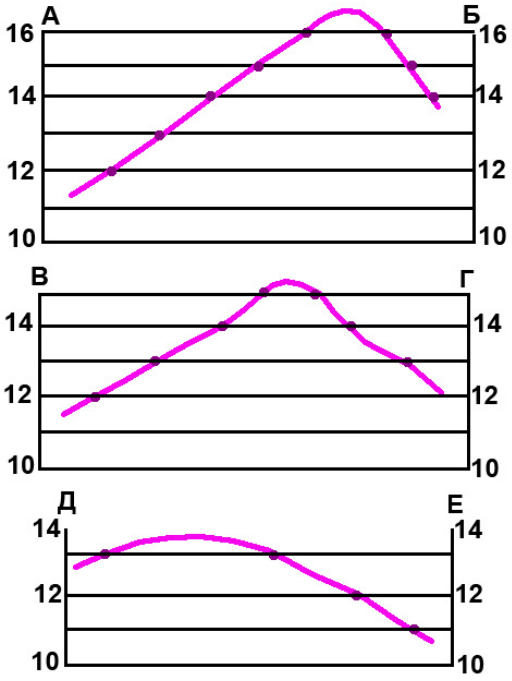


Рис. 11.9. Исходные профили

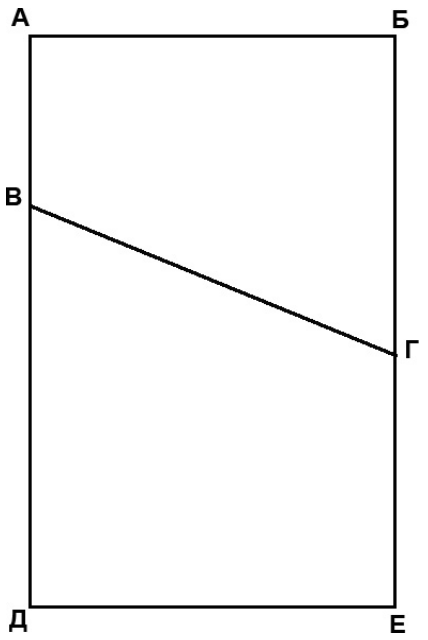


Рис. 11.10. Рамка карты и профили

Порядок построения структурной карты методом профилей следующий:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На плане местности, показать линии расположения профилей (рис. 11.10).

На каждую из линий профилей спроецировать абсолютные отметки маркирующего горизонта (рис. 11.11).

Можно также отложить от края разреза расстояния, соответствующие точкам пересечения маркирующего горизонта последовательно со всеми пересекаемыми им высотными отметками.

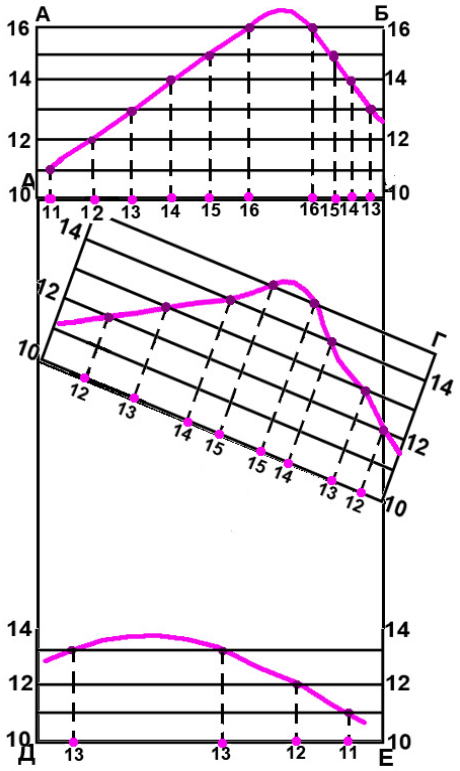


Рис. 11.11. Перенесение высотных отметок профилей на линии профилей на карте

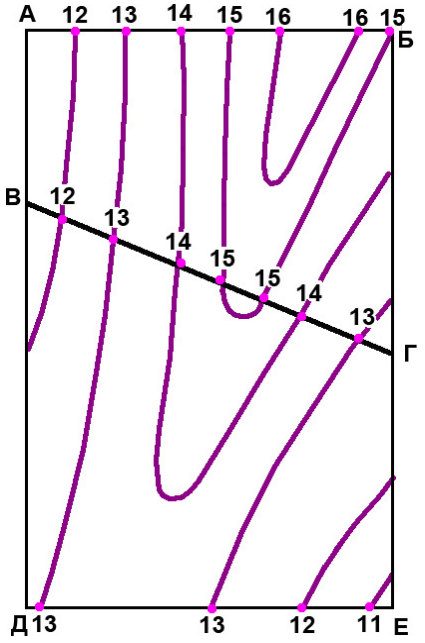


Рис. 11.12. Построение стратоизогипс (по В.А. Букринскому, с изменениями и дополнениями)

В результате на линиях профилей окажутся нанесенными высотные отметки картируемой поверхности. Соединяя одновысотные значения, построить линии изогипс целевой поверхности (рис. 11.12).

!!! Очертания изолиний между профилями – всегда интерполяция, то есть выдумки и предположения !!!

Оформить работу (подписать стратоизогипсы в их разрывах и убрать рабочие обозначения).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.5. ГРИДИНГ

Гридингом называется методика перехода от нерегулярной разведочной сети к регулярной с попутным определением значений переменной в каждом узле сети**.** Например, в шести точках с известными координатами вскрыт на определенных абсолютных отметках опорный горизонт. Скважины на площади расположены неравномерно (рис. 11.13). Необходимо построить структурную карту участка в изолиниях.

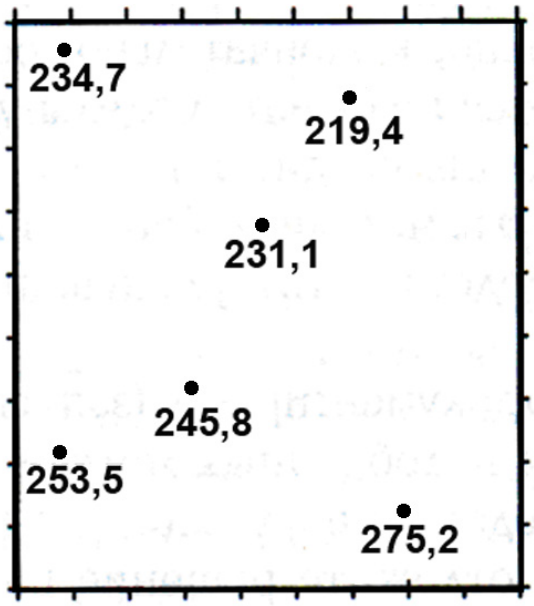


Рис. 11.13. Шесть неравномерно расположенных точек с абсолютными отметками маркирующего горизонта

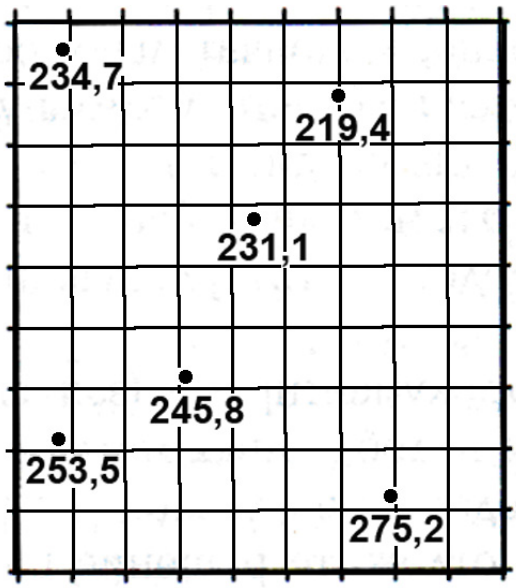


Рис. 11.14. Гридинг превращает неравномерно расположенные точки в 100 равномерно расположенные точки в узлах регулярной сети

Интересующая нас площадь разбивается на правильные элементарные ячейки (прямоугольники или квадраты). Число и размер элементарных ячеек задается исходя из масштаба и числа имеющихся скважин. В нашем случае, это сетка 10х10 (рис. 11.14).

Образуется правильная, регулярная сеть, которая называется ***гридом*** (сетью). С помощью интерполяции и экстраполяции определяются значения высотных отметок в узлах грида. Количество узлов — по вертикали 10 и по горизонтали 10. Всего в данном примере мы должны определить высотные отметки в 100 узлах (на самом деле несколько меньше, если пользоваться только интерполяцией) и записать их в матрицу (она называется **грид-матрица).** По этой уже ***регулярной*** сети точек строится карта в изолиниях. Тем самым совершается переход от шести ***нерегулярно***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

расположенных точек к 100 ***регулярно*** расположенным точкам в узлах **грида** (рис.11.15).

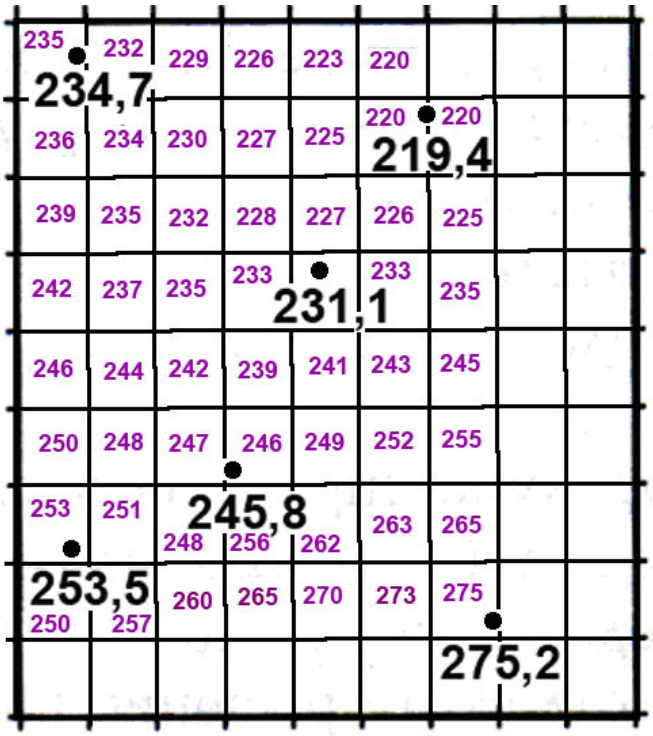


Рис. 11.15. Грид-матрица

Определение значения высотной отметки в каждом из узлов грида осуществляется выбранным методом ***интерполяции.*** Вот некоторые из них: линейная, скользящее среднее, минимальная кривизна, реальный сосед, ближайший сосед, полиномиальная регрессия, локальная полиномиальная регрессия, кригинг. Выбор того, или иного метода часто определяется имеющейся программой. Карты, построенные разными метдами, как правило отличаются друг от друга.

!!! В результате гридинга вычисленные значения абсолютных отметок могут отличаться от реальных, измеренных в скважине!!!

Для закрепления понимания материала постройте структурную карту по приведенной на рис. 11.15 грид-матрице. и по полученным данным - структурную карту. Пользуйтесь линейной интерполяцией.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.6. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ С ЛИНИЯМИ И ПЛОСКОСТЯМИ. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ПОСТРОЕНИЕ ВЫХОДА ПЛАСТА НА ДНЕВНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ)

Линии, плоскости и поверхности пересекаются там, где пересекаются их одновысотные проекции (рис. 11.16).

11.6.1. Пересечение линии и поверхности (прямой и поверхности)

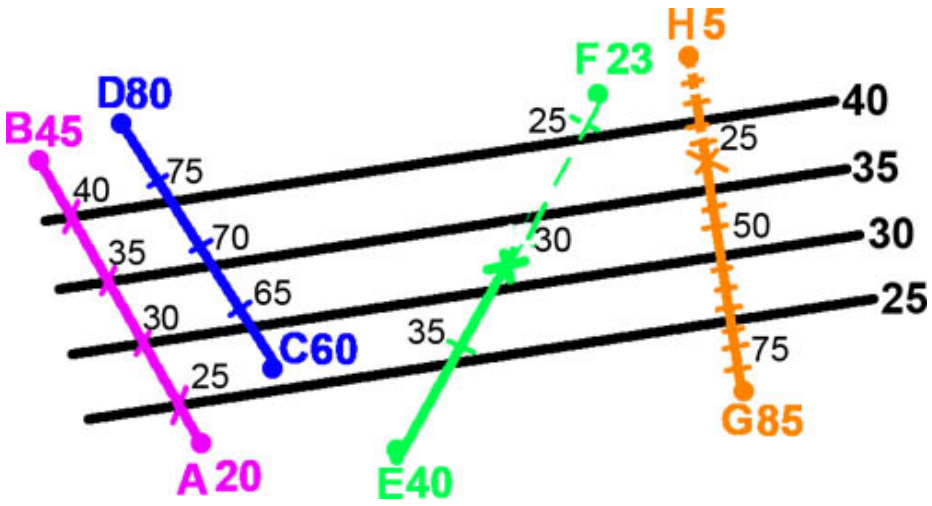


Рис. 11.16. Взаимное положение прямых и плоскости (по В.А. Букринскому). Плоскость задана стратоизогипсами. Прямая AB совпадает, CD не пересекает, EF пересекает, GH пересекает плоскость в точках, помеченных крестиками

Геометрически найти точку пересечения линии и плоскости (поверхности) проще всего, построив структурную карту поверхности в изолиниях и спроецировав на этот же чертеж линию. Если при этом задачу непосредственно решить не удалось из-за слишком большого сечения изолиний, надо проинтерполировать окрестности предполагаемого пересечения, или построить разрез совпадающий с прямой. В нефтегазовой геологии эту задачу в разных вариантах приходится решать постоянно при определении точки пересечения проектируемой скважины и пласта или залежи.

Для закрепления знаний придумайте сами упражнения про наклонную скважину, устье которой задано координатами и горизонтальный или наклонный продуктивный пласт, который она пересекает. Необходимо определить на какой глубине это произойдет при различных численных данных.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.6.2. Пересечение поверхности и плоскости

Один из наиболее часто встречающихся случаев – пересечение вертикально плоскости и произвольной поверхности, заданной изолиниями – это построение топографического профиля.

В общем случае:

Поверхность пересекается с плоскостью там, где пересекаются их одновысотные изолинии

Геометрически эту задачу проще всего решить, построив структурные карты поверхностей и плоскостей в изолиниях, отметив точки пересечения изолиний с одинаковыми значениями и соединив плавными линиями полученные точки (рис. 11.17).

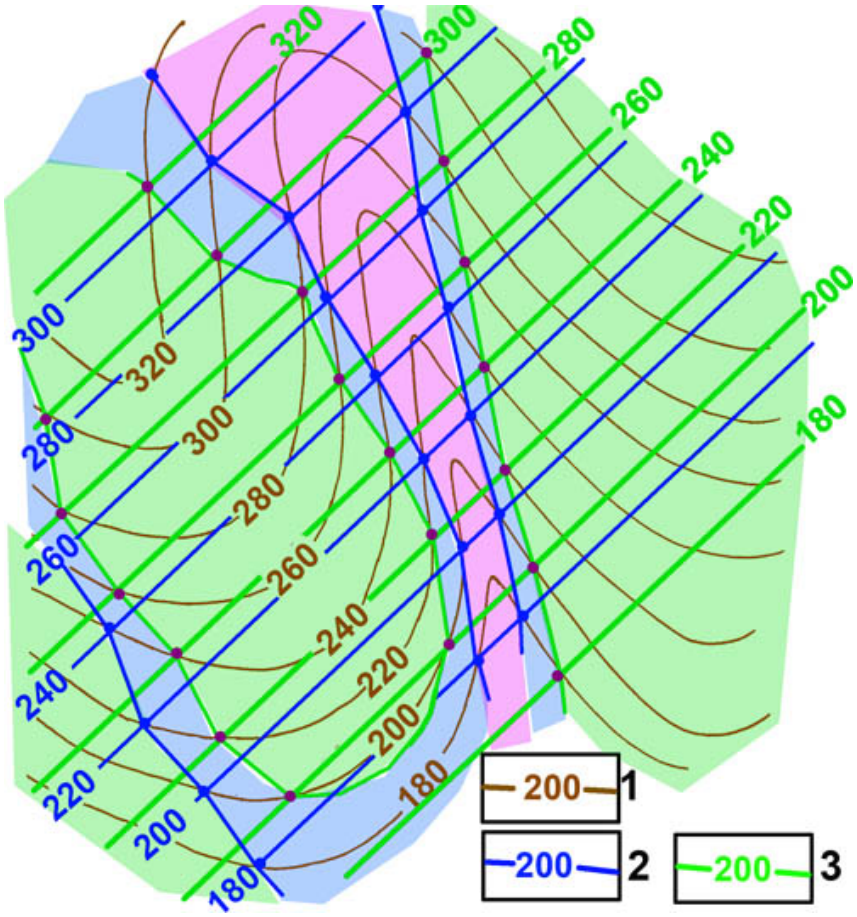


Рис. 11.17. Пересечение параллельных наклонных плоскостей (пласта) с топографической поверхностью (рельефом) 1 – горизонтали, 2 – стратоизогипсы подошвы пласта, 3 – стратоизогипсы кровли пласта

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В структурной геологии эту задачу приходится решать постоянно, когда необходимо построить выход пласта на дневную поверхность, определить линию пересечения водонефтяного контакта с кровлей продуктивного горизонта и т.д.

Рассмотрим конкретный пример решения этой графической задачи. Решение проведем при следующих исходных данных: на рис. 11.18 приведен топографический план местности масштаба 1:2000, основным элементом рельефа которого является долина ручья. Сечение горизонталей рельефа карты равно 20 м.

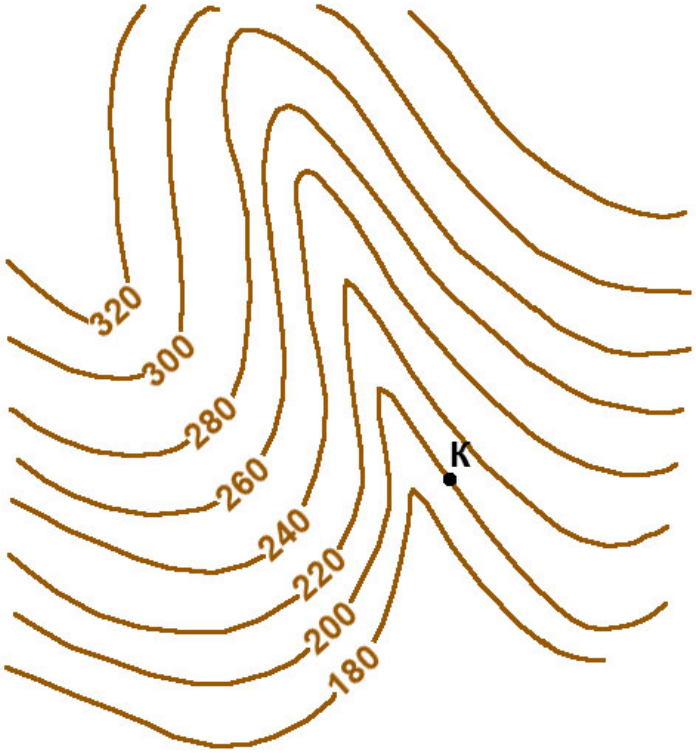


Рис. 11.18. Исходные данные к построению. 1 – горизонтали рельефа, 2 – точка наблюдения

В точке К на абсолютной отметке 200 м обнажается кровля маркирующего пласта толщиной 10 м. Элементы его залегания: *ЮВ 135 ∠50* .

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Нахождение заложения.

В свободной части листа миллиметровки провести горизонтальную линию *АА.* Она будет следом пересечения вертикальной плоскости, в которой лежит линия падения, с горизонтальной плоскостью (рис. 11.19).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При точке А вниз от линии АА отложить угол падения пласта α, равный 50° и провести линию АБ, которая будет кровлей пласта, т.е. проекцией ее поверхности на вертикальную плоскость.

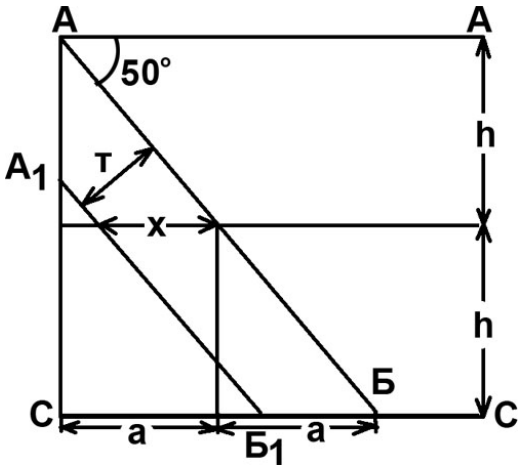


Рис. 11.19. Определение заложения и смещения пласта

Из точки А восстановить вниз перпендикуляр АС.

Вдоль линии АС через интервалы, равные величине сечения горизонталей топографической карты (20 м), взятые в ее масштабе (1:1000), т.е. через 2,0 см провести еще ряд горизонтальных линий (на рисунке проведены еще две линии). Эти линии пересекают плоскость кровли пласта в точках, расположенных на равных расстояниях друг от друга. Абсолютные отметки их будут увеличиваться вверх по восстанию пласта. Проведенные линии являются проекциями на вертикальную плоскость следов пересечения горизонтальных плоскостей, проведенных через линии простирания, с плоскостью кровли пласта.

Из полученных точек опустить перпендикуляры на горизонтальную линию СС. Отрезки, заключенные между ними (а), равны между собой (так как угол падения пласта не изменяется по его падению), и являются заложением пласта.

2. Определение выхода кровли пласта на земную поверхность.

На топографической основе в точке К (выхода кровли пласта на земную поверхность) продолжить линию простирания влево и вправо, пересекая все горизонтали рельефа. Эта линия будет иметь абсолютную отметку 200 м.

Вверх и вниз от нее провести ряд параллельных линий на расстоянии, равном величине заложения (прерывистые линии на рис.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.20). Эти линии будут линиями простирания, и, одновременно - стратоизогипсами этой поверхности. Вверх по восстанию пласта их абсолютные отметки будут увеличиваться, а вниз - уменьшаться на величину сечения горизонталей рельефа (20 м). Их следует подписать.

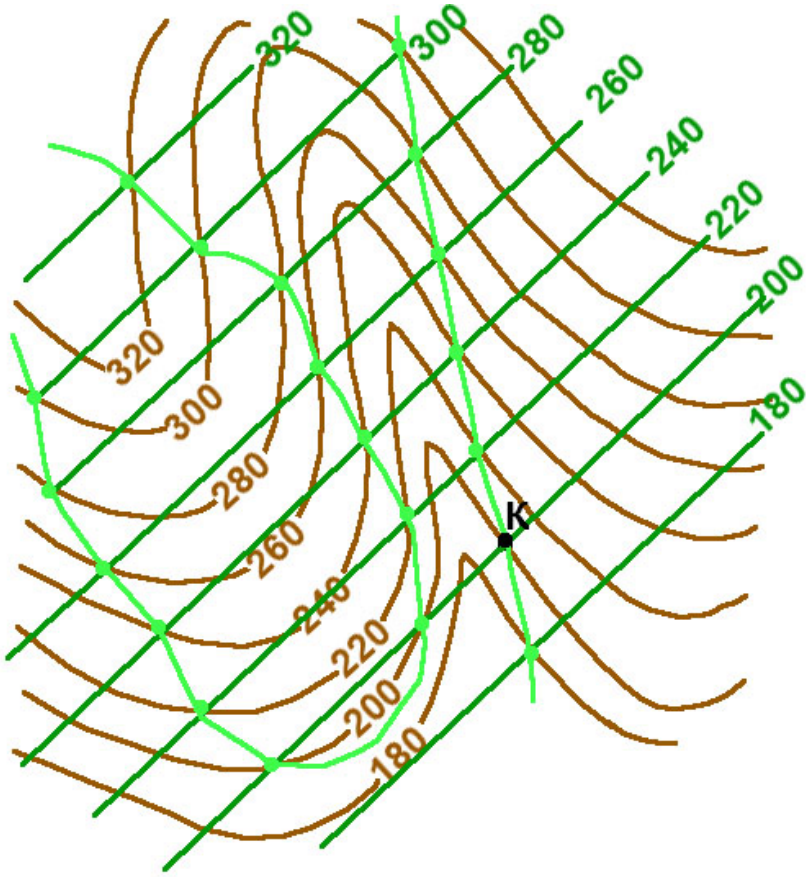


Рис. 11.20. Построение кровли пласта

Пересечения одноименных (одновысотных) горизонталей рельефа и изогипс кровли пласта указывают точки ее выхода на земную поверхность (их можно пометить крестиками карандашом).

Соединить эти точки плавной кривой. В результате получим линию выхода на земную поверхность кровли пласта.

3. Определение выхода подошвы пласта на земную поверхность.

Для нахождения выхода на земную поверхность подошвы пласта необходимо определить величину ее смещения (X) относительно кровли, т.е. относительное смещение одноименных изогипс этих граничных поверхностей.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Для этого от кровли пласта (линии АБ на рис. 11.19) по перпендикуляру к ней отложить отрезок, равный толщине пласта (*T*) в масштабе топографической основы (10 м в масштабе 1:1000 равно 1 см), и через полученную точку провести линию $А_1Б_1$, параллельную кровле пласта. Эта линия будет подошвой пласта. Отрезок Х покажет смещение подошвы относительно кровли.

- Этот отрезок необходимо отложить от точки К в направлении ***восстания*** слоя. Линия, проведенная через точку П (рис.11.22) параллельно линии простирания, проходящей через точку К будет линией простирания (изогипсой) подошвы пласта с абсолютной отметкой 200 м.
- По обе стороны от нее на расстоянии, равном величине заложения «а», и параллельно ей провести ряд сплошных линий, которые будут соответствовать изогипсам подошвы (рис. 11.21).

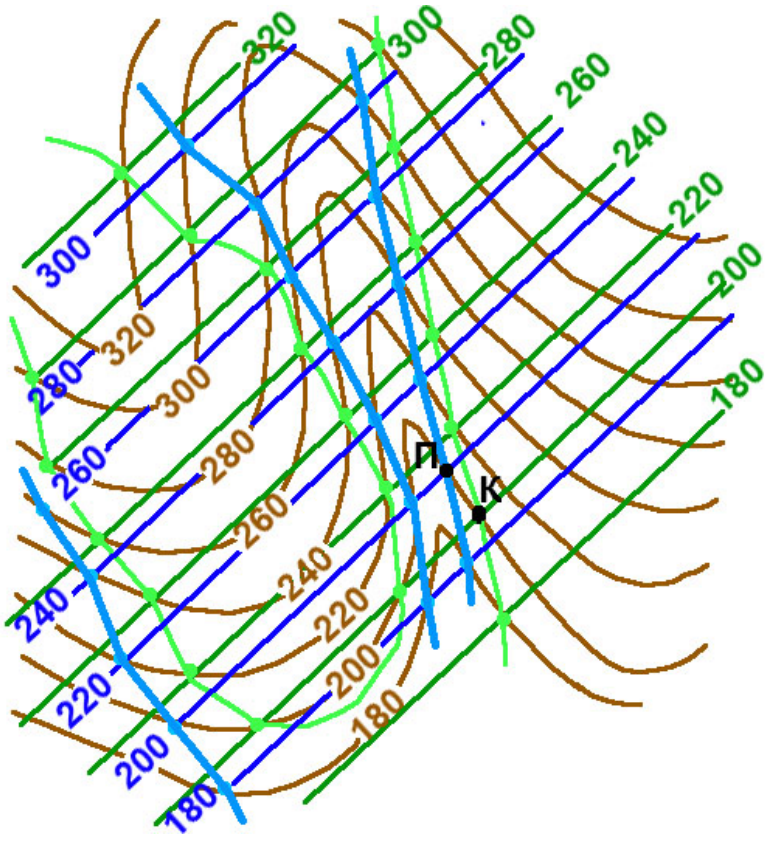


Рис. 11.21. Построение подошвы пласта

Подписать их абсолютные отметки с правой стороны чертежа.

Через точки пересечения изогипс подошвы пласта с одноименными горизонталями рельефа проводим плавную линию, которая будет выходом на земную поверхность подошвы пласта.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Взаимное положение кровли и подошвы пласта с рельефом может быть различным. Это обусловлено условиями залегания (падения) пласта относительно наклона рельефа, и взаимоотношениями их углов наклона.

Если рельеф и пласт имеют наклон в разные стороны (рис. 11.22), кровля пласта находится выше подошвы и «стрелка» пластового треугольника в тальвеге указывает направление падения.

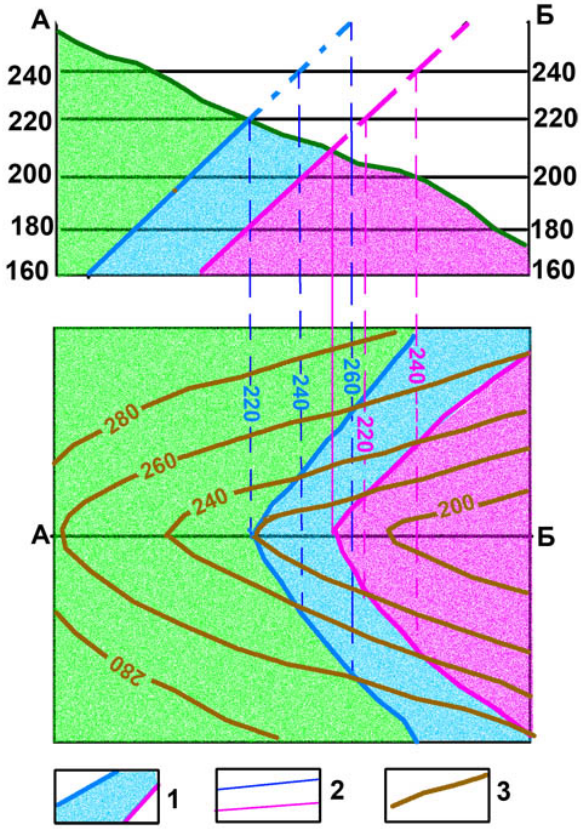


Рис. 11.22. Соотношение пласта с рельефом. Рельеф и пласт падают в разные стороны. 1 – картируемый пласт, 2 – стратоизогипсы кровли (вверху) и подошвы (внизу) пласта, 3 – горизонтали. Вверху расположен геологический разрез по линии АБ, внизу – геологическая карта

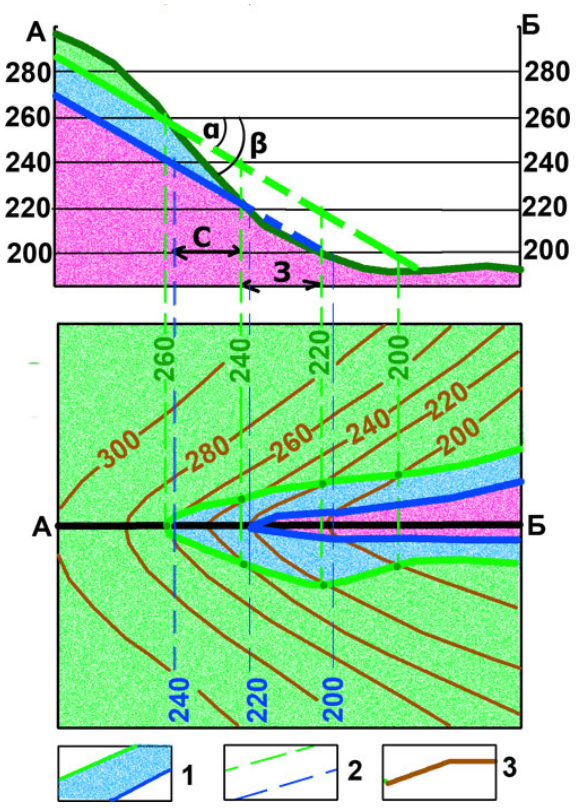


Рис. 11.23. Соотношение кровли и подошвы пласта с рельефом. Пласт и рельеф падают в одну и ту же сторону, но рельеф круче залегания пласта. 1 – картируемый пласт, 2 – стратоизогипсы кровли (вверху) и подошвы (внизу) пласта, 3 – горизонтали. Вверху расположен геологический разрез по линии АБ, внизу – геологическая карта. С – горизонтальная проекция смещения кровли относительно подошвы, з – заложение

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Если рельеф и пласт падают в одну сторону, но угол склона рельефа (β) больше падения пласта (α), (рис. 11.23), граница подошвы слоя окажется гипсометрически ниже границы кровли и «стрелка» пластового треугольника в тальвеге указывает направление восстания пласта.

При одинаковом направлении наклона рельефа и пласта, но большем угле его падения *(α),* по сравнению с углом склона *(β)* земной поверхности (рис. 11.24), подошва окажется гипсометрически выше кровли, «стрелка» пластового треугольника в тальвеге покажет направление падения.

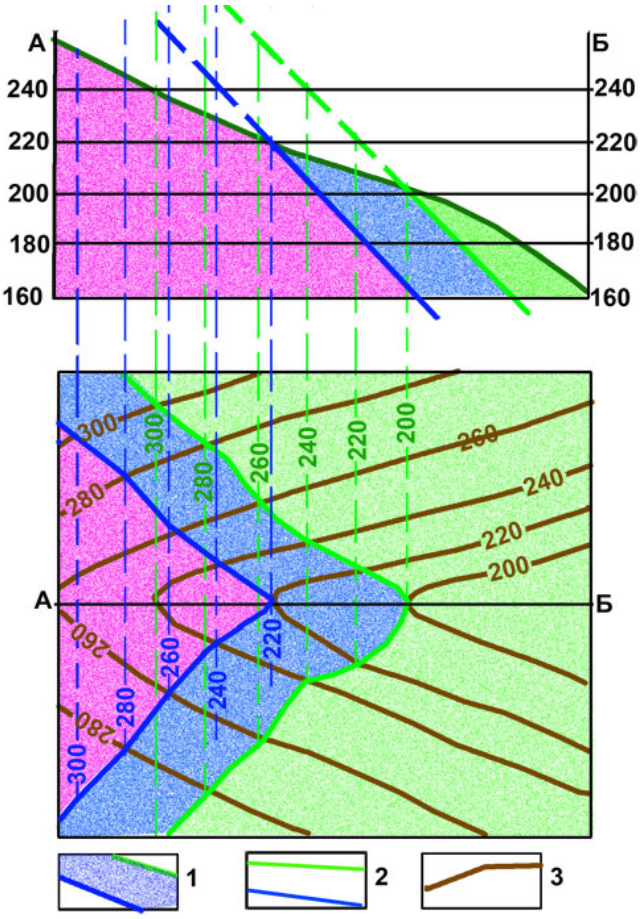


Рис. 11.24. Соотношение кровли и подошвы пласта с рельефом. Пласт и рельеф падают в одну сторону, но рельеф положе пласта. 1 – картируемый пласт, 2 – стратоизогипсы кровли (вверху) и подошвы (внизу) пласта, 3 – горизонтали. Вверху расположен геологический разрез по линии АБ, внизу – геологическая карта

Для закрепления материала перейдите ***по ссылке*** и выполните упражнения по теме, и ***по ссылке*** и выполните задание по выходу пласта на дневную поверхность.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

11.6.3. Математические действия с топографическими поверхностями

Для графического выполнения математических действий с топографическими поверхностями необходимо построить их карты в изолиниях, в точках пересечений изолиний выполнить необходимые действия и по полученным значениям построить новую карту в изолиниях (рис. 11.25).

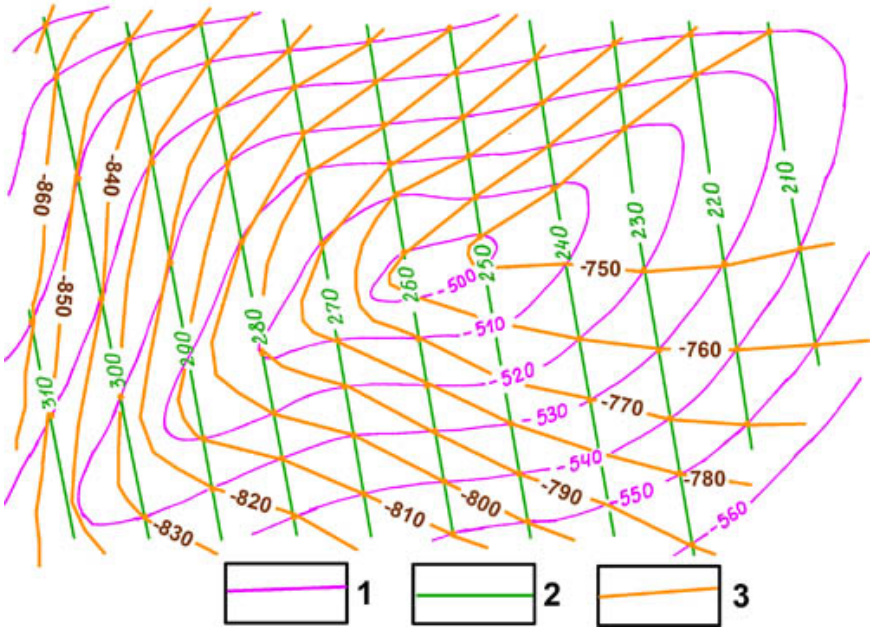


Рис. 11.25. Математические действия с топографическими поверхностями. Вычитание. 1 структурная карта по кровле триаса, 2 – карта вертикальных мощностей, 3 – структурная карта по кровле перми. Объяснение в тексте.

На рисунке 11.25 показана топографическая поверхность, соответствующая, например, кровле триаса, изображающая антиклинальную складку. Стратоизогипсы антиклинальной складки пересекаются изолиниями мощности триаса, которая уменьшается к востоку. В точках пересечения указанных изолиний можно вычислить абсолютную отметку кровли перми, вычитая из значений стратоизогипс триаса значения мощности. В результате получается серия абсолютных отметок топографической поверхности перми, через которые можно провести стратоизогипсы, в приведенном примере изображающие структурный нос.

Точно так же можно складывать, перемножать и делать другие математические действия с топографическими поверхностями.

11.6.4. Построение структурной карты методом схождения

Рассмотрим подробно рассмотренные действия на примере построения структурной карты методом схождения.

Напоминание: структурная карта – одна из разновидностей геологических карт в изолиниях. Она отображает в стратоизогипсах положение геологической границы (кровли или подошвы пласта) относительно уровня моря. Другими словами, структурная карта - это карта подземного рельефа геологической граничной поверхности.

Стратоизогипсы - это линии, соединяющие на плане точки с одинаковыми абсолютными отметками (приведенными глубинами - ПГ) геологической границы, проведенные через равные интервалы, то есть проекции на горизонтальную плоскость линий ее простирания, проведенные через равные высотные или глубинные интервалы.

Приведенная глубина (ПГ), или абсолютная отметка опорной геологической поверхности, в любой ее точке определяется следующим образом:

$$ПГ = A - H$$

где A – альтитуда (абсолютная отметка) устья скважины,

H - глубина залегания опорной поверхности в вертикальной скважине т.е. вертикальное расстояние между земной и опорной поверхностями.

В случае, если опорная геологическая поверхность залегает выше уровня моря (скв. № 1 рис. 11.26), абсолютная её отметка ее будет иметь положительное значение, если же - ниже уровня моря (скв. № 2) - отрицательную величину.

Структурные карты составляются по результатам бурения, полевых геофизических материалов и структурно-геологической съемки. В зависимости от качества и количества исходных данных, а также геологического строения района пользуются следующими методами построения структурных карт: способом треугольников, схождения и профилей.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

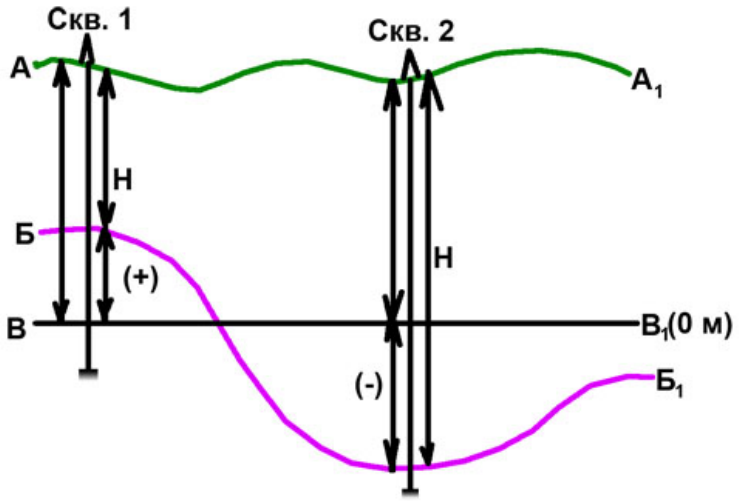


Рис.11.26. Абсолютная отметка (или приведенная глубина - ПГ) опорной поверхности земных недр (ББ$_1$) в зависимости от ее положения относительно уровня моря

Метод схождения заключается в том, что структурная карта глубокозалегающих слоев строится по минимуму данных, с использованием структурной карты вышезалегающего слоя, построенного по большому количеству данных. В нашем примере это карты по кровле мела и по кровле юры. Он основан на том, что изменение вертикальных расстояний (мощностей) между двумя геологическими граничными поверхностями менее контрастно, чем их структурный рельеф.

Применение этого метода для построения структурных карт возможно в том случае, если исследуемый горизонт вскрыт ограниченным числом глубоких скважин (не менее чем 3 – 4), равномерно расположенных по площади, а по одному из горизонтов верхней части осадочного чехла имеется структурная карта, точность которой обоснована большим количеством фактического материала.

Метод схождения применим в районах с простым тектоническим строением. Он особенно важен в районах с несоответствием структурных планов по различным граничным геологическим поверхностям.

Этот метод построения структурных карт ***нельзя*** применять в районах развития рифовых массивов, а также в зонах выклинивания отдельных комплексов пород, при некомпенсированном осадконакоплении и перерывах в осадконакоплении и размывах. Метод схождения при построении структурных карт, как правило, находит обязательное применение на первых этапах поисково-разведочных работ.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Сущность метода схождения заключается в изучении характера изменения вертикальных мощностей отложений между двумя геологическими поверхностями - первой (опорной), по которой имеется подробная структурная карта, и второй (картируемой), по которой ее следует построить.

Следовательно, предварительным этапом в построении структурной карты методом схождения, является построение карт опорного (вышележащего) горизонта, охарактеризованного значительным числом данных, и карты равных вертикальных мощностей (карты изохор).

Точность построения структурной карты по нижней поверхности зависит от достоверности карты вертикальных мощностей. Однако, в любом случае, она позволяет судить о соответствии или смещении свода структуры, а также наметить места расположения новых поисковых и разведочных скважин на изучаемой площади.

Для применения метода схождения, сначала необходимо построить исходную карту. Построим её методом треугольников, используя прямоугольные координаты. Если Вы не знаете, как это делается, ниже приводится описание этого построения.

Методические указания по выполнению работы.

1. Определить масштаб будущей карты. В геологической практике масштаб структурной карты обычно обусловлен геологическими задачами и обоснованностью фактическим материалом. Наиболее распространенные масштабы: 1:5 000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000. В нашем примере рекомендуется масштаб 1:10 000.

2. Нанести на план расположение скважин. В геологической практике это делается по прямоугольным координатам, надписанным на топографической карте. Так как нам необходимо нанести только относительное расположение скважин друг относительно друга, достаточно построить условную прямоугольную систему координат.

Для этого:

На листе миллиметровой бумаги вдоль одной из сторон, отступив 2-3 см от края листа, провести вектор, который будет обозначать северное направление, или линию меридиана (ось X).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Перпендикулярно ему провести ось Y (линию восток – запад, или линию параллели).

Выбрать минимальное значение координат скважин X и Y в Вашем варианте, округлить их и проградуировать оси X и Y в выбранном масштабе (1:10 000).

Пользуясь масштабом, нанести на план положения устий скважин и надписать их номера.

3. Построить структурную карту по кровле, например, мела (в Вашем варианте) методом треугольников. Для этого:

Определить абсолютные отметки опорной геологической поверхности в каждой скважине (в данном случае – кровли мела – К). Для этого из альтитуды устья скважины вычесть глубину залегания кровли отложений меловой системы. Результат записать в виде дроби, где числитель - номер скважины, а знаменатель - абсолютная отметка маркирующей поверхности (кровли мела К). Полученные абсолютные отметки могут быть как положительными, так и отрицательными.

Выбрать сечение стратоизогипс, то есть вертикальное расстояние между линиями простирания. Основным правилом выбора сечения изогипс является достаточная детальность карты и не перегруженность ее лишними линиями. При пологом залегании геологической граничной поверхности оно обычно берется равным 5 или 10 м, для крутопадающих поверхностей - 25, 50 и 100 м. Сечение определяется также и масштабом карты: чем крупней масштаб карты, тем меньше сечение изогипс, а также количеством скважин, по данным которых построена данная карта.

Для того чтобы охарактеризовать структурную форму, предложенную в учебном задании, достаточно 8-12 изогипс – число изогипс соразмерно числу скважин, по которым они построены. Примем для определенности число 10. Сечение изогипс при заданном их числе (10 в нашем случае) зависит от амплитуды структуры. Чтобы определить амплитуду, необходимо вычислить разность между максимальной и минимальной абсолютными отметками структуры (с учетом знаков). Полученное число разделить на 10 и округлить.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Обычно сечение изогипс округляется до 5, 10, 15, 20 и т.д. Чаще всего это числа, кратные 5, 10, 25, 50, 100 и т.д. В нашем примере сечение изогипс принято равным 10 м.

Проанализировать фактический материал, установить примерную форму структуры, наметить ее ось, простирание и т.д. (рис. 11.27).

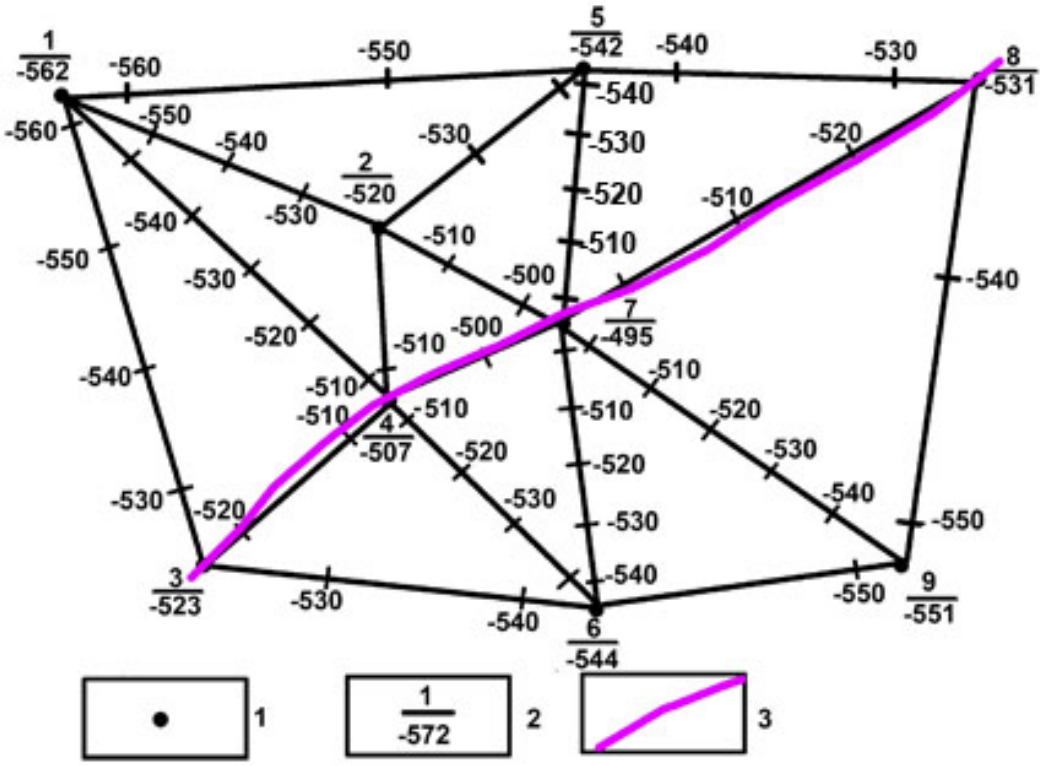


Рис.11.27. Разбивка площади на треугольники и интерполяция. 1 – положение скважин, 2 – номера скважин и абсолютные отметки целевого горизонта (К), 3 – ось струтуры

Для простейших оценок руководствуются обычно следующими признаками:

- если в центральной части площади абсолютные отметки геологической опорной поверхности больше, чем на ее периферии - перед нами антиклиналь;

- если в центральной части площади абсолютные отметки меньше - синклиналь;

- если значения абсолютных отметок имеют тенденцию уменьшаться в каком-либо направлении - перед нами моноклиналь.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

-. Разбивка на треугольники. Соединить между собой точки расположения смежных скважин, в результате чего получить систему треугольников. При этом можно соединять только те скважины, между которыми пласт залегает моноклинально. Стороны треугольников не должны пересекаться друг с другом и не должны пересекать ось структуры, а треугольники должны быть как можно более равносторонними. Вдоль каждой стороны треугольника можно предполагать равномерное и однонаправленное изменение абсолютной отметки пласта. На рис. 11.27 приведен вариант возможной разбивки площади на треугольники.

Линейная интерполяция - пропорциональное деление расстояния между скважинами согласно выбранному сечению стратоизогипс. Для этого нужно найти те места на отрезках между скважинами, где должны проходить изогипсы (при выбранном сечении). Различные приемы линейной интерполяции описаны в приложении 2.

Построение стратоизогипс. Полученные на сторонах треугольников значения изогипс для удобства построения карты надписываются карандашом, и одноименные значения соединяются плавными линиями начиная от максимальных или минимальных значений стратоизогипс. При одинаковой крутизне геологической опорной поверхности (одинаковом угле падения) изогипсы пройдут на одинаковом расстоянии друг от друга. При уменьшении углов падения расстояния между изогипсами увеличиваются (они как бы расходятся), а при увеличении - уменьшаются (наблюдается их сгущение) точно так же, как это происходит с заложением пласта. Стратоизогипсы никогда не пересекаются.

Значения приведенных глубин изогипс подписать в их «разрыве», причем основание цифр должно быть направлено вниз по наклону структурной формы (рис. 11.28). Оформить чертеж в соответствии с принятыми правилами (ориентировка, название, масштаб, условные обозначения и т.д.).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

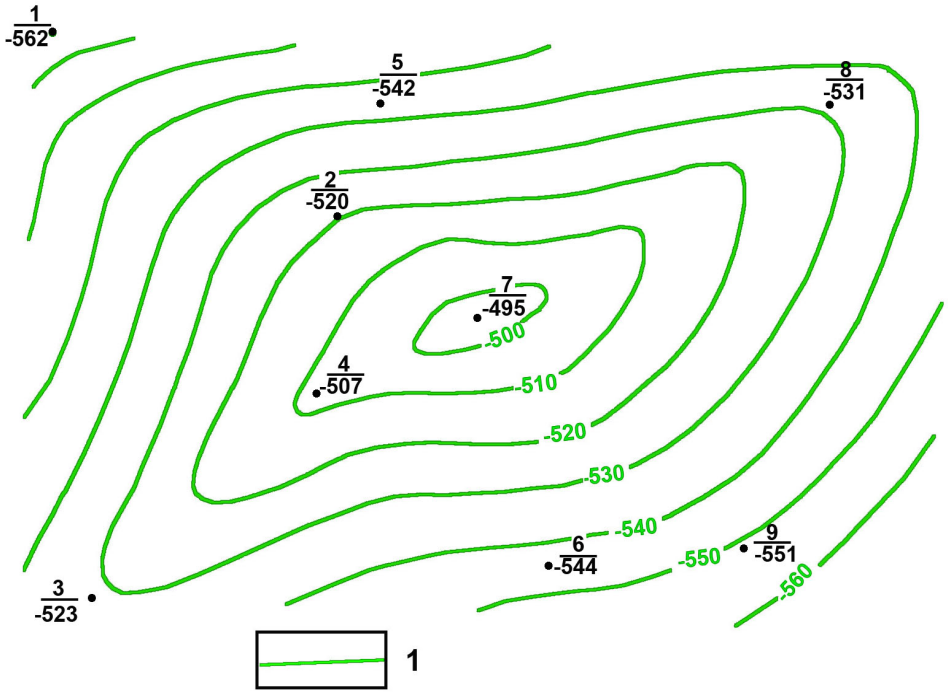


Рис. 11.28. Структурная карта по кровле мела (исходная) 1 – стратоизогипсы кровли мела

4. Построить карту равных вертикальных мощностей (карту схождения).

Построения можно проводить на кальке, наложенной на структурную карту, созданную при выполнении предыдущего задания, или же на том же чертеже, но другим цветом.

Для построения структурной карты по более глубоко залегающей геологической поверхности J вскрытой малым количеством скважин, необходимо сначала построить структурную карту по верхней граничной поверхности К, которая в достаточной степени изучена бурением (у Вас такая карта уже есть).

Для скважин, вскрывших обе геологические поверхности, определяют вертикальные толщины комплекса пород, заключенного между поверхностями К и J. Для этого в каждой из этих скважин в таблице Вашего варианте задания из альтитуды верхней поверхности А вычесть альтитуду нижней поверхности Б. Полученные значения мощностей отложений подписать у соответствующих скважин (рис. 11.29).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

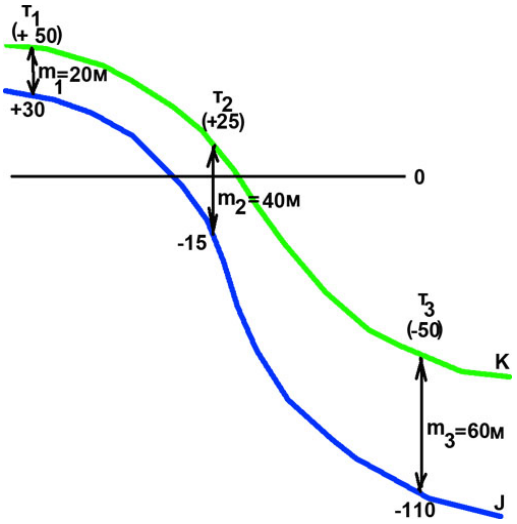


Рис. 11.29. Вычисление толщины комплекса пород, заключенного между поверхностью K и J

Разбить расстояния между скважинами на треугольники аналогично предыдущей работе.

Провести интерполяцию между скважинами и соединить точки с одинаковыми значениями толщин плавными линиями, получая карту (изохор), отражающую закономерности изменения вертикальных расстояний между указанными поверхностями – карту вертикальных мощностей (рис. 11.30).

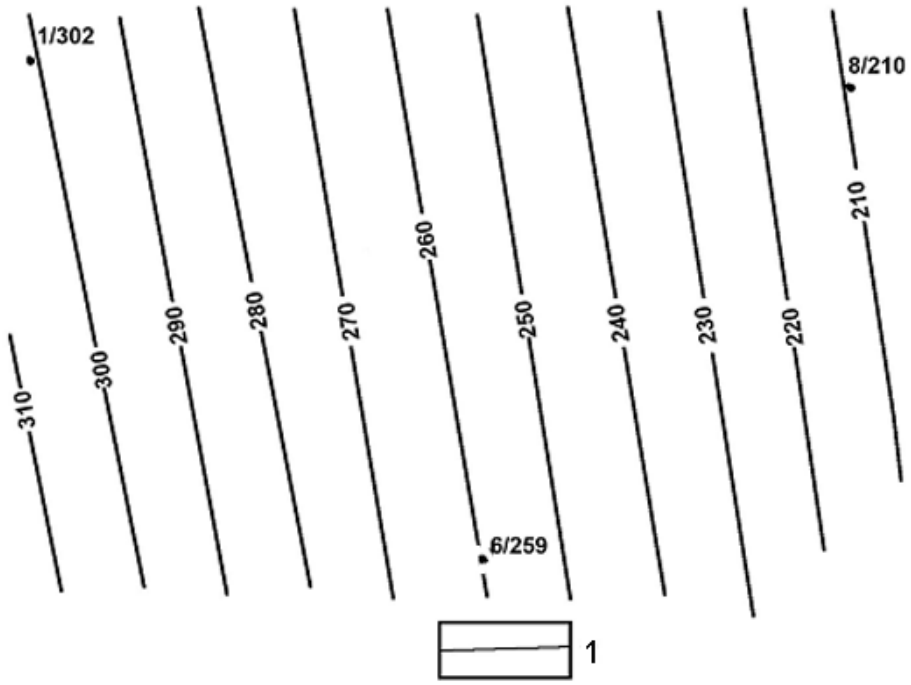


Рис. 11.30 Карта равных вертикальных мощностей – карта схождения: 1 – изолинии равных вертикальных мощностей (толщин)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Сечение карты схождения по возможности должно соответствовать сечению изогипс карты верхней поверхности. В нашем примере карта изохор для наглядности построена по трем точкам, поэтому изолинии представлены системой прямых параллельных линий, что свидетельствует о монотонном изменении мощности пласта.

Если градиенты изменения толщин между скважинами значительны или, наоборот, слишком малы, можно изменить сечение изохор, но это несколько усложнит построение структурной карты по нижней граничной геологической поверхности.

5. Совместить структурную карту верхней граничной геологической поверхности К с картой схождения. В точках пересечения изохор со стратоизогипсами поверхности К путем вычитания находят значения абсолютных отметок поверхности J (рис. 11.31).

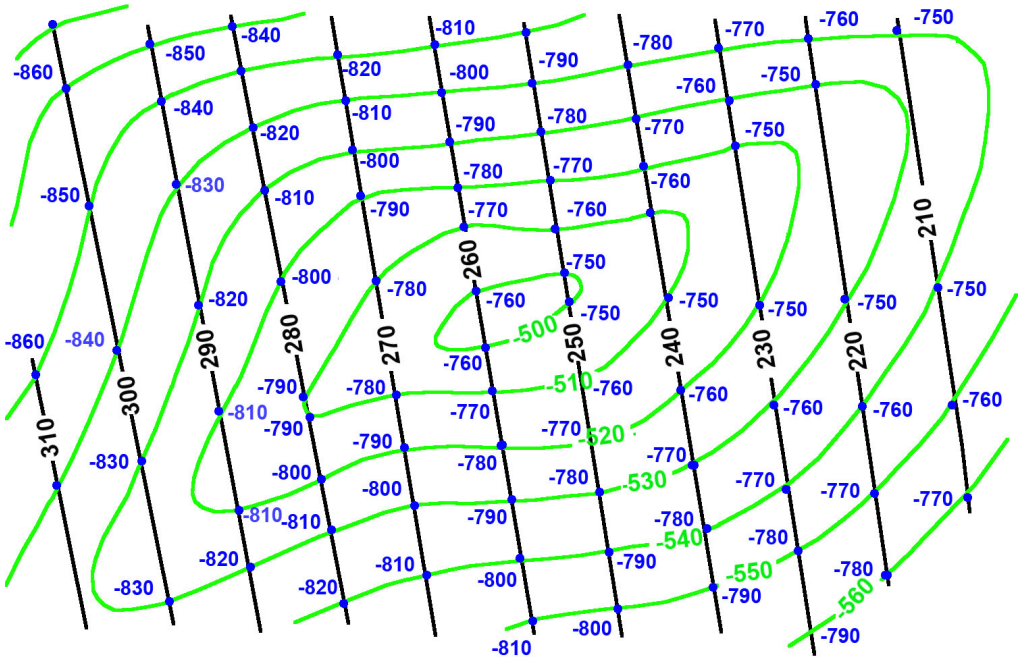


Рис. 11.31. Совмещение карт и вычисление отметок, характеризующих их разность (абсолютную отметку кровли J)

6. Соединить плавными линиями точки, имеющие одинаковые приведенные глубины поверхности Б. В результате получится

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структурная карта по нижней поверхности (в нашем примере – кровли J (рис. 11.32).

7. Значения стратоизогипс подписать в их “разрыве”, причем основание цифр должно быть направлено вниз по наклону структурной формы (рис. 11.32). Оформить чертеж в соответствии с принятыми правилами (ориентировка, название, масштаб, условные обозначения и т.д.).

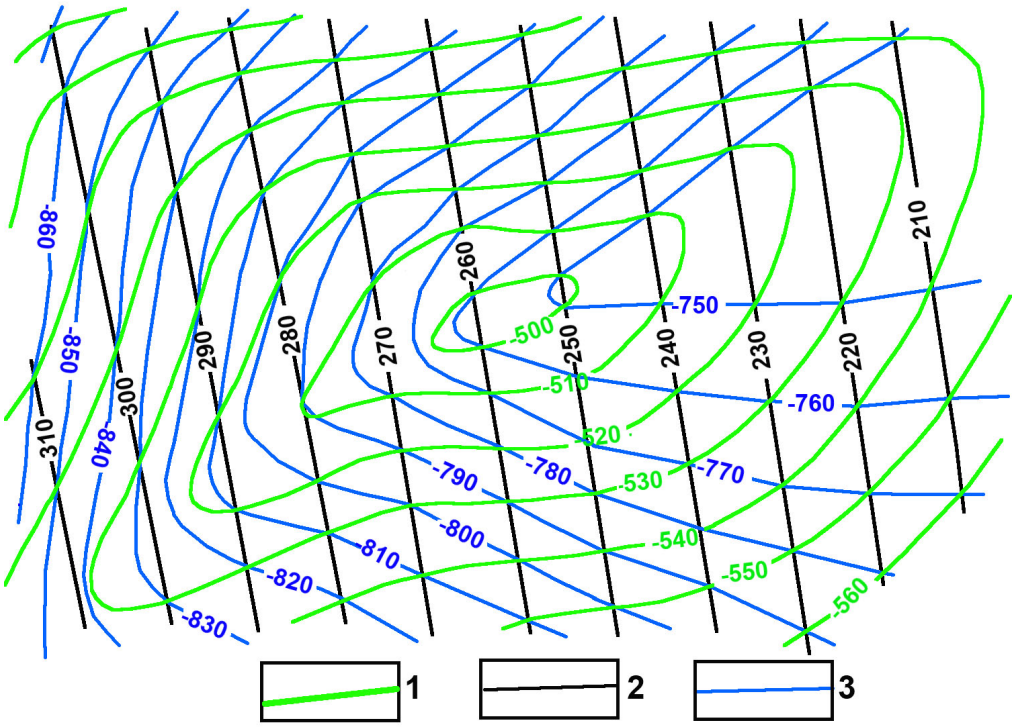


Рис. 11.32. Построение карты нижнего горизонта (кровли J): 1 – стратоизогипсы кровли мела, 2 – изолинии мощности мела, 3 – стратоизогипся кровли юры

Обратите внимание на то, что если бы мы строили карту нижней поверхности по трем точкам методом треугольников, или любым другим методом интерполяции, мы получили бы плоскость (по трем точкам можно построить только плоскость). Однако, учитывая косвенные данные – складку, образованную вышележащей границей, и согласное залегание слоев - нам удалось построить более сложную поверхность – структурный нос.

8. Построение профилей структур

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Выбрать направление и место профиля (так, чтобы он был максимально информативным). При необходимости выбрать два профиля. Провести его на карте.

Выбрать вертикальный масштаб будущего профиля, так, чтобы наглядно показать структуру при минимальных искажениях.

Построить рамку будущего профиля. Если он получился слишком длинным, можно в неинформативной части «вырвать» кусок разреза, как показано на рис. 11.33. Построить профили геологических границ и оформить работу в соответствии с правилами (на приведенном примере не хватает легенды и зарамочного оформления работы. Сделайте их самостоятельно.

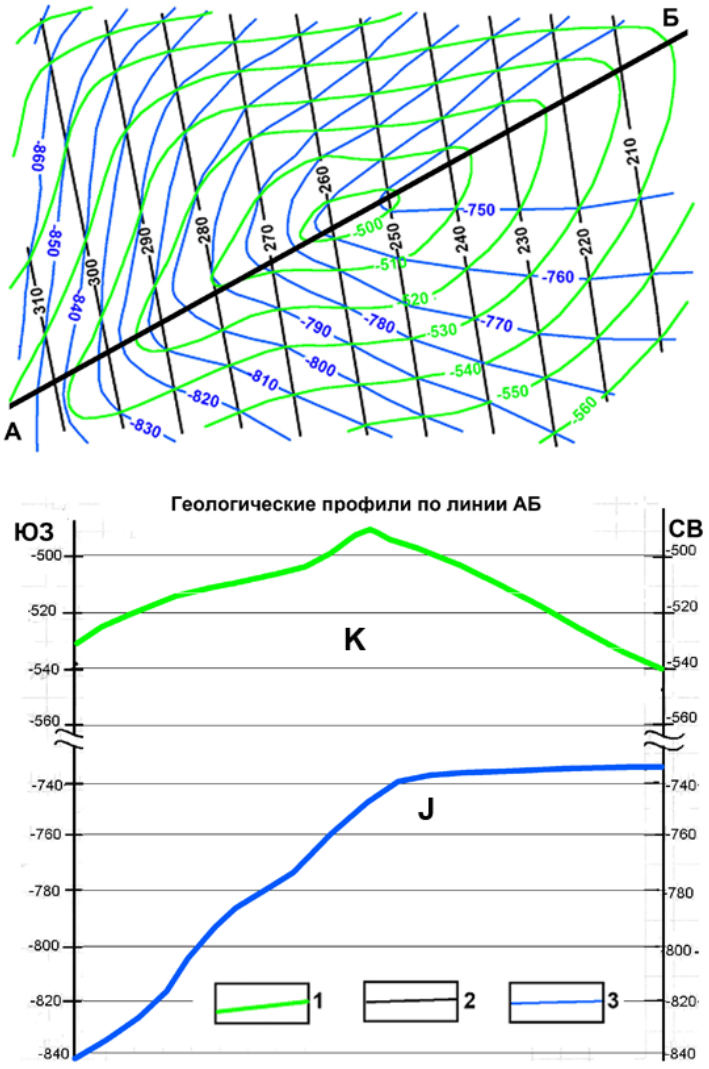
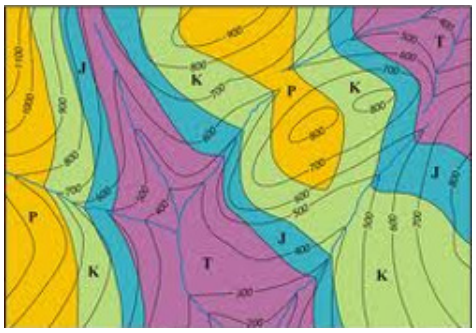


Рис. 11.33. Пример выполнения работы

Для закрепления материала перейдите ***по ссылке*** и выполните графическое задание.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 12. Геологические карты и разрезы

Геологические карты – были и остаются главным графическим документом в геологии. Они включают в себя обширную группу различных по содержанию и методике составления карт. Подробнее про различные геологические карты и разрезы можно прочитать в разделе ***18.2. Геологические чертежи.*** В данном разделе рассматриваются способы построения самого распространенного вида геологических карт – стратиграфических, которые традиционно называются просто геологическими.

Стратиграфические карты представляют собой изображения в определенном масштабе проекций на горизонтальную плоскость линий пересечения геологических границ (главным образом, осадочных пород, выделенных по возрасту, и магматических тел, выделенных по составу) с земной поверхностью. Они обычно сопровождаются геологическим разрезом и стратиграфической колонкой и иными вспомогательными чертежами, и, как и любой другой графический документ, условными обозначениями.

Геологическим разрезом называют двумерное графическое изображение в определенном масштабе вертикального сечения земной коры от ее поверхности на ту или иную глубину. Иногда геологический разрез называют профилем, но это неверно – профилем называется линия. Например – профиль рельефа, профиль кровли продуктивного горизонта, сейсмический профиль (совокупность рельефа отражающих горизонтов).

Геологические разрезы могут быть построены по результатам буровых работ, по геологической или структурной карте. Методика построения разреза при этом будет различной.

Этот раздел сборника посвящен рассмотрению методов построения простейших карт, разрезов и стратиграфических колонок по данным полевых наблюдений и скважин, а также построению геологических разрезов по геологическим картам.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.1. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ И РАЗРЕЗА ГОРИЗОНТАЛЬНО ЗАЛЕГАЮЩИХ ПОРОД ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ. КОМПЛЕКСНОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

В этом задании предусмотрено 5 вариантов топографических основ и 5 вариантов разрезов скважин, всего 25 вариантов.

Цель работы: освоение методики построения геологической карты.

Сопутствующие задачи:

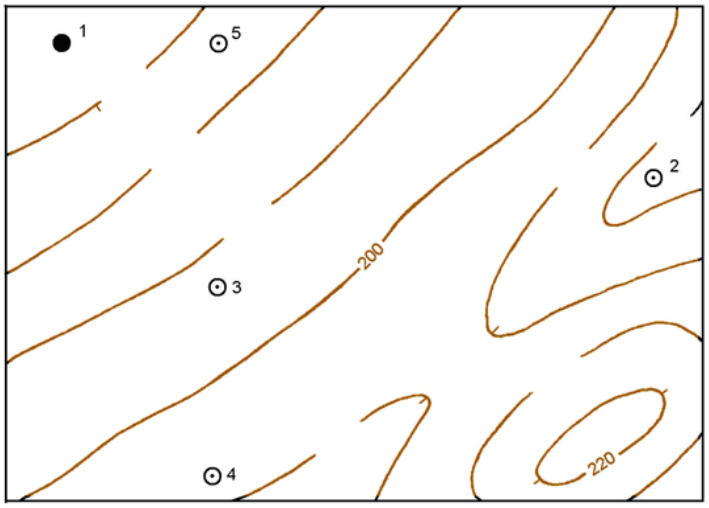
1. Закрепление умения чтения рельефа по топографической карте.
2. Закрепление навыков линейной интерполяции и геометризации.
3. Знакомство с приемами построения геологической карты горизонтально залегающих слоев по данным бурения.
4. Знакомство с принципами построения геологического разреза по геологической карте.
5. Знакомство с принципами построения стратиграфической колонки
6. Закрепление понятий глубина, абсолютная отметка (альтитуда), поверхности, мощность слоя

7. Знакомство с принципами построения геологического разреза, компоновки геологической карты.

При горизонтальном залегании слоев поверхности их напластования практически совпадают с горизонтальными плоскостями, поэтому очертания геологических границ повторяют горизонтали рельефа, то есть практически параллельны или совпадают с ними. Задача изображения геологических границ, следовательно, сводится к нахождению линии пересечения топографической и геологической поверхностей. Понятие «горизонтальное залегание» - условно, так как идеально горизонтальных поверхностей наслоения в земной коре не встречается.

Рассмотрим рис. 12.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Разрез скважины	Толщина, м
T	23
P	31
C	24
D	***>35***

Рис. 12.1. Исходные данные

Дано: топографическая основа с положением опорной (пробуренной) скважины № 1, её разрез и положения проектных скважин (2, 3, 4, 5).

Подготовительные работы

- Проанализировать характер и сечение рельефа и проставить недостающие значения высот в разрывы горизонталей. В отдельных случаях возможны различные правильные варианты рельефа. В нашем случае сечение рельефа 20 м.

- Проставить значения мощностей своего варианта (из таблицы) в колонку разреза опорной скважины в своем варианте карты.

- Определить абсолютные отметки (альтитуды) устьев пробуренной и проектных скважин. Для этого проинтерполировать, (провести пропорциональное деление) между соседними горизонталями рельефа на топографической основе.

Например, чтобы определить альтитуду устья проектной скв. 4 (рис. 12.1), расположенной между двумя горизонталями 180 м и 200 м через проектную скважину проводится линия, соответствующая кратчайшему расстоянию между ними. Полученный отрезок пропорционально делится на 20 равных частей, соответствующих 1/20 сечения горизонталей рельефа. В нашем случае скважина поделит отрезок между горизонталями в отношении 6:14, ближе к 180 отметке, следовательно, ее альтитуда будет равной 186 м. Интерполировать можно на глаз.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В тех случаях, когда скважина расположена с краю участка, или на вершине горы и второй горизонтали нет, приходится её альтитуду принимать равной половине сечения горизонталей. Например, альтитуду устья скв.1 надо принять равной 270.

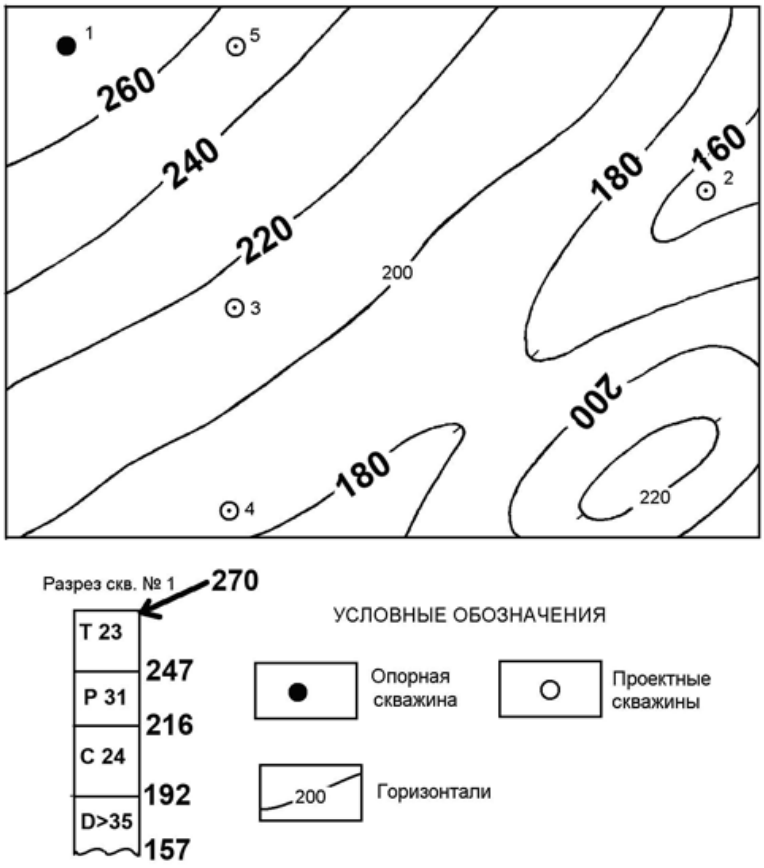


Рис. 12.2. Проставление данных в разрывы горизонталей и построение разреза скважины.

- По разрезу пробуренной скв. 1, абсолютная отметка устья которой в нашем примере равна 270 м, вычислить абсолютные отметки (приведенные глубины) геологических границ каждого слоя - стратиграфического подразделения. Для этого из абсолютной отметки устья скважины надо последовательно вычесть толщину (мощность) каждого стратиграфического подразделения. Занести полученные данные в разрез скв. 1 в своем варианте задания.

В нашем примере (рис. 12.2) абсолютные отметки получаются следующим образом:

- 270 – 23 = 247 м - кровля перми;
- 247 – 31 = 216 м - кровля карбона;
- 216 – 24 = 192 м - кровля девона.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В девоне пробурено еще 35 м и забой скважины имеет абсолютную отметку 192 – 35 = 157 м.

1. Построение геологических границ на карте.

Так как слои залегают горизонтально, каждая геологическая граница всюду будет иметь одну и ту же абсолютную отметку и, следовательно, обнажаться на земной поверхности на той же высоте над уровнем моря и будет параллельна или совпадет с горизонталью. Выбранным условным знаком на вычисленной абсолютной отметке провести геологические границы параллельно горизонталям рельефа (рис. 12.3), раскрасить их и проиндексировать.

Площади выхода горных пород различного возраста проиндексировать (индекс ставится на каждом выходе стратиграфического подразделения) и закрасить в цвета, соответствующие стратиграфическим подразделениям.

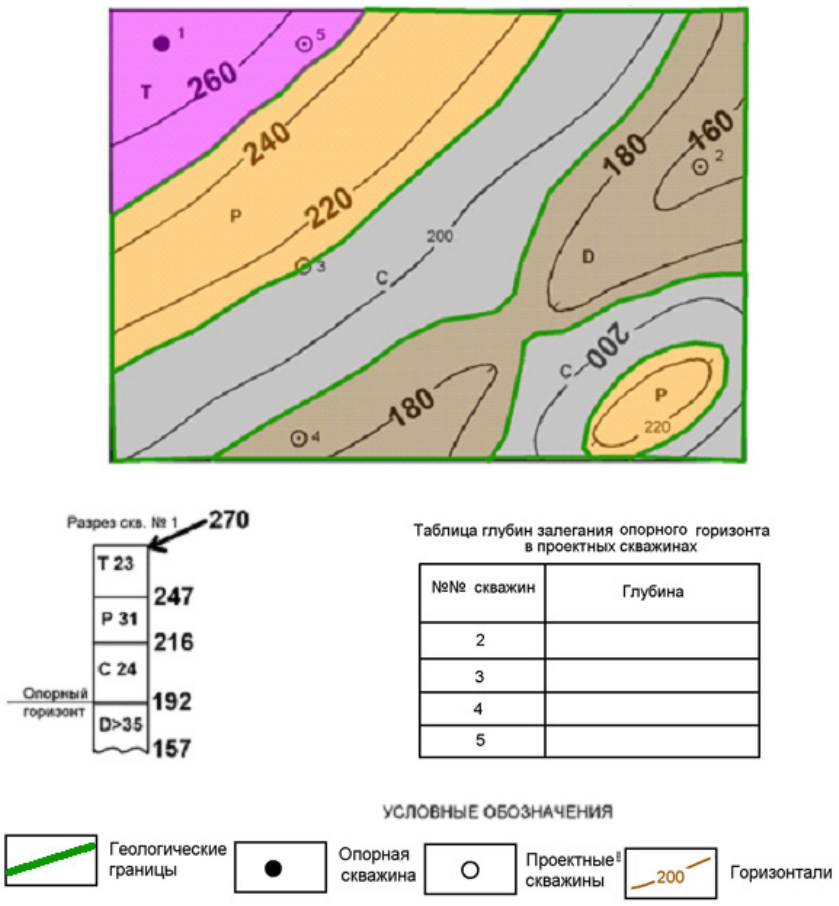


Рис. 12.3. Проведение геологических границ на карте

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Определение глубины залегания кровли опорного горизонта в проектных скважинах и их разреза. Практический смысл этого задания – научиться определять объем работ при проектировании бурения скважин. Учебный смысл этой задачи – закрепить понимание различий в понятиях абсолютная отметка, глубина, мощность отложений.

Для определения глубины залегания кровли опорного горизонта (в нашем примере - кровли девона) следует из абсолютной отметки устья проектной скважины вычесть абсолютную отметку кровли маркирующего горизонта. Например, в скв. № 3 эта глубина будет равна 212 – 192 = 20 м, в скв. 4 – 185 - 192= -7 м, т.е. девонские отложения в районе этой скважины выходят на земную поверхность и частично размыты. В этом случае бурить скважину бессмысленно, её местоположение запроектировано неправильно и в таблице на этом месте необходимо сделать прочерк. Если бы проектная скважина стояла на границе девона и карбона, то мы бы в результате вычитания получили нулевые значения ее глубины залегания (рис. 12.4).

Таблица глубин залегания опорного горизонта в проектных скважинах

№№ скважин	Глубина
2	~~157 - 192~~ -
3	216-192= 24
4	~~186-192~~ -
5	253-192=61

Рис. 12.4. Таблица глубин залегания опорного горизонта в проектных скважинах

3. Составление разрезов проектных скважин

Чтобы определить разрез проектных скважин следует из абсолютной отметки устья пробуренной скважины последовательно вычесть альтитуды проектных скважин и уменьшить соответственно верхнюю часть разреза. Такие данные необходимы при проектировании поисково-разведочных работ, а также при эксплуатационном разбуривании месторождений нефти и газа.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вычислите разрезы проектных скважин в своем варианте и вычертите их рядом с разрезом скв.1.

4. Построение геологического разреза

Работа выполняется за несколько шагов

ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И МЕСТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА. Направление и место геологического разреза всегда выбирается так, чтобы он был максимально информативным. Для горизонтального залегания он должен для этого пересечь наибольшее число разных геологических границ. Более выразительным разрез будет, если его линия пройдет перпендикулярно склонам (рис. 12.5).

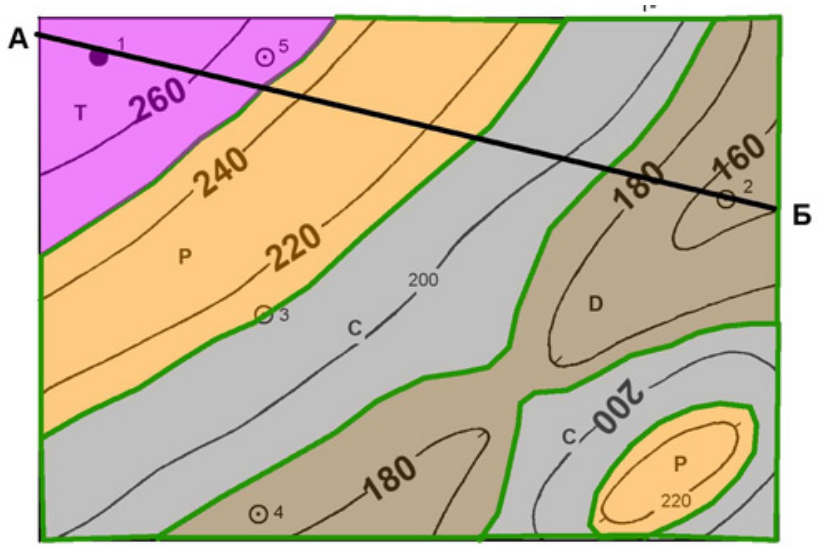


Рис. 12.5. Выбор направления и места геологического разреза

Нарисовать на карте линию геологического и проставить на концах буквы А и Б.

ВЫБОР ВЕРТИКАЛЬНОГО МАСШТАБА. Вертикальный масштаб при горизонтальном залегании выбирается таким образом, чтобы можно было при минимальных искажениях показать все участвующие в разрезе слои. Например, минимальный размер слоя 5 м, его удобно показать толщиной 5 мм, тогда вертикальный масштаб следует выбрать 1:1000. Если толщина минимального слоя 10 м, тогда удобно вертикальный масштаб сделать 1:2000.

ПОСТРОЕНИЕ РАМКИ БУДУЩЕГО РАЗРЕЗА. Построение ведется (на отдельном листе миллиметровой, или клетчатой бумаги формата А 4). Западные румбы и строго южное направление располагаются слева (рис. 12.6).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

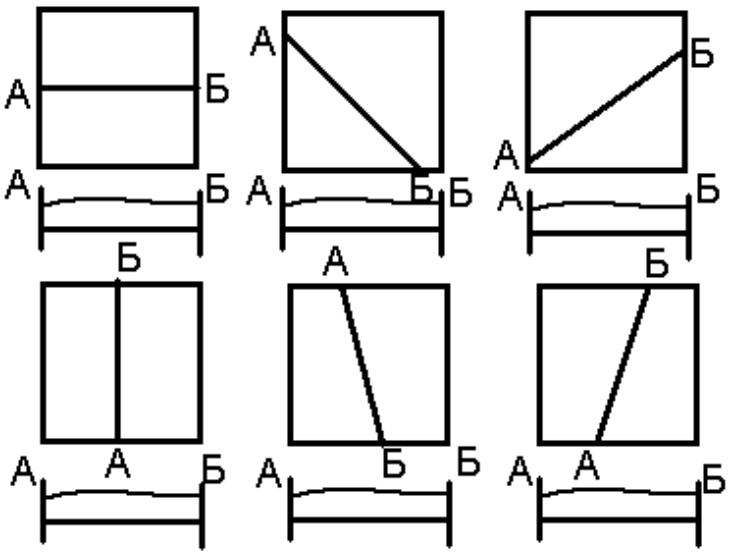


Рис. 12.6. Расположение краев линии разреза, исходя из его ориентировки на карте

Построить вертикальную масштабную линию длиной не меньшей, чем глубина опорной скважины. Проградуировать её в соответствии с масштабом.

Провести базисную (горизонтальную) линию длиной равной длине разреза. Базисная линия не обязательно должна соответствовать по высоте уровню моря, но часто удобнее всего сделать её именно такой.

Провести вторую масштабную линию и проградуировать ее, аналогично тому, как проградуирована первая линия.

Проставить на краях вертикальных отрезков заглавные буквы А и Б (рис. 12.7).

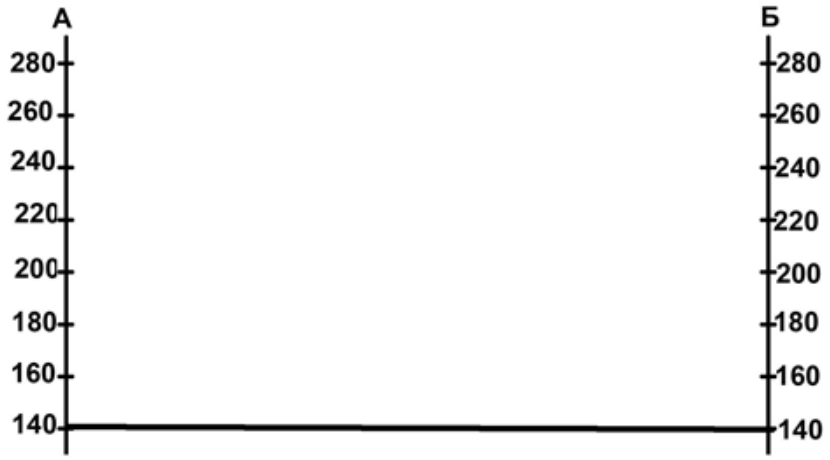


Рис. 12.7. Рамка разреза

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ПОСТРОЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ. Топографический профиль можно построить несколькими способами. Здесь приведено 2 способа.

Первый способ.

На базисную линию перенести все точки пересечения линии геологического разреза с горизонталями рельефа.

В соответствии с вертикальным масштабом разреза построить вертикальные проекции высотных отметок, поднимая, значения точек на высоту, соответствующую отметкам горизонталей рельефа.

В результате получается контур рельефа, изображаемый серией отдельных точек.

Второй способ.

Базисную линию разреза приложить к линии разреза на карте так, чтобы соответствующие концы совместились.

На край штрихами нанести все горизонтали топоосновы, пересекаемые на карте линией разреза. Около каждой из них подписать высотные отметки.

Точки базисной линии вертикально спроектировать на чертеж до их высоты в выбранном масштабе.

В результате получается контур рельефа, изображаемый серией отдельных точек.

Затем следует

Снести на профиль с карты геологические границы и отметить их положение короткими вертикальными штрихами

Снести на профиль с вертикальных масштабных линеек высотное положение геологических границ, соответствующих данным разреза опорной скважины. Провести короткие горизонтальные штрихи, соответствующие положению геологических границ на дневной поверхности (рис. 12.8).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

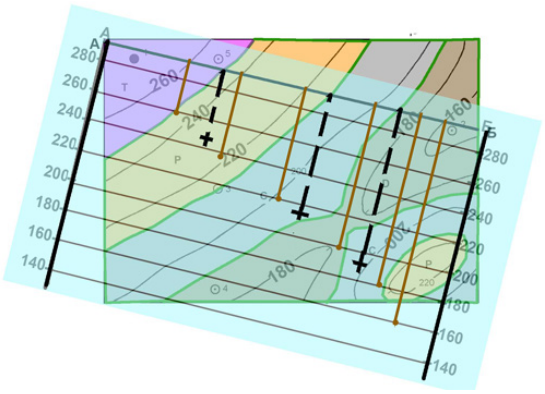


Рис. 12.8. Построение профиля рельефа

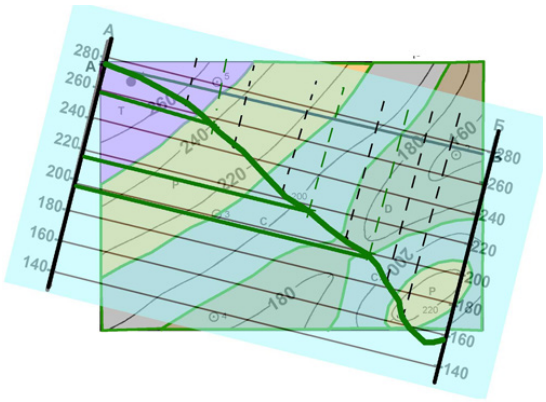


Рис. 12.9. Профиль рельефа и геологические границы

Провести линию профиля рельефа так, чтобы он прошел через точки, полученные проецированием горизонталей и отметок геологических границ.

Провести горизонтальные геологические границы через полученные точки (крестики) (рис. 12.9).

Надписать индексы стратиграфических подразделений и раскрасить слои в цвета соответствующих стратиграфических подразделений (рис.12.10).

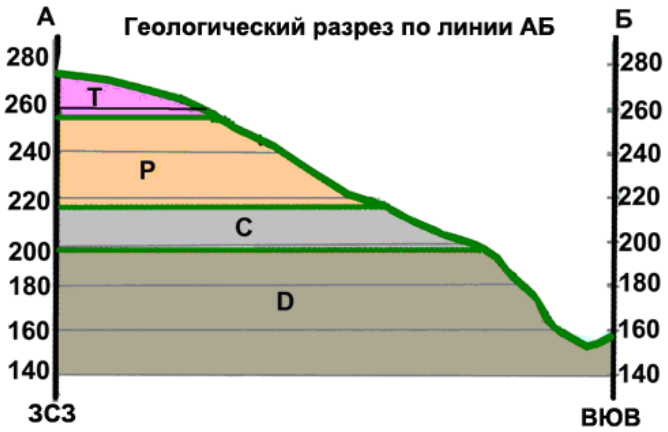


Рис. 12.10. Геологический разрез

5. Построение стратиграфической колонки

Предполагается, что разрез сложен (сверху вниз) следующими толщами:

1 (верхняя) – буровато-коричневые гравелиты и конгломераты с глинистым цементом, кварцевой и песчанистой галькой.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2 - желтовато-серые полимиктовые разнозернистые песчаники, переслаивающиеся с серыми алевролитами.

3 - черные глины с прослоями алевролитов

4 (нижняя) – массивные светло-серые известняки.

Выполнение работы:

4.1. Вычертить шапку таблицы стратиграфической колонки в соответствии с прилагаемым образцом (рис. 12.11).

Система	Индекс	Литология пород	Толщина, м	Описание пород

Рис. 12.11. Шапка стратиграфической колонки

4.2. Подсчитать примерно суммарную толщину закартированных пород и определить вертикальный масштаб колонки, приняв ее вертикальный размер в 10 – 15 см. Так суммарная толщина вскрытых опорной скважиной пород в нашем примере – T (23) + P (31) + C (24) + D (35) = 112 м. Тогда удобно вертикальный масштаб сделать в 1 см – 10 м (1: 1000). Тогда с шапкой стратиграфическая колонка займет по высоте примерно 14 см. В горизонтальном направлении 1,2 и 3 столбик следует сделать шириной 1 см, 3 столбец – 3 см, а 5 – описание пород – 5 -6 см.

4.3. Заполнить колонку: показав на ней литологию в соответствии с выбранным масштабом. Условные обозначения для литологических комплексов – стандартные ***(приложение 6)***. Заполняя колонку, следует учитывать характер напластования. Например, показывая переслаивание глин и алевролитов, следует показать слой глин, чередующийся со слоем алевролитов, затем снова слой глин и слой алевролитов (рис. 12.12).



Рис. 12.12. Условные знаки переслаивания – глины с алевролитами и песчаник с алевролитами

6. Оформление работы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Составить легенду в соответствии с правилами составления легенды – сначала поместить знаки главного содержания карты, затем – дополнительные знаки (рис. 12.13).



Рис. 12.13. Условные знаки задания

Оформить и работу, наклеив её отдельные фрагменты на лист бумаги в соответствии с правилами компоновки геологических карт. Составить зарамочное оформление карты. Образцом оформления служат учебные геологические карты (рис. 12.14).



Рис. 12.14. Компоновка геологической карты

С вариантами заданий можно познакомиться, перейдя по ссылке «***задания к 12.1***», скопировав и выполнив свой вариант

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.2. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПО УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ

Это задание выполняется по одной из учебных геологических карт, подготовленных и изданных геологическим факультетом МГУ помещенных ***в приложении 4.*** Листы 1, 2, 3

Цель работы: овладения навыком построения геологического разреза по геологической карте.

Сопутствующие задачи:

1. Закрепление умения чтения рельефа по топографической карте.
2. Закрепление навыков построения геологического разреза..
3. Овладение навыком чтения геологической карты.
4. Закрепление навыка оформления геологического чертежа.

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Выбор направления геологического разреза.

Направление разреза выбирается так, чтобы он наиболее полно и наглядно отображал главнейшие особенности геологического строения площади и условия залегания развитых в ее пределах полезных ископаемых. При горизонтальном залегании слоев разрез должен проходить через максимальную и минимальную отметки рельефа. Размещается на листе бумаги геологический разрез следующим образом: западный, северо-западный и юго-западный, а также южный конец его помещается слева, восточный, юго-восточный, северо-восточный и северный.

2. Выбор горизонтального и вертикального масштабов разреза.

Горизонтальный масштаб геологического разреза, как правило, должен соответствовать масштабу геологической карты. В идеальном случае вертикальный масштаб должен быть равен горизонтальному, однако, в этом случае часто не удается отразить на нем важные детали геологического строения - маломощные пласты, малоамплитудные перегибы слоев и т.д. Отсутствие на чертеже этих, имеющих большое практическое значение деталей, лишает геологический разрез необходимой наглядности, познавательной и практической ценности. В таких случаях необходимо строить

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геологические разрезы с преувеличением вертикального масштаба над горизонтальным.

Инструкции по составлению геологических карт предписывают вертикальные масштабы геологических разрезов выбирать так, чтобы толщины отображаемых на разрезе стратиграфических комплексов, на чертеже были *не менее 1 мм.* В табл. 12.1 приведены минимальные вертикальные толщины, которые могут быть показаны в различных масштабах.

Таблица 12.1. **Минимальные вертикальные толщины, которые могут быть показаны на геологических разрезах**

Вертикальный масштаб	Минимальная толщина слоя, м
1:500 000	500
1:200 000	200
1:100 000	100
1:50 000	50
1:25 000	25
1:10 000	10
1:5 000	5
1:1 000	1

При преувеличении вертикального масштаба над горизонтальным возникают искажения углов наклона и толщин (мощностей) слоев. При небольших углах и преувеличениях вертикального масштаба искажения зрительно не очень заметны, а при больших искажениях возрастают (рис. 12.15).

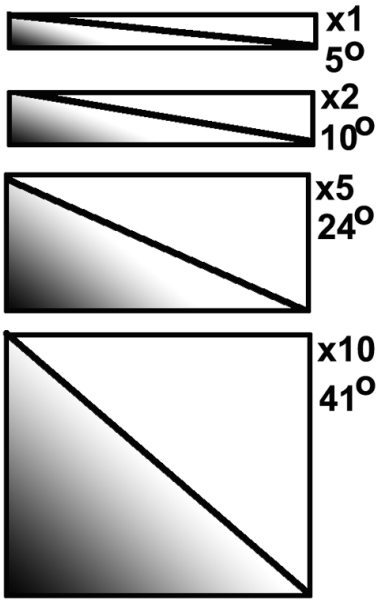


Рис. 12.15. Искажения углов и толщин (мощностей) слоев при преувеличениях вертикального масштаба над горизонтальным

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Геологическое строение, показанное на разрезе, утрачивает всякое сходство с реальностью. Иногда маломощные, но важные для понимания геологического строения территории, слои допускается на геологическом разрезе показывать вне масштаба (толщиной 2 мм). В других случаях объединяют согласно лежащие слои в единую толщу.

При горизонтальном залегании допускается преувеличение вертикального масштаба над горизонтальным, поэтому его необходимо выбрать так, чтобы слои минимальной толщины имели бы на чертеже размер не менее 2 мм. При выборе вертикального масштаба следует также учитывать величину сечения горизонталей топографической карты. Часто встречаются величины сечений 20 или 40 м. Одна горизонталь от другой должна отличаться не менее, чем на 1 мм. Удобно, чтобы они отличалась на 1, 2 или 5 мм. Тогда вертикальный масштаб будет 1:20 000, или 1:40 000 или более крупный.

3. **Градуирование вертикальных линеек рамки разреза**

На листе миллиметровой бумаги слева, на расстоянии 2-3 см от левого края, провести вертикальную масштабную линейку.

По линии геологического разреза на карте найти максимальную высотную отметку рельефа местности, например, 1420 м. Если, например, выбранный вертикальный масштаб разреза 1:50000 (в 1 см 500 м), тогда сечение высотных отметок следует взять через 500 м (1 см), поэтому крайняя верхняя точка на вертикальной масштабной линии будет иметь отметку 1500 м. Отступив от верхней кромки листа бумаги на расстояние, достаточное для заголовка работы и указания масштабов (не менее 5 см), ставится точка и подписывается ее абсолютная отметка «1500м». Вниз по этой линии через 1 см показать точки с отметками 1000, 500, 0, -500 и т.д.

От точки с нулевой отметкой провести вправо горизонтальная базисная линия (линия отсчета высотных отметок, или линия уровня моря), по протяженности равная длине линии геологического разреза. Для удобства работы на вертикальную линию нанести отметки, кратные величине сечения горизонталей карты (их значения подписаны под нижней ее кромкой). Например, «сплошные горизонтали проведены через 80 м».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Справа от базисной линии построить вертикальную масштабную линейку, аналогичную левой.

4. Построение топографического профиля.

Первый способ.

На базисную линию уровень моря) перенести все точки пересечения линии геологического разреза с горизонталями рельефа.

В соответствии с вертикальным масштабом разреза, построить вертикальные проекции высотных отметок, поднимая, значения точек на высоту, соответствующую отметкам горизонталей рельефа.

Соединить полученные точки плавной линией (если на карте не показаны обрывы). В результате получается кривая топографического профиля.

Второй способ.

Базисную линию разреза приложить к линии разреза на карте так, чтобы соответствующие концы совместились.

На край штрихами нанести все горизонтали топоосновы, пересекаемые на карте линией разреза. Около каждой из них подписать высотные отметки.

– Точки базисной линии вертикально спроектировать на чертеж до их высоты в выбранном масштабе (рис. 12.16).
– С линии профиля на будущий разрез снести положения геологических границ с учетом их высотной отметки.

Полученные точки соединить плавной линией, которая и является топографическим профилем геологического разреза. Может получиться так, что линия разреза несколько раз пересечет одну и ту же горизонталь рельефа. Тогда точки пересечения соединить плавной кривой с учетом граничных отметок рельефа на карте выше и ниже горизонтали

После построения рельефа земной поверхности, линию рельефа и масштабные линейки закрепить (обвести) гелевой ручкой и убрать промежуточные построения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

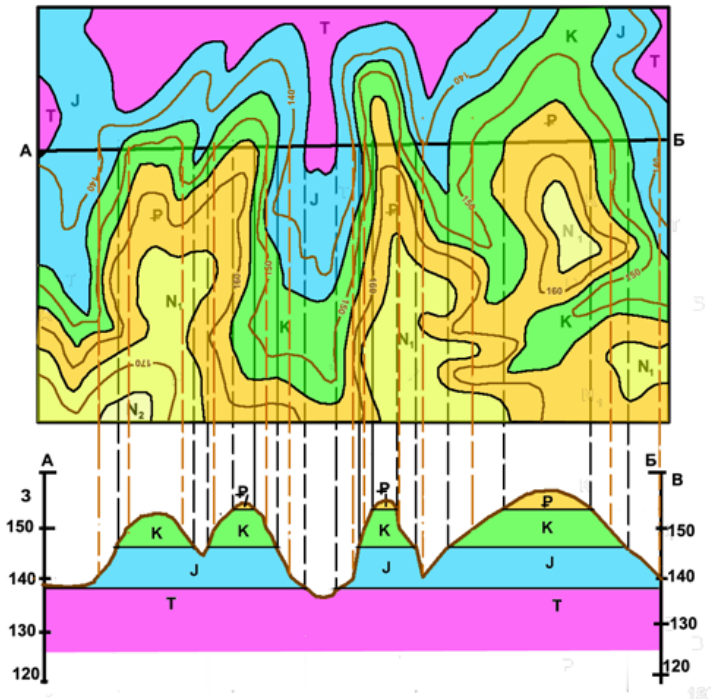


Рис.12.16. Построение геологического разреза. Построение топографического профиля показано коричневыми линиями, геологических границ – черными

5. Перенос геологической информации

Если на линии разреза, или вблизи ее (не далее 2 см в масштабе карты) расположены скважины, их положение перенести на линию разреза. Для этого в точках пересечения линии разреза со скважинами в принятом вертикальном масштабе строят разрезы скважин и отмечают на них положение геологических границ.

Если на геологической карте приведена структурная карта какого-либо горизонта, перенести ее на геологический разрез способом, аналогичным переносу топографического профиля.

Соединить между собой одноименные геологические границы, начиная от молодых, обозначить индексы. Каждый изолированный выход пород индексируется. Если индекс не помещается в контуре, его показывают на выносном отрезке (рис. 12.16).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

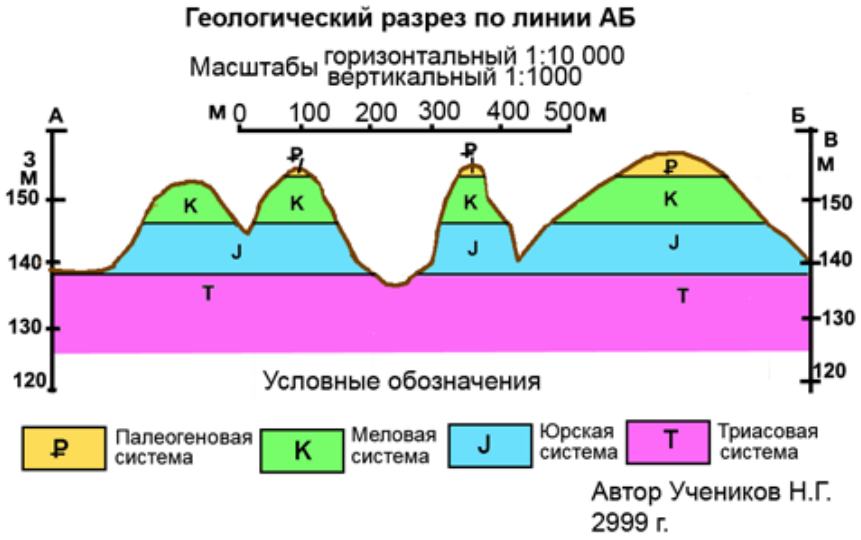


Рис. 2.17. Оформление геологического разреза

6. Оформление работы:

– названия стратиграфических подразделений на разрезе обозначить соответствующими индексами и закрасить в принятые для данных толщ цвета.

– сделать зарамочное оформление (ориентировка, масштабы вертикальный и горизонтальный - числовой и линейный, условные обозначения, заголовок, автор). Пример оформленной работы приведен на рис. 12.17.

Без преувеличения вертикального масштаба над горизонтальным разрез выглядел бы следующим образом (рис. 12.18).

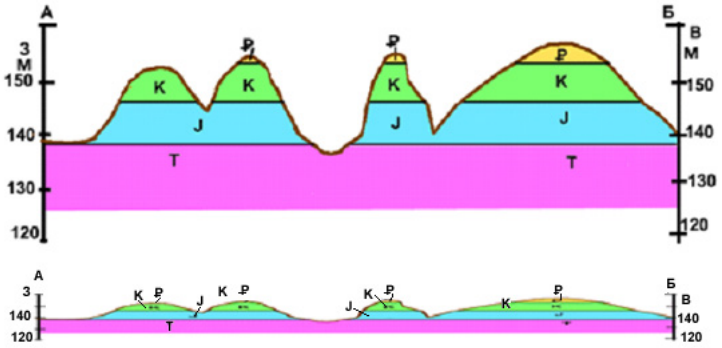


Рис. 12.18. Геологический разрез при преувеличенном в 10 раз (вверху) и не преувеличенных (внизу) соотношениях вертикального масштаба над горизонтальным

Перейдите по ***ссылке*** и постройте разрез по своему варианту (листы 1 - 3)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.3. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ СО СКЛАДЧАТЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ

Здесь будут рассмотрены приемы построения геологических разрезов по геологической карте. Выполняя эти работы, студент обучается, воссоздавать глубинное строение недр по его изображению на поверхности земли. Здесь будут рассмотрены два типа заданий – предварительное, служащее для выработки основных принципиальных навыков, и закрепляющее, позволяющее научиться создавать геологические модели глубинного строения недр.

12.3.1. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПО УСЛОВНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ СО СКЛАДЧАТЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ

Исходные данные: исходными данными для выполнения работы являются условные геологические карты, к которым можно перейти по ссылке.

В работе ***необходимо*** построить геологический разрез и оформить работу

При складчатом залегании вертикальный масштаб, как правило, не преувеличивается относительно горизонтального масштаба, потому, что это приводит к искажениям в изображении геологических структур (рис. 12.19), разным в зависимости от угла наклона.

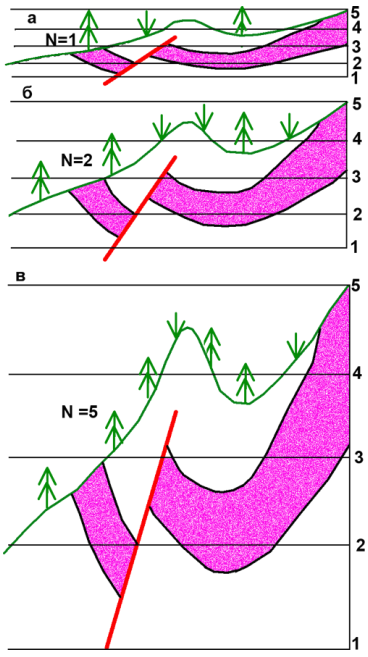


Рис. 12.19. Искажения очертаний рельефа и геологических границ при преувеличении вертикального масштаба над горизонтальным. Отношение вертикального масштаба к горизонтальному: а – 1:1, б – 2:1, в - 5:1

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Рельеф – плоский, горизонтальный. Мощность каждого слоя считать вдоль всего разреза постоянной.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести линию геологического разреза (в крест простирания складок, так, чтобы он пересек максимальное число геологических границ).

2. Снести (спроецировать) на профиль разломы, геологические границы, подписать толщи. Отметить значками замки складок (рис.12.20).

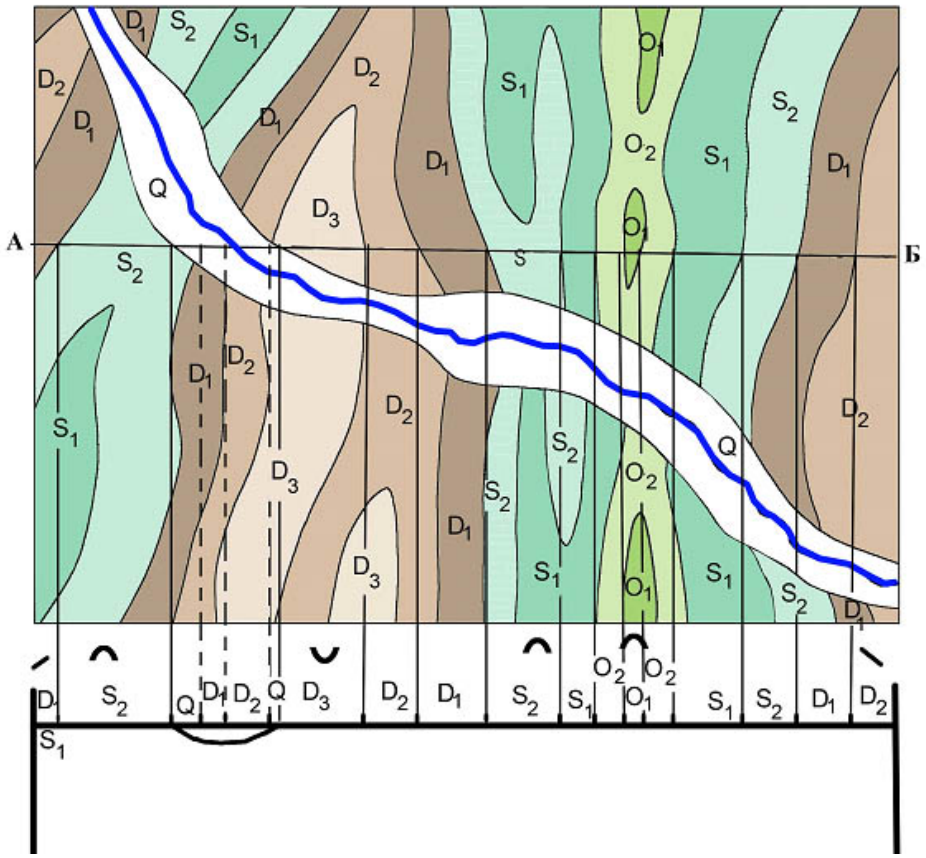


Рис. 12.20. Снесение геологических границ

3. Соединить друг с другом одноименные геологические границы, ***начиная от молодых***, учитывая геологическое строение и углы залегания. Чем ближе падение пласта к падению рельефа, тем шире выход пласта на дневную поверхность. Перегиб слоев происходит только в замках складок (рис.12.21).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

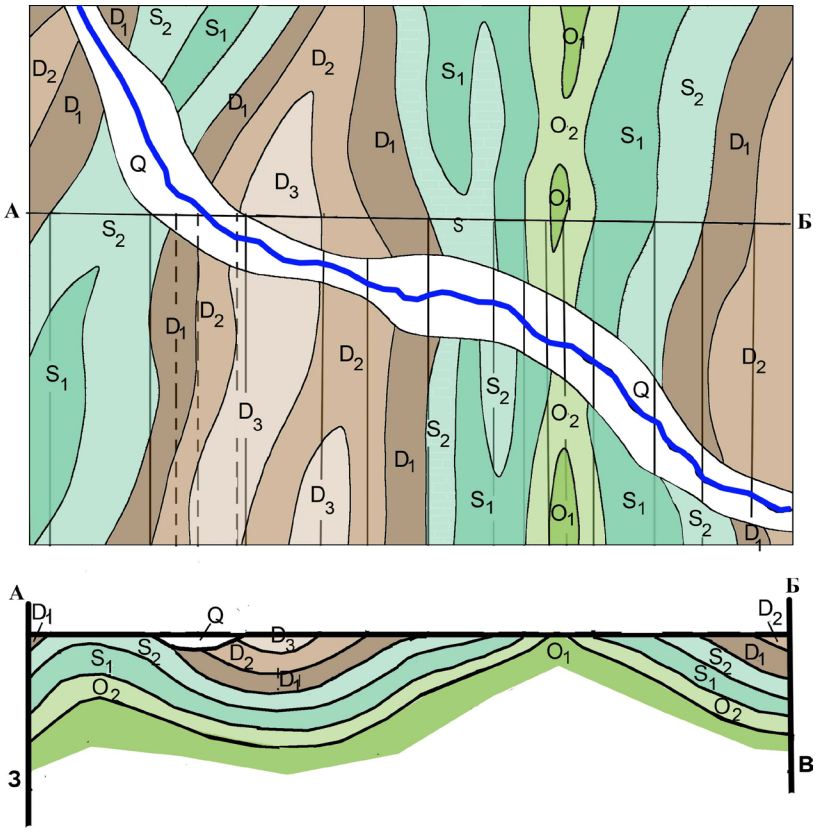


Рис. 12.21. Построение геологического разреза

Если на карте присутствуют разломы, в каждом блоке, разделенном разломом, карта строится отдельно и геологические границы должны быть смещены друг относительно друга.

4. Оформить работу в соответствии с правилами (рис. 12.22).

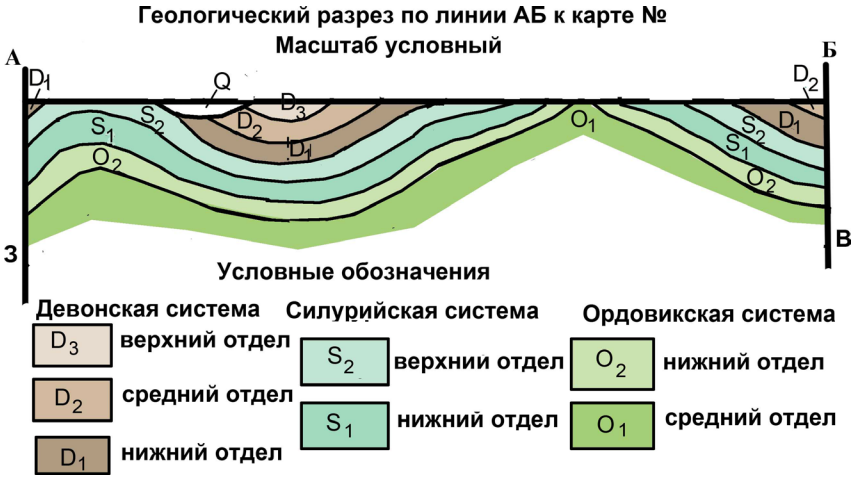


Рис. 12.22. Пример оформления геологического разреза

Перейдите по ***ссылке*** и выполните задание своего варианта

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.3.2. Построение геологического разреза по учебной геологической карте со складчатым залеганием

Цели работы: овладение методикой построения геологического разреза по карте; формирование навыков чтения геологической карты; закрепление правил оформления геологических разрезов.

Исходные данные: учебные геологические карты, листы №№ 6 - 29 в приложении 4, к которым можно перейти по ссылке.

Методические указания по выполнению работы

1. **Выбор направления геологического разреза**. Направление разреза выбирается так, чтобы он наиболее полно и наглядно отображал главнейшие особенности геологического строения площади и условия залегания развитых в ее пределах полезных ископаемых. При наклонном и складчатом залегании разрез должен проходить вкрест простирания горных пород, длинных осей складок и пересекать наиболее характерные структурные формы. В районах с изменчивым структурным планом разрез строят перпендикулярно к господствующему простиранию (рис. 12.23).

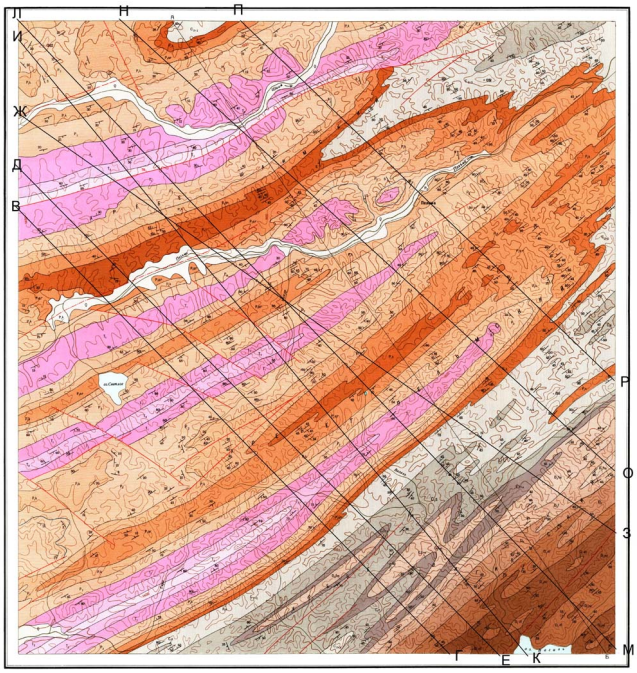


Рис. 12.23. Примеры выбора направления и места геологического разреза при складчатом залегании

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При азимутальных несогласиях, когда слои различных структурных этажей имеют различные простирания, направление для построения геологического разреза выбирают вкрест простирания нижнего комплекса, дислоцированность которого обычно более сложная и в большей мере нуждается в графическом показе. От этого правила отступают, если верхний комплекс занимает значительную часть карты, а нижний виден лишь в редких эрозионных окнах. В таком случае направление геологического разреза выбирается в крест простирания верхнего комплекса.

Размещается на листе бумаги геологический разрез следующим образом: западный, северо- и юго - западный, а также южный конец его помещается слева, восточный, юго-, северо-восточный и северный – справа.

2. **Выбор горизонтального и вертикального масштабов разреза.** Горизонтальный масштаб геологического разреза, как правило, должен соответствовать масштабу карты. Но при необходимости он может быть увеличен или уменьшен. При равенстве вертикального масштаба горизонтальному (то есть масштабу карты, по которой строится разрез), часто не удается отразить на чертеже важные детали геологического строения - маломощные пласты, малоамплитудные перегибы слоев и т.д. Отсутствие на чертеже этих, имеющих большое практическое значение деталей, лишает геологический разрез необходимой наглядности, познавательной и практической ценности. При преувеличении вертикального масштаба над горизонтальным возникают искажения углов наклона и толщин (мощностей) слоев. При небольших углах и преувеличениях вертикального масштаба искажения зрительно не очень заметны, а при больших искажениях возрастают. Геологическое строение, показанное на разрезе, становится, совершенно не похожим на реальность. Поэтому приняты предельно допустимые превышения вертикального масштаба над горизонтальным. Они зависят от максимальных истинных углов падения, наблюдаемых по линии строящегося геологического разреза. В табл. 12.2 приведены максимально допустимые искажения падения пласта.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 12.2. **Максимально допустимые искажения (N) вертикального масштаба**

Углы падения по линии разреза	до -10′	10′ -20′	20′ -30′	30′ -1°30′	1°30′ - 3°	3°- 6°	6°-15°	15°- 20°	20°- 25°	>25°
Максимально допустимые искажения (N)	200 и более	100-200	50-100	25-50	10-25	5-10	2,5-5	2-2,5	1-2	1

Обычно при выборе вертикального масштаба применяется комплексный подход, учитывающий масштаб геологической карты, общую толщину разреза, толщину отдельных стратиграфических комплексов, углы наклона слоев, эрозионную расчлененность территории. Некоторые маломощные, но важные для понимания геологического строения территории, слои допускается на геологическом разрезе показывать вне масштаба (толщиной 2 мм). В других случаях объединяют согласно лежащие слои в единую толщу. Можно также для наиболее интересных фрагментов разреза делать разрезы-врезки, аналогично картам-врезкам с преувеличенным масштабом.

3. **Градуирование вертикального масштаба.** На стандартном листе миллиметровой бумаги слева, на некотором расстоянии (2 - 3 см) от левого края, провести вертикальную масштабную линейку. По линии геологического разреза на карте найти максимальную высотную отметку рельефа местности, например, 1420 м. Если, выбранный вертикальный масштаб разреза 1:50 000 (в 1 см 500 м), тогда сечение высотных отметок следует взять через 500 м (1 см), поэтому крайняя верхняя точка на вертикальной масштабной линии будет иметь отметку 1500 м. Отступив от верхней кромки листа бумаги на расстояние, достаточное для заголовка работы и указания масштабов (не менее 5 см), ставится точка и подписывается ее абсолютная отметка «1500 м». Вниз по этой линии через 1 см показать точки с отметками 1000, 500, 0, - 500 и т.д.

От точки с нулевой отметкой провести вправо горизонтальная базисная линия (линия отсчета высотных отметок, или линия уровня

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

моря), по протяженности равная длине линии геологического разреза. Для удобства работы на вертикальную линию нанести отметки, кратные величине сечения горизонталей карты (их значения подписаны под нижней ее кромкой). Например, «сплошные горизонтали проведены через 80 м».

Справа от базисной линии построить вертикальную масштабную линейку, аналогичную левой (рис.12.24).



Рис. 12.24. Рамка разреза

Построение топографического профиля.

Прежде всего, следует решить, надо ли строить топографический профиль. Для этого надо оценить перепад рельефа в Вашем масштабе вдоль линии разреза. Если он не превышает 2 мм рельеф строить не надо, а лишь провести от руки горизонтальную линию на соответствующей высоте. Если 2-5 мм необходимо построить схематически – показав региональный наклон и скелетные линии рельефа – тальвеги и водоразделы, перегибы склонов, бровки обрывов и т.д. Если перепад рельефа больше, чем 5 мм рельеф необходимо построить.

Технически построение рельефа не отличается от построений при горизонтальном залегании **(ссылка).**

После построения рельефа земной поверхности, линию рельефа и масштабные линейки закрепить (обвести) тонкой ручкой и убрать

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

промежуточные построения, как это было указано в описании к предыдущей работы.

4. **Анализ геологической информации.** При анализе специального содержания карты необходимо определить наличие угловых несогласий, число структурных этажей, наличие секущие магматические тел, вулканов, разломов и их соотношений, положения осей складок, мощности стратиграфических подразделений (по стратиграфической колонке).

5. **Перенос на разрез геологической информации.** Если на карте изображен один структурный этаж (рис. 12.25) то на линию рельефа сносят все геологические границы, линии разломов и соединяют одноименные границы, начиная от молодых, аналогично тому, как это делалось в предыдущей работе

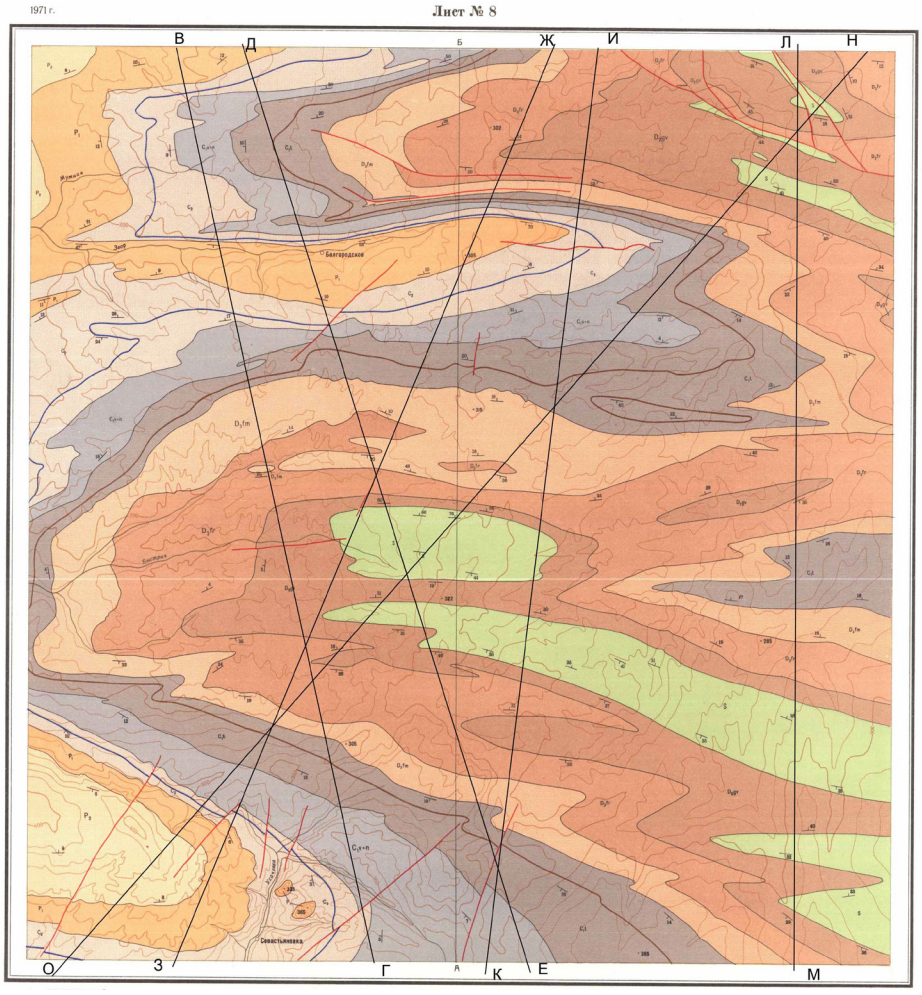


Рис. 12.25. Пример карты с одним структурным этажом и примеры линий разрезов

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Если на карте изображено несколько структурных этажей (рис. 12.26), то сначала строят верхний, затем его мысленно убирают, и под ним строят промежуточный, и так далее, последовательно, все более и более нижние (древние).

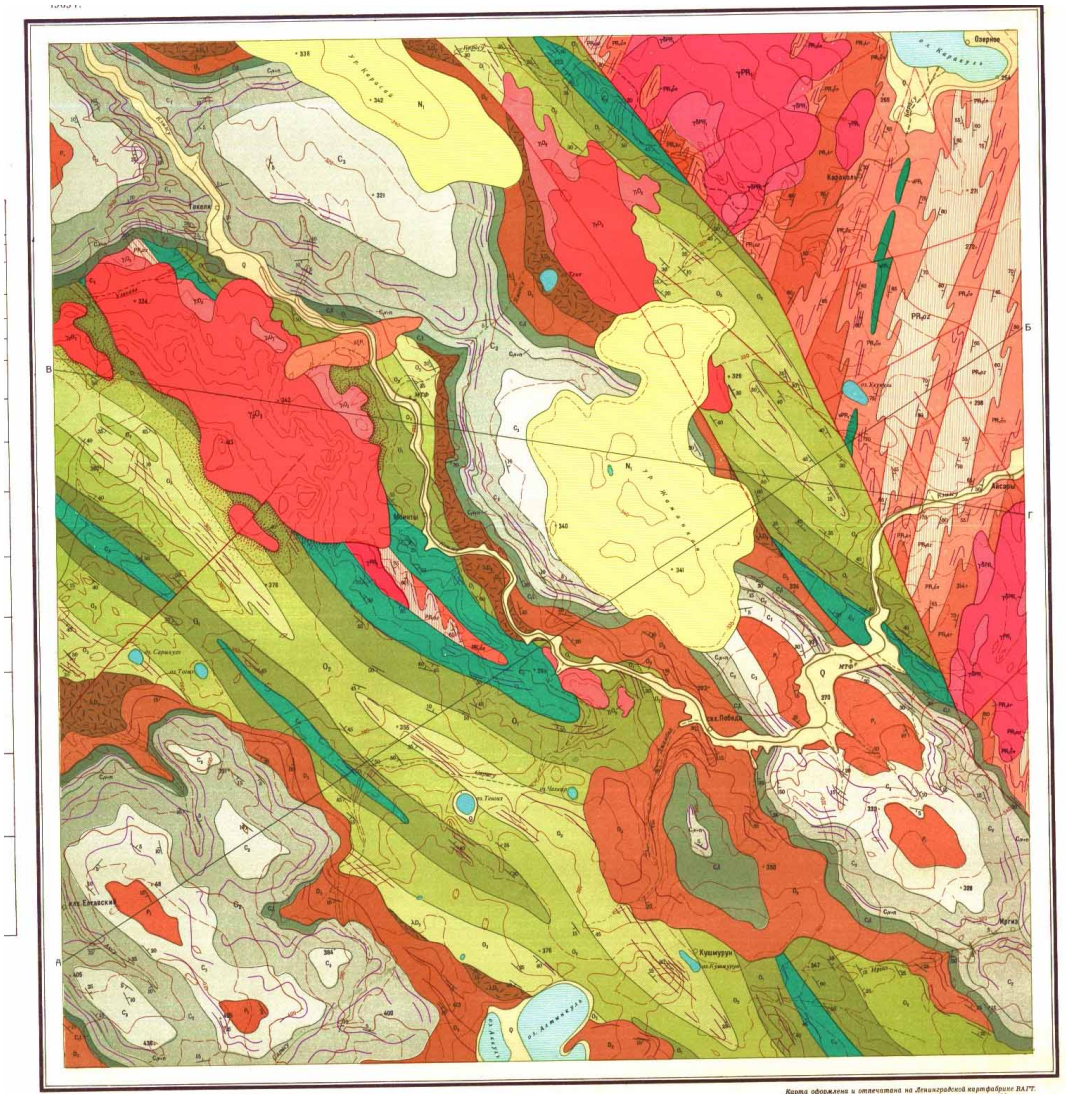


Рис. 12.26. Пример карты с несколькими (четырьмя) структурными этажами

Горизонтально залегающие слои верхнего структурного этажа можно показывать как возвышения рельефа вне масштаба толщиной не более 2 мм (рис. 12.27).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

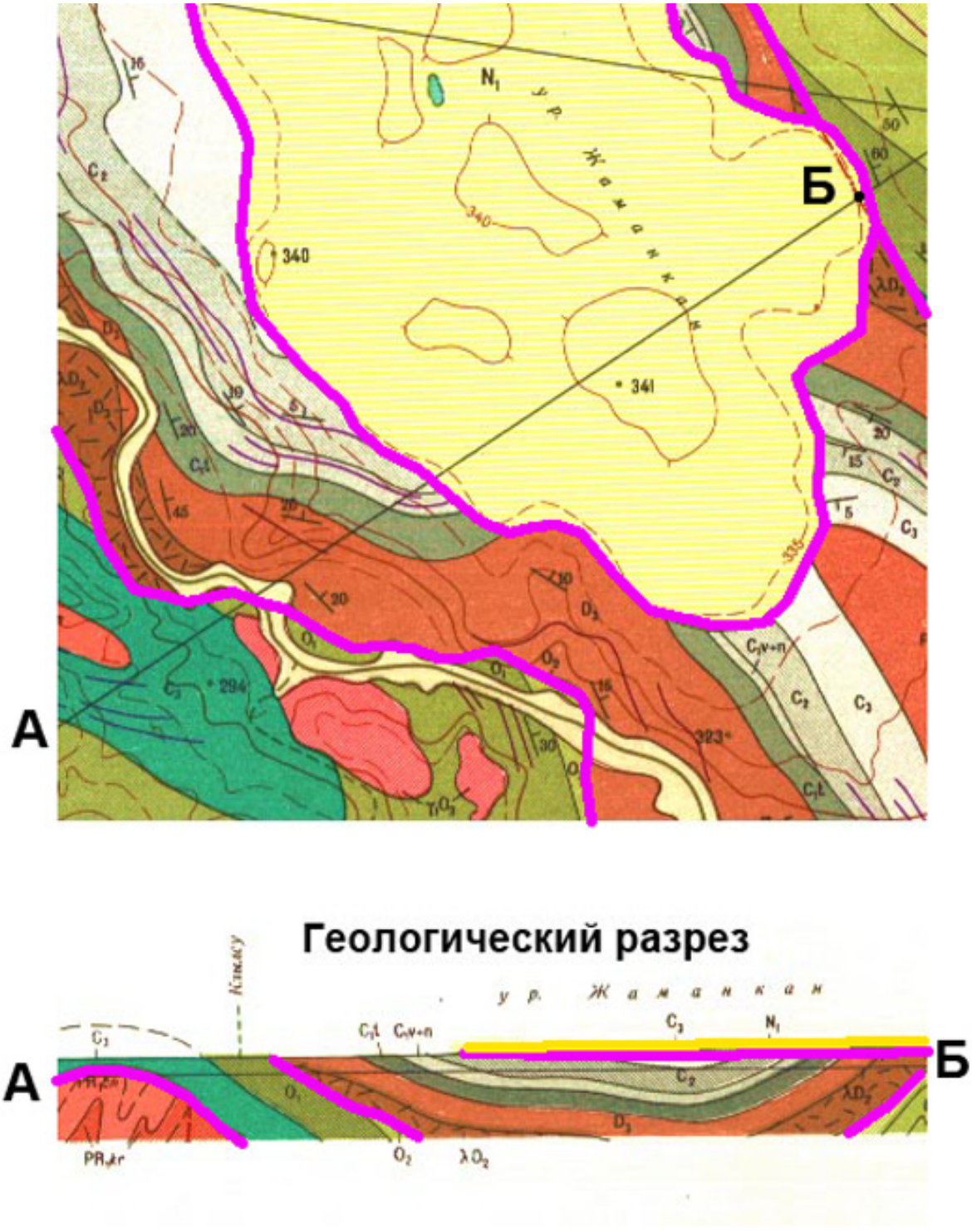


Рис. 12.27. Фрагмент разреза к карте с несколькими структурными этажами. Сиреневой линией показаны границы структурных этажей (угловые несогласия)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Секущие интрузии и разломы строят в первую очередь и разрезы по разные стороны интрузивов и разломов строят как независимые блоки.

Верхний структурный этаж может быть представлен породами вулканического аппарата (рис. 12.28).

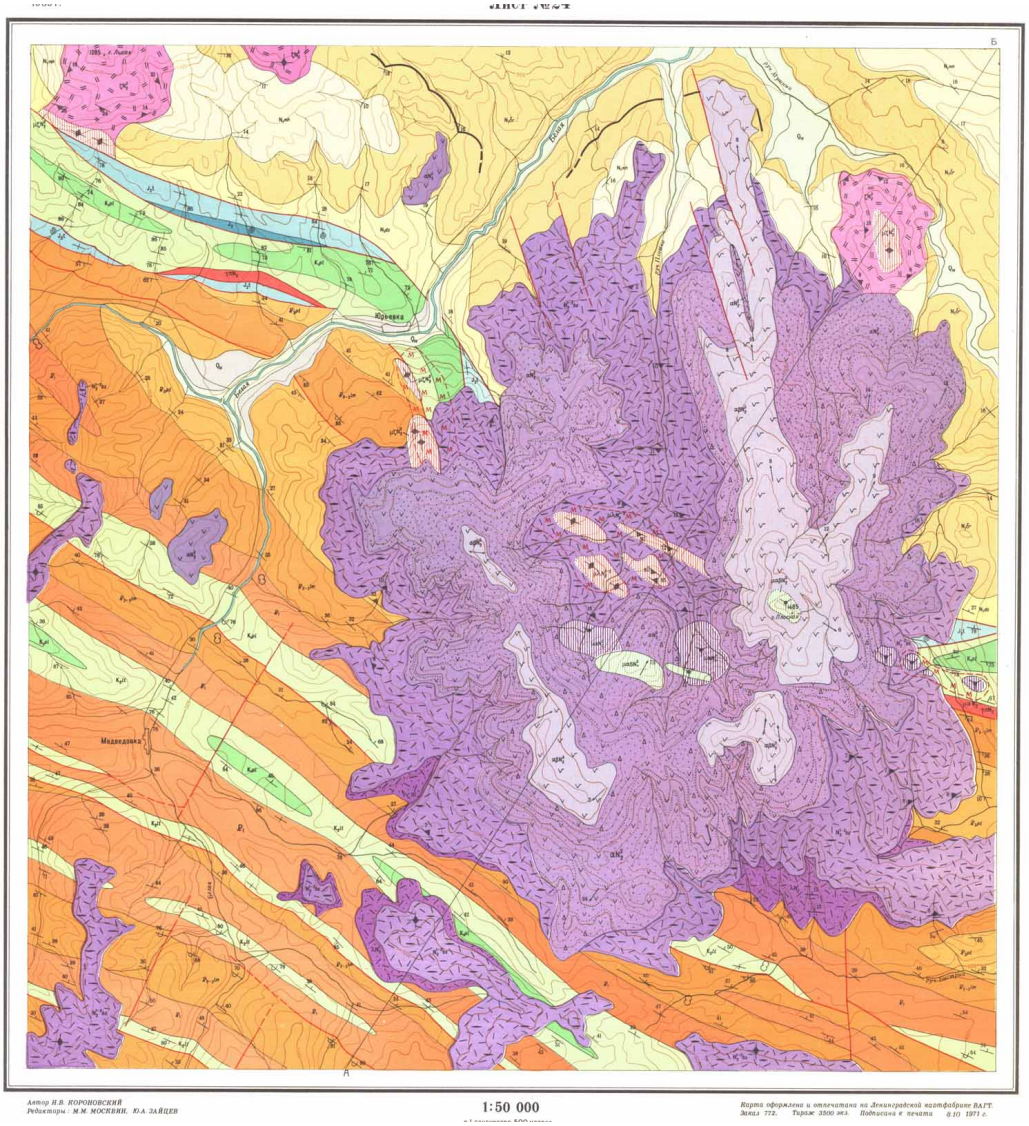


Рис. 12.28. Пример карты с вулканом

После того, как карта проанализирована и определен в целом порядок переноса геологической информации, перенести на топографический профиль точки пересечения геологических (стратиграфических и тектонических) границ с линией разреза и рядом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

надписать индексы соответствующих стратиграфических подразделений (рис. 12.29). При складчатом залегании полезно также нанести оси складок.

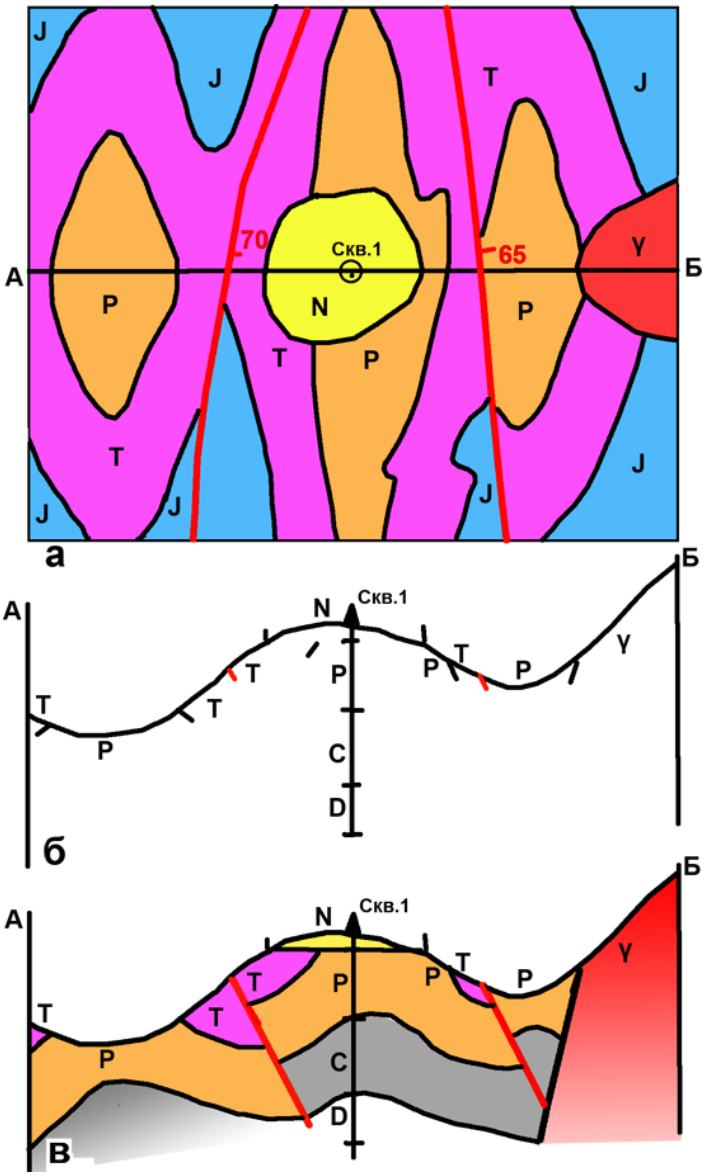


Рис. 12.29. Перенос геологической информации: а – исходная карта, б – основа геологического разреза, в - разрез

Если на линии разреза, или вблизи ее (не далее 2 см в масштабе карты) расположены скважины, их перенести на линию разреза. Для этого в точках пересечения линии разреза со скважинами в принятом вертикальном масштабе строят разрезы скважин и отмечают на них положение геологических границ.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В случае, если на геологической карте приведена структурная карта какого-либо горизонта, перенести ее на геологический разрез способом, аналогичным переносу топографического профиля.

На нулевую линию перенести точки с известными элементами залегания. Для этого в каждой точке, где разрез пересекает значок элемента залегания, на карте необходимо построить вектор угла падения, откладывая его с помощью транспортира вниз от горизонтальной линии. Если таких точек мало, можно использовать значения элементов залегания в точках, расположенных на некотором расстоянии от линии разреза (не более, чем 2 см). Такой перенос можно делать, если значения элементов залегания достаточно устойчивы. Перенос можно осуществлять по линии простирания (рис. 12.30,а) или по дуге (рис. 12.30,б), центр которой лежит на пересечении линии падения с линией разреза.

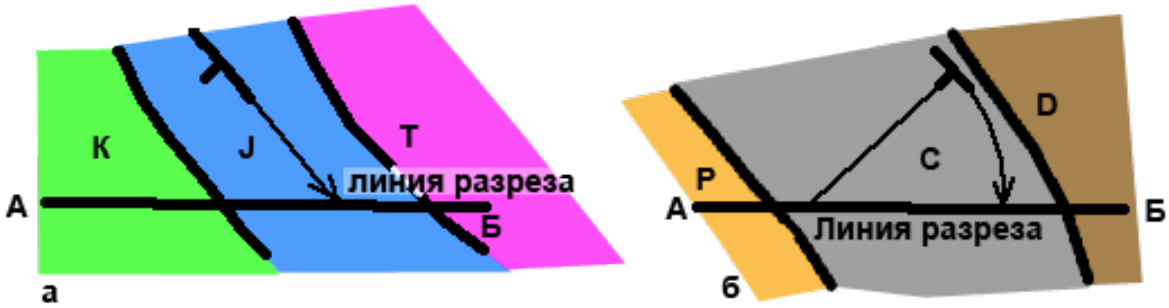


Рис. 12.30. Перенос элементов залегания а – по простиранию, б – по дуге

Если вертикальный масштаб ***преувеличен*** по сравнению с горизонтальным масштабом, то необходимо внести соответствующие коррекции в изображение углов на разрезе по формуле:

$$tg\ \varphi = n\ tg\ \alpha$$

где φ – исправленный угол падения; α – истинный (исходный) угол падения; n – отношение вертикального масштаба к горизонтальному;

Если линия разреза не совпадает с направлением падения пласта скорректированный угол можно определить по формуле или номограмме, приведенной на рис.12.31.

$$tg\ \varphi = tg\ \alpha\ \cos\gamma$$

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

где φ – угол падения пласта в косом сечении (видимый, или скорректированный угол;
α – истинный (исходный) угол падения пласта;
γ – угол косого сечения (угол между линией разреза и направлением падения пласта).

Для определения по номограмме (рис. 12.31), надо найти на горизонтальной оси нужное значение угла между азимутом падения пласта и заданным направлением геологического разреза (γ), подняться по графику до пересечения с кривой, соответствующей нужному углу падения (α), повернуть по горизонтали до пересечения с вертикальной осью и снять отсчет.

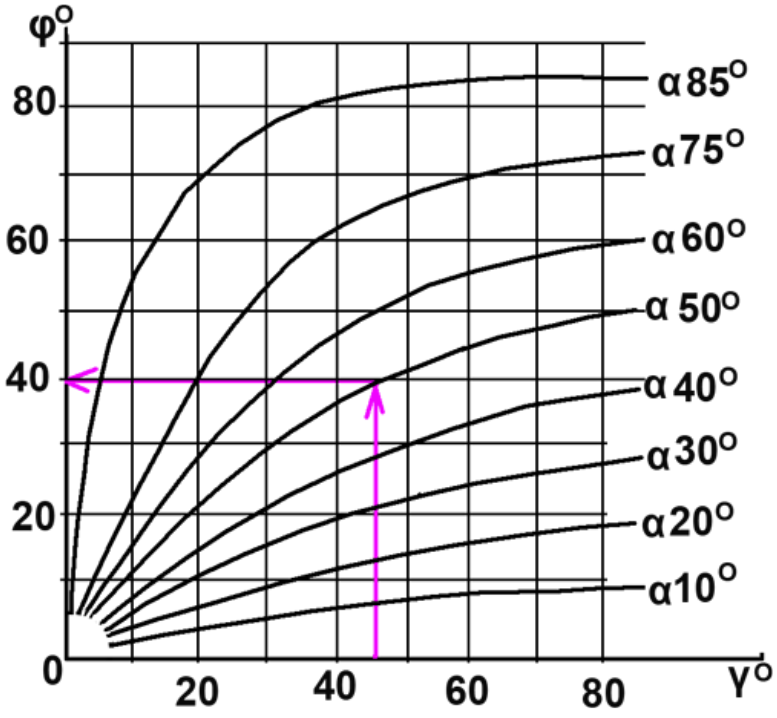


Рис. 12.31. Номограмма для определения видимого угла падения при несовпадении линии разреза с падением пласта (в косом сечении)

При несовпадении линии разреза с направлением падения пласта и преувеличении вертикального масштаба над горизонтальным, скорректированный угол можно:

определить по формуле:

$$\operatorname{tg}\varphi = n \operatorname{tg}\alpha \cos\gamma$$

где φ – угол падения пласта в косом сечении (видимый, или скорректированный угол;
α – истинный (исходный) угол падения пласта;

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

γ – угол косого сечения (угол между линией геологического развреза и азимутом падения пласта).

Если угол косого сечения меньше 30º и угол падения пласта меньше 30º видимые углы мало отличаются от истинных, поэтому их коррекцию ***можно не производить***.

6. **Построение геологических границ**

После того, как проанализировано геологическое строение: установлено число структурных этажей, выделены несогласия, возможные типы разрывов и складок и их простирания, сосчитаны все антиклинальные и синклинальные складки разных порядков и другие дислокации, пересекаемые линией разреза, выделены участки опрокинутого залегания слоев, нанесена вся имеющаяся информация, приступают к построению геологических границ.

Их строят в следующей последовательности:

Провести линии разломов (если они присутствуют на разрезе). Далее геологические границы строят отдельно в каждом блоке, разделенном разломами.

Одноименные границы соединить плавными линиями - через точки выхода геологических границ на земную поверхность по направлению угла падения пород. ***Начинать от молодых пород***, с синклинальных складок, от верхних структурных этажей к нижним.

При встречном падении одной границы, выходящей на поверхность в двух точках, последняя смыкается при погружении плавной (при отсутствии дополнительных данных) дугой. Мощности толщ и их элементы залегания могут варьировать в небольших пределах, ширина выхода стратиграфических подразделений на земную поверхность и их фиксированное положение в разрезах скважин переносятся точно.

При построении геологического разреза следует помнить следующее:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

горизонтальному залеганию пород верхнего структурного этажа на геологической карте, как правило, сопутствует повышение рельефа местности;

толщины пород, выходящих на земную поверхность в ядрах синклиналей и антиклиналей, всегда меньше их значений, указанных в литолого-стратиграфической колонке, так как они подвергались размыву,

увеличение на геологической карте ширины выхода пласта на земную поверхность указывает на уменьшение угла его падения (рис.12.32).

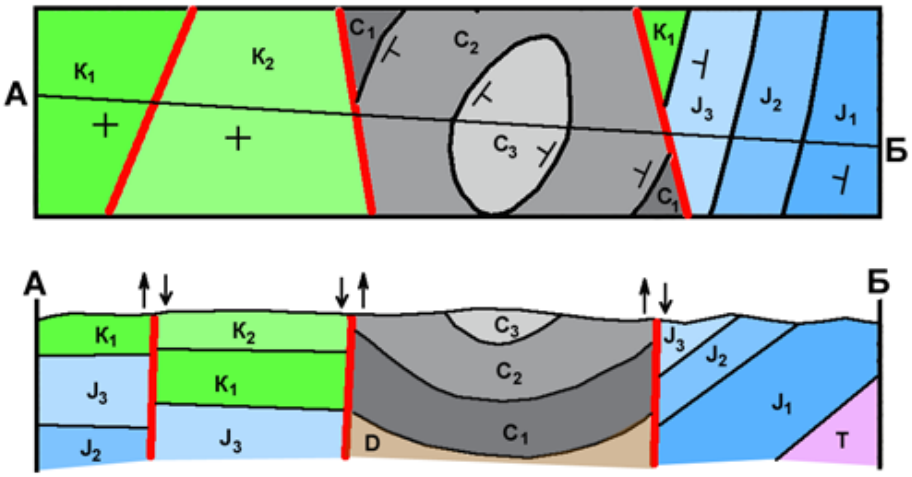


Рис. 12.32. Построение геологического разреза

7. **Оформление работы**

Названия стратиграфических подразделений на разрезе обозначить соответствующими индексами и закрасить в принятые для данных толщ цвета.

Сделать зарамочное оформление (ориентировка, масштабы вертикальный и горизонтальный - числовой и линейный, условные обозначения, заголовок, автор). Пример оформленной работы приведен на рис. 12.33.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

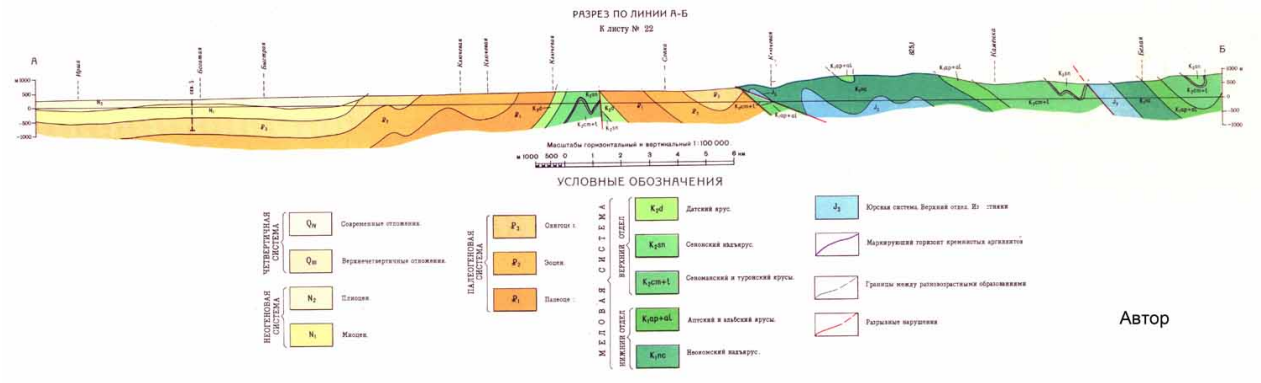


Рис. 12.33. Пример оформленной работы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.4. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ

В этом разделе будут рассмотрены методики построения геологического разреза по данным бурения простого строения и с разломами.

12.4.1. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ С ПРОСТЫМ СТРОЕНИЕМ

Исходные данные приведены в разделе «задания и упражнения к 12.4».

Расстояния между скважинами равны 2 000 м. Рекомендуются масштабы: горизонтальный - 1:50 000, вертикальный - 1:10 000

Порядок выполнения работы

Шаг 1. Построение рамки разреза.

1. Провести горизонтальную линию, равную длине будущего разреза плюс 4 см.

2. Построить вертикальную масштабную линию длиной не менее глубины самой глубокой скважины в масштабе и проградуировать в соответствии с масштабом.

3. Нанести положения стволов скважин, подписать их номера и подписать ориентировку разреза. Западные румбы и строго южное направление располагаются слева (рис. 12.34).

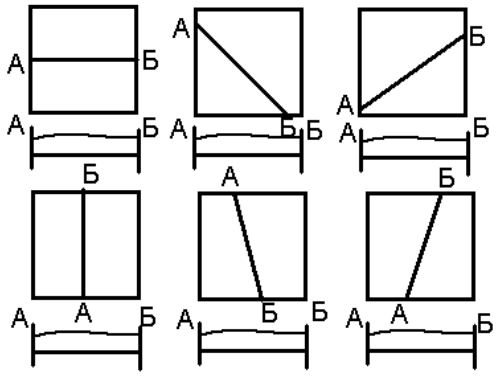


Рис. 12.34. Расположение разреза по странам света

4. Провести вторую вертикальную масштабную линию и проградуировать ее (рис. 12.35).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

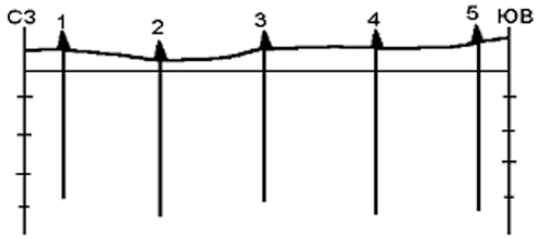


Рис. 12.35. Нанесение исходных данных

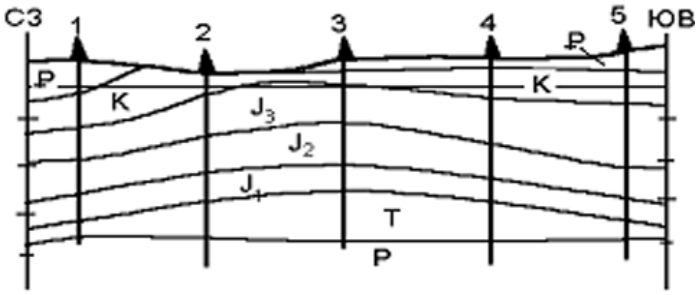


Рис. 12.36. Построение разреза

Шаг 2. Нанесение исходных данных.

5. Вдоль ствола каждой скважины отложить **вверх** от нулевого значения высот величину альтитуды устья скважины. Соединив полученные точки плавной кривой, получим линию рельефа.

6. В первой скважине вниз *каждый раз от устья* (поверхности земли) откладывать последовательно глубины залегания подошвы всех встреченных отложений и забоя включительно. Подписать индексы стратиграфических подразделений.

7. Повторить для всех скважин.

8. Соединить плавными линиями одноименные границы до масштабных линеек, начиная от молодых. Линию забоя не соединять (рис. 12.36).

Шаг 3. Оформление работы. Раскрасить стратиграфические подразделения в присвоенные им цвета, надписать индексы, сделать зарамочное оформление (рис. 12.37).

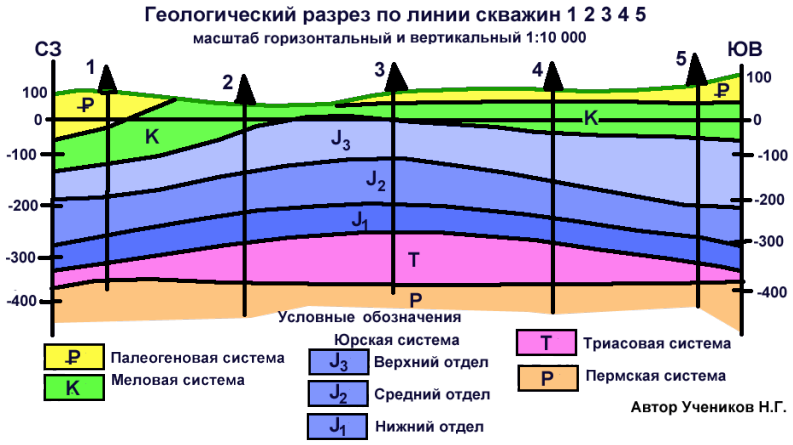


Рис. 12.37. Готовый разрез

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.4.2. Построение геологического разреза по данным бурения с разломами

Эта работа (задание 12.6) выполняется в следующей последовательности.

1. На листе миллиметровки формата А4 провести базисную (нулевую) линию, соответствующую уровню моря, и с левой стороны вычертить вертикальный масштаб, равный горизонтальному. Масштаб рекомендуется взять 1:10 000. На линии уровня моря точками показать положение скважин на профиле (в соответствии с масштабом и их взаимным расположением), и из точек их расположения вверх от нулевой линии в вертикальном направлении в масштабе отложить альтитуды (абсолютные отметки) устий скважин. Полученные точки соединить плавной линией, которая соответствует топографическому профилю.

2. От линии топографического профиля вниз провести вертикальные линии стволов скважин, скважины пронумеровать и отметить их забои (рис. 12.38).

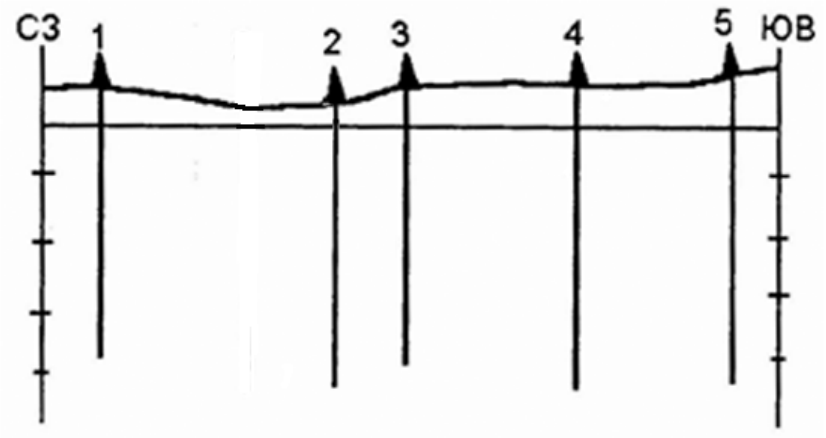


Рис. 12.38. Построение рамки разреза и нанесение скважин

В каждой скважине от уровня земной поверхности отложить глубины залегания отложений каждого стратиграфического комплекса и подписать их индексы. Отсутствие отложений в разрезе отмечено прочерком и мы имеем дело со сбросом. Если в ячейке присутствует два числа – значит подошва этого подразделения встречена дважды, и мы имеем дело со взбросом. В последнем столбце указана глубина забоя и индексы отложений в забое. Ячейки таблицы тех отложений, до которых не достигла каждая конкретная скважина, заштрихованы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. Полученные одноименные отметки между соседними скважинами соединить плавными линиями. В тех участках, где плавную линию провести не удается, следует проверить, не может ли проходить на этом месте разлом. Признаками того, что скважина пересекает поверхность разрывного нарушения, могут служить: выпадение отдельных частей разреза, в частности, пласта или его части, резкое уменьшение мощности пласта, резкое изменение уровня залегания слоев – сброс; двукратное повторение одновозрастных отложений или аномальное увеличение толщины какого-либо пласта – взброс. В практике поисково-разведочных работ на нефть и газ часто встречаются ситуации, когда скважины не пересекают поверхность разрывного нарушения. В этом случае признаком разрывного нарушения является резкое изменение в гипсометрическом положении одновозрастных пластов в разрезах соседних скважин. Точки структурной поверхности, где происходит такое резкое изменение положения геологической границы называются "критическими". В некоторых вариантах положение разлома показано буквой «р».

Для того, чтобы было легче провести линию разреза, удобно поместить по предполагаемой линии разлома прозрачную линейку (вязальную спицу, карандаш) и перемещать ее в различных направлениях и под различным углом, до тех пор, пока ее положение не покажет положение разлома (рис. 12.39). При построениях мощность каждого слоя по разные стороны разлома надо сохранить постоянной.

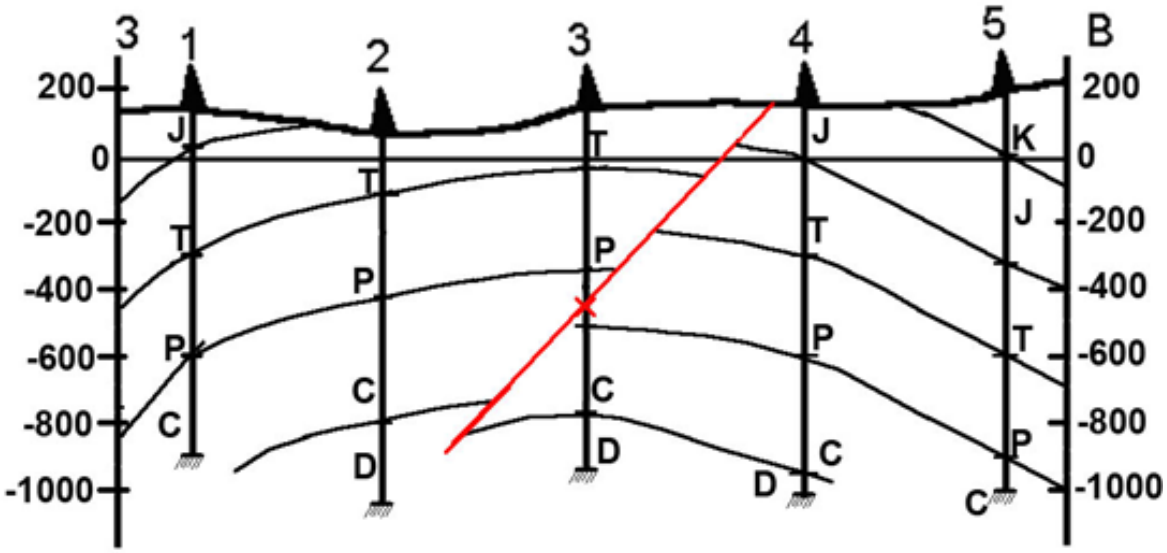


Рис. 12.39. Построение разреза антиклинали, осложненной взбросом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При построениях мощность каждого слоя по разные стороны разлома надо сохранить постоянной. На приведенном примере построен разрез антиклинали, осложненной взбросом, восточное крыло которого поднято.

4. Оформить разрез – раскрасить стратиграфические подразделения разреза в соответствующие им цвета (рис. 12.40), сделать условные знаки и зарамочное оформление. На приведенном рисунке зарамочное оформление отсутствует. Сделайте его самостоятельно.

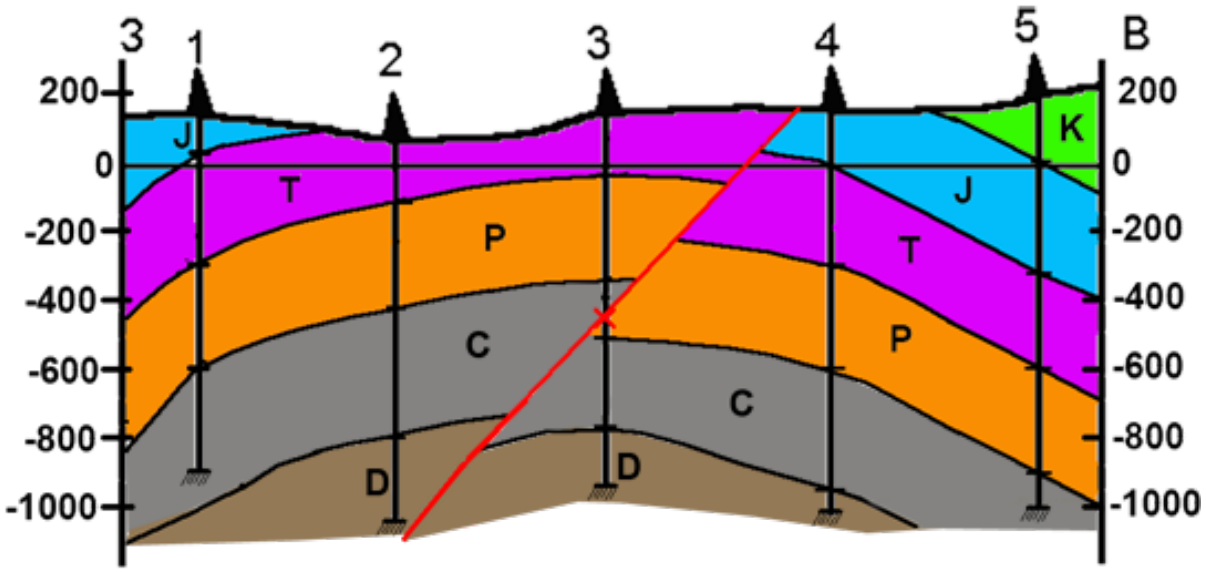


Рис. 12.40. Геологический разрез антиклинальной складки, осложненной взбросом

Перейдите по ***ссылке*** в раздел «задания и упражнения» и выполните вариант задания.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.5. Построение структурной карты складки с разломами

Метод профилей является одним из способов построения структурных карт. Он, применяется в сложных в тектоническом отношении районах, где широко развиты структурные формы, осложненные дизъюнктивными дислокациями или узкие высокоамплитудные складки.

Этот метод особенно важен при изучении геологического строения нефтяных и газовых месторождений, имеющих разрывные нарушения, так как дает возможность трассировать на плане дизъюнктивные дислокации. А это, в свою очередь, позволяет правильно и рационально размещать разведочные скважины.

Цель работы:

- овладение методикой построения структурных карт методом профилей,
- закрепление правил оформления структурных карт.

Исходные данные и условия: исходными данными для выполнения работы являются геологические разрезы с разломами, построенные при выполнении предыдущего задания (глава 12.4.2).

Сечение стратоизогипс – 50 м.

Разрезы расположены в широтном направлении. Расстояние между разрезами – 600 м

Требуется построить структурную карту

Для построения структурных карт методом профилей скважины закладываются обычно по ряду поперечных (в крест предполагаемого простирания структур), реже - продольных профилей. Иногда эти ряды соединяются связующим профилем, располагаемым перпендикулярно им. Для построения структурной карты методом профилей необходимо иметь по изучаемой площади минимум три геологических профильных разреза, которые составляются по данным пробуренных скважин в масштабе строящейся карты. Вами было построено всего два разреза, поэтому первый разрез необходимо будет использовать дважды. На разрезах, исходя из целей и задач работы, выделяется целевая геологическая поверхность - кровля опорного (маркирующего) или продуктивного горизонта, по которой необходимо построить

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структурную карту. Эту поверхность необходимо выбрать так, чтобы она присутствовала на обоих разрезах на западном и восточном крыльях разлома. Плоскость разрывного нарушения (за исключением случая его вертикального положения) дает на плане две горизонтальные проекции следов пересечения с ним кровли пласта, которые являются границами блоков локального поднятия (складки): одна - верхнего, а другая - относительно опущенного. Разрыв сплошности геологической поверхности на структурной карте отображается разрывом изогипс.

Если, например, антиклинальная складка осложнена сбросом - один из блоков складки смещен вниз по плоскости сместителя, - то горизонтальные проекции последнего вогнутой частью будут обращены в сторону опущенного блока и их необходимо изобразить на плане в виде сплошных видимых линий (рис. 12.41). Между этими проекциями геологическая поверхность, по которой строится структурная карта, отсутствует, поэтому стратоизогипсы в этой части карты не проводятся.

При взбросе один из блоков складки оказывается надвинутым на другой. В этом случае горизонтальные проекции плоскости нарушения своими вогнутыми частями будут обращены в сторону взброшенного блока. При этом горизонтальная проекция, ограничивающая нижний блок, на плане должна быть показана пунктиром, так как будет “невидимой”. Стратоизогипсы на плане между горизонтальными проекциями плоскости нарушения повторяются дважды. Изогипсы нижнего блока, в той части, где они оказываются «невидимыми» обычно показываются пунктирными линиями (рис.12.42)

По отметкам изогипс структурной карты можно узнать простирание плоскости нарушения, и направление падения, определить вертикальную амплитуду смещения блоков относительно друг друга.

Точность построения карт этим методом определяется количеством профилей: чем их больше, тем точнее карта.

Эти геологические профили являются исходной геологической информацией для выполнения работы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

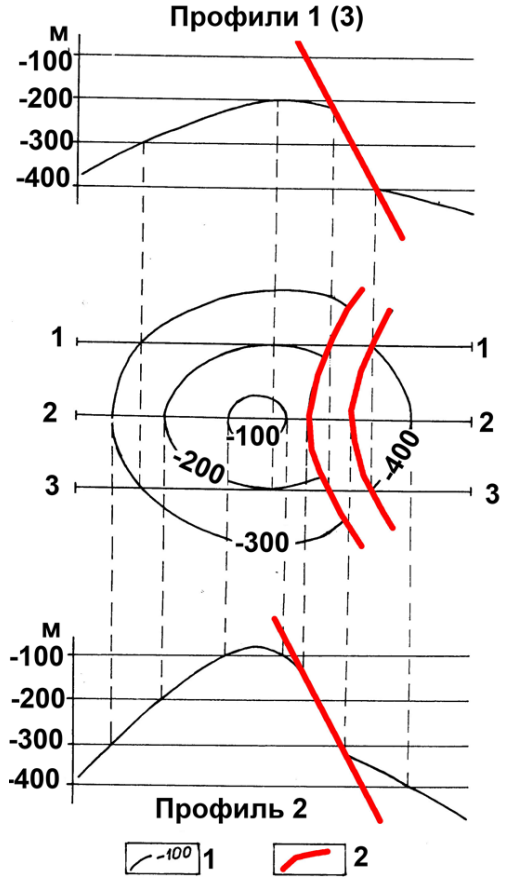


Рис. 12.41. Структурная карта (в центре) и профили антиклинали, осложненной сбросом: 1 – стратоизогипсы, 2 – линии разрыва

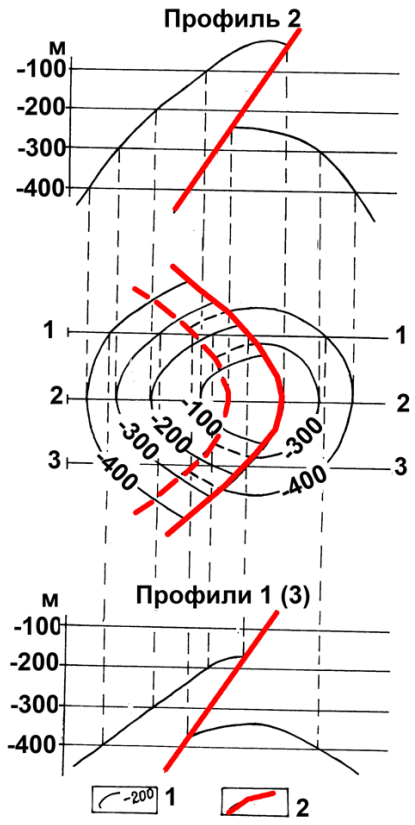


Рис. 12.42. Структурная карта (в центре) и профили антиклинали, осложненной взбросом: 1 – стратоизогипсы, 2 – линии разрыва

Методические указания по выполнению работы

1. Приготовить к работе разрезы – выбрать структурную поверхность и «поднять» (обвести) ее на всех разрезах.
2. Листе миллиметровки формата А4 показать линии расположения профилей. На каждой из этих линий отметить ее левый край (рис. 12.43).

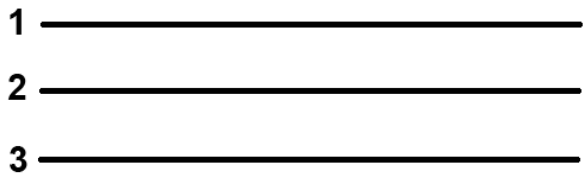


Рис. 12.43. Схема расположения линий профилей в задании

3. Выбрать сечение стратоизогипс (в данной работе рекомендуется взять сечение 50 м).
4. На каждом разрезе кровлю пласта и след плоскости дизъюнктивной дислокации рассечь согласно выбранному сечению

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

изогипс, горизонтальными линиями (на рисунках 12.40 и 12.41 это линии -100, -200, -300, -400). Чтобы излишне не загружать чертеж, сечение было взято 100 м.

Построить на плане следы разрывного нарушения. Для этого с каждого разреза снести на линии профилей на плане точки пересечения маркирующего горизонта с плоскостью разрывного нарушения и соединить полученные точки плавной линией (рис. 12.44). В результате получается горизонтальная проекция следов пересечения геологической поверхности с плоскостью разрывного нарушения, которые и будут границами блоков структуры.

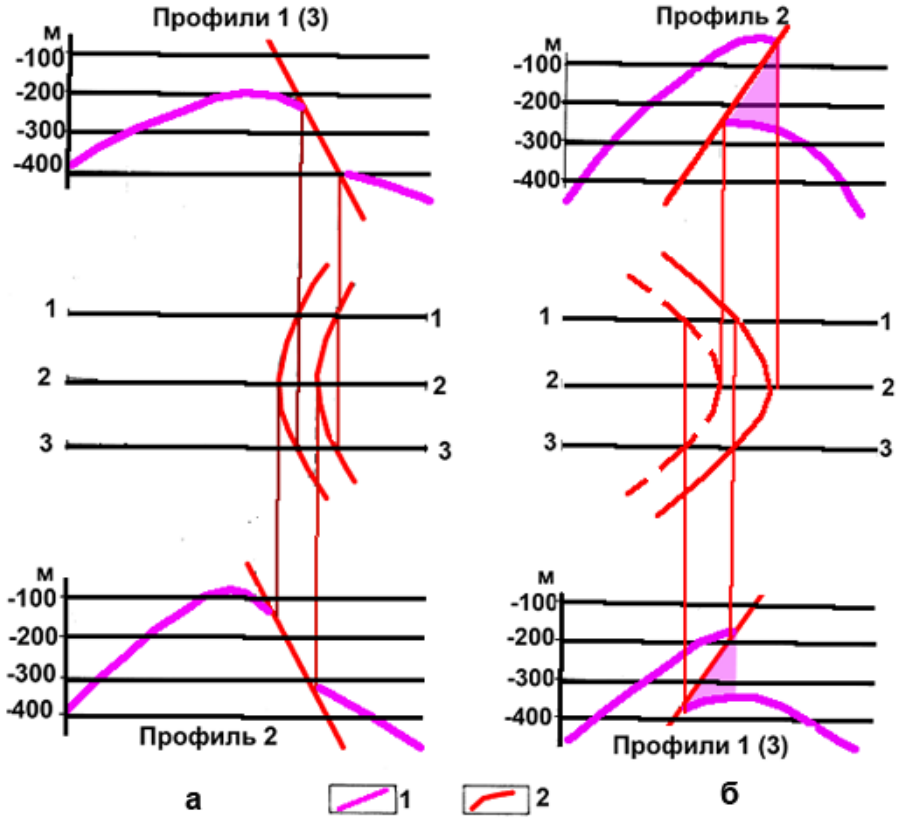


Рис. 12.44. Построение линий пересечения разломов и структурной поверхности а – сброс, б – взброс; Условные обозначения: 1 – структурная поверхность, 2 - сместитель

5. На каждую из линий профилей перенести абсолютные отметки маркирующего горизонта. Для этого отложить от края разреза расстояния, соответствующие точкам пересечения маркирующего горизонта последовательно со всеми, пересекаемыми им горизонталями.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6. Построить линии изогипс выбранной геологической поверхности на обоих блоках структуры. Для этого:

– перенести на линии профилей на плане точки пересечения горизонтальных линий с кровлей маркирующего пласта (рис.12.45, 12.46).

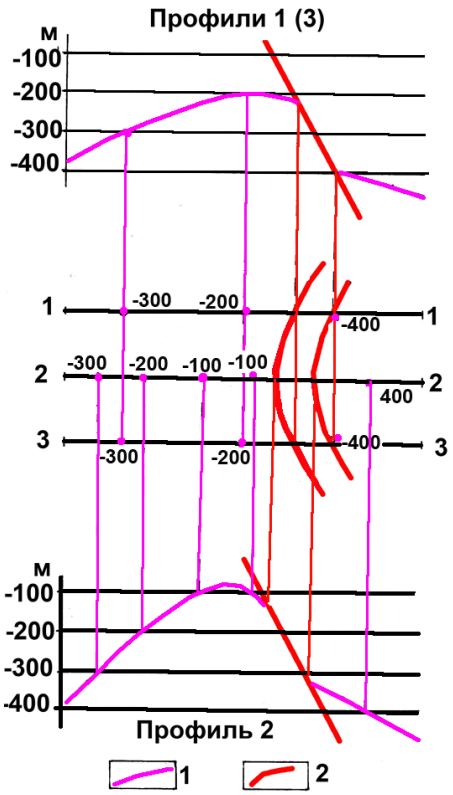


Рис.12. 45. Проецирование высотных отметок на антиклинали, осложненной сбросом. 1 – структурная поверхность, 2 - сместитель

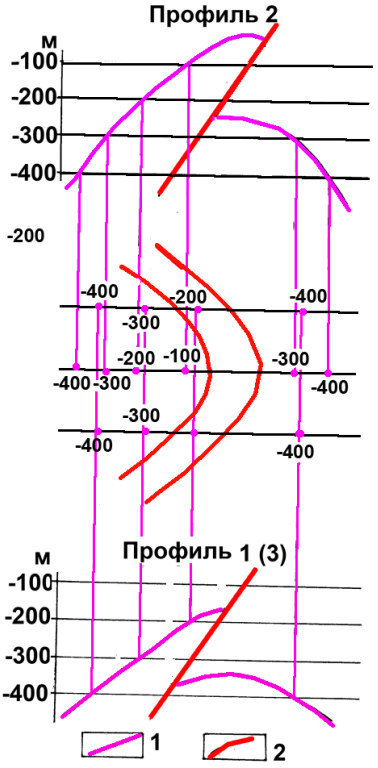


Рис. 12.46. Проецирование высотных отметок на антиклинали, осложненной взбросом. 1 – структурная поверхность, 2 - сместитель

– на плане расположения профилей по каждому блоку в отдельности соединить плавными линиями точки с одинаковыми абсолютными отметками. В результате получаем изогипсы геологической поверхности (кровли пласта) (рис.12.41, 12.42).

!!! Стратоизогипсы каждого блока структуры подходят к разрыву в точках, имеющих одноименные с ними абсолютные отметки !!!

7. Оформить работу в соответствии с правилами.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12.6. Построение геологической карты по данным полевых наблюдений (наклонное и горизонтальное залегание слоев)

Цель работы:

– закрепить методику построения выхода пласта на дневную поверхность с помощью заложения;
– познакомиться с приемами построения стратиграфической колонки и простейших геологических разрезов по геологической карте, а также с основами описания геологической карты;
– закрепить правила компоновки геологической карты.

Карта наклонно залегающих пластов строится по данным полевых наблюдений с помощью «заложения». Методические приемы использования величины заложения для определения выхода пласта на поверхность подробно рассматривалась ранее, при рассмотрении ***раздела 11.6.2*** пересечение топографической поверхности и наклонной плоскости и в задании “Построение выхода наклонно залегающего пласта на дневную поверхность”.

Трассирование геологических границ горизонтально залегающих пластов описаны в ***12.1*** “Построение геологической карты горизонтально залегающих слоев”.

Исходные данные: исходными данными для построения карты и сопутствующих ей графических документов (геологического разреза, стратиграфической колонки) являются элементы залегания, возрастная и литологическая характеристика горных пород в обнажениях, или в горных выработках.

Опорные наблюдения, как правило, делаются на контактах горных пород различного геологического возраста. В точках наблюдений (т.н.) геологами описаны эти контакты, выделены слои (проведена стратификация пород), охарактеризованы их строение и состав, проведены замеры элементов залегания.

Задание выполняется на топографической основе масштаба 1:20000, на которой указано местоположение девяти точек наблюдений (рис. 12.47).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

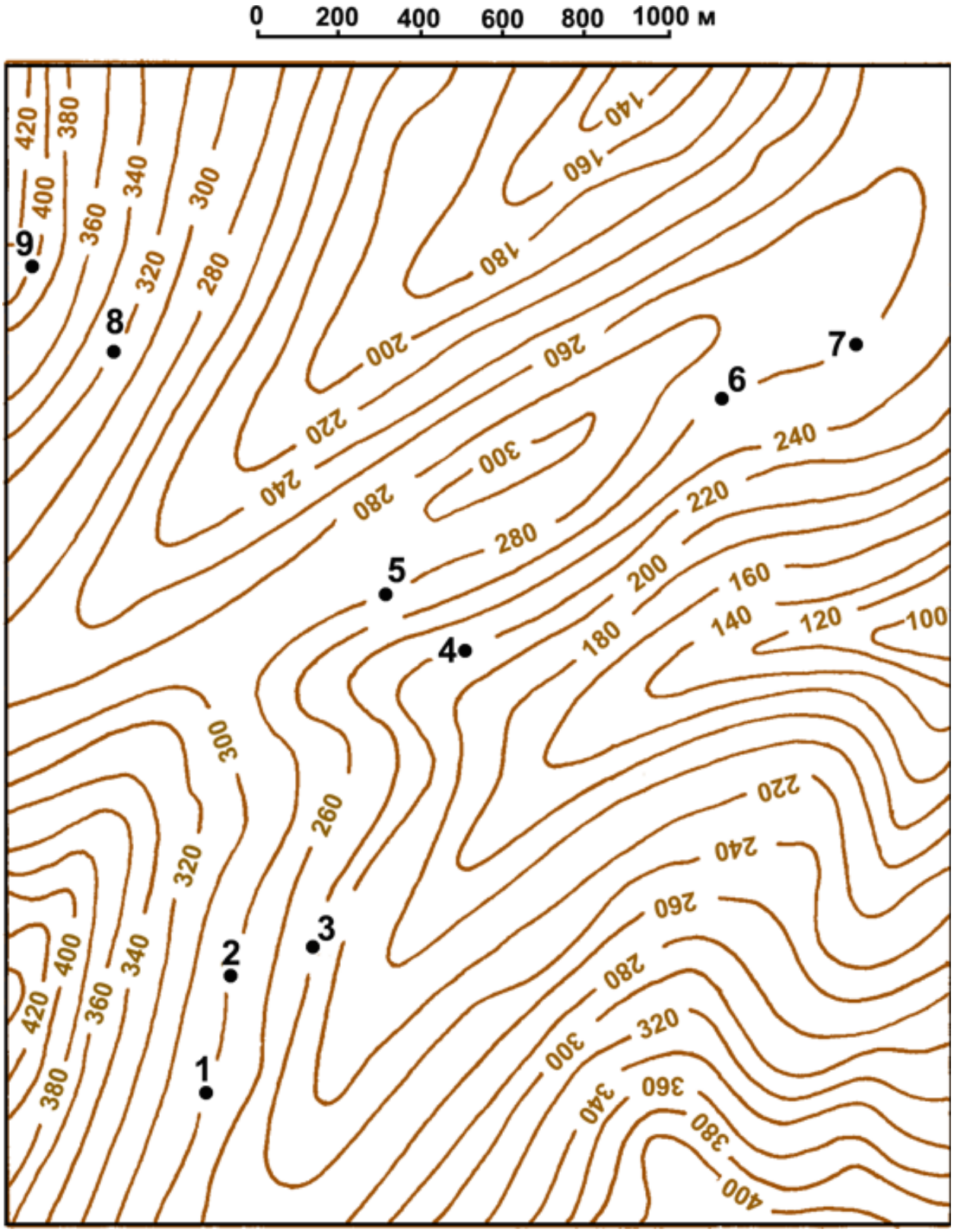


Рис. 12.47. Топооснова к геологической карте

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Установлено, что на территории картирования присутствуют отложения трех структурных этажей. Нижний представлен образованиями нижнего (ландоверского - S_1l, венлокского -S_1v) и частично верхнего (лудловского S_2ld) ярусов силура. Его породы залегают моноклинально, падая под крутым углом.

Средний структурный этаж сложен породами верхнего девона (франский - D_3f и фаменский - D_3fa ярусы) и турнейского яруса нижнего карбона (C_1t). Моноклинальное залегание пород этого яруса - пологое.

Горизонтально залегающие отложения верхнего структурного этажа представлены маастрихтским (K_2m) и датским (K_2d) ярусами верхнего мела.

Ниже приводится описание пород в точках наблюдений (элементы залегания в тексте даются по первому варианту задания).

Точка наблюдения № 1 (т.н. 1) находится в юго-западной части района исследований, на западном склоне балки, на абсолютной отметке 280 м. В неглубокой горной выработке в этой точке наблюдения устанавливается контакт между карбонатными породами ландоверского и аргиллитами венлокского ярусов нижнего силура. Контакт не имеет видимых следов несогласий.

Как показали исследования в сопредельных районах, породы ландоверского яруса сложены светло-серыми, плотными, трещиноватыми и кавернозными доломитами толщиной 200 - 280 м.

Отложения венлокского яруса по литологическому составу четко подразделяются на две пачки. Нижняя пачка, имеющая толщину 80-100 м, представлена темно-серыми аргиллитами, а верхняя - светло-серыми среднезернистыми песчаниками, содержащими тонкие редкие прослои глин. Толщина пачки - до 130 м.

Элементы залегания доломитов ландоверского яруса: Аз. пад. СВ $\varphi_1 \angle\alpha_1$.[1]

Т.н. 2 расположена в 150 м к северо-северо-востоку от т.н. 1 на том же гипсометрическом уровне. Здесь в небольшой штольне

[1] Здесь и далее необходимо подставить данные своего варианта, которые можно получить, перейдя ***по ссылке***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

обнажаются светло-серые среднезернистые песчаники с редкими прослоями глин. Возраст их датируется как нижнесилурийский (венлокский ярус). На них с резким угловым несогласием залегают полимиктивые голубовато-серые песчаники, в которых обнаружена фауна франского яруса верхнего девона.

В основании этой пачки песчаников обнаружен пласт конгломератов толщиной от 1,5 до 3,0 м, который сложен обломками кварцевых песчаников и доломитов. Толщина франских отложений 35-40 м. Элементы залегания пород франского яруса: Аз. пад. СВ φ_2 $\angle\alpha_2$.

Т.н. 3 расположена в 100 м к северо-востоку от т.н. 2 и на 40 м гипсометрически ниже ее (абсолютная отметка 240 м). Здесь в закопушке обнажается контакт темно-серых кварцевых мелкозернистых песчаников венлокского яруса, которые вверх по разрезу без видимых следов несогласия переходят в зеленовато-серые тонкозернистые кварцево-глауконитовые песчаники лудловского яруса.

Как показали исследования, проведенные в соседних районах, эти песчаники на различных уровнях содержат три пачки темно-серых аргиллитов толщиной 20-60 м, увеличение толщины которых происходит вверх по разрезу. Элементы залегания пород лудловского яруса: Аз. пад. СВ φ_1 $\angle\alpha_1$.

Т.н. 4 находится в центральной части района на том же северо-западном склоне балки (абсолютная отметка 220 м). В этой точке в неглубокой горной выработке обнажается контакт полимиктовых песчаников франского яруса с согласно залегающими на них аргиллитами нижнефаменского подъяруса верхнего девона. Нижнефаменский подъярус сложен пачкой черных углистых аргиллитов толщиной 40-70 м. Встречаются обуглившиеся растительные остатки.

Элементы залегания аргиллитов: Аз. пад. СВ φ_2 $\angle\alpha_2$.

Т.н. 5 находится в 110 м к северо-западу от т.н. 4 на юго-восточном склоне невысокого холма, на абсолютной отметке 280 м.

В этой точке на в канаве обнажается пласт каменного угля толщиной до 10 м, который находится в основании среднефаменского

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

подъяруса верхнего девона и залегает на подстилающих породах без видимых следов несогласия.

Элементы залегания: Аз. пад. СВ φ_2 $\angle\alpha_2$.

Как показали исследования в соседних районах, пласт каменного угля перекрывается пачкой серых песчанистых глин, которые вверх по разрезу переходят в голубовато-серые мелкозернистые песчаники, составляющие две трети разреза подъяруса. Общая толщина его разреза 120-140 м.

Т.н. 6 расположена в северо-восточной части района, в 475 м к северо-востоку от т.н. 5 на том же северо-западном склоне холма (абсолютная отметка 260 м).

В этой точке в небольшой вертикальной горной выработке встречен контакт между песчаниками среднефаменского и глинами верхнефаменского подъярусов. Глины темно-серые, жирные на ощупь, с примазками битума, комковатые, содержат блестки слюды.

Толщина отложений подъяруса в соседних районах изменяется от 20 до 70 м. Следов несогласия не установлено.

Элементы залегания песчаников среднего фамена: Аз. пад. СВ φ_2 $\angle\alpha_2$.

Т.н. 7 находится в 190 м к востоку от т.н. 6 на том же склоне и на той же высоте. Здесь установлен контакт между глинистыми породами верхнефаменского подъяруса верхнего девона и кварцево-глауконитовыми, серовато-зелеными, среднезернистыми песчаниками турнейского яруса нижнего карбона. В песчаниках встречаются редкие маломощные прослои сероцветных глин толщиной до одного метра.

Образования турнейского яруса залегают на породах девона возраста с параллельным несогласием.

Элементы залегания песчаников турнейского яруса: Аз. пад. СВ φ_2 $\angle\alpha_2$.

Т.н. 8 расположена в северо-западной части района исследований на абсолютной отметке 320 м восточного склона холма. Здесь на песчаниках фаменского яруса с угловым несогласием

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

залегает толща пород маастрихтского яруса верхнего мела, сложенная снизу вверх следующими пластами:

1 полимиктовыми светло-серыми мелкозернистыми слабосцементированными песчаниками толщиной до 20 м;

2 песчанистыми светло-серыми крепкими известняками толщиной 20-25 м;

3 известняками светло-серыми, обломочными, с фауной маастрихта. Толщина 25-35 м.

Т.н. 9 расположена в 150 м к северо-западу от т.н. 8 на гипсометрической отметке 400 м, то есть ближе к вершине холма. В этой точке изучен контакт между полимиктовыми песчаниками маастрихтского и глинистыми известняками датского ярусов верхнего мела. Залегание пород согласное.

Известняки темно-серые, глинистые, трещиноватые и кавернозные, с фауной. Толщина отложений яруса до 60 м.

Используя приведенные данные, нужно ***выполнить*** следующие задания:

1. Построить геологическую карту района – с помощью заложения, найти выходы на земную поверхность геологических границ.
2. Построить геологические разрезы по линиям АБ и ВГ.
3. Составить стратиграфическую колонку.
4. Оформить карту в соответствии с правилами (компоновка, условные знаки, справочные данные).
5. Составить краткую (3-5 страниц) объяснительную записку к карте.

Методические указания по выполнению работы

1. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

1. Построить геологические границы верхнего структурного этажа. Для этого необходимо:

– Отметить на топографической основе точки выхода пород верхнего структурного этажа. Построить геологические границы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

горизонтально залегающих отложений на всех участках (геологические границы на юге территории можно провести прерывистой линией, как предполагаемые на основании построений).

2. Построить геологические границы среднего структурного этажа. Для этого необходимо:

– Определить заложение для толщ второго структурного этажа.
– По данным заложения построить геологические границы девонских и каменноугольных отложений, до пересечения их с несогласием.

3. Построить геологические границы нижнего структурного этажа. Для этого необходимо:

– Определить заложение для толщ нижнего структурного этажа.
– По полученной его величине построить геологические границы пород нижнего структурного этажа до пересечения их с несогласием второго структурного этажа.

4. Расставить индексы и раскрасить стратиграфические подразделения в принятые для них цвета и нанести крап, соответствующий литологическому составу (на геологических картах масштабов крупнее 1:100000 условными знаками показывается не только стратиграфическая принадлежность, но и литологический состав слагающих их подразделений). Стандартные условные обозначения приведены в ***приложении 6.***

2. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

1. Выбрать на карте направление и место геологических разрезов. Их надо выбирать так, чтобы максимально полно охарактеризовать геологическое строение района минимальным числом разрезов. Разрезы должны пересекать все толщи и все структурные этажи. Для данной территории оптимальны разрезы по двум диагоналям карты.
2. Выбрать вертикальный масштаб разрезов. Для данного задания вертикальный масштаб преувеличивать не рекомендуется.
3. Построить топографические профили и геологические разрезы. Имейте в виду, что даже крутые геологические границы на

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

разрезах, проведенных в направлении, близком к простиранию пород, будут выглядеть почти горизонтальными.

4. Расставить индексы, раскрасить в цвета стратиграфических подразделений и сделать штриховку, соответствующую литологическому составу.

3. СОСТАВЛЕНИЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ

1. Вычертить шапку таблицы стратиграфической колонки в соответствии с прилагаемым образцом (рис. 12.48).
2. Подсчитать примерно суммарную толщину закартированных пород и определить вертикальный масштаб колонки, приняв ее вертикальный размер в 15-20 см.
3. Выписать индексы закартированных на территории стратиграфических подразделений столбиком в порядке возрастания их возраста, выделить специальным знаком структурные этажи.
4. Заполнить колонку: показав на ней литологию в соответствии с выбранным масштабом. Условные обозначения для литологических комплексов приведены ***в приложении 6***

Система	Отдел	Индекс	Литология пород	Толщина, м	Описание пород

Рис. 12.48. Шапка стратиграфической колонки

ЗАДАНИЕ 4. Составление легенды (условных обозначений) и компоновка карты

1. Сгруппировать стратиграфические подразделения по возрасту от более молодых – наверху к более древним - внизу, учитывая их иерархическую соподчиненность.
2. Выделить литологические разности, характерные для каждой стратиграфической единицы.
3. Оформить легенду. Пример оформления фрагмента легенды для крупномасштабных карт приведен на рис. 12.49.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

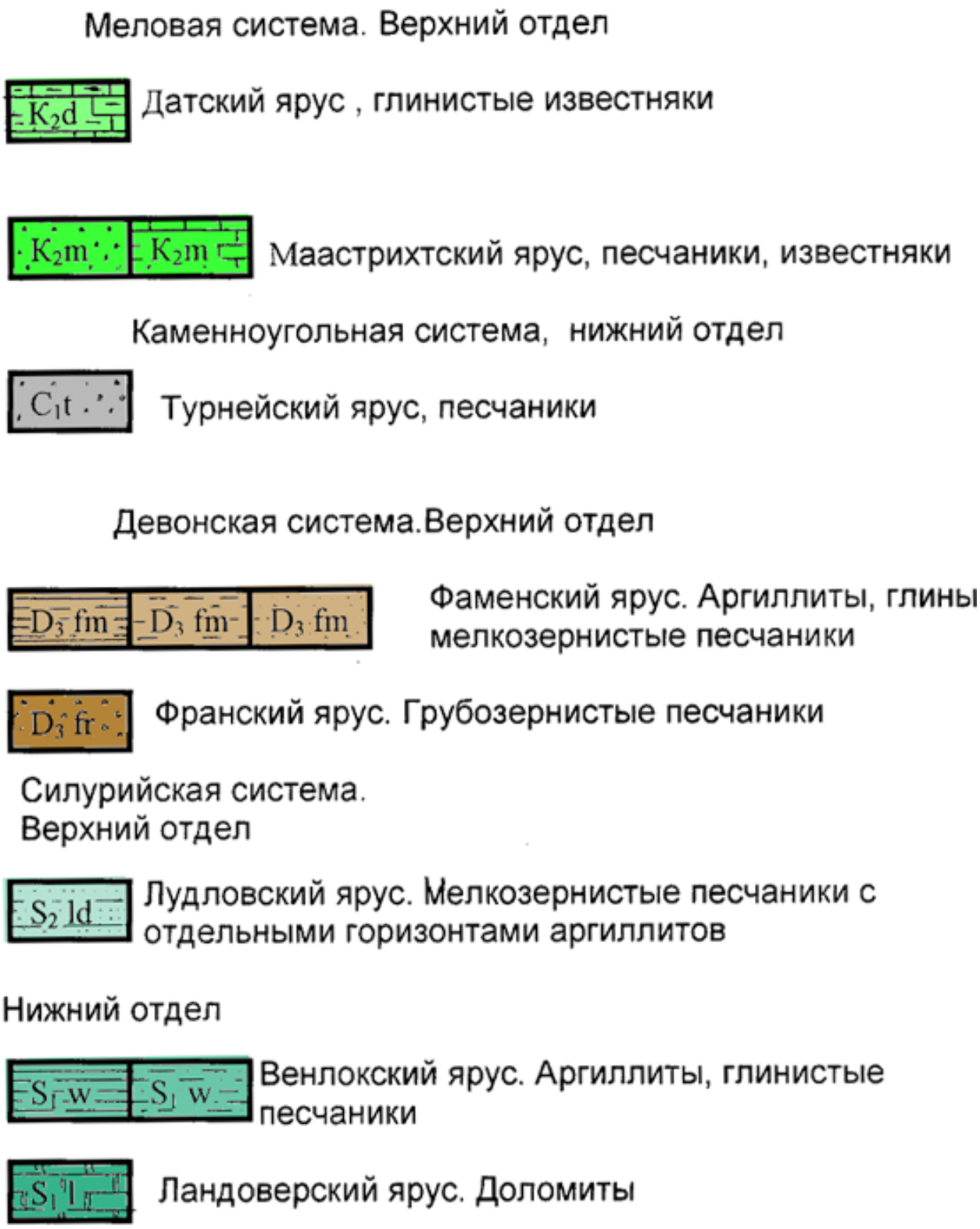


Рис. 12.49. Фрагмент легенды к крупномасштабной карте

4. Оформить карту в соответствии со стандартами, принятыми для государственных геологических карт. Схематический пример компоновки карты приведен на рис. 12.50.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

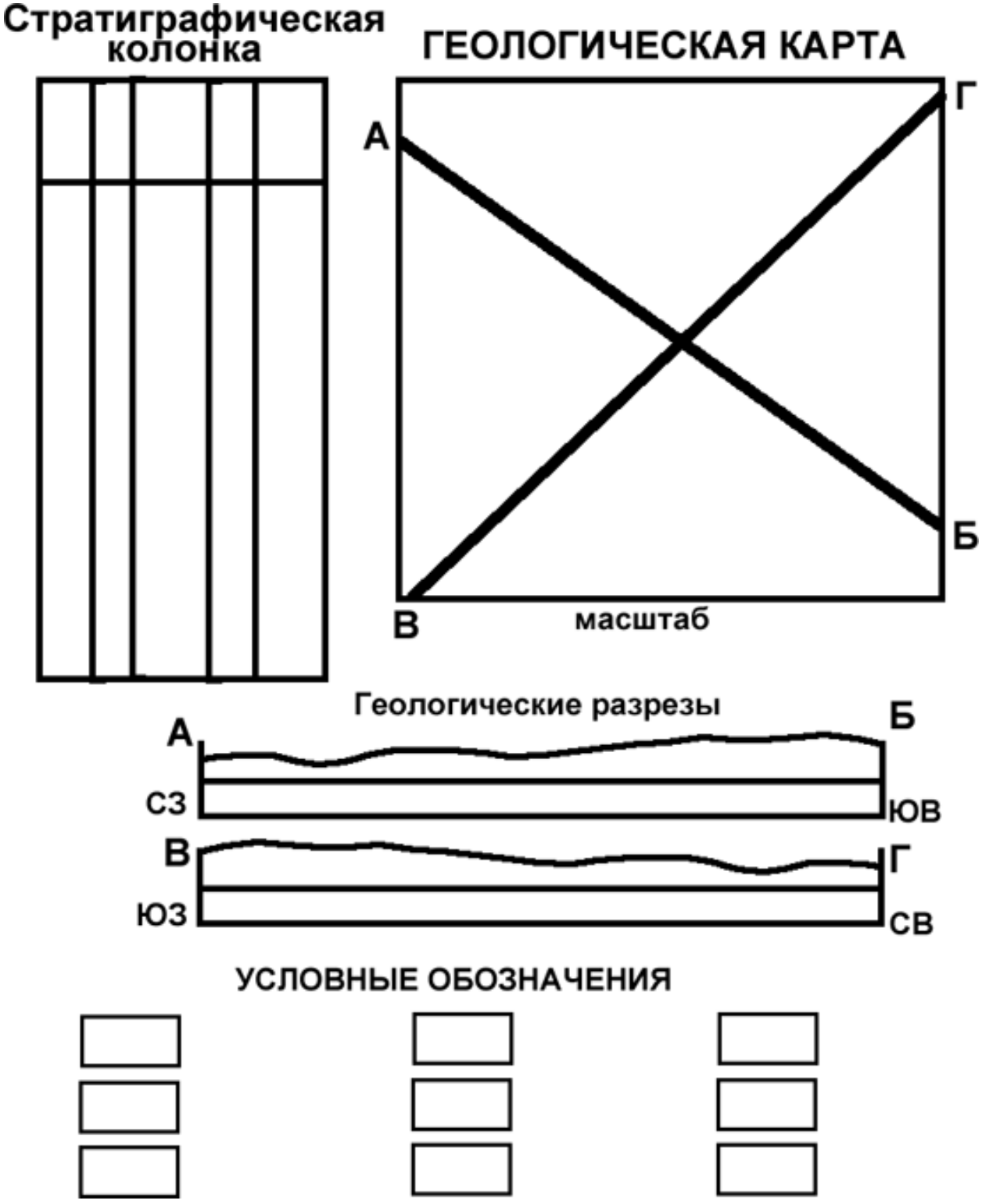


Рис. 12.50. Пример компоновки карты к работе

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

5. Составление объяснительной записки

Составьте очень краткую объяснительную записку (1-3 стр.). При написании используйте приведенные сведения и обязательно включите в нее сведения, не нашедшие отражения на геологической карте и других, сопровождающих ее геологических чертежах (главным образом описания горных пород в обнажениях).

План объяснительной записки

Введение - масштаб карты; площадь картирования (площадь карты, умноженная на квадрат знаменателя ее масштаба); исходные материалы (карта, разрезы, стратиграфическая колонка, геологическое описание); автор карты (Вы); геологическая изученность (оценивается на основании масштаба карты – чем детальнее масштаб, тем лучше изученность).

Орогидрография - по топографической основе описывается рельеф местности - максимальные и минимальные отметки, региональный уклон, тальвеги и водоразделы.

Стратиграфия и литология - описываются все стратиграфические подразделения от древних к молодым и от крупных подразделений к мелким. Внутри подразделений стратиграфические единицы описываются по плану:

- нижний контакт (известен - не известен, если известен, то согласный, или несогласный, если несогласный, то какое несогласие);
- где распространена толща (география);
- чем сложена (литология);
- какая толщина (мощность).

Примерная схема для написания главы «Стратиграфия и литология»:

«На площади работ обнажаются отложения палеозоя и мезозоя. Палеозойские породы представлены силурийской, девонской и каменноугольной системами, мезозой - меловой системой.

Силурийская система

Силурийская система представлена породами нижнего и верхнего отдела.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Нижний отдел

Нижний силур сложен породами ландоверского и венлокского ярусов.

Ландоверский ярус (S_1l)

Нижняя граница пород ландоверского яруса не установлена. Толща обнажается в . . . части площади картирования . . . полосой . . . простирания. Она представлена (*дается описание пород*). Ее видимая толщина . . . метров.

Венлокский ярус (S_1v)

Породы венлокского яруса согласно залегают на отложениях ландоверского яруса . . . (*Далее - описание идет по образцу, приведенному для ландоверского яруса*).

Верхний отдел

Верхний силур представлен только лудловским ярусом.

Лудловский ярус (S_2ld)

По приведенной выше схеме описывается лудловский ярус.

Девонская система

Отложения девонской системы представлены верхним отделом, сложенным породами франского и фаменского ярусов.

Франский ярус (D_3f)

Отложения франского яруса описываются так же, как предыдущие толщи.

Фаменский ярус (D_3fa)

Отложения фаменского яруса описываются так же, как предыдущие толщи.

Каменноугольная система

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Каменноугольная система представлена турнейским ярусом нижнего отдела.

Далее стратиграфические подразделения описываются так же, как было показано выше.

Магматизм

На данной территории проявлений магматизма не обнаружено.

Тектоника - описываются структурные этажи (от древних к молодым) с указанием географического положения, стратиграфического объема, элементов залегания пород каждого этажа.

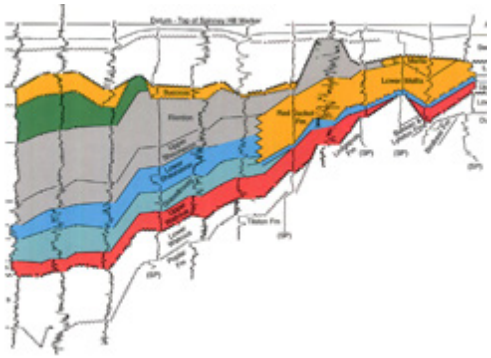
История геологического развития - последовательно (от древних времен к молодым) характеризуются условия осадконакопления (морские, прибрежные, континентальные) и тектонические события, происходившие в районе картирования. При написании этой главы необходимо использовать знания, полученные также в курсах “Общая геология” и “Историческая геология”.

Полезные ископаемые - глава пишется на основании изучения литологии района (строительные материалы, каменный уголь, битумы). Дается предположение о возможном обнаружении залежей нефти и газа или их отсутствии с обоснованием того или другого.

Заключение. Приводится основные выводы по всем главам объяснительной записки.

12 вариантов ***заданий*** приведены в разделе «Задания и упражнения».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 13. Анализ фаций, формаций, мощностей, перерывов и несогласий

http://images.google.ru/url

Изучение и картирование фаций, перерывов и несогласий, выделение и изучение формаций - неотъемлемые части комплекса методов истории формирования структур как результата тектонических движений земной коры. Их изучают с разных точек зрения в литологии, стратиграфии, исторической геологии. Здесь будут рассмотрены только те аспекты формационного и фациального анализа, анализа перерывов и несогласий, которые позволяют восстановить историю возникновения геологических структур, так как это входит в предмет структурной геологии.

Здесь будут рассмотрены только те аспекты формационного и фациального анализа, анализа перерывов и несогласий, которые позволяют восстановить историю возникновения геологических структур, что входит в предмет структурной геологии.

13.1. АНАЛИЗ ФАЦИЙ

Понятие фация имеет различные толкования. Здесь под фацией понимаются определенные типы осадочных пород, возникшие в определенных физико-географических условиях (русловые пески, озерные известняки, прибрежные галечники и т. п.). Другими словами, фации - это одновозрастные образования, особенности состава и строения которых объясняются различными условиями осадконакопления в пределах площади их распространения (в разных местах водоема или морского бассейна или на суше). Последнее определение дано основателем этого термина швейцарским геологом А. Грессли.

Поверхность осадконакопления характеризуется разнообразными физико-географическими и геологическими условиями, которые находят отражение в составе и биоценозах этих

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

осадков или фаций. Поэтому для восстановления условий осадконакопления анализируется как облик горных пород, так и облик и распространенность населяющих их организмов.

Фациальный анализ — это комплексные исследования с целью определения фаций прошлого; он слагается из биофациального и литофациального анализа, а также из тщательного изучения общегеологических данных (площади распространения отложений, их мощности, переходов по простиранию и т.д.).

Биофациальный анализ заключается в определении фаций на основе изучения органических остатков и следов жизнедеятельности организмов. Из анализа остатков водных организмов возможно восстановление солености, глубины бассейна, световых условий, температуры, газового режима, характера движения воды и грунта.

Глубина бассейна играет важную роль в распределении организмов в морском бассейне. С ростом глубины уменьшается освещенность, возрастает давление, изменяется газовый режим; температура воды на больших глубинах низкая и практически постоянная. В этом же направлении уменьшается число видов и количество биомассы. Для жизни растений и животных наиболее благоприятны небольшие глубины.

На небольших глубинах обитают водные растения и разнообразные рифостроители: известьвыделяющие водоросли (строматолиты), археоциаты, строматопораты, кораллы. Массовые поселения брахиопод и двустворок характерны для морского дна. На мелководье располагались брахиоподовые и пелециподовые банки, заросли морских лилий. С глубиной более 150–200 м исчезают водоросли и растительноядные организмы, беднеет видовой состав и падает общее количество донных организмов, животные становятся мельче. В зоне батиали, до глубины 700 м, встречаются одиночные кораллы, морские ежи, морские лилии, фораминиферы, губки, раки и ряд других. Глубже 700–800 м исчезают кораллы и большинство иглокожих.

Наиболее освещены верхние 10 м водной толщи и они же наиболее богаты органической жизнью. До глубины 50–80 м и на мелководье существует богатый животный мир, представленный растительноядными формами, разнообразными хищниками,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

трупоедами и илоедами. В теплых морях известковые раковины животных более толстые, более массивные с богатой скульптурой.

По характеру слоистости все отложения подразделяются на слоистые и массивные (неслоистые). Отсутствие слоистости говорит об осадкообразовании в постоянных условиях. Слоистость указывает на отложение в среде с менявшимся режимом осадконакопления. В спокойной водной среде (озера, моря) формируется параллельная слоистость. В движущейся воде или при ветре (русла рек и временных водотоков, в зоне подводных течений, в прибрежной части, в пустынях) образуется косая слоистость.

Знаки ряби указывают на обстановку осадконакопления. Причем, симметричная рябь с одинаковыми углами наклона у валиков характерна только для водной среды (в реках, зонах течений, в прибрежной полосе). Несимметричная рябь бывает водная и ветровая (эоловая). Водную рябь от ветровой отличают по индексу ряби (отношение ширины валика к его высоте). У водной ряби этот индекс колеблется от 5 до 10, у ветровой - от 20 до 50.

Многоугольники высыхания (трещины высыхания) образуются в наземных условиях при сухом, жарком, и реже умеренном климате.

Структурные особенности пород наиболее ярко проявлены и информативны в терригенных (обломочных) породах.

Размер обломочного материала позволяет судить о рельефе и удаленности области питания: более крупнообломочные породы располагаются, как правило, ближе к источнику сноса у подножия горной страны. По крупности обломочных частиц можно судить и о скорости движения воды в месте образования осадка.

Так, при скорости течения 10 км/ч (Гольфстрим у берегов Флориды) осадки не отлагаются, а при 4–6 км/ч выпадают гальки величиной с грецкий орех. Пески отлагаются при скорости течения 0,26–0,34 м/с, а алевриты — не более 0,26 м/с.

Состав обломочного материала галечников, конгломератов, песков, песчаников позволяет выяснить длительность и характер переноса, установить источник сноса. В процессе переноса наиболее неустойчивые, мягкие, легко растворяющиеся минералы и горные породы разрушаются. Поэтому наличие в изучаемой породе только устойчивых минералов свидетельствует либо о длительном переносе

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

обломочного материала, либо о долгом выветривании пород перед сносом, либо о переотложении обломочных толщ.

Состав горных пород позволяет судить о среде и климате, в котором происходило осадконакопление. Так, присутствие в породах глауконита свидетельствует об отложении осадка в море. Соли и гипс указывают на жаркий сухой климат. Минеральный состав глин также помогает сделать заключение о климате. Глины, образовавшиеся во влажном тропическом климате при обилии растительности и гумусовых кислот, содержат галлуазит и каолинит; глины аридного климата — монтмориллонит, гидрослюды. Мощные карбонатные толщи формируются, как правило, в тепловодных бассейнах.

Сортировка обломочного материала говорит о длительном переносе обломков. Отсутствие сортировки характерно для морен, осыпей, глубоководных брекчий, обвальных и селевых отложений.

Форма обломков определяется составом разрушающейся горной породы, ее трещиноватостью, слоистостью. Округлая форма гальки характерна в общем случае для речных отложений. В морских прибрежных образованиях преобладают уплощенные гальки, в пустынных встречаются эоловые многогранники. Утюгообразные валуны присущи ледниковым отложениям.

Окатанность обломков зависит от: 1) состава пород (обломки мягких пород окатываются быстрее и лучше, чем твердых); 2) первоначальной формы обломков; 3) скорости и длительности переноса. Лучшая окатанность встречается у морских галечников, образовавшихся в результате перемыва принесенного в море реками материала. Плохо окатанный материал характерен для отложений конусов выноса временных потоков, верховий рек и делювия. Происхождение песков определяют по содержанию в них зерен разной окатанности. У речных песков преобладают полуугловатые и полуокатанные зерна, у прибрежно-морских - полуокатанные и окатанные, у дюнных - окатанные.

Характер поверхности обломков определяется их составом и средой, в которую они попали. Ямчатая, бугорчатая, шероховатая поверхность обломков часто объясняется полиминеральностью их состава. Для обломков, попавших в подвижную водную среду, характерна гладкая поверхность; наиболее отполирована морская галька. В ледниковых отложениях на поверхности валунов и обломков

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

могут быть борозды, шрамы, царапины. Обломки пород в пустынных отложениях покрыты «загаром пустыни».

Характеристика цементирующей массы (состав, количество, соотношение с обломочным материалом) — необходимый элемент анализа структуры обломочных пород. Например, карбонатный цемент характерен для неподвижных галечников водных бассейнов. Конгломераты, образовавшиеся из подвижных галечников, содержат мало цемента. Концентрация крупнообломочного материала на отдельных участках указывает на расположение основного русла.

Окраска пород также может служить индикатором среды осадконакопления. Зеленый цвет отложений иногда объясняется присутствием глауконита - минерала от светло-зеленого до черно-зеленого цвета, образующегося в морских условиях. Черный и темно-серый цвет часто наблюдается у отложений, сформировавшихся в восстановительных условиях сероводородного заражения. Ископаемые песчаные и песчано-глинистые отложения пустынь нередко бывают красноцветные (красные, бурые, коричневые).

Анализ общегеологической обстановки заключается в определении площади распространения отложений, их мощности, взаимоотношений с подстилающими и перекрывающими осадками, а также с соседними одновозрастными образованиями. Например, пустынные отложения отличаются огромными площадями распространения при сравнительно небольшой мощности. Отложения подножий гор протягиваются на десятки километров и имеют большую мощность. Немые параллельно-слоистые песчаники, переходящие во все стороны по простиранию, также вверх и вниз по разрезу в отложения с остатками морской фауны, имеют только морское происхождение.

Классификации фаций

Изучение современных фаций, закономерностей и процессов их возникновения позволяет с помощью принципа актуализма воссоздать условия образования древних осадков. При этом все разнообразие современных и древних (геологических) фаций по месту своего образования объединяется в три большие группы: 1) морские; 2) переходные и 3) континентальные фации.

По способу образования фации подразделяются на терригенные, органогенные, химические или хемогенные.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Рассмотрим более подробно все эти фации, взяв за основу их классификацию по способу образования.

1. Терригенные фации

Морские терригенные фации — это наиболее распространенный тип фаций на Земле. Часто имеют вертикальную последовательность. Фация галечников, конгломератов и брекчий связана с зоной прибоя. Здесь выделяются подвижные и неподвижные галечники. Первые чистые, без цемента. Вторые с обильным цементом и организмами (ползающими, сверлящими в цементе) и отлагаются обычно на глубинах от 20 м до 200–400 м в спокойной малоподвижной воде, плохо окатаны и сортированы.

Пески и песчаники - это следующая по степени измельчения терригенная фация. Здесь мы видим уже не обломки горных пород, как в предыдущей фации, а мелко раздробленные обломки кристаллов отдельных минералов (кварцевые пески, изредка магнетитовые пески, гранатовые, полевошпатовые (аркозовые), полимиктовые пески). В морских фациях различают: пески прибрежные, образованные в результате разрушения берега моря, пески выноса рек и пески глубинные (донных течений). Характеризуются диагональной косой слоистостью. Береговые пески маломощные, а пески конусов выноса достигают нескольких сотен метров мощности (n·100 м). Распространены обычно до глубины не более 30 м.

Для прибрежных песков характерна мелководная органика: пластинчатожаберные моллюски, морские ежи, черви, ракообразные. Организмы отличаются массивной толстостворчатой раковиной, часто с шипами и наростами.

Пески глубинные отлагаются обычно на глубинах 50–60, иногда на 150–200, редко на 600–700 м. Мощности их незначительные. Это в основном мелкозернистые правильно и параллельно слоистые, богатые органикой (прикрепляющиеся и зарывающиеся организмы с тонкостенными раковинами) отложения.

Фация илов и глин - окончательная стадия раздробления (истирания) обломочного материала. Породы этой фации отлагаются в слабоподвижной воде или на больших глубинах. По месту накопления выделяют прибрежные и глубинные глины.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Прибрежные глины образуются на небольшой глубине в пределах единиц или десятков метров (n·м до n·10 м) в обособленных заливах и распространены довольно ограниченно. Здесь много мелководных организмов всевозможных видов с массивной раковиной: червей, пелеципод, гастропод, ракообразных, донных фораминифер. Ископаемые глины имеют углистый характер до битуминозных.

Глубинные глины отлагаются на 20 или 40, иногда 200 м, т. е. до зоны абиссальных глубин. Мощности их достигают нескольких сотен метров до маломощных (абиссальных). Органика их бедна. Здесь отмечаются трупоядные, илоядные и хищники. Раковины животных тонкостенные с очень нежной скульптурой. Часто совсем лишены органики (батиальные и абиссальные глины). Глубинные илы маломощны.

Фации лагун совершенно лишены галечников и конгломератов, бедны органикой. Это в основном соленосные, гипсовые песчанисто-глинистые отложения.

Фации речных устий (дельт и эстуарий) представлены в основном песками и глинами. Их залегание часто линзовидное, пески слоисты с косой слоистостью различных типов в одном разрезе. Мощности отложений довольно большие для дельт (от нескольких сотен метров до нескольких километров) и очень маленькие для эстуарий. Органические остатки очень скудны. Это в основном остатки наземных животных и растений, принесенных с суши.

Речные фации (аллювий). В равнинных реках преобладающей фацией является фация песков. Фации конгломератов или галечников и глин в отложениях рек имеют подчиненное значение и залегают, как правило, в виде линз. Пески имеют неправильную косую слоистость. Мощности отложений незначительны. Органики мало — это в основном наземные виды организмов.

Озерные (лимнические) фации. Галечников и конгломератов в лимнических фациях почти нет. Песчаная фация развито мало, а иногда и совсем отсутствует, причем пески чрезвычайно быстро изменяются по латерали от среднезернистых разновидностей вблизи берега до мелко-тонкозернистых — вдали от берега. Наиболее широко представлена фация глин, выполняющая всю центральную часть озерной котловины.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Специфический характер имеют отложения приледниковых озер. Они отличаются правильной сезонной слоистостью и носят название ленточных глин. Мощности их, как правило, невелики.

К разновидности лимнических фаций относятся **болотные фации**. Их осадки представлены исключительно глиной с пресноводной фауной и громадным количеством растительных остатков. Имеют замкнутые контуры, быстро выклиниваются по площади. Мощности, как правило, невелики.

Пустынные фации. Преимущественным распространением пользуются фации песков (эоловые пески) и фации камней. Фация глин встречается исключительно редко. Фации пустынь, имея малые мощности, занимают огромные площади. Для них характерна яркая, пестрая окраска, пустынный загар. Органические остатки встречаются очень редко. Обычно это скопления костей наземных животных. Характерны для аридных областей Земли и умеренно аридных условий (степи, саванны, пустыни).

2. Органогенные фации

Органогенные фации возникают как в результате жизнедеятельности различных организмов, так и в результате накопления их остатков. Выделяют три основные группы: карбонатные, кремнистые и каустобиолитовые.

К карбонатным органогенным фациям относятся известняки, образованные либо из скоплений известковых частей различных животных, либо в результате жизнедеятельности организмов, либо под влиянием химических реакций, сопровождающих разложение органического вещества. Первый случай наиболее широко распространен. Сюда относят фораминиферовые, губковые, археоциатовые, коралловые, мшанковые, брахиоподовые, водорослевые известняки, мел, и т. д. По ним можно определять глубину бассейна осадконакопления, т. к. известно, что мел образуется в мелководье, нуммулитовые, известняки — на глубинах до 50 м; мшанковые известняки - от 90 до 200 м; брахиоподовые, пелициподовые и гастроподовые - от нескольких метров до нескольких километров; водорослевые - 100–110 м. Причем ракушки с толстыми раковинами характерны для мелководья, а с тонкими стенками - для глубоководья.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Коралловые известняки - рифостроители - характеризуют условия сильных течений в зоне прибоя теплых морей, с температурой воды не ниже 20°С, нормальной солености и к тому же прозрачной. Из-за того, что кораллы не переносят мутной воды, их нет вблизи устий рек. Мшанковые известняки характеризуют нормальную соленость моря умеренных широт.

Известняки, образованные из остатков цистоидей, морских ежей и морских лилий, и криноидные известняки характеризуют морские бассейны с нормальной соленостью с глубинами средней части шельфа.

Кремнистые органогенные фации сложены остатками кремнистых скелетов радиолярий, губок (спикулы губок - спонгалит), диатомеями (пласты трепелов и диатомитов). Причем диатомиты образуются в холодноватом бассейне.

Каустобиолитовые фации это горючие породы растительного и животного происхождения: каменные угли, торф, бурый уголь, горючие сланцы и нефть. Для углей известно два процесса угленакопления: паралический и лимнический. Для первого характерно чередование прослоев угля и песчано-глинистых пород с прослоями известняков, содержащих морскую фауну. Их образование происходит на низменных болотистых морских побережьях, которые часто затопляются морем при колебаниях земной коры. Лимнические угли образуются в озерах и болотах вдали от моря. Эти фации характерны для областей гумидного климата.

3. Химические или хемогенные фации

Железорудно-марганцевые фации, бокситы

Наиболее древние железорудные фации известны из докембрия. Это так называемые джеспилиты. Объем их огромен и значительно превышает запасы железа, образовавшиеся во всю последующую историю Земли. Эти фации указывают на развитие кор выветривания и зоны циркуляции подземных вод, а также озерно-болотные и морские условия. Железорудные фации кор выветривания (латеритные) приурочены к древнему пенеплену, едва возвышающемся над уровнем моря. Из этого следует, что нахождение латеритных кор выветривания на больших высотах должно указывать на поднятие территории.

Фосфоритные фации образуются в морской воде в области материкового шельфа при обстановке донных течений. Источником

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

фосфора является его привнос речными водами с континента и в результате разложения отмерших морских животных и растений. Фосфор (P_2O_5) на глубинах 500–1500 м. находится в растворенном состоянии и, когда эти глубинные холодные воды, насыщенные фосфором (до 300–600 мг/м^3) приносятся глубоководными течениями в область материкового шельфа, где значительно меньше гидростатическое давление и более высокая температура, происходит его выпадение в осадок. Обычно это происходит на глубинах 50 до 150–200 м., т. е. исключительно в средней и нижней частях шельфа.

Фосфоритовые осадки (фации) всегда приурочены к шельфу открытых морей. Они отсутствуют в замкнутых бассейнах и засоленных усыхающих лагунах и среди глубоководных фаций.

Соленосные фации. Гипс, соль отмечаются в бассейнах с повышенной концентрацией солей — горько-соленых лагунах в областях жаркого, засушливого климата. В постепенно высыхающих озерах и отчленившихся от основного моря лагунах в условиях аридного климата наблюдается следующая последовательность отложений (снизу вверх): 1. Карбонатные (известковые) илы. 2. Доломиты и известняки с эвригалинной фауной. 3. Мирабилит (при солености 150–160‰ наблюдаются безжизненные осадки). 4. Каменная соль (при солености 200–250‰). 5. Слой песчаника (высохший водоем засыпается эоловым песком).

Карбонатные хемогенные фации. Морская вода сильно насыщена углекислым кальцием, особенно в теплых морях, и достаточно резкого изменения температуры или количества углекислоты растворенной в воде, чтобы началось осаждение извести. Созданные таким путем известняки могут иметь значительные мощности. Среди хемогенных известняков нередки оолитовые. На суше карбонатные отложения образуются из вод карбонатных источников в виде туфа - **травертина**.

Исходные материалы: учебные геологические карты, ***приложение 4.***

Проанализируйте породы, описанные на стратиграфической колонке учебной геологической карты своего варианта выделите фации и охарактеризуйте обстановки осадконакопления, существовавшие во время накопления пород, показанных на карте.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

13.2. АНАЛИЗ ФАЦИЙ И МОЩНОСТЕЙ

Прослеживая последовательный ход фациальных изменений в разрезе, можно получить представление о ходе колебательных движений бассейна осадконакопления. Так, если трансгрессивные серии образуются в процессе опускания области седиментации, то регрессивные серии связаны с ее поднятием. Изменение фациальных условий по разрезу наглядно изображается при построении палеогеографической кривой. Для ее построения в системе координат по абсциссе откладывают геологическое время (периоды, эпохи, века). Продолжительность геохронологических единиц принимается либо условно одинаковой, либо показывается в миллионах лет (рис. 13.1).

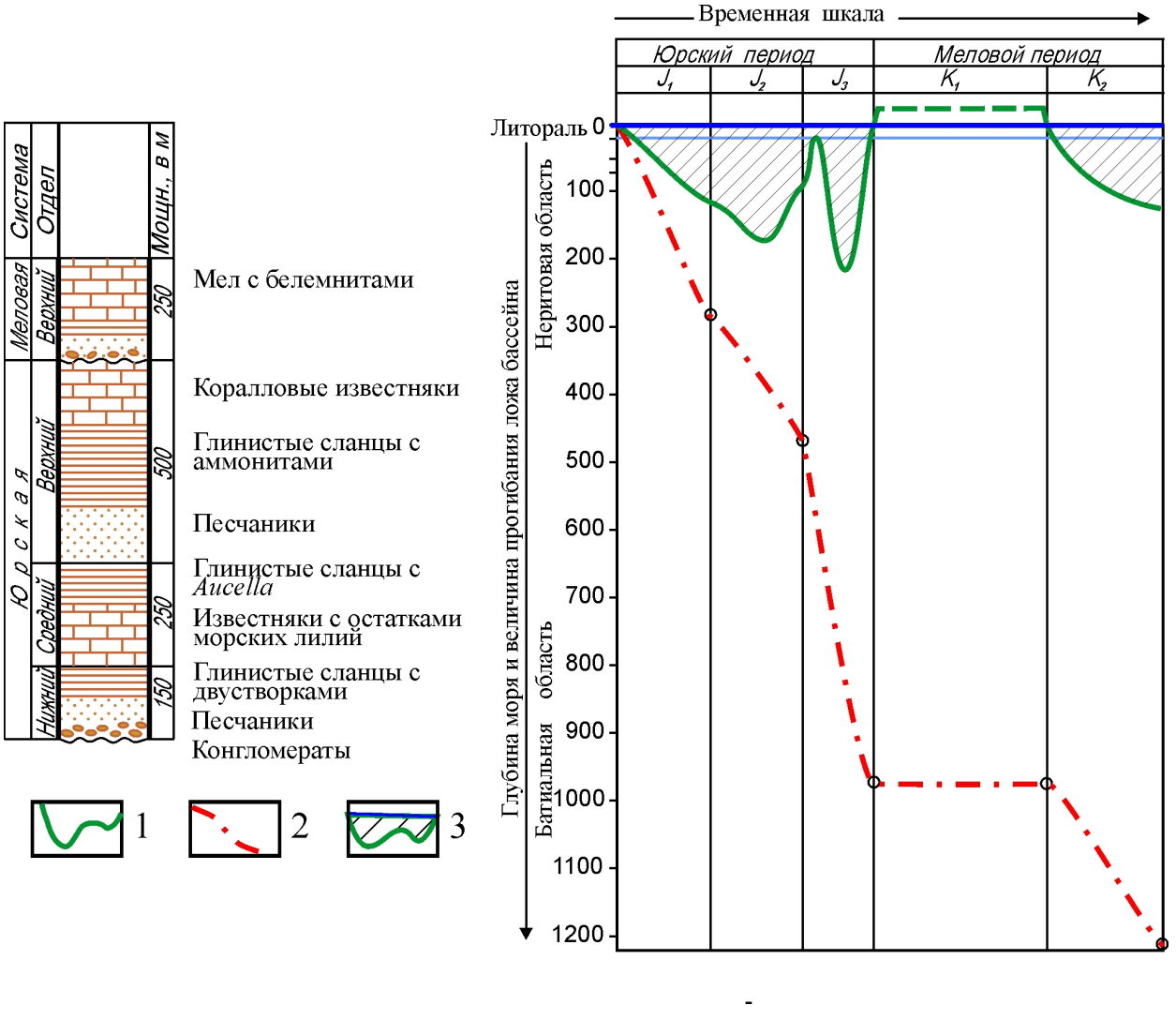


Рис. 13.1. Схема реконструкции колебательных движений по стратиграфической колонке: 1 – палеогеографическая кривая, 2 – эпейрогеническая кривая, 3 – величина прогибания, соответствующая глубине бассейна (по С.Н.Коваленко, http://kafgeo.igpu.ru/web-text-books/geology/r4-3.htm).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

По ординате показывают основные интервалы глубин осадконакопления в метрах, т. е. один из наиболее показательных фациальных признаков осадка. Например, ориентировочно можно принять глубину 10 - 15 м соответствующей зоне литорали, от 15 до 60 м - зоне сублиторальных песков и алевролитов, глубины от 60 до 120 м - зоне терригенных илов, глубины более 120 м - зоне мергелей и известняков. Для эпиконтинентальных бассейнов эти значения глубин можно ограничить зоной шельфа (200 - 400 м), для океанических областей следует показывать зону батиали (2000 - 3000 м) и абиссали (более 3000 м). Глубины отмечают относительно уровня моря, положение которого принимается условно постоянным.

Отметив на графике положение каждой конкретной фации разреза относительное ее возраста и глубины отложения, соединяют затем их плавной кривой, которая и покажет последовательную смену обстановок осадконакопления и колебательных движений земной коры. Несогласия и перерывы в осадконакоплении показывают положением кривой выше уровня моря. Выше уровня моря показывают развитие континентальных отложений.

По анализу континентальных фаций можно сделать вывод о характере рельефа континента и степени его расчлененности. Детальные фациальные исследования по размерности обломков, степени их механической обработки, удаленности от областей размыва (сноса) позволяет определять высоты древних горных сооружений. Все эти данные также могут быть учтены при построении палеогеографических кривых.

Более точным показателем тектонических движений являются мощности осадков, которые позволяют не только выявить характер колебательных движений, но и дать им количественную оценку, установить по скорости осадконакопления темп и скорость колебательных движений. Следовательно, метод анализа мощностей отложений является более точным.

Кривые, построенные с учетом мощностей осадков, называют ***эпейрогеническими кривыми*** или, точнее кривыми изменения скорости осадконакопления. Эпейрогенические кривые обычно строят в сочетании с палеогеографическими кривыми (рис. 13.2). При построении эпейрогенических кривых на оси ординат от положения палеогеографической кривой откладывают мощности осадков для каждого возрастного периода с последовательным наращиванием суммарной мощности осадков. Для тех отрезков геологического

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

времени, для которых нет осадков, кривая прерывается горизонтальным пунктиром (приращение мощности отсутствовало). Палеогеографические и эпейрогенические кривые рекомендуется строить в одном масштабе и совмещать их на одном графике.

Истинная амплитуда погружения поверхности осадконакопления для каждого из членов стратиграфического разреза складывается из глубины бассейна во время его отложения и мощности осадков. Суммируя данные глубины бассейна и мощности осадков, получаем кривую прогибания ложа бассейна. Анализируя палеогеографическую и эпейрогеническую кривые, можно сделать вывод относительно того, насколько прогибание дна водоема компенсировалось осадконакоплением. Например, при интенсивном осадконакоплении (большие мощности осадков) палеогеографическая кривая остается в зоне мелководья, можно говорить о компенсированном интенсивном прогибании. В этом случае кривые на графике будут расходиться друг от друга. Если же на графике наблюдается сближение кривых, - при значительном увеличении глубины бассейна мощности осадков невелики - прогибание не компенсировалось осадконакоплением (рис. 13.2).

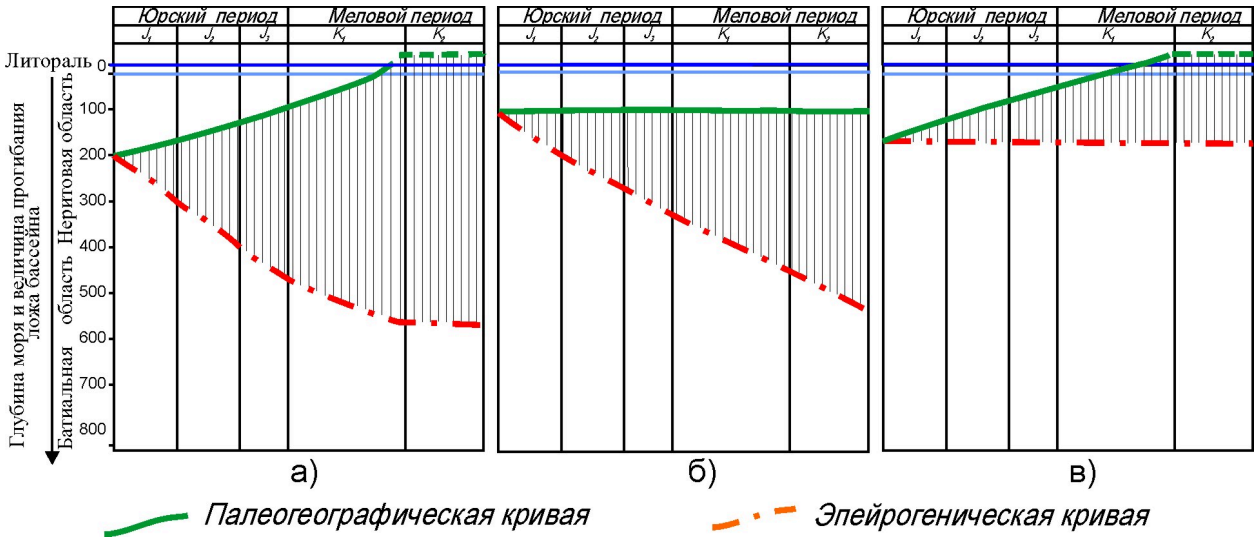


Рис. 13.2. Соотношения процесса осадконакопления и прогибания дна бассейна: а) - мощность осадков больше величины прогибания; б) - мощность осадков равна величине прогибания; в) - накопление осадков при стационарном положении дна бассейна (по С.Н.Коваленко, http://kafgeo.igpu.ru/web-text-books/geology/r4-3.htm).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Для более тщательного анализа палеотектонических движений на какой-то определенной территории можно построить карты равных мощностей одновозрастных отложений (карты изопахит), по которым легко выявить области поднятий и прогибаний, а с учетом карты фаций определить компенсированные и некомпенсированные прогибы. Для суждения о ходе тектонических движений на больших площадях можно воспользоваться методом А.П. Карпинского - методом сравнения палеогеографических карт смежных эпох или веков. Изменение положения береговых линий, увеличение или уменьшение площади, занятой морем, укажет на преобладание знака колебательных движений (поднятий или опусканий), определятся области дифференцированных движений.

Исходные материалы: учебные геологические карты ***(приложение 4).***

Проанализируйте фации и мощности стратиграфических подразделений, показанных на стратиграфической колонке учебной геологической карты, постройте палеогеографическую и эпейрогеническую кривые и опишите их.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

13.3. АНАЛИЗ ФОРМАЦИЙ, ПЕРЕРЫВОВ И НЕСОГЛАСИЙ

Формация — термин, введенный в геологию в XVIII в., является понятием историко-генетического, литолого-петрографического и тектонического профиля. Важными чертами большинства формаций являются, во-первых, приуроченность к определенным стадиям тектонического развития и. во-вторых, приуроченность к определенным тектоническим элементам — к платформам и подвижным поясам или характерным их частям. Это закономерное и устойчивое сочетание (парагенез) определенных генетических типов горных пород, связанных общностью (близостью) условий образования и возникающих на определенных стадиях развития основных структурных элементов земной коры (формации аллювиальных равнин, морская формация бассейнов эпиконтинентального типа, формация платформ, формации активных или пассивных окраин материков и т. п.).

Изучение и картирование перерывов и несогласий, выделение и изучение формаций, являются неотъемлемыми составными частями всего комплекса методов изучения тектонических движений земной коры вместе с палеогеографическим и фациальным анализом и сопоставлением мощностей. Примененные совокупно, они дают в руки геологу могучее оружие анализа тектонических движений прошлого.

Н.С. Шатский (1945) называет формациями «такие естественно выделяемые комплексы пород, отдельные члены (слои, толщи, фации и т. д.) которых тесно, парагенетически, связаны друг с другом как в вертикальном, возрастном отношении, так и в горизонтальном, пространственном отношении... формации не случайно распределяются по площади земного шара, а теснейшим образом связаны с различными структурами земной коры. Общепринятыми являются формации платформенные и формации подвижных складчатых областей. При этом следует подчеркнуть, что таким образом тектонические структуры связаны не только с осадочными образованиями, но с магматическими».

Границы формаций часто не совпадают с подразделениями стратиграфической шкалы и поэтому формации не могут картироваться как стратиграфические единицы. Это важное обстоятельство должно учитываться и при структурно-тектонических построениях.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В условиях платформы Н.С. Шатский предложил выделять две большие группы формаций - автохтонные и аллохтонные. Автохтонные формации платформ не содержат обломочного материала, принесенного непосредственно с соседних складчатых сооружений. Они составлены осадками хемогенного или органогенного происхождения и обломочными образованиями, возникшими в результате разрушения и перемывания пород самой платформы, выдвинутых в то или иное время выше уровня моря -- пески, преимущественно кварцевые, глины и т. п. Аллохтонные формации платформ произошли в результате разрушения соседних горных сооружений. Кроме того, на платформах развита трапповая формация.

Для палеозойских отложений Русской платформы намечается следующий естественный ряд формаций (снизу вверх): автохтонная терригенная формация, часто глауконитовая, карбонатная известняковая формация, карбонатно-ангидритовая и галогенная формация; аллохтонные формации, пестроцветные или красноцветные.

В подвижных областях прошлого, на примере Центрального Казахстана и Средней Азии, выделяются формации: спилито-кератофировая, яшмовая, граувакковая и, в других случаях, в определенной мере соответствующая ей аспидная формация, биогенная, преимущественно рифовых известняков, доломитовая, наземно-вулканическая, красноцветных лагунно-континентальных отложений, органогенно-обломочных известняков, угленосная и молассовая.

Большинство исследователей признают периодичное проявление повсеместных, захватывавших огромные площади земной поверхности, наиболее значительных тектонических процессов. Например, академик Н.М. Страхов выделяет, четыре типа древних карбонатных формаций и четыре типа отвечающих им карбонатнообразующих ландшафтов: известково-доломитовую формацию платформенного образования; формацию писчего мела платформенного образования; карбонатные формации предгорных прогибов; карбонатные формации подвижных зон.

Выделенные формации связываются с тектоническими движениями земной коры и имеют определенное место в истории развития последних. Эпохи накопления карбонатных формаций отвечают максимальному развитию трансгрессий моря на континенты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

и последующему длительно стабильному существованию бассейнов в достигнутых максимальных границах. Эпохи регрессий, напротив, характеризуются минимальным развитием известняковых образований.

Следовательно, формации - это крупные совокупности родственных фаций, сформировавшихся в сходных условиях. Кроме осадочных выделяют также магматические и метаморфические формации. Главный критерий выделения осадочных формаций - тектонический режим эпохи их образования. По этому критерию выделяются формации складчатых поясов, платформенные и переходные формации.

Формации складчатых поясов: аспидная (глинистые и алевролитовые толщи, почти без песчаников); спилито-кератофировая (ассоциация основных и кислых вулканитов); яшмовая (яшмы различной окраски, песчаники, вулканиты); офиолитовая (основные и другие лавы); флишевая (обломочные и карбонатные породы с ритмичным строением); известняковая (известняки, доломиты, мергели, реже — глинистые сланцы и алевролиты); андезитовая (с преобладанием андезитов и андезибазальтов); нижняя молассовая (глинистые породы, песчаники, мергели с подчиненными конгломератами); верхняя молассовая (конгломераты, песчаники, глинистые породы, мергели) и многие другие. Формации платформ: кварцево-песчаная, каолинитово-песчаная, меловая, опоковая, угленосно-бокситово-железистая, различные галогенные формации и многие другие. Формации переходные: красноцветные (красноцветные песчаники, алевролиты, глинистые породы); галогенные; угленосные и другие.

При непрерывном осадконакоплении формируется серия согласно залегающих горных слоев, которые имеют между собою постепенные переходы. Если же во время формирования осадка или, после образования слоев горных пород, они поднимаются выше уровня моря, то они начинают разрушаться процессами денудации, что фиксируется в виде отклонений в последовательностях отложений. Например, при изучении стратиграфического разреза было установлено, что вначале происходило накопление осадочного материала в прибрежной зоне, а затем резко сменилось вверх по разрезу глубоководными отложениями. Такие контактовые поверхности несоответствия отложений или контакты резких переходов называют несогласиями. При геохронологических

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

исследованиях они фиксируются по выпадению слоев определенного возраста.

Виды стратиграфических несогласий охарактеризованы в главе Несогласия ***(2.2.2. виды несогласий).***

Параллельное несогласие характеризуется параллельным залеганием слоев над поверхностью перерыва и под ней. Может проявляться на огромной территории (на всей платформе или даже на нескольких платформах). Признаками таких несогласий могут являться следы размыва, базальные конгломераты, следы древнего карста, древние коры выветривания и погребенные почвы, выпадение из разреза стратиграфических единиц любого ранга (системы, отдела, яруса и т. п.), что позволяет судить о длительности перерыва, или глубине размыва.

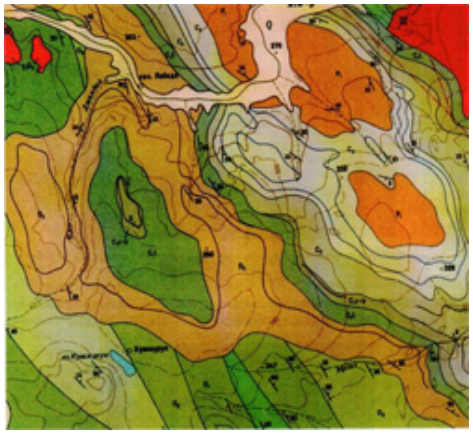
Географическое несогласие распознается лишь на мелкомасштабных геологических картах, охватывающих большие территории. При этом подошва молодых отложений последовательно перекрывает, как бы срезает, границы горизонтов и слоев древних отложений. Древние отложения могут быть сильнее метаморфизованы, чем молодые. Обусловлено это несогласие непараллельностью контуров древних и молодых морей.

При **угловом несогласии** в наклоне выше и ниже лежащих горизонтов устанавливается заметная разница. На стратиграфических колонках несогласия показываются волнистой линией, символически обозначающих неровную поверхность рельефа. Угловые несогласия, по современным инструкциям показывают на стратиграфических колонках зигзагообразной линией.

Исходные материалы: учебные геологические карты ***(приложение 4).***

Проанализируйте формации, перерывы в осадконакоплении и несогласия, показанные на учебной геологической карте, и охарактеризуйте тектонические обстановки, существовавшие во время накопления пород, показанных на карте.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Наблюдая земную поверхность, можно глубоко в недра ее проникнуть, то есть по наружности о внутренности дознаться.

М.В. Ломоносов. О слоях Земных

ГЛАВА14. АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Геологическая карта – важнейший источник знаний. Карта это систематический каталог информации. В закодированном виде в ней зафиксированы многочисленные и разнообразные сведения, сочетания которых порождает новую информацию в целом о взаимоотношениях геологических объектов территории. Как уже говорили, карта – это графическая модель. И, наконец, карта – это текст, изложенный на языке картографии. Умение читать графический текст, переводить информацию, «считанную», с карты на геологический словесный язык – важнейшее умение геолога. Для выработки этого умения служат задания по описанию геологической карты.

14.1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КАРТЫ

Исходными данными служат учебные геологические карты (***приложение 4***).

Объем описания не должен превышать 5 страниц. Текст должен быть написан разборчивым почерком или напечатан на одной стороне писчей бумаги формата А4.

Описание следует делать по следующей форме.

Заголовок: Описание геологической карты № ___, ____ года. Составил (а) студент(ка) гр. ___ Фамилия, имя, группа.

1. **Рельеф** характеризуется высотой водоразделов и его расчлененностью в любых сочетаниях (таблица 14.1).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 14.1. **Характеристики рельефа**

	Высокогорный (высоты водоразделов выше 2000 м)	**Среднегорный (высоты водоразделов 2000 –- 1000 м)**	**Низкогорный (высоты водоразделов 1000 – 500 м),**	**Равнинный – (высоты водоразделов менее – 500 м).**
Плоский (превышения менее 100 м)	Плоский высокогорный	Плоский среднегорный	Плоский низкогорный	Плоский равнинный
Расчлененный (превышения более 100 м)	Расчлененный высокогорный	Расчлененныйс реднегорный	Расчлененны й низкогорный	Расчлененный равнинный

Расчлененность рельефа определяется как разница высотных отметок между водоразделом и смежным тальвегом. Если на карте изображена территория с разными типами рельефа, следует указать это дополнительно. Можно проиллюстрировать расположение типов рельефа схемой.

Объем – 1-2 строчки.

Например: Рельеф по всей территории плоский, высокогорный

2. **Стратиграфия.** Последовательно от древних к молодым породам указать стратиграфические подразделения распространенных на территории карты отложений (эратемы, входящие в них системы, отделы, ярусы, свиты – какие есть на карте), несогласия и их виды, магматические породы – состав, возраст и форма. Литологический состав пород не перечислять. Указать интрузивные горные породы, если они присутствуют на описываемой территории. Объем 3-5 строчек.

3. **Тектоника** – указать число структурных этажей, или (и) структурно-тектонических зон, назвать их и перечислить, какими стратиграфическими подразделениями они сложены.

Структурный этаж, это комплекс горных пород различного состава и стратиграфического объёма, связанный между собой единством структурного плана и тектонических деформаций, а также однотипностью проявлений магматизма и степени метаморфизма горных пород. Каждый структурный этаж отражает определённый этап тектонической эволюции той или иной территории (структурной зоны). Как правило, этажи разделяются угловыми несогласиями. Примеры крупных структурных этажей: складчатый фундамент и осадочный чехол платформ, собственно геосинклинальные структурные этаж и орогенный структурный этаж складчатых систем (рис. 14.1).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Структурно-формационная зона - зона, отличающаяся от соседних зон специфическими чертами осадконакопления, строения, магматизма, обусловленными специфическими для данной зоны в течение времени ее формирования тектоническим режимом.

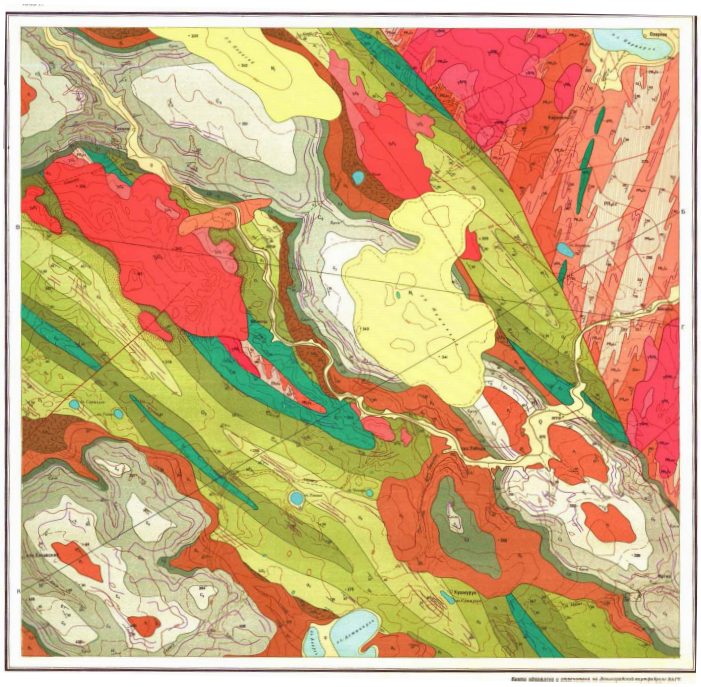


Рис. 14.1. На территории карты закартированы четыре структурных этажа (докембрий, кембрий-силур, девон-пермь, неоген)

Структурно-формационные зоны обычно ограничены крупными разломами. Как правило, каждая структурно-формационная зона сопровождается своей стратиграфической колонкой (рис.14.2).



Рис. 14.2. На территории карты изображены четыре структурно-формационных зоны

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Назвать и охарактеризовать распространенные на территории карты элементарные структуры и разрывы. Указать возраст складок и разрывов. Напоминаем, что складка, или разрыв моложе самых молодых пород в ней участвующих и древнее самых древних ими перекрываемых (рис.14.3).

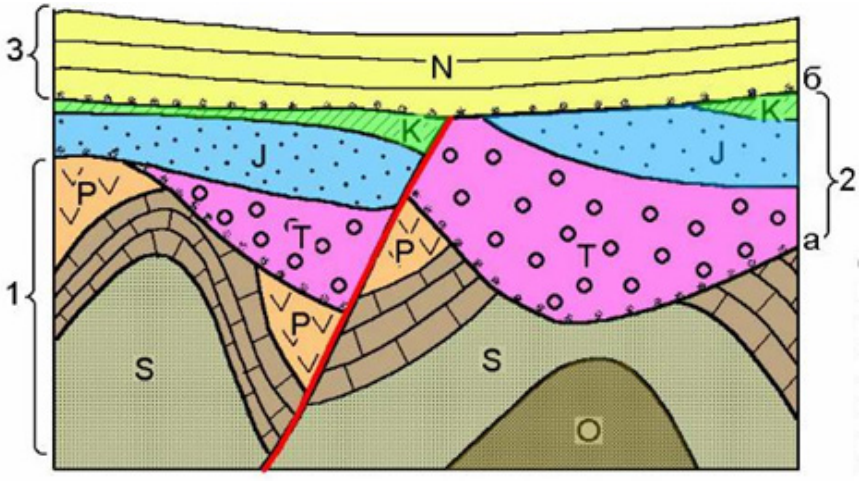


Рис. 14.3. Возраст постседиментационных складок и разрывов 1 – послепермский – дотриасовый, 2 – послемеловой – донеогеновый; разлом – послемеловой – донеогеновый

Объем – 5-10 строчек.

4. **История геологического развития**. Кратко от древних времен до настоящего описать историю формирования района, основываясь на мощности, составе и других особенностях пород, распространенных на территории карты (табл. 14.2), возрастах несогласий и структур, возраста и характера магматизма. Подробно признаки условий осадконакопления и тектонических режимов были рассмотрены в главе 13.

Мощность накопленных за тот или иной период времени отложений приблизительно соответствует величине прогибания земной поверхности за этот же период. Подробнее особенности осадконакопления рассматриваются в курсе исторической геологии.

Объем 1 - 2 страницы.

5. **Полезные ископаемые**. Перечислите обозначенные на карте полезные ископаемые (по данным стратиграфической колонки и условных знаков). Оцените, благоприятна ли эта территория для формирования в ее недрах месторождений нефти и газа, и если нет – то почему, если да – то почему и на каких участках, в каких породах и на каких глубинах следует искать нефть и газ?

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 14.2. **Индикаторы условий осадконакопления**

Абиссальных глубин	Преобладают тонкозернистые осадки - красные глины и кремнистые сланцы. Базальтовые лавы. Характерно отсутствие известняков (глубже 4000 м).
Континенталь-ного склона (батиаль)	**Глубоководная (700 – 3000 м):** глинистые, кремнистые, известковые породы. Слоистость отсутствует. Органические остатки - редкие радиолярии и фораминиферы
	Умеренно-глубоководная (200-700 м). Породы - среди обломочных преобладают глинистые и реже встречаются алевролиты и песчаники. Кремнистые и карбонатные породы, пластовые фосфориты. Слоистость - тонкая, горизонтальная. Органические остатки - редкие радиолярии и фораминиферы.
Шельфа (сублитораль)	**Глубокий (100-200 м).** Породы - обломочные (песчаник, алевролит, аргиллит), органогенные (коралловые рифы), кремнистые отложения, вулканогенно-осадочные- лавы, туфы и туфопесчаники. Фосфоритовые и железо - марганцевые конкреции и глауконит. Слоистость – горизонтальная. Органические остатки - разнообразные и обильные, растительность отсутствует
	Мелкий (70-100) – аналогичны прибрежной
Прибрежная литораль (зона приливов и отливов)	Породы - конгломераты, гравелиты, песчаники, ракушечники. Слоистость - пологоволнистая, перекрестная. Органические остатки – обильные - толстостенные раковины и их обломки. Особые признаки- знаки ряби, ходы илоедов, трещины усыхания
Континентальная, (лагун, лиманов, болот)	Песчаники различной степени сортированности и с разнонаправленной косой слоистостью, алевролиты и глины с примесью и прослоями песчанистого материала. Известняки оолитовые, гравелиты и конгломераты. Уголь, соль, гипсы. Часто красноцветные, бурые, пестроцветные.

Для закрепления материала перейдите по ***ссылке,*** постройте геологический разрез фрагмента условной карты и кратко опишите геологическое строение территории на основе имеющихся данных.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

14.2. АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

14.2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Геологическое картирование это основной способ изучения геологии для поиска новых месторождений полезных ископаемых, в том числе нефти и газа. Для правильной оценки всех предпосылок нахождения нефти и газа необходимо изучать геологию местности комплексно. Во многих странах с середины прошлого столетия началось составление кондиционных государственных карт. В нашей стране была закончена работа над геологической картой масштаба 1:1 000 000 и картой масштаба 1:200 000. Одновременно был осуществлен большой вклад в подготовку геологических карт масштаба 1:50000 – наиболее важных в промышленном освоении районов страны. Но вся эта работа поколений армии геологов окажется бессмысленной, если современные геологи не научатся пользоваться ее результатами – анализировать имеющиеся карты и делать по ним геологический прогноз.

Цели работы:

- обучение комплексному анализу геологической карты, построению по ней производных карт и схем, профильных геологических разрезов;
- знакомство с принципами прогнозирования площадей, перспективных для поисков полезных ископаемых и проектированию поисковых работ.

Уметь читать и анализировать геологическую карту – это значит уметь охарактеризовать последовательность и характер напластования стратиграфических комплексов; тектоническое строение и структурные формы района, обобщать картографические данные и реконструировать историю геологического развития района, прогнозировать наличие в недрах изучаемого района полезных ископаемых, в том числе нефти и газа, и проектировать работы по их поиску.

Чтение геологической карты требует знаний не только по курсу структурной геологии и геологического картирования, но и по другим, поэтому необходимые сведения, по не изучавшимся ранее курсам приводятся по мере необходимости в следующих разделах.

Описание ведется по главам: введение, орогидрография, стратиграфия, тектоника, геоморфология, история геологического развития, полезные ископаемые и перспективы нефтегазоносности, проект поисковых работ, заключение.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Первые главы – орогидрография, стратиграфия, тектоника, геоморфология – описательные – в них излагается фактический материал. Учебная цель этих глав – научиться правилам и стандартам описания. Глава «история геологического развития» – аналитическая. В ней приводится модель исторического развития территории на основании данных, проанализированных в предшествующих главах. Глава «Полезные ископаемые и перспективы нефтегазоносности» - прогнозная. В ней необходимо на основании поисковых предпосылок определить возможность нахождения полезных ископаемых, в том числе нефти и газа, в недрах площади карты, или обосновать невозможность их нахождения. Эта глава самая творческая и самая ответственная, так как если планировать поиски месторождений полезных ископаемых в бесперспективных районах – напрасно тратятся время, деньги и усилия, но если ошибочно отнести район к бесперспективному, потери будут еще значительнее. В заключении обобщаются все результаты.

Исходными данными для выполнения работы являются средне и крупномасштабные (от 1:25 000 до 1:200 000) учебные геологические карты (***приложение 4***).

Задание рассчитано примерно на 15 часов работы студента во внеаудиторное время при систематическом контроле и консультациях со стороны преподавателя. Построение геологического разреза к описываемой карте и других графических приложений может занять еще 5 часов.

Требования к оформлению описания

Описание карты должно начинаться с титульного листа, выполненного по установленной форме. В начале описания помещают **оглавление**, в котором указываются названия глав и страницы. Объяснительная записка включает следующие разделы: введение, орогидрография, стратиграфия, тектоника, геоморфология (на усмотрение научного руководителя), история геологического развития, полезные ископаемые и перспективы нефтегазоносности, проект поисковых работ, заключение. В конце записки приводится список использованной литературы и список графических приложений.

Все главы описания должны быть взаимно увязаны и согласованы с графическими приложениями. Рекомендуемые объемы глав указаны ориентировочно и могут быть иными.

Все **иллюстрации** в тексте именуются рисунками и обозначаются словом «рисунок» и порядковым номером. Их

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

помещают максимально приближенными к ссылке на них в тексте и располагают так, чтобы их можно было рассматривать без поворота страницы или с поворотом по часовой стрелке. **Картографические схемы** сопровождаются заголовком, масштабом и условными обозначениями. Рисунки, выполненные на отдельных страницах, сшиваются с текстом работы и включаются в общую нумерацию страниц. При превышении размера страницы, их складывают, и нумеруют как одну. Иллюстрации можно делать как в цветном, так и в черно-белом виде. Их можно выполнять как от руки, так и на компьютере.

Список литературы размещается в конце объяснительной записки. Он составляется в алфавитном порядке по фамилиям авторов или по начальной букве названия источника (если авторов более трех). Указывают фамилии и инициалы автора (авторов), название работы, издательство и год издания. В качестве примера оформления списка литературы можно воспользоваться списком литературы данной работы. Сокращение слов не допускается, кроме общепринятых сокращений.

Обязательные графические приложения (рисунки):

1. Орогидрографическая схема.
2. Тектоническая схема.
3. Геологический разрез.
4. Палеогеографическая кривая.
5. Схема полезных ископаемых.
6. Схема проектируемых работ.

Схемы, если их нагрузка мала, можно делать совмещенными.

Дополнительные графические приложения и рисунки (по согласованию с преподавателем или по заданию преподавателя):

1. Палеогеологические разрезы.
2. Схемы структурных зон по отдельным структурным этажам.
3. Палеогеологические схемы и схемы со снятыми молодыми отложениями.
4. Выкопировки из карты и стратиграфической колонки.

Графические приложения составляются в масштабе карты, оформляются в соответствии с правилами оформления геологических чертежей и помещаются в конце работы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

14.2.2. ПОДГОТОВКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГЛАВ ОБЪЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

1. ВВЕДЕНИЕ

Формулируются цели работы.

Указываются документы, на основании которых составляется описание. В данном случае, это геологическая карта со справочными данными и дополнительными сведениями, приведенными в ней (стратиграфическая колонка, условные знаки и т.д.) и составленные автором графические приложения. Указывается номер карты, номенклатура (если есть), масштаб, площадь карты в кв. км, фамилии авторов и год издания карты. Делается вывод об изученности территории (чем крупнее масштаб, тем лучше исследован район), климат (если это возможно).

Описывается методика выполнения работы: изучение условий залегания и распространения пород по геологической карте, последовательности напластования пород по стратиграфической колонке, построение геологического разреза, составление вспомогательных производных схем (орогидрографической, тектонической, полезных ископаемых и т.д.). Объем главы 0,5 - 2 страницы.

2. ОРОГИДРОГРАФИЯ

Глава готовится на основании анализа топографической основы геологической карты - сведений о рельефе, населенных пунктах, дорогах, гидрографической сети. Задача главы - дать представление читателям и будущим исследователям об условиях работы в данном районе - расчлененности, проходимости, условиях водоснабжения, транспорте, населенных пунктах.

Глава начинается с общей характеристики рельефа;

- высокогорный - абсолютные отметки водоразделов выше 2000 м;
- среднегорный – 2000 - 1000 м;
- низкогорный - 1000 - 500 м;
- равнинный - ниже 500 м.

Кроме того, рельеф характеризуется с точки зрения его расчлененности. Простейший случай – рельеф может быть плоским

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

(относительные превышения менее 100 м) или расчлененным (относительные превышения более 100 м). Расчлененность рельефа оценивается также по относительной извилистости и густоте горизонталей рельефа.

Выделяются положительные (хребты, возвышенности, холмы) и отрицательные (долины, котловины, впадины) формы рельефа (рис.14.4).

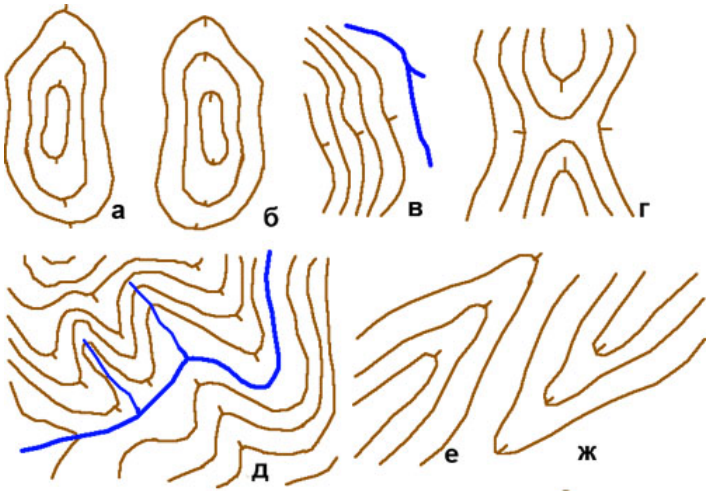


Рис. 14.4. Изображение горизонталями элементарных форм рельефа: а – холм, б – котловина, в – склон, г – седловина (перевал), д – долина, е – хребет, ж – лощина (ложбина)

Приводится описание форм рельефа (ориентировка, протяженность, площадь, абсолютные отметки и превышения). Характеризуется крутизна склонов (в градусах или в метрах превышения на километр расстояния) и степень их извилистости (качественно). Отмечается наличие обрывов, если они есть, и их размеры. Описание речной сети ведется по бассейнам, начиная с бассейна наиболее крупной реки. Выделяются главные реки. Указывается местоположение реки, ее исток, направление течения, притоки, площадь бассейна, характеризуется извилистость русла. Отмечаются все населенные пункты и связывающие их дороги. В конце главы, если это возможно, характеризуется проходимость района и рекомендуемый вид транспорта при дальнейших работах.

Если тип рельефа на отдельных площадях карты различный, следует описывать каждый участок отдельно. Описание можно начать, например, следующим образом:

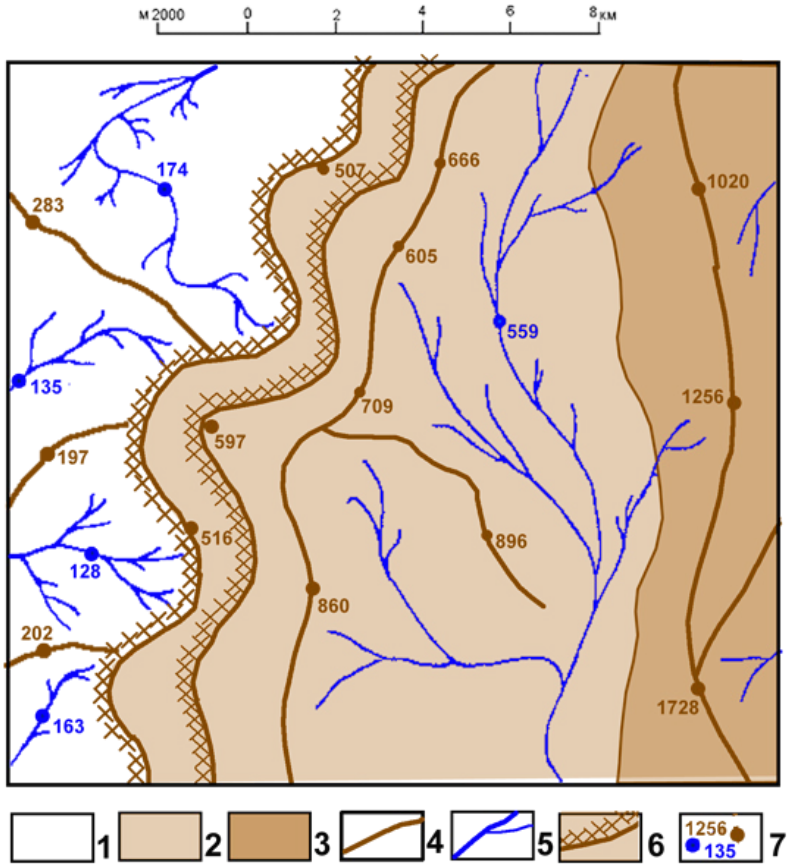
«В орогидрографическом отношении территория разделяется на три примерно равные части - восточную среднегорную, центральную низкогорную и западную - равнинную. Максимальные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

отметки расположены на юго-востоке - 1728 м, г. Белая, минимальные - на западе территории 115 м в долине р. Холодной. В высокогорной части территории выделяется горный хребет, протягивающийся в меридиональном направлении. Максимальная отметка - 1728 м, г. Белая. Длина хребта - более 20 км Относительные превышения с соседними долинами более 1000 м...». По такой схеме описывается вся территория.

Раздел иллюстрируется: орогидрографической схемой (рис. 14.5), на которой показываются реки, водоразделы, территории с различным типом рельефа, характерные высотные отметки.

ОРОГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА
Масштаб 1:200 000



Автор: Ученикова Н.Г.

Рис. 14.5. Орогидрографическая схема (пример). Условные обозначения: типы рельефа: 1 - среднегорный, 2 – низкогорный, 3 – равнинный, 4 – водоразделы рек и временных водотоков, 6 – обрывы, 7 - высотные отметки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Схему можно делать на кальке в масштабе карты или (что лучше) на тех же листах писчей бумаги в более мелком масштабе, или с помощью компьютера. Объем главы 2-3 страницы.

3. СТРАТИГРАФИЯ

Главная задача главы - описать распространение и взаимоотношения показанных на карте стратифицированных (изображенных на стратиграфической колонке) толщ и интрузивных тел. Стратифицированными называются осадочные, эффузивные магматические породы и породы регионального метаморфизма. Магматические интрузивные породы в стратиграфической колонке обычно не отражаются и описываются отдельно, после стратифицированных толщ.

Исходными данными для написания главы служат литолого-стратиграфическая колонка, дающая представление о напластовании пород в вертикальном разрезе, то есть по времени, геологическая карта и составленный студентом геологический разрез.

Описание стратиграфических комплексов ведется от древних толщ к молодым – в последовательности их образования снизу вверх по разрезу и от общего к частному. Начинают описание с выделения групп (протерозойская, палеозойская, мезозойская и кайнозойская группы). В них перечисляются системы, в системе - отделы, в отделе - ярусы, и более дробные подразделения местной стратиграфической шкалы - серии, свиты, толщи так, как они выделяются на стратиграфической колонке.

Описание отложений каждого подразделения проводится по следующей схеме:

1. Залегание рассматриваемых пород на более древних (согласно или несогласно). При наличии несогласия указать его вид и отметить, какие подразделения стратиграфической шкалы отсутствуют. Для обоснования можно привести выкопировки из геологической карты.
2. Где распространены по площади карты. Приводится привязка выходов пород на поверхность к географическим пунктам - высотам, долинам рек, частям карты.
3. Чем представлены описание состава пород, слоистости,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структуры, текстуры, последовательности напластования, цвет пород и другие характеристики из стратиграфической колонки и условных обозначений. Отмечаются, если они есть, маркирующие (опорные, реперные) горизонты, ископаемые палеонтологические остатки.

4. Суммарная мощность отложений на стратиграфической колонке.

5. Описание заканчивается данными о коллекторских и экранирующих свойствах пород (если это возможно).

Глава пишется по следующему шаблону:

Мезозойская группа (MZ)

Мезозойские отложения включают (перечислить конкретно) системы пород (например, юрскую и меловую), широко развитые в южной части региона на водоразделах и склонах Скалистых гор. Толщина - более 10000 метров.

Юрская система (J)

Юрские образования представлены в изучаемом регионе всеми (или не всеми) отделами (например, нижним, средним и верхним).

Нижний отдел (J_1)

В районе исследования он представлен ярусами (перечисляются ярусы).

Тоарский ярус (J_1t)

Тоарские отложения развиты (указать где), они залегают с параллельным несогласием на более древних породах. Затем дается литологическое описание и указывается мощность.

Интрузивные породы

Описание интрузивных пород, если они развиты на площади карты, дается отдельно после описания стратифицированных комплексов. Их возраст и петрографический состав указан в условных обозначениях к карте, либо определяется по взаимоотношениям с вмещающими стратифицированными породами, а тип может быть определен по взаимному расположению геологических границ на

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геологической карте (дайки, силлы, штоки, жилы, лакколиты, батолиты и т.д.) Описание ведется от более древних к молодым интрузивным комплексам по следующей схеме:

- форма и размеры тела, его морфологический и тип;
- состав (кислые, средние, основные, ультраосновные);
- соотношение со структурой вмещающих пород;
- возраст тела (с обоснованием);
- внутренняя тектоника и контактовые воздействия (если на карте приведены соответствующие сведения).

!!! Частые ошибки

Названия стратиграфических подразделений внутри текста следует писать со строчной (маленькой) буквы (в англоязычной литературе их пишут с заглавной буквы).

Индексы стратиграфических подразделений международной шкалы следует писать прямым шрифтом, местной (свиты, пачки, толщи) - курсивом

Объем главы 5-10 страниц.

4. ТЕКТОНИКА

В главе проводится выделение и описание тектонических структур осадочных и магматических горных пород, по характеру взаимоотношений которых делаются выводы о движениях земной коры, процессах и силах, их вызвавших. Глава пишется на основании составленных студентом геологических разрезов и тектонической схемы.

В начале описания следует указать, к какому тектоническому типу (или типам) структур земной коры относится рассматриваемая территория - платформенному, складчатому или переходному (краевой прогиб). Эту принадлежность определяют по совокупности признаков, характерных для той, или иной структуры. Анализируя тектоническое строение территории, следует учитывать масштаб карты и, соответственно, размер (порядок) описываемых структур.

Для складчатых областей характерны следующие особенности.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

– Исчисляемая километрами толщина отложений отдельных систем и даже отделов; резкие перепады толщин вкрест простирания структурных форм.
– Наличие граувакковой, флишевой, молассовой, вулканогенно-обломочной, ультраосновной формаций.
– Наличие серий линейных складок, группирующихся в антиклинории и синклинории (можно увидеть на мелкомасштабных, или среднемасштабных картах). Складки имеют значительные углы падения крыльев, часто встречаются перевернутые залегания пород. Длинные оси складок расположены параллельно, кулисообразно, образуют гирлянды, миндалевидные пучки, ветвление (виргации).

– Внедрения магматических пород и вулканическая деятельность.
– Широкое развитие системы разломов, которые причленяются друг к другу, образуя структуры типа "конский хвост", ланцетный и др.
– Встречающиеся несогласия – угловые.
– Обычен горный, сильно расчлененный рельеф.

В вертикальном разрезе ***платформ*** обычно выделяется два структурных этажа - фундамент (состоит из сильно дислоцированных магматических и метаморфических пород) и отделенный от него резким несогласием осадочный чехол.

Фундамент сложен преимущественно метаморфическими, магматическими и в меньшей степени - осадочными породами и ему свойственны признаки, описанные для складчатых территорий. Кроме этого, для фундамента древних платформ характерна глубинная складчатость, характеризующаяся дисгармоничностью, извилистыми изогнутыми осями, осложнением крыльев крупных складок более мелкими складочками, благодаря чему геологические границы имеют зубчатый, петельчатый характер. Границы интрузивных тел имеют такой же характер. Часто интрузии вместе с метаморфическими породами участвуют и складчатости. Территория на которой фундамент выходит на дневную поверхность, называется «щитом». Рельеф щитов, как правило, холмистый. **Для осадочного чехла** платформы характерны следующие признаки: небольшая (десятки и первые сотни метров) толщина отложений систем и отделов. Породы лежат, в основном, субгоризонтально, моноклинально, с флексурными перегибами. Характерны сравнительно пологие тектонические структуры - синеклизы, антеклизы, а также сводовые и валообразные поднятия и разделяющие их прогибы. Локальные поднятия (складки)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

имеют (за исключением районов развития соляного и глиняного диапиризма и региональных разломных зон), брахиморфный и куполовидный облик, и, как правило, малые значения углов падения на крыльях. Встречаются диапировые и сундучные складки с почти вертикальными углами падения крыльев, либо одиночные изометрические или брахиморфные с пологим - первые градусы - падением крыльев. Размеры таких складок - километры, или первые десятки километров.

Магматическая деятельность не выражена, либо присутствует в виде траппового вулканизма. Разрывы либо отсутствуют, либо наблюдаются одиночные протяженные. Только над диапирами может присутствовать система сближенных радиально - концентрических разрывов, образующих рисунок типа "битая тарелка".

Несогласия чаще всего параллельные и географические.

Наиболее распространены карбонатная, терригенно-карбонатная, красноцветная, и галогенная формации. Рельеф равнинный и только в случае более поздней тектонической активизации - горный, расчлененный.

В некоторых случаях, особенно на молодых платформах, между фундаментом и осадочным чехлом выделяют промежуточный комплекс, характеризующийся промежуточными признаками между чехлом и фундаментом. При описании платформенных областей, если можно, отмечают возраст платформы и указывают признаки, по которым это установлено (рис. 14.6).

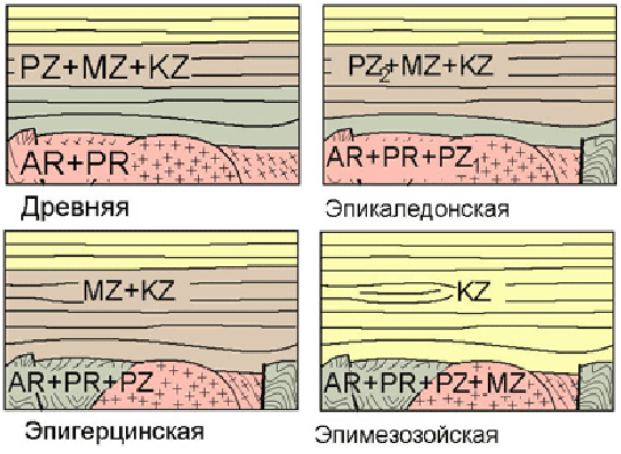


Рис. 14.6. Схематические разрезы платформ различного возраста. Условные обозначения: 1 – платформенный чехол, 2 – складчатый фундамент

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Платформа может испытать возрожденную тектоническую активизацию (эпиплатформенные орогены). Для них характерны признаки платформенных структур, но обычно ярко выражено блоковое строение. Блоки ограничиваются разно ориентированными региональными разрывами и формируют горный рельеф. Часты горсты и грабены. Породы самого молодого структурного этажа лежат субгоризонтально.

Переходные тектонические области (краевые прогибы) обычно расположены между складчатыми и платформенными территориями. Во внутренней части (примыкающей к складчатым областям) эти тектонические области характеризуются развитием сложных линейных складок, часто опрокинутых, нередки системы надвигов, а также системы диапировых линейных складок. Во внешних зонах прогибов присутствуют куполовидные и брахискладки незначительной амплитуды, широко развиты барьерные рифы.

Для переходных областей характерны молассовые, угленосные, галогенные, рифовые формации. Их рельеф занимает промежуточное положение между рельефом складчатых и платформенных областей.

На некоторых картах присутствует несколько ***структурно-формационных зон*** с различным геологическим строением. Обычно в этом случае к карте прилагается несколько стратиграфических колонок, каждая из которых характеризует свою структурно-формационную зону.

Если на карте присутствует несколько структурно-формационных зон, описание делается по каждой из них отдельно.

По вертикальному разрезу выделяются и обосновываются структурные этажи, отвечающие единому тектоно - магматическому этапу в истории развития земной коры. Внутри каждого этажа отмечаются, если они имеются, подъэтажи (подъярусы). Также перечисляются стратиграфические подразделения, образующие данный структурный этаж. Далее, для каждого структурного этажа, начиная с наиболее древнего. Затем детально характеризуются формы залегания стратифицированных толщ (осадочных и эффузивных), интрузивных пород и разрывных нарушений. Сначала – крупные, затем все более маленькие.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При описании **моноклиналей** сначала называют возраст отложений, слагающих моноклиналь, затем указывают азимуты и углы их падения. При описании **складок** отмечается их пространственное положение, простирание длинных осей складок, тип складок в плане (куполовидные, брахиморфные или линейные), возраст пород, слагающих ядра и крылья складок, их длина, ширина, амплитуда, углы падения крыльев и т.д. При описании **разрывов** отмечается их местоположение, тип (сброс, взброс, сдвиг, надвиг), элементы залегания сместителя, направление смещения и его амплитуда, время образования. Отдельно отмечаются структуры горстов и грабенов, если они имеются. Если возможно, следует указать ориентировку осей главных нормальных тектонических напряжений, сформировавших разрывы и складки.

Раздел иллюстрируется тектонической схемой (рис.14.7) и геологическими разрезами. Объем главы 5-8 страницы.

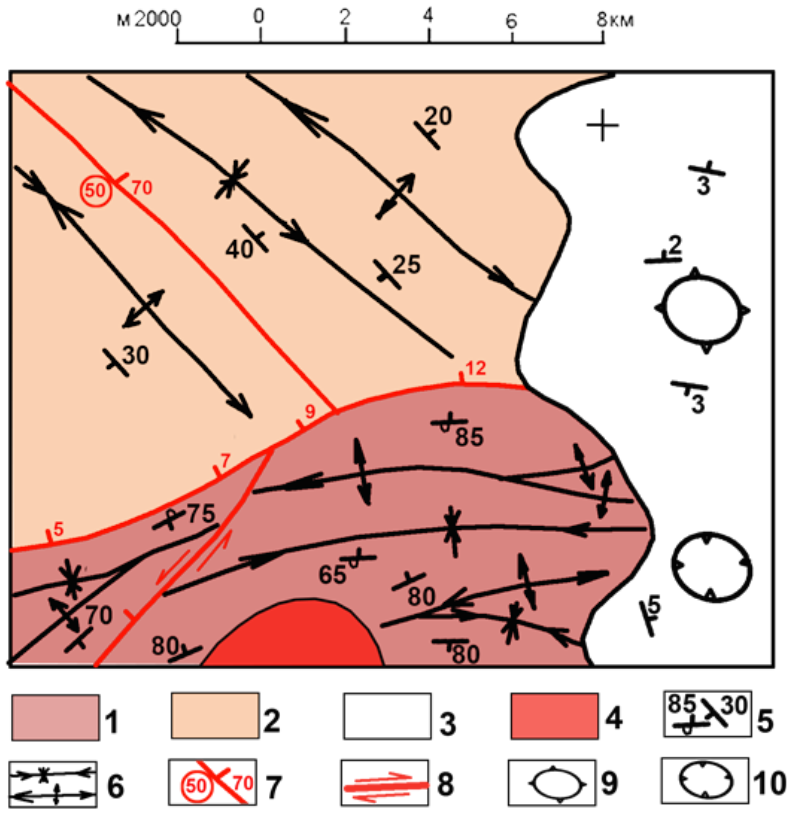


Рис. 14.7. Тектоническая схема (пример).
Условные обозначения: 1 – нижний, складчатый структурный этаж; 2 – промежуточный (переходный) структурный этаж; 3 – верхний структурный этаж; 4 - интрузии гранитов; 5 – элементы залегания – наклонное и опрокинутое; 6 – оси складок; 9 синклиналей и антиклиналей; разломы – 7 – сбросы (в кружке показано смещение поднятого крыла); 8 – сдвиги; 9 купол; 10 – мульда
Автор: Ученикова Н.Г.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Маловероятно, что существуют территории, где на площади одного номенклатурного листа присутствуют все показанные на рисунке объекты. Здесь они приведены как пример показа на тектонической схеме. Также, ситуация, показанная и изображенная на схеме не соответствует тому геологическому строению, по которой мог бы образоваться рельеф, показанный на орогидрографической (предыдущей) схеме.

5. Геоморфология и новейшие тектонические движения

Геоморфология изучает связи между геологическим строением и формами рельефа. Новейшая тектоника - раздел тектоники, изучающий различные структуры, историю развития и тектонические движения земной коры, которые обусловили создание основных черт современного рельефа Земли. Большинство исследователей считают возраст этих движений позднеолигоценовым-четвертичным. Неотектоника тесно связана с решением практических задач: проектированием долговременных сооружений, водоснабжением, поисками нефтяных, газовых и россыпных месторождений полезных ископаемых, прогнозом землетрясений и др.

При написании раздела необходимо охарактеризовать геоморфологические особенности территории, а также попытаться установить типы новейших тектонических движений на данном участке. Раздел готовится на основе совместного анализа топографической основы, геологической карты и тектонической схемы.

Как Вы знаете, источником движений земной коры являются эндогенные силы. Они создают крупные положительные и отрицательные структуры, что приводит к трансгрессиям (при прогибаниях) и регрессиям (при поднятиях). Противодействующие им экзогенные силы стремятся разрушить поднятия и заполнить осадками впадины, формируя денудационный (при разрушении) или аккумулятивный (заполнении осадками) рельеф. Выделяется четыре главных генетических типов рельефа суши, отражающих суммарные соотношения интенсивности экзогенных и эндогенных процессов. На различных иерархических уровнях изучения территории роль различных факторов различна.

Характеристика типов рельефа приведена в табл. 14.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 14.2. **Генетические типы рельефа и суммарные соотношения интенсивности экзогенных и эндогенных процессов**

Тип рельефа	Соотношение экзогенных и эндогенных процессов	Характеристика рельефа
Эрозионный горный	Скорость эндогенных поднятий значительно выше интенсивности экзогенных сил	Интенсивное эрозионное расчленение. Высокогорный рельеф с глубоко врезанньми спрямленными крутосклонными речными долинами, узкими вытянутыми междуречьями (водоразделами). Если существовавшая до воздыманий поверхность (исходная) сложена горизонтально лежащими устойчивыми к разрушению породами (известняки, плотные песчаники, эффузивные породы) может сформироваться рельеф высоких горных плато: узкие глубоко врезанные долины разделяются широкими ровными междуречными поверхностями. В частном случае, если горы покрылись ледниками, формируется эрозионно-ледниковый или альпинотипный (как в Альпах) рельеф
Денудационноэрозионный.	Умеренно-интенсивные воздымания, ненамного превосходящие интенсивность экзогенных процессов	Преобладает боковая эрозия, сглаживание склонов, горизонтальное расчленение земной коры, денудация. Формируется холмистый, низкогорный рельеф с выработанными зрелыми долинами (ширина долины больше глубины), сравнительно широкими волнистыми междуречьями. Переходы междуречий в долины постепенные
Денудационная равнина	Интенсивности экзогенных, процессов и восходящих вертикальных движений примерно равны	Формируются сглаженные волнистые денудационные равнины. Если в пределах такой равнины имеются относительные впадины, которые компенсировано заполнены осадками, образуется единая вьровненная денудационно-аккумулятивная поверхность, называемая пенепленом
Аккумулятивная равнина	Суммарные опускания, со скоростью меньшей, чем осадконакопление	Аккумулятивная равнина, незначительно расчлененная за счет кратковременных возвратных воздыманий. Весь рельеф выработан в рыхлых осадках неоген-четвертичного возраста
Если скорость опусканий больше скорости аккумуляции, возникают водные бассейны		

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Относительно небольшие формы рельефа нередко обусловлены избирательной денудацией. На площадях распространения прочных пород формируются возвышенности, нестойких к выветриванию – впадины. Так возникает прямой рельеф - устойчивые к разрушению породы (например, интрузии), образуют возвышенные участки рельефа, обрывы. В тех случаях, когда какой-либо устойчивый к выветриванию слой (бронирующий горизонт) образует антиклинальную складку, на этом месте может возникнуть гора (прямой тектонический рельеф). При горизонтальном залегании бронирующие горизонты образуют столовые горы, при моноклинальном залегании – куэсты (рис. 14.8).

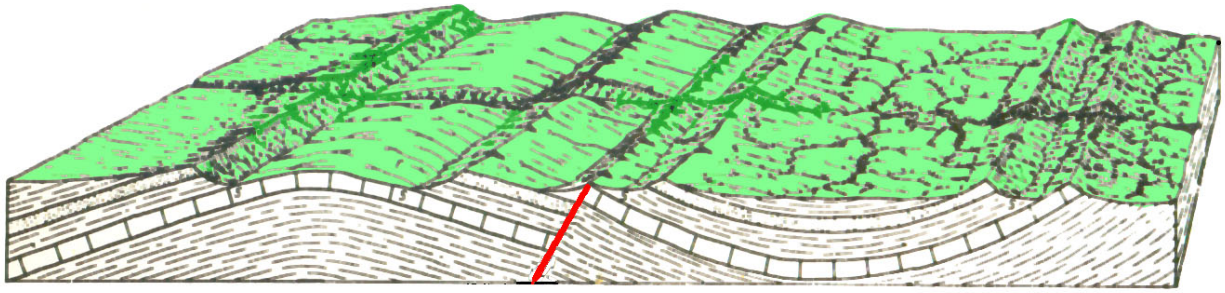


Рис. 14.8. Соотношение геологического строения и рельефа при эрозионно-денудационном рельефе. Бронирующие слои образуют уступы в рельефе, на антиклиналях развивается возвышенности, на синклиналях = впадины (по В. и К. Миллерам)

- Обратный (обращенный) рельеф возникает тогда, когда вдоль осей антиклинальных складок развиваются долины, а вдоль осей синклинальных - хребты. Это связано с тем, что в замке антиклинальной складки за счёт растяжения слоев наличествует повышенная трещиноватость пород и сильнее идёт разрушение.

- Ступенчатый рельеф образуется при чередовании скальных и рыхлых пород. По зонам разрывов могут протягиваться долины рек.

Пример возможной геоморфологической схемы приведен на рис. 14.9. Сначала, используя данные по орогидрографии, стратиграфии и литологии, тектоники, следует указать генетический тип рельефа территории карты. Затем следует провести анализ рельефа - возвышенностей, уступов, перегибов, долин и установить связь этих элементов с геологическим строением: структурой, составом пород,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

разрывными нарушения и т.д. Характер связи описать. Если такой связи нет, это отметить в тексте.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА
Масштаб 1:200 000

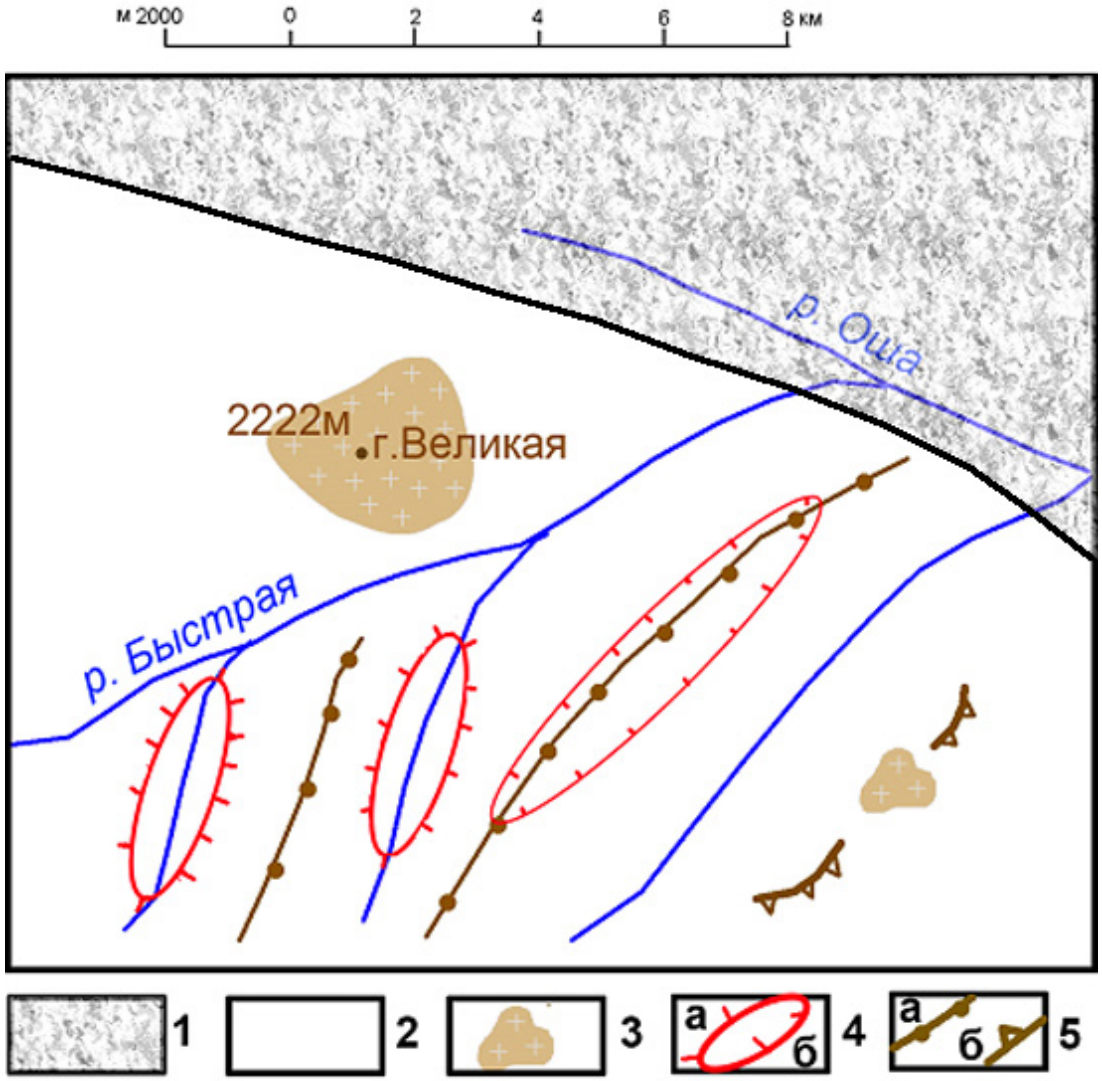


Рис. 14.9. Геоморфологическая схема (пример). Условные обозначения: 1 – аккумулятивный рельеф; 2 - эрозионно-денудационный рельеф; 3 – интрузии гранитов; 4 – складки: антиклинали (а), синклинали (б), 5 - оси складок антиклиналей (а) и синклиналей (б).

Автор: Ученикова Н.Г.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На схеме специальными знаками отметить выраженные в рельефе элементы геологического строения: оси складок, интрузии, геологические границы, разрывы.

Начинать описание можно, например, следующим образом: *«Район работ характеризуется денудационно-эрозионным рельефом. Ему свойственны как прямые литологические (связанные с выходами гранитов в центральной части района), так и обратные, связанные с осями антиклинальных складок, развитым по правым притокам реки Быстрая, формы рельефа.*

В юго-восточной части территории выделяются отдельные обрывы, обусловленные выходами прочных известняков...».

Объем 5-15 страниц.

В тех случаях, если у Вас пенеплен – выровненная поверхность, на которой не выявляется связь между геологическим строением и рельефом, писать эту главу и строить геоморфологическую схему не нужно.

Дополнительные сведения по геоморфологическому методу исследований можно получить, перейдя по ***ссылке*.**

6. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ.

Раздел пишется на основании анализа данных предыдущих глав, стратиграфической колонки и карты. В этом разделе необходимо описать непрерывную историю геологического развития на площади карты, начиная с накопления самых древних показанных в колонке и на карте пород и кончая временем составления карты. Восстановить историю геологического развития – значит определить последовательность и условия осадконакопления, характер, масштаб и тип тектонических движений, которые оказали непосредственное влияние на перерывы в осадконакоплении или на размывы ранее отложившихся пород, на формирование структурных элементов разного порядка в различных этажах осадочного чехла (палеотектонику), а также физико-географические условия накопления осадков (палеогеографию). Другими словами, раздел представляет собой геологическую «биографию» описываемого района.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Сведения о физико-географических условиях осадконакопления можно получить, анализируя литологический состав и характер слоистости горных пород, цвет горных пород, наличие фауны. По ним можно судить о том, в континентальных, лагунных, или морских условиях происходило накопление отложений, какова была глубина бассейна. Органические остатки, позволяют судить о температуре, климате и т.д. Комплекс отложений, отличающийся по составу и характеризующий физико - географическую обстановку осадконакопления, называется фацией. Размещение фаций внутри определенного стратиграфического интервала позволяет установить смену физико - географических обстановок на рассматриваемом участке земной поверхности в соответствующий отрезок времени. Сведения о горных породах, характеризующих некоторые физико - географические обстановки осадконакопления приведены в таблице 14.3.

Глины не являются породой-индикатором условий осадконакопления, так как могут накапливаться в любых условиях – как в абиссальных глубинах, так и в континентальных.

Мощность накопленных за тот, или иной период времени отложений приблизительно соответствует величине прогибания земной поверхности за этот же период. Подробнее особенности осадконакопления рассматриваются в курсе исторической геологии.

Комплексы фаций различного литологического состава, формировавшиеся в условиях определенного тектонического режима, называются формацией. Формации служат для выделения крупных структур земной коры: геосинклиналей (складчатых областей), платформ, краевых прогибов, структур возрожденной тектонической активизации (эпиплатформенного орогенеза) и др. Изучая последовательность формирования формаций можно наметить главные этапы развития рассматриваемой территории.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 14.3. **Ассоциации горных пород и особенности их залегания, характерные для различных условий осадконакопления**

Условия осадконакопления	Породы и особенности их залегания
Абиссальных глубин	Преобладают тонкозернистые осадки - красные глины и кремнистые сланцы. Базальтовые лавы. Характерно отсутствие известняков (глубже 4000 м)
Континенталь-ного склона (батиаль)	**Глубоководная (700 – 3000 м)**: Глинистые, кремнистые, известковые породы. Слоистость отсутствует. Органические остатки - редкие радиолярии и фораминиферы
	Умеренно-глубоководная (200-700 м). Породы - среди обломочных преобладают глинистые и реже встречаются алевролиты и песчаники. Кремнистые и карбонатные породы, пластовые фосфориты. Слоистость - тонкая, горизонтальная. Органические остатки - редкие радиолярии и фораминиферы
Шельфа (сублитораль)	**Глубокий (100-200 м).** Породы - обломочные (песчаник, алевролит, аргиллит), органогенные (коралловые рифы), кремнистые отложения, вулканогенно-осадочные - лавы, туфы и туфопесчаники. Фосфоритовые и железо-марганцевые конкреции и глауконит. Слоистость – горизонтальная. Органические остатки - разнообразные и обильные, растительность отсутствует
	Мелкий (70-100) – аналогичны прибрежной
Прибрежная литораль (зона приливов и отливов)	Породы - конгломераты, гравелиты, песчаники, ракушечники. Слоистость - пологоволнистая, перекрестная. Органические остатки – обильные - толстостенные раковины и их обломки. Особые признаки- знаки ряби, ходы илоедов, трещины усыхания
Береговая Дельт	Хорошо отсортированные песчаники с косой слоистостью, галечники, валунники. Тонкозернистые терригенные осадки, косая слоистость
Континентальная, (лагун, лиманов, болот)	Песчаники различной степени сортированности и с разнонаправленной косой слоистостью, алевролиты и глины с примесью и прослоями песчанистого материала Известняки оолитовые, гравелиты и конгломераты. Уголь, соль, гипсы. Часто красноцветные, бурые, пестроцветные
Элювиальные	Рыхлые глинистые породы, щебень, трещиноватые породы, (коры выветривания)
Аллювиальные	Косослоистые песчаники и гравелиты.

Написание главы производится в следующей последовательности:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

1. По стратиграфической колонке проанализировать разрез. В нем попытаться выделить отдельные фации и формации, указать тектонический режим их формирования.
2. Построить и проанализировать палеогеографическую кривую и кривую колебательных движений земной коры. Особыми значками можно отметить эпохи смятия пород в складки, внедрение интрузий и вулканической деятельности (рис. 14.10).

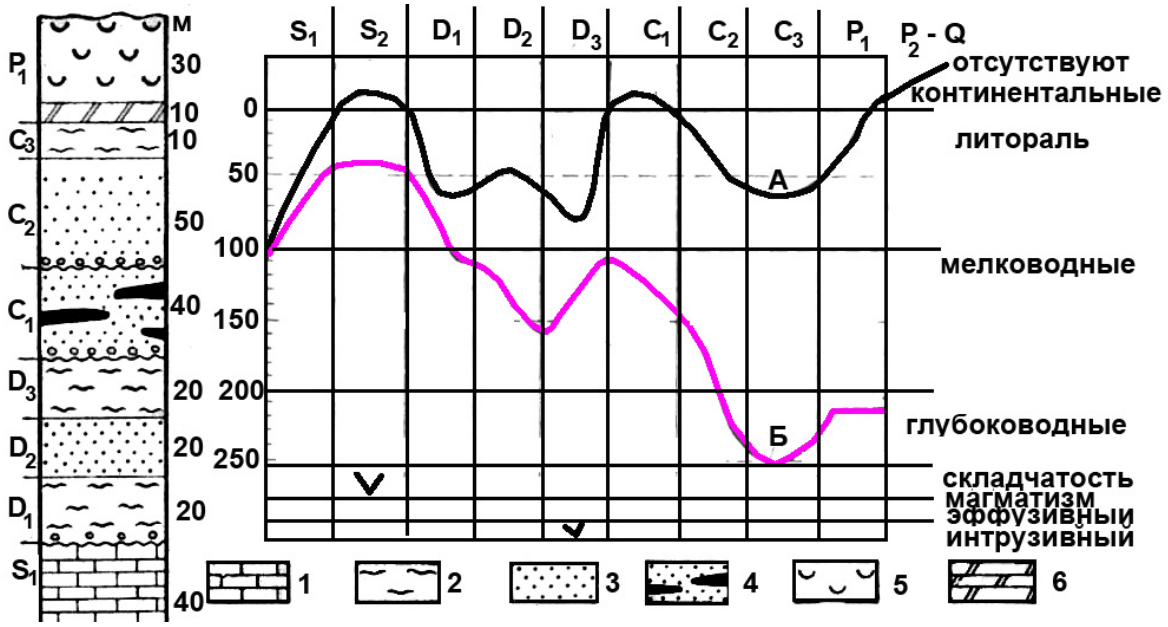


Рис. 14.10. Палеогеографическая кривая (А) и кривая колебаний земной коры, (динамическая кривая (Б): 1— водорослевые известняки; 2 — глины; 3 — пески; 4 — континентальные угленосные отложения; 5 — соли; 6 — мергели

Для изучения медленных колебательных движений еще в 80-е годы XIX века А. П. Карпинский разработал палеогеографический метод. В его основе лежит представление о том, что перемещение береговой линии моря является результатом колебательных движений земной коры. Для построения палеогеографической кривой на горизонтальной линии, условно соответствующей уровню моря, откладывают отрезки, отвечающие определенным диапазонам геологической истории (в данном случае эпохам), а на вертикальной - глубины моря. Зная, на какой глубине накапливаются те или иные отложения, находят точки, соответствующие этим глубинам. Затем эти точки соединяют и получают кривую (А), которая показывает изменение глубины бассейна во времени.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Величину поднятия континента эта кривая не отражает, так как в настоящее время не существует методов, позволяющих установить эту величину и высоту, на которой накапливались те или иные континентальные фации.

Палеогеографическая кривая не всегда отражает истинный знак движения. В том случае, если количество накапливающихся осадков компенсирует прогибание, глубина бассейна будет оставаться неизменной, кривая не покажет прогибания. Если же количество приносимого в бассейн материала больше, чем это нужно для компенсации прогибания, бассейн будет становиться все более мелким, и кривая покажет не прогибание, а поднятие морского дна. И, наконец, эта кривая может показать поднятие дна моря тогда, когда дно бассейна остается в стационарном положении, но в бассейн поступает много материала и он постепенно заполняется.

В связи с этим палеогеографическую кривую дополняют кривой колебаний земной коры, или динамической кривой, которая строится с учетом мощности осадков. Для ее построения выбирают какую-нибудь опорную поверхность. Удобнее всего за такую поверхность принять подошву нижнего горизонта - в рассматриваемом случае подошву нижнесилурийских известняков. Это водорослевые известняки. В момент их накопления глубина моря (уровень поверхности осадконакопления) была 100 - 110 м. В верхнем силуре этот участок земной коры был континентом, на котором преобладал размыв. Опорная поверхность в это время находилась на 40 м (мощность известняков) ниже, чем в начале силура. С этого же начинается нижний девон. В начале среднего девона эта поверхность уже была опущена на 110 м ниже уровня моря (суммарная мощность известняков нижнего силура, глин нижнего девона, а также глубина моря, которая определяется по глубине среднедевонских песков, 50 м). В начале верхнего девона опорная поверхность была уже опущена на 160 м ниже уровня моря (суммарная мощность накопившихся осадков 80 м плюс глубина моря, на которой накапливались верхнедевонские глины 80 м). Рассуждая таким же образом дальше, можно построить динамическую кривую (Б), или кривую колебаний земной коры для данного разреза.

Таким образом, изменения палеогеографической обстановки устанавливают по чередованию разных фаций в разрезе и по границам размыва и стратиграфическим несогласиям, которые

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

обычно указывают на поднятие данного участка земной коры выше уровня моря; характер колебательных движений выясняется в результате сопоставления палеогеографической кривой и мощностей осадков.

На рис. 14.10 видно, что без учета мощности накопившихся отложений можно сделать неправильные выводы о знаке движения: палеогеографическая кривая (А) для девона показывает поднятие, тогда как на самом деле происходило прогибание. При построении палеогеографической кривой приводить стратиграфическую колонку не надо, здесь она дана, чтобы пояснить сам метод.

В случае, если у Вас присутствуют несколько структурно-формационных зон, палеогеографические кривые следует построить для каждой из них – лучше на одном чертеже разным цветом. Так удобнее их анализировать. Если удалось выделить фации и формации, следует надписать их над кривой.

Палеогеографическая кривая позволит обоснованно судить о характере колебательных (эпейрогенических) тектонических движений, выявить этапы тектонической активизации и отвечающие им структурные этажи.

3. Составить описание истории геологического развития, начиная от древних периодов к молодым, по такой же схеме, по какой составлялось описание в главе «стратиграфия». Охарактеризовать палеогеографическую и тектоническую обстановку образования всех представленных на площади картирования толщ. Если возможно, приводятся так же соображения о соотношении во времени процессов осадконакопления, складкообразования и разрывов (постседиментационные, конседиментационные).

Если на территории карты представлено несколько структурных этажей, следует указать, как они сформировались – унаследование (структурные формы верхнего и нижнего этажа одноименные), или инверсионно (антиклиналям в нижнем структурном этаже соответствуют синклинали в верхнем структурном этаже).

Подробнее о методе фаций и перерывов можно прочитать в ***главе 13.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Начало текста раздела может быть примерно следующим; *«Геологическую историю территории карты №___ можно проследить со среднекембрийской эпохи, так как самыми древними породами являются известняки среднего отдела кембрийской системы. В это время происходили опускания земной коры и существовал морской бассейн. В позднекембрийскую эпоху бассейн сохранялся, но стал более мелководным и в нем началась вулканическая деятельность, так как известняки стали песчанистыми, с прослоями алевролитов и андезитовых лав. Это значит, что начались поднятия земной коры. Они привели к регрессии моря и возникновению суши. Поднятия сопровождались смятием средне-верхнекембрийских пород в складки, внедрением интрузий кислого состава. Следовательно, был сформирован структурный этаж, отвечающий байкальской складчатости. В течение ордовикского и силурийского периода существовали континентальные условия и отложения не накапливались. Возобновившееся опускание земной коры привело к новой трансгрессии и возникновению в девонское время мелководного бассейна доказывается ...*» и т.д.

Завершается описание характеристикой современного развития территории. Например, *«В настоящее время территория испытывает тектонические поднятия, эрозионное расчленение. Об этом свидетельствует высокогорный рельеф с глубоко врезанными крутосклонными долинами».* При написании данного раздела, руководствуясь признаками условий осадконакопления, приведенными в табл. 14.3 следует помнить, также что:

– Горизонтальное залегание слоев, однородные хорошо сортированные с мелкозернистой текстурой породы характерны для удаленных от берега глубоководных областей. Грубый состав пород, красные, бурые, желтые цвета, косая слоистость, линзовидность характерны для прибрежных условий. Сильная фациальная изменчивость, переслаивание пород разного состава, изменчивость мощностей характерны для динамичных, с подводными течениями бассейнов. Это могут быть и прибрежно-морские, и среднеглубинные бассейны. Глины и хемогенные породы могут свидетельствовать о глубоководных бассейнах, но могут накапливаться и в прибрежных, лагунных условиях, если бассейн закрытый, с малоподвижной водой, а окружающая суша - пенеплен.

– Большая мощность (толщина) отложений чаще всего

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

свидетельствует о контрастности опускания дна бассейна и восходящих движениях смежной суши, поставляющей материал для осадконакопления. Также на величину мощности влияет продолжительность осадконакопления, климатическая зональность, удаленность от береговой линии. Об амплитуде движений земной коры по мощностям отложений можно судить, лишь сравнивая породы одинакового состава, которые накапливались непрерывно в течение равных промежутков времени.

– Несогласное залегание может быть вызвано как поднятиями земной коры, так и континентальным перерывом в осадконакоплении, а также с размывом отложений в морском бассейне подводными течениями. Несогласия возникают, кроме того, в связи со сползанием осадков по подводным склонам. Для точного решения вопроса о происхождении несогласия в каждом случае надо проводить комплексный палеотектонический и палеогеографический анализ. В общем случае можно принять, что угловые несогласия между структурными этажами связаны с интенсивными поднятиями земной коры, регрессией морского бассейна и возникновением континентального режима (суши). Точным признаком континентального развития могут быть коры выветривания, но они, как правило, не сохраняются при последующих трансгрессиях. Если наблюдается параллельное, или географическое несогласие и из стратиграфического разреза выпадают ярусы и свиты, то лучше писать о размыве отложений, обмелении моря в условиях сохранявшегося водного бассейна.

Завершают раздел краткими выводами о времени основных эпох складкообразования и становления крупных интрузивных массивов, общей направленности геологических процессов.

Объем главы 5 - 10 страниц.

7. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

В главе анализируется ***возможность нахождения*** различных полезных ископаемых на площади карты. **Полезные ископаемые** – это минералы и горные породы, в то числе нефть и газ, которые могут быть использованы для нужд народного хозяйства. Перспективы поисков полезных ископаемых определяются их генезисом. Металлические и неметаллические ископаемые по происхождению могут быть эндогенными (глубинными) и гипергенными

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

(поверхностными). Эндогенные руды делятся на магматические, вулканические, гидротермальные, контактово-метасоматические, метаморфические. Типы горных пород, перспективных для поисков определенных полезных ископаемых приведены в табл. 14.4.

Таблица 14.4. **Ассоциации химических элементов и минералов (полезных компонентов) с горными породами (петрографические критерии прогноза)**

Типы горных пород		**Ассоциации элементов и минералов (полезных компонентов)**
Эндогенные	**Ультраосновные**	Хром, хризолит, платина и другие металлы группы платины, алмазы (в кимберлитах), хризотил-асбест, тальк
	Основные	Титан, ванадий, железо, медь, никель, кобальт, платина, палладий
	Щелочные	Благородные металлы-иридий, титан, ниобий, тантал, торий
	Кислые	Вольфрам, олово, молибден, литий, фтор, бор, иногда - бериллий, ниобий, тантал, цезий; железо, иногда вольфрам, молибден, медь
	Гидротермальные жильные вулканические и метасоматические образования, связанные с кислыми	Золото, железо, сера, мышьяк, цинк, свинец, серебро, иногда медь, кадмий, германий, висмут, кобальт, никель, уран, мышьяк, сурьма, барий, фтор, ртуть
Гипергенные	**Коры выветривания**	Железо, марганец - железные и марганцевые шляпы над породами, обогащенными железом и марганцем; алюминий, глины, бокситы, никель, кобальт, магний - в коре выветриваний ультраосновных пород
	Осадочные образования в морских и озерных бассейнах	Железо, марганец - в железо-марганцевых конкрециях; фосфориты, известняк, глина, песок
	Соленосные отложения в усыхающих озерах и лагунах	Поваренная соль, мирабилит, гипс, бишофит, сода, сильвин, карналлит, бораты
	Метаморфические породы	Графит, корунд, гранаты, железистые кварциты, слюды, кианит

Для поисков эндогенных руд перспективными являются показанные на карте интрузии и особенно их контакты с вмещающими породами и пересечения с разломами. Самые благоприятные контакты – кислых пород с карбонатными породами (скарны), а также

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

контакты контрастных по составу магматических пород (основных с кислыми). Также перспективны древние вулканы, метаморфические породы, зоны разломов. Последние представляют собой пути поступления глубинных растворов в зоны концентрации гидротермальных и метасоматических образований.

Гипергенные полезные ископаемые делятся на осадочные и кор выветривания. К осадочным полезным ископаемым относятся россыпи, железо-марганцевые образования, хлоридные и сульфатные соли, сера, строительные материалы (известняк, глина, песок), фосфориты, торф, уголь и др. При определении перспективности площади карты для поисков полезных ископаемых данного типа изучают породы в стратиграфической колонке, их распространение по площади карты и делают соответствующие выводы.

Коры выветривания и связанные с ними полезные ископаемые (бурый железняк, бокситы, каолинит, бирюза, россыпи) формируются в результате длительного континентального развития и выветривания. Поэтому коры выветривания приурочены к поверхностям несогласий между структурными этажами и ярусами. В стратиграфической колонке коры выветривания могут не отражаться. При наличии на исследуемой территории несогласий следует оттенить их стратиграфическое положение и выходы на поверхность, обозначив как перспективные зоны для поисков полезных ископаемых кор выветривания.

Месторождения **нефти и газа** связаны с осадочными породами. Для образования залежей углеводородов необходимы следующие условия.

1. Устойчивые прогибания и накопление значительных мощностей горных пород.
2. Наличие в разрезе нефтематеринских горных пород (пород, обогащенных органическим веществом).
3. Наличие в разрезе природных резервуаров – такого сочетания пород-коллекторов по которым флюиды (нефть, газ, вода) могут перемещаться (мигрировать) и в которых они могут накапливаться - то есть пород с высокой пористостью и проницаемостью (как правило,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

это обломочные породы, а также известняки) и пород-покрышек (пород-флюидоупоров), это могут быть глины, каменная соль.

4. Наличие в разрезе ловушек – таких частей природных резервуаров, в которых движение прекращается и флюиды скапливаются. Это могут быть, например, антиклинальные складки, осложненные разломами структуры, выклинивания слоев и фациальные замещения, стратиграфические несогласия и другие.

!!! Предполагаемые места скопления углеводородов не должны в течение своей истории выходить на дневную поверхность, иначе они будут окислены и разрушены !!!

Фации, благоприятные для размещения залежей нефти и газа охарактеризованы в табл. 14.5.

По составу все полезные ископаемые разделяют на три группы: 1 - металлы, 2 – неметалллы и 3 - горючие. К металлическим (рудным) полезным ископаемым относят те, которые требуют дальнейшей переработки (передела), например плавления. Неметаллические – это те, которые применяются непосредственно – асбест, драгоценные камни, графит, строительные материалы. Горючие – нефть, газ, уголь, торф, горючие сланцы. В таком порядке необходимо описывать возможность нахождения на территории полезных ископаемых. Описание предполагаемых полезных ископаемых внутри перечисленных групп делается в перечисленном ниже порядке.

1 группа – металлы. Минералы железа (черных), цветных, редких, радиоактивных, редкоземельных элементов.

2 группа – неметаллы. Различные соли (галогениды), пьезооптическое сырье (пьезокварц, флюорит, исландский шпат), огнеупорные материалы (слюды, асбест, полевые шпаты), строительные материалы (глина, песок), драгоценные, поделочные камни, минеральные воды и др.

3 группа - горючие - нефть, газ, торф, уголь, горючие сланцы.

При написании раздела необходимо отметить

– Наличие или отсутствие благоприятных геологических условий, и обосновать перспективность поисков полезных ископаемых

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

каждого генетического вида и их локализацию на карте.

Таблица 14.5.

Фации, благоприятные для формирования залежей нефти и газа

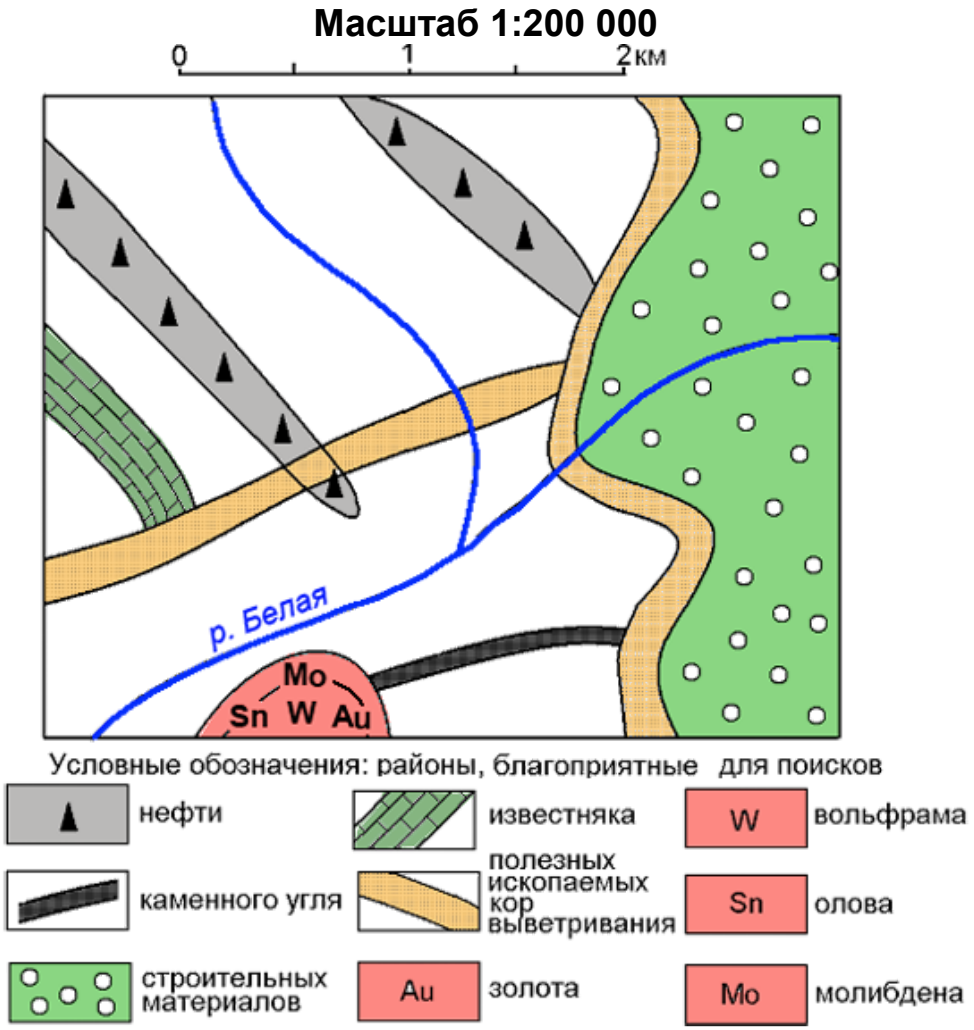
Название фации	Возможность образования нефтематеринских пород	Образование коллекторов и покрышек
Морские		
Абиссальная (глубже 2 км)	Не благоприятны для накопления органического	Покрышки высокого качества
Батиальная (200-м - 2 км)	Не благоприятны для накопления органического вещества.	Покрышки высокого качества
Шельфовые		
Умеренно-глубоководная (глубокий шельф - 100-200м)	Наиболее благоприятны для накопления органического вещества	Мощные толщи формируют коллекторы, покрышки высокого качества
Мелководная (30-100м)	Плохие условия для формирования нефтематеринских пород (из - за преобладания окислительной геохимической обстановки)	Мощные толщи и рифы формируют коллекторы, покрышки невысокого качества
Прибрежная (литоральная - мельче 30 м)	Отсутствие нефтематеринских пород (из-за преобладания окислительной обстановки)	Мощные толщи коллекторов, покрышки отсутствуют
Береговая	Отсутствие нефтематеринских пород (из-за преобладания окислительной обстановки)	Имеются коллекторы, покрышки отсутствуют
Переходные от континентальных к морским		
Лагун, лиманов и эстуариев	Благоприятны для формирования газоматеринских. иногда - нефтематеринских отложений	Коллекторы низкого и среднего качества, эвапоритовые* покрышки
Дельт	Весьма благоприятные	Изменчивые коллекторы и покрышки
Континентальные		
Элювиальные (коры выветривания)	Отсутствуют, возможны вторичные залежи	Хорошие коллекторские свойства
Аллювиальные	Отсутствуют, возможны вторичные залежи	Хорошие коллекторские свойства

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

– Указать последовательно по всем группам полезных ископаемых на возможность обнаружения их на территории карты и экономическую рентабельность их поисков (основываясь на расчлененности территории, наличии дорог, населенных пунктов).

Глава иллюстрируется схемой перспектив полезных ископаемых. На ней выделяются территории, перспективные для постановки поисковых работ полезных ископаемых, месторождения которых можно предполагать на территории карты по прогнозным критериям. Пример такой схемы приведен на рис. 14.11.

СХЕМА ПРОГНОЗА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



Автор: Ученикова Н.Г.

Рис. 14.11. Пример схемы прогноза полезных ископаемых

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

14.2.3. Прогноз и поиски

После того, как определено, где и какие полезные ископаемые можно отыскать, проектируют поисковые работы. В данном разделе невозможно выполнить требования, предъявляемые к проектам работ производственных организаций, основанных на инструкциях. Цель описания вникнуть в тот перечень вопросов, которые необходимо решить геологу при выполнении этой части работы, и одновременно это – итоговая часть анализа геологической карты.

На площадях, перспективных для поисков полезных ископаемых проводится **специализированное геологическое картирование масштаба, более крупного**, чем масштаб анализируемой карты. Специализация заключается в том, что кроме съемочных картировочных работ на площади применяются различные поисковые методы, которые оптимальны для поисков соответствующих полезных ископаемых в данном климате и при данном рельефе. Проектирование работ всегда сопровождается оценкой их стоимости – сметой.

Краткие сведения о проекте поисковых работ

Проект – основной документ, определяющий содержание, методы, средства, сроки и последовательность всех видов работ. Смета – их стоимость по видам и разделам.

Проект состоит из двух частей – геолого-методической и технической частей.

В геолого-методическую часть входят следующие разделы.

1. Геологическое задание – цели, задачи работ, ожидаемый результат.
2. Географо-экономический очерк.
3. Обзор, анализ и оценка ранее выполненных работ.
4. Геологическая характеристика объекта работ и прогноз продуктивности участка (этот раздел Вами уже сделан в предыдущих параграфах).
5. Описание методики и объемов проектируемых работ.
6. Экономическая эффективность с учетом экологических последствий.

В производственно-техническую часть входят:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

1. Технические расчеты и экономические показатели по всем видам работ
2. Вспомогательные работы.
3. Техника безопасности.
4. Базы, снабжение, транспорт.
5. Обоснование конкретных видов работ: картировочных и поисковых маршрутов, геофизики, геохимии, объем горных выработок, способы проходки, типы бурения, станки, оборудование, количество проб и виды отбора проб.
6. Полевой и камеральный персонал.

В конце проекта указывается ожидаемая эффективность затрат на производство геологоразведочных работ. Эффективность – это соотношение между планируемыми затратами на работы и стоимостью полезных ископаемых, которые могут быть найдены в результате работ, если проявления полезных ископаемых будут найдены.

В настоящей работе от Вас не требуется сделать полноценного проекта, так как для этого у Вас нет исходных данных, однако Вы можете запроектировать виды и масштабы работ на прогнозных участках, используя сведения о различных поисковых методах.

Методы поисковых работ

– геолого-минералогические (включают валунно-ледниковый, шлиховой, обломочный);
– геохимические (литохимические, гидрохимические, биохимические, атмохимические);
– геофизические, включающие магнитометрические, гравиметрические, электрометрические, радиоволновые, сейсморазведку и ядерную геофизику;
– горно-буровые.

Геолого-минералогические методы применяются главным образом в районах, подвергшихся оледенению (валунно-ледниковый) и с расчлененным рельефом, где эрозия интенсивно разрушает коренные породы и сносит продукты разрушения вниз по склону (шлиховой и обломочный).

Валунно-ледниковые поиски состоят в отыскании рудных ледниковых валунов на площади поисков и в нанесении на карту точек их обнаружения. По форме ореола рассеяния рудных валунов с

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

учетом направления движения ледника можно определить направление их перемещения от коренного источника.

Обломочные поиски и шлиховое опробование

Под действием силы тяжести продукты разрушения месторождений распространяются по склонам гор и долинам рек, образуя потоки рассеяния. В образовании механических потоков рассеяния принимают участие устойчивые в зоне выветривания первичные минералы (касситерит, вольфрамит, шеелит, киноварь, монцанит) и вторичные минералы (окислы свинца и молибдена, гидрокарбонаты меди, силикаты цинка и никеля). В водных потоках рассеяния происходит сортировка минералов по удельному весу, в результате чего могут возникать промышленные скопления минералов - россыпные месторождения золота, платины, рутила, ильменита, циркона, гранатов, алмазов. Ореолы, связанные с сорбцией химических элементов и их соединений глинистыми и илистыми фракциями речных отложений, называются литохимическими.

В такого рода потоках рассеяния повышенные содержания металлов могут прослеживаться на расстоянии нескольких километров от разрушаемых тел полезных ископаемых. Существование связанных с месторождениями ореолов и потоков рассеяния позволяет использавать их для поисков рудных тел.

Шлиховое опробование, заключающееся в отмывке и изучении шлиха*. Шлихи отбирают продвигаясь против течения реки от устья к истокам. Количество зерен полезного компонента в шлихе называется ***"знак"*** Шлихи характеризуют состав механических ореолов рассеяния и, следовательно, с их помощью можно определить пути сноса полезных ископаемых и их коренной источник.

Валунно-обломочный метод заключается в отыскании и прослеживании вверх по течению реки рудных обломков и галек. Там, где рудные обломки исчезают в аллювии, дальнейшие поиски ведутся вверх по склонам. При приближении к месторождению (рудопроявлению) количество обломков увеличивается.

Геохимические методы поисков применяются наиболее эффективно в районах с плоским рельефом и гумидным климатом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Литогеохимические поиски заключаются в систематическом опробовании коренных пород. ***Гидрогеохимический метод*** применяется при повышенной мощности рыхлых отложений в залесенных, заболоченных и горных районах. Он обладает большой глубинностью так как подземные воды проникают в глубокозалегающие рудоносные горизонты. Гидрохимический метод заключается в определении химических элементов в водных вытяжках. По результатам анализа проб строятся гидрохимические карты. ***Аттмогеохимический метод*** поисков основан на выявлении газовых аномалий в почве, надпочвенном воздухе и в подземных выработках. ***Биогеохимический метод*** основан на выявлении вторичных ореолов рассеяния в растениях. Главным достоинством метода является его глубинность, т.е. возможность обнаружения рудных тел, перекрытых наносами мощностью до 30 м. Подготовка биогеохимических проб к анализу заключается в сжигании растений в герметических печах при минимальной температуре во избежание потерь легколетучих элементов.

Геофизические методы применяются, главным образом в равнинных областях, чтобы проследить геофизические аномалии под слоями вышележащих пород.

Магнитометрическими методами ищут магнетитовые и титаномагнетитовые месторождения, линейные и кольцевые тектонические нарушения, имеющие рудоконтролирующее значение, рудоконтролирующие дайки, жилы и разломы; аэромагнитные работы позволяют выявлять кимберлитовые трубки. ***Гравиметрические методы*** применяются для выявления железных, хромитовых, медно-никелевых и других руд повышенной плотности, баритоносных горизонтов, которые создают положительные аномалии. Редкометалльные, медно-порфировые, золото-кварцевые рудные районы характеризуются минимумами гравитационного поля. Гравиметрические методы широко используются в аэро- варианте при работах на больших площадях.

Электрометрические методы включают и метод естественного электрического поля. ***Электрозондирование*** применяется для установления глубины залегания горизонтальных или полого падающих границ раздела пород с разными электрическими сопротивлениями, картирования на глубину тектонических нарушений, в том числе и зон трещиноватости, интрузивов, прослеживание зон рудной минерализации.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Метод естественного электрического поля используется для картирования на глубину тектонических нарушений, прослеживания зон рудной минерализации, сульфидизации, графитизации, поисков антрацита, кимберлитовых трубок.

Радиоволновые методы оптимальны при поисках сульфидных, золото-сульфидных, золото-серебряных, медно-никелевых руд, олово-вольфрамо-полиметаллических рудных тел, железорудных месторождений, кимберлитовых трубок, пьезокварцевых полостей.

Сейсморазведка применяется для локализации в разрезе геологических неоднородностей (рудных тел, кимберлитовых трубок, разломов). В нефтяной геологии – это важнейший метод для картирования структурных форм, скрытых под вышележащими отложениями.

Методы ядерной геофизики используют либо естественную радиоактивность при поисках радиоактивных руд, фосфоритов, тантала, ниобия, редких земель; либо искусственную радиоактивность, применяемую для поисков месторождений свинца, цинка, молибдена, ртути, сурьмы и др.

Горно-буровые методы применяются в основном на заключительной стадии поисковых работ. Для неглубоко залегающих месторождений это канавы, шурфы и неглубокие скважины. Для более глубоко залегающих прогнозных месторождений это глубокие скважины.

При составлении схемы проектных работ следует придерживаться следующего алгоритма:

1. Проанализировать размещение на площади карты прогнозные месторождения полезных ископаемых (по результатам написания предыдущей главы).
2. Сопоставить прогнозные месторождения с поисковыми методами в зависимости от рельефа и вида полезного ископаемого.
3. Создать макет легенды в соответствии с принципами построения легенд геологических карт.
4. Нанести на карту площади поисковых работ соответствующими условными знаками.
5. Оформить карту.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Условные обозначения, рекомендуемые для составления проектной карты, приведены на рис. 14.12.

Полезные ископаемые

Прогнозные площади металлических полезных ископаемых различного генезиса показываются цветом– красный – магматические, коричневый метасоматические и гидротермальные, черный – осадочные, зеленый - прочие

Металлические
Fe Железные руды
Mn Марганцевые руды
и так далее [1]


Полиметаллические

Неметаллические


Слюда


Асбест


Графит


Апатиты


Фосфориты


Сера


Соль


Алмазы

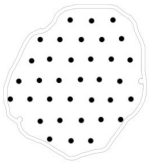
Горючие


Нефть


Газ

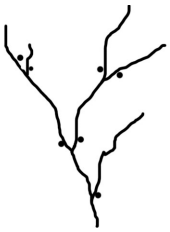

Горючие сланцы

Поисковые работы

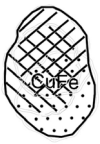

Геологические и геолого-минералогические методы


Геохимические методы. Для детализации в контур добавить индекс – А – атмохимические, Г – гидрохимические, Л – литохимические, Б - биохимические


Геофизические методы. Для детализации в контур добавить индекс: М – магнитные, Г – гравика, Э – электроразведка, С – сейсмика, Р – радиометрия (ядерные методы)


Шлиховое опробование. Точками указано предполагаемое размещение пунктов опробования

• Горно-буровые методы



Пример: Участок перспективный на поиски меди и железа, в юго-западной части рекомендуется минералогическое опробование, в центральной – комбинация геофизики и геохимии, в северо-западной - геохимические методы

Рис. 14.12. Рекомендуемые условные обозначения к карте проекта поисков

Глава начинается с описания общей схемы работ. Например:

Работы планируется проводить в соответствии со

[1] Символ элемента указывает полезное ископаемое

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

следующими этапами:

1. Подготовительный этап
2. Полевой этап
3. Камеральный этап
4. Ликвидационные работы

Подготовка к поисковым работам играет большую роль, и на ее организацию должно быть обращено особое внимание. Основные работы подготовительного этапа сводятся к следующим:

1. Изучение геологического строения и оценка полезных ископаемых исследуемой площади по результатам предыдущих геологических исследований, опубликованных в литературе или хранящихся в фондах соответствующего регионального геологического центра. При этом охватывают как можно большую часть информации и оценивают ее достоверность, делая соответствующие выводы о степени изученности площади.

2. Составление проекта геолого-съемочных работ и сметы, в которой помесячно проводится расчет стоимости всех видов работ. При составлении проекта и сметы используются справочники укрупненных сметных норм (СУСН) и справочники сметных норм (ССН). Основной главой проекта является описание методики геолого-съемочных работ и оценки минерального сырья.

3. Подготовка топографических карт, материалов аэрофотосъемки и космофотосьемки. Предварительное дешифрирование аэрофотоснимков и космофотоснимков. В процессе дешифрирования устанавливается связь снимков с геологическим строением и тектоникой. Выявляются проблемные вопросы, и намечается план выявления деталей геологического строения. Особое внимание уделяется вопросам обнаружения и прогноза месторождений минерального сырья.

4. Подбор снаряжения и оборудования. Особое внимание уделяется приборам, с помощью которых планируется проводить работы.

5. Набор штатных сотрудников проектируемых работ

Основа набора - проект, в котором предусмотрен штат съемочной партии, объем работ и исследований, личное снаряжение

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

подбирается в зависимости от физико-географических условий места проведения работ. Выбор транспортных средств так же зависит от этих условий. Основное - автомобили, вездеходы, тракторы, тягачи, вертолеты, лодки, катера и т.д.. Оборудование и приборы выбираются исходя из запланированных видов работ.

Период заканчивается защитой проекта и утверждением сметы. После этого начальник партии открывает счет в банке и при возможности начинает работы. В табл. 14.6 приведен типовой состав поисковой партии. Составьте свою таблицу в соответствии со своими запроектированными работами.

Таблица 14.6 Типовой состав поисковой партии

Наименование должностей и профессий	4-отрядная партия (с поисковым отрядом)	
	С радиометрическими наблюдениями	Без радиометрических наблюдений
Начальник партии	1	1
Начальник отряда (старший геолог)	1	1
Начальник поискового отряда	1	1
Геолог	1	1
Техник-геолог	1	1
Техник-геофизик (радиометрист)	2	
Итого ИТР	7	5

Сроки выполнения работ – с ____ по _____ __ года. (укажите свои сроки выполнения работ, рассчитанные на один полевой сезон)

Организационные и ликвидационные работы

Организационные работы выполняются перед началом производственно полевого периода. Создается или завершается создание базы партии, создаются жилищно-бытовые условия транспортировка личного состава и снаряжения на место работ. На организационные работы примерно отводится около 3,3 % от всей продолжительности работ, что составляет 1-2 дня.

Укажите виды организационных работ, планируемых Вами и их сроки.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ликвидационные работы

Проводятся после выполнения всей программы полевых исследований. В конце каждого полевого сезона проводится обработка и оформление всех полевых материалов партии.

В процессе полевых работ проводится также и текущая камеральная обработка материала. Она включает: составление, дополнение, уточнение и оформление проектов основных карт; уточнение и дополнение легенды; заполнение журналов образцов и проб, составление ведомостей геохимических проб; дополнительное изучение и сокращение рабочих образцов, предварительная обработка проб, оформление заказов на лабораторные работы и отправка проб в лабораторию; обработка полевых наблюдений, дополнение полевых дневников, журналов документаций буровых скважин и горных выработок, результатов изучения образцов и полевого анализа проб, составление выводов по отдельным маршрутам; обработка результатов поисковых работ.

После выполнения этих работ специальная комиссия принимает полевые материалы. Полевые работы считаются законченными после подписания акта о приеме материалов всеми членами комиссии. Всего на ликвидационные работы приблизительно отводится 2,7 % от всей продолжительности работ, что составляет 1 день.

Укажите виды организационных работ, планируемых Вами и их сроки.

Полевые работы – главный вид работ, занимающий основную часть геологоразведочного процесса.

Во время этого этапа проводятся следующие виды работ:

1) рекогносцировочные маршруты;
2) послойное описание разреза;
3) геолого-съемочные работы;
4) горнопроходческие работы:
5) шлиховое опробование;
6) литохимическое опробование;
7) гидрохимические исследования;
8) радиометрические исследования;
9) геофизические исследования;

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10) геоморфологические исследования;
11) лабораторно-аналитические исследования.

Время на полевые работы определяется по инструкциям, оно зависит от площади и сложности района геологических работ. Примем для Вашего района, что

Сложность геологического строения – 3 (средней сложности).

Степень дешифрируемости аэрофотоснимков - 1 (хорошая).

Проходимость - 2 (удовлетворительная).

Площадь – _____ км^2 (укажите свою).

База партии располагается в _____ на высоте ____ м над уровнем моря. Длительность полевого периода определяется суммой продолжительностей: рекогносцировочных маршрутов, и геолого-поисковых работ в ___ дней.

Рекогносцировочные маршруты.

Цель маршрутов - знакомство с площадью поисковых работ и ее географическими особенностями, изучения транспортной сети. Рекогносцировочные маршруты производятся путем объезда на автотранспорте, облета на самолете или на вертолете, или совершение пешеходных маршрутов, результатом которых будет выбор места послойного описания разреза.

В первую очередь должны быть посещены все предполагаемые скопления полезных ископаемых, проверены возможности проведения инструментальных работ, изучены возможности проявления поисковых признаков* полезных ископаемых. В проведении этих маршрутов участвуют все ИТР и рабочие.

Время, отводимое на рекогносцировочные маршруты, зависит от геологического строения, но не должно превышать 10 дней. Описание планируемых маршрутов может выглядеть так:

Планируется для рекогносцировки _____ площади, перспективной на ____ провести один маршрут. Маршрут будет проходить с ___ на ___ по водоразделу ____. Начало маршрута ____. Всего за день будет пройдено около _____.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Для рекогносцировки _____ площади, перспективной на ____ планируется провести один маршрут. Маршрут будет проходить с ___ по долине р. _____. Начало маршрута ____. Всего за день будет пройдено по реке около _____км.

Время на рекогносцировочные маршруты - ___ дней.

Если требуется – планируется послойное описание разреза. В ходе этих работ на территории максимальной обнаженности проводятся маршруты, в ходе которых тщательным образом изучается литология и стратиграфия с помощью палеонтологии, проявления полезных ископаемых всего интервала горных пород, как осадочных, так и магматических и метаморфических, которые выделены для этих толщ предыдущими исследователями. Отбираются образцы горных пород на проведение лабораторных анализов в стационарных или полевых лабораториях. Требуется максимально возможная детальность.

Нормы описания: погонных метров разреза на рабочий день – 150 м.

Текст этого раздела проекта может выглядеть так:

Проводится послойное описание разреза ____ пород от ___ до ___, расположенного _____ и т.д.

Геолого-съемочные работы

Методика геолого-съемочных работ определяется геологическими условиями исследуемого района. Важным фактором является степень обнаженности данной территории (определяется по СУСН). Стратиграфическое расчленение осадочных пород должно быть основано на послойном описании разреза, При характеристике стратиграфических подразделений, помимо их литологического описания необходимо выяснить условия их образования, как в отношении фации, так и по приуроченности к определенным этапам развития и частям геосинклинальных зон и платформ. Для районов складчатых зон, перспективных в отношении месторождений полезных ископаемых осадочного генезиса, важно определить условия образования продуктивных толщ и возникновения тектонических структур, определяющих закономерности пространственного положения этих структур. С этой целью при геологической съемке

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

уделяется большое внимание фациальному анализу. На основании СУСНа определяется сложность геологического строения, степени дешифрируемости, количество точек привязки наблюдения на 1 км^2 площади и определяется метод проведения геологической съемки. В основном используют три метода:

1) Метод маршрутов в крест простирания. Этот метод заключается в проведении серии почти параллельных маршрутов, которые проводятся по долинам рек, ущельям, оврагам, балкам и другим местам в которых наблюдается максимальная обнаженность коренных пород или отложений.
2) Метод маршрутов по простиранию.
3) Метод оконтуривания обнажений.

В случае слабой обнаженности съемку дополняют неглубокими шурфами или расчистками. Движение по маршруту строго увязывается с топографической картой, на которой проставляют все точки наблюдения. При этом устанавливаются абсолютные отметки всех слоев, или их превышение относительно пласта, залегающего в исходной точке маршрута с уточненными координатами. По ходу маршрута в полевой книжке строят геологический разрез, непрерывно наращивая его. Строго придерживаясь масштаба, особенно известных отметок пласта, разрез переносят на топооснову. Полученный ряд разрезов сопоставляют и, соединяя границы одноименных пластов, составляют геологическую карту. Метод маршрутов в крест простирания является основным методом при мелкомасштабном картировании и обычно проводится по редкой сети обнажений осадочных пород.

Попутно с геологическими работами проводятся следующие поисковые виды исследований: шлиховое опробование, литохимические исследования, гидрохимические исследования, гидрогеологическая съемка, геоморфологические исследования, геофизические исследования, полевые лабораторные исследования.

Карта основных маршрутов и видов работ составляется еще во время проектирования работ. В процессе съемки эта карта может изменяться с добавлением новых маршрутов. Перед началом картирования составляется колонка послойного описания стратиграфического разреза, на которой четко охарактеризованы границы между пачками. Полевая работа геолога заключается в изучении и увязке объектов съемки, их документировании и обобщении

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

исходных данных. Все геологические объекты, изучаемые в процессе съемки, должны быть нанесены на полевую геологическую карту, то есть, все типы маршрутов должны быть нанесены на карту геологических проектируемых работ.

Этот раздел может начинаться словами *«Проектируются следующие картировочные маршруты с попутными поисковыми исследованиями…»* и далее описываются все запланированные маршруты и виды работ, которые отображены на проектной карте.

Шлиховое опробование

Шлиховое опробование является одним из самых распространенных методов поисков большой группы полезных ископаемых, минералов, которые отличаются высоким удельным весом и достаточной физико-кинетической устойчивостью. При геологической съемке масштаба 1:50 000 опробованию подвергаются современные русловые отложения, древний аллювий террас, рыхлые озерные и морские отложения.

Шлиховой метод, заключающийся в извлечении шлиха, качественном и количественном изучении тяжелой фракции рыхлых отложений. Метод эффективно применяется при поисках как россыпных месторождений ряда тяжелых минералов (золото, платина и платиноиды, касситерит, вольфрамит, алмаз, монацит, рутил и ильменит), так и коренных месторождений полезных ископаемых, в состав которых входят тяжелые минералы.

Пробы отбирают с поверхности, шурфов и буровых скважин в трех-четырех точках на 1 км^2; обычный объем пробы - 0,02 м^3. Плотность сети опробования может отклоняться от стандартной в зависимости от густоты речной сети и физико-географических особенностей района работ. Объем проб также иногда может быть меньше или больше стандартного в зависимости от минимального содержания и степени неравномерности распределения искомых минералов в опробуемых рыхлых отложениях. Отобранные шлиховые пробы подвергаются промывке на месте, состоящей из трех последовательных операций: 1) отмучивание глинистой фракции и выброс галек; 2) сброс наиболее легких минералов; 3) доводка до серого шлиха, причем контрольным минералом, появление которого указывает на необходимость прекратить доводку, обычно служит хорошо заметный гранат или другой минерал, близкий по плотности.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При поисках на всей изучаемой площади с целью выявления перспективных участков опробуется главным образом аллювий. Точки отбора проб наносят на карту и по характеру содержания и по количеству тяжелых минералов, выясняется, откуда выносились и транспортировались эти компоненты.

Шлиховое опробование проектируется как самостоятельный вид работ одновременно с геологической съемкой или поисками и проводится отдельным шлиховым отрядом (отрядами).

Литохимическое опробование

Может быть использовано как самостоятельный метод изучения отдельных участков при геохимической характеристике картируемых толщ, так и в качестве дополнения к шлиховому опробованию. Литохимическое опробование заключается в массовом отборе проб малого веса (20 - 50 г) из почвенного слоя, элювия коренных пород или делювия с поверхности или с небольшой глубины (до 1 м). Число пунктом взятия проб определяется масштабом съемки, но не должно быть меньше 1 пункта на 1 $см^3$ карты. Литохимические исследования выполняются специальным отрядом.

В отличие от шлихового опробования, при котором проводятся отдельные маршруты, литохимическое опробование чаще всего бывает площадным, т. е. этим исследованиям подвергается вся территория, на которой проводится съемка.

Для работ в масштабе 1: 50 000 расстояние между профилями 250 м). Точки связываются системой ортогональных профилей.

Таким образом, получается равномерная сетка опробования территории. Это делает в маршрутах специальный поисковый отряд. После разбивки сети профилей на местности проводятся литохимические маршруты. В каждой точки берется проба в поверхностной части коренных отложений. Для этого применяется прибор пробоотборник. Затем производят спектральный анализ в специальных лабораториях. Таким образом, получают качественную и количественную информацию о минеральных компонентах слагающих коренные отложения. На камеральных работах строят серию карт процентного содержания минеральных компонентов горных пород и определяют перспективные зоны для прогноза месторождений полезных ископаемых.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Этот раздел может начинаться словами: «*Литохимическое опробование проводится на участках ___, ___ и ____ с целью обнаружения повышенных концентраций _____ элементов. Общая площадь литохимического опробования планируется _____ км^2».*

Гидрохимические исследования

В процессе проведения всех геологических маршрутов при обнаружения любого водного источника дается его описание и он наносится на карту фактического материала. Из всех источников берутся пробы воды для анализа в лабораториях. Для всех источников определяется фон радиоактивности. Обычно все пробы воды анализируются в полевых лабораториях, которые представляют собой деревянные ящики, удобные для транспортировки. Внутри ящиков находится необходимая посуда и химические реактивы для проведения анализов.

Наиболее эффективным является применение гидрохимического метода для поисков месторождений полезных ископаемых, которые находятся в следующих условиях:

1) на участках, перекрытых мощным чехлом отложений;

2) в резко расчлененных высокогорных районах, где из-за специфических условий дренажа подземных вод метод становится не только более глубинным, но и возможна более точная интерпретация гидрохимических аномалий;

3) в платформенных условиях. Исследования масштаба 1:50000 называются собственно поисковыми, они проводятся на перспективных площадях для выявления гидрохимических ареалов и выявления участков для постановки детальных работ, гидрохимические исследования заключаются в проведение полукачественного спектрального анализа на 15 - 20 элементов сухих остатков проб воды из источников воды. Отбор воды берется во время геологических маршрутов. Берется не менее одной пробы на 2 км^2 съемки в объеме 0,5 литра. При отборе воды снаружи проводится ориентировочное определение минерализации воды при помощи полевого солемера, замер температуры воды и воздуха, замер расхода воды в водотоках, замер и изучение газового состава.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Наблюдения при полевых гидрохимических исследованиях фиксируются в полевых дневниках и на полевой карте фактического материала.

Данные гидрохимического анализа используются для различных целей в зависимости от геологического строения снимаемого района (выяснение геохимической особенности пород, прослеживавшие тектонические нарушения, выяснение характера контакта интрузивных тел с вмещающими породами, объяснение первичной природы метаморфических пород и их потенциальной рудоносности).

Запроектируйте, если это необходимо, гидрохимические исследования

Радиометрические исследования

Проводятся с целью изучения радиоактивности горных пород и выделения промышленных месторождений, радиоактивных руд. Радиоактивность пород учитывается по интенсивности гамма - излучения специальными приборами - радиометрами. Измеряется в микрорентгенах в час. Сеть наблюдений при гамма-съемке зависит от геологического строения площади и масштаба съемки. Направление профилей выбирается в зависимости от геологических условий, обычно вкрест простирания структур. Проводят радиометрические исследования попутно с проведением геолого-съемочных маршрутов.

Запроектируйте, если это необходимо, радиометрические исследования. Для этого можно предусмотреть маршрутные пешеходные гамма-поиски (плотность точек – 15 точек на погонный километр), площадная гамма – съемка (плотность наблюдений – 60 точек на 1 км^2), радиометрическое изучение опорных разрезов для выяснения радиоактивности и возможности корреляции различных литологических комплексов (количество наблюдений – через 5 м нормальной мощности по разрезу), гамма - профилирование горных пород; радиогидрогеологическое опробование водных источников (проводится уранометрический анализ всех гидрохимических проб, а 10 % общего количества отбирается на содержание радия).

Геофизические исследования

Выполняются в площадном и профильном варианте для решения геологических и поисковых задач, для выявления и прослеживания

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

контактов литологических разностей пород, геологических тел и тектонических структур на глубине и в пределах участков, перекрытых чехлом рыхлых образований.

Эти методы основываются на наблюдениях различных физических свойств горных пород (плотности, упругости, магнитности, электропроводимости, радиоактивности и т. д). На основе характера исследуемых физических полей сформировались соответствующие геофизические методы: гравиразведка (изучает поля силы тяжести, поля тяготения), сейсморазведка (использует направление и скорости распределения упругих колебаний, вызываемых взрывами или ударами как естественными, так и искусственными), магниторазведка (основывается на наблюдениях за земным магнетизмом; важнейшими методами являются аэромагнитная съемка, наземные магнитные исследования, изучение палеомагнетизма и др.), электроразведка (опирается на изучение электрических полей как естественных, так и искусственных; важнейшими являются методы постоянного тока - электропрофилирование, электрозондирование), радиометрия (изучает радиоактивность горных пород, руд в естественных условиях залегания; важнейшими являются различные гамма-методы). Объемы, модификации, системы наблюдений и другие показатели работ определяются специальным проектом на геофизические исследования.

Геофизические приборы (гравиметры, сейсмометры, магнитометры, потенциометры, радиометры, эманометры и др.) позволяют выделить на поверхности земли или в воздухе изменения физических полей или физических явлений, связанные с присутствием пород и руд, отличающихся по физическим свойствам от вмещающих пород. Различия в интенсивности и форме физических полей являются аномалиями, на основании которых судят о формах и размерах тел, вызывающих эти аномалии, и о глубине их залегания.

Геофизические исследования позволяют более или менее достоверно осветить геологическое строение изучаемой территории особенно при плоском рельефе. Они иногда позволяют получить сведения о глубинном строении Земли, зачастую заменяя дорогостоящие горные и буровые работы. Результаты их оформляются в виде геофизических графиков и карт.

Геофизический (сейсмический) метод – один из важнейших при поисках нефти и газа, так как им можно определить структуры

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

отражающих горизонтов* и таким образом выявить ловушки, погребенные в недрах.

Запроектируйте, если это необходимо, радиометрические исследования.

Геоморфологические исследования

Главная цель геоморфологических наблюдений при геологической съемке масштаба 1:50 000 состоит в том, чтобы путем изучения истории развития рельефа, получить такие сведения о районе, которые могут существенно дополнить и расширить информацию о геологическом строении полезных ископаемых территории. Изучение наблюдаемых форм рельефа заключается в описании их внешнего вида (морфологии), установлении их размера и положения в пространстве (морфометрии), определении их происхождения (генезиса) и выявлении стадий развития, последовательности и времени их образования, возраст.

Методика полевых геоморфологических наблюдений характеризуется следующими особенностями. Точка наблюдений, закрепленная на карте, привязывается к местам изменения в характере рельефа - перегибам, бровкам, уступам, подножьям склонов, вершинам и т. д., при этом расстояние между точками будет зависеть от сложности рельефа. Описание в точке привязки должно характеризовать рельеф не только в данной точки, но и на всем отрезке маршрута. Ключевыми участками, наиболее отчетливо выражающие основные этапы формирование рельефа, являются речные долины с террасами и разновысотными остатками древних денудационных поверхностей, с изучения которых обычно начинают геоморфологические работ.

Лабораторно-аналитические исследования и камеральные работы

В ходе полевых геологических маршрутов накапливается значительный объем информации, которой обрабатывают и систематизируют. Обработка и систематизация заключается в проведении полевых лабораторных работ и в построении различных разрезов и карт. В комплекс лабораторных исследований входит:

1) петрографический анализ;

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2) минеральный анализ;
3) определение возраста горных пород по комплексу макро фауны и флоры;
4) гранулометрический анализ;
5) гидрохимический анализ.

Для лабораторно-аналитических целей либо в составе партии организуются полевые лаборатории для определения фракционного состава, минералогического, микрофаунистического, спектрального анализа образцов пород, химического анализа вод, либо отобранные пробы отдаются для анализа в специалилированные подразделения, или организации. Во время полевых исследований производится отбор образцов и проб для различных целей:

1) для создания эталонных коллекций горных пород, полезных ископаемых, окаменелостей;
2) для визуального сравнения между собой горных пород, встречающихся в различных местах изучаемой территории;
3) для лабораторных и камеральных исследований горных пород, полезных ископаемых, остатков организмов.
4) К таким исследованиям относятся:
- минералого - петрографическое изучение пород в шлифах под микроскопом,
- шлиховое изучение минералогического состава,
- химический анализ и технологическое испытание руд,
- определение физических свойств пород, их гранулярного состава,
- термографического, люминесцентного, спектрального, масс-спектрального, радиоактивационного, спектрофотометрического анализов и других видов физико-химических исследований, необходимых для углубленного изучения состава и происхождения пород (электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, термолюминесценция и др.);
5) комплекс специальных отраслевых исследований при детальных съемочные работах, имеющих целевое назначение. В одних случаях это поиски полезных ископаемых и исследования связаны с проведением серии анализов, касающихся качественной и количественной оценки рудных залежей. В других - это инженерно-гидрогеологические работы и лабораторные исследования, в этом случае исследования проводятся с целью качественной и количественной оценки горных пород и грунтов как оснований для инженерных сооружений и др.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Запланируйте конкретные лабораторно-аналитические исследования.

Окончательную камеральную обработку проводят после завершения полевых работ. Продолжительность периода не должна превышать время, предназначенное на проведение полевых работ. Камеральной обработкой занимается весь состав партии, за исключением лиц, не являющимися основными исполнителями, с привлечением консультантов. Окончательная обработка собранного материала заключается:

1) в проведении лабораторных исследований собранных остатков фауны и флоры, петрофизическом определении состава образцов и пород для уточнения стратиграфии района;

2) в систематизации коллекций образцов и передаче наиболее интересных на хранение;

3) в выполнении лабораторных исследований качества полезных ископаемых по отобранным пробам;

4) в обработке полевых дневников и разрезов.

Одновременно с учетом всех вышеприведенных исследований исправляется, уточняется и оформляется геологическая карта и стратиграфическая колонка, составленные в поле. На эту карту не наносятся данные вспомогательного характера. Составляется карта фактического материала, на которую наносят все точки наблюдения, скважины, горные выработки, источники, места отбора фауны, геологические границы. Стратиграфические подразделения не раскрашиваются. К геологическим картам прикладывается сводная стратиграфическая колонка и один или несколько геологических разрезов.

Отчетный материал включает: текст отчета, комплект обязательных и дополнительных карт.

Время, отводимое на камеральные работы, составляет 7-10 % от проектируемых работ.

Запланируйте камеральные работы и подготовку отчета.

Объем этой главы – 1 - 5 страниц.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

14.2.4. Заключительные главы

В заключении приводятся выводы по всем главам и подводят итоги выполнения поставленных во введении целей и задач. Заключение следует писать по следующей схеме:

1. Чему научились и какие возникли трудности при выполнении курсового проекта.
2. Какие задачи решены при анализе геологического строения территории карты.
3. Рекомендации по проведению первоочередных поисковых работ: что искать, на каких участках и какими методами.

Объем главы 1 страница.

Завершается работа списком литературы, пример оформления которой приведен ниже, и оглавлением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корсаков А.К. Структурная геология. -М.: КДУ, 2009. – 328 с.
2. Милосердова Л.В., Мацера А.В. Самсонов Ю.В. Структурная геология. - Изд-во "Нефть и газ", 2004.
3. Объяснительная записка к геологической карте/ Милосердова Л.В., Осипов А.В. - Изд-во Нефть и газ, М.:- 2014.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение
1. Орогидрография
2. Стратиграфия
3. Тектоника.
4. Геоморфология
5. История геологического развития.
6. Полезные ископаемые и перспективы нефтегазоносности
7. Проект поисковых работ
8. Заключение
Литература

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 15. Геологическое дешифрирование аэро- и космоснимков

С появлением аэро- и космических изображений Земли геологи получили принципиально новый источник информации, позволивший видеть структурные формы и их проявления на поверхности Земли в их естественных границах и соотношениях с другими структурами.

Дистанционные изображения несут информацию, которая раньше не была доступна и не учитывалась при геологических построениях, но отражает важные черты строения земной коры. Прежде всего, это разнопорядковые разрывные нарушения, в том числе погруженные под новейшими образованиями, играющие важнейшую роль в формировании мозаично-блоковой структуры земной коры, а также кольцевые и дуговые структурные элементы разного размера и генезиса. Видны также традиционно выделяющиеся при геологическом картировании границы между геологическими телами различного состава.

15.1. Методика дешифрирования аэрофотоснимков

Исходные материалы

Стереопары черно-белых аэрофотоснимков масштаба 1:20 000 или их анаглифическое изображение. Если Вы хотите работать со стереоскопом, перейдите по ссылкам к снимкам большого разрешения, распечатайте их с хорошим качеством, и работайте, руководствуясь методикой работы со стереоскопом. Если Вы хотите работать с анаглифическим изображением, перейдите по ссылке к анаглифическому изображению и либо распечатайте его на цветном принтере, либо откройте изображение в любом удобном для Вас графическом редакторе, например Photoshop, и воспользуйтесь анаглифическими очками (рис. 15.1).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Порядок работы

1. Получить стереоэффект.

Если Вы работаете со стереоскопом, то для этого

- Определить, который из снимков правый, а который - левый. Для этого наложить их друг на друга по одинаковым контурам. Контуры совместятся с небольшим смещением - один снимок окажется правее другого на 5-7 см.

- Раздвинуть снимки в стороны - правый - направо, а левый - налево так, чтобы зазор между ними составил бы 5-7 см.

Найти в центральной части снимков какой-нибудь небольшой хорошо заметный контур и отметить его карандашом (например, - крестиком - на левом и кружочком - на правом снимках).

- Глядя в стереоскоп, и слегка передвигая снимки, оптически совместить отмеченные контуры и их окрестности. При этом должен возникнуть стереоэффект - объемное изображение местности.

Если Вы работаете с анаглифическим изображением, то наденьте анаглифические очки (рис. 15.1), поместите анаглифическое изображение на расстояние наилучшего зрения. Через несколько секунд Вы увидите стереоизображение.



Рис. 15.1. Анаглифические очки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Отдешифрировать геологические границы. Благодаря избирательной денудации, различные по составу толщи по-разному сопротивляются выветриванию и на них формируются различные формы и микроформы рельефа. Поэтому границы между различными формами рельефа соответствуют геологическим границам.

Если Вы работаете со стереоскопом - глядя в стереоскоп на правом снимке, на той его части, где виден стереоэффект, проведите геологические границы между толщами.

Если Вы работаете с анаглифическим изображением – на экране с помощью графического редактора, или на распечатанном изображении проведите границы между территориями с различными формами рельефа, структурные линии и линеаменты. Если по разные стороны линеаментов видны смещения маркирующего горизонта – отметьте их.

Сначала - сплошной линией проведите там, где они видны хорошо, а затем прерывистой линией - где граница выделяется неуверенно.

3. Построить схематический геологический разрез. Для этого: - Выбрать на снимке направление и место разреза. Выбирайте разрез так, чтобы он был максимально информативным.

- Горизонтальный масштаб разреза сделать равным масштабу снимка, а вертикальный - таким, каким Вы его видите.
- Нарисовать профиль рельефа, и нанести на него геологические границы.

4. Оформить полученную схему геологического дешифрирования в соответствии с правилами оформления геологических чертежей.

5. Кратко описать дешифровочные признаки выделенных толщ.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

15.2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ ГОРИЗОНТАЛЬНО ЗАЛЕГАЮЩИХ ТОЛЩ В УСЛОВИЯХ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ ДЕНУДАЦИИ. ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Цели и задачи работы:

1. Знакомство с методикой геологического дешифрирования стереопары аэрофотоснимков крупного масштаба.
2. Овладение приемами составления схемы предварительного дешифрирования аэрофотоснимка.
3. Знакомство с принципами планирования геологического маршрута.
4. Овладение приемами оформления схемы предварительного дешифрирования.

Работа выполняется на примере территории Центрального Предкавказья - одного из наиболее фотогеничных регионов России.

Исходные материалы

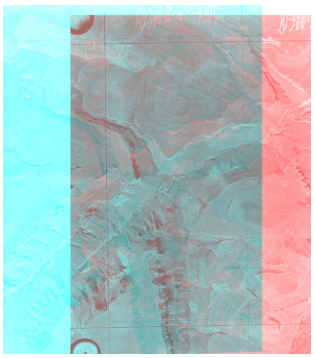
Стереопары черно-белых аэрофотоснимков масштаба 1:20 000 или их анаглифические изображения (рис. 15.2, 15.3). Если Вы хотите работать со стереоскопом, перейдите по ссылкам к снимкам большого разрешения, распечатайте их с хорошим качеством и работайте, руководствуясь методикой работы со стереоскопом. Если Вы хотите работать с анаглифическим изображением, перейдите по ссылке к анаглифическому изображению и либо распечатайте его на цветном принтере, либо откройте изображение в любом удобном для Вас графическом редакторе, например Photoshop, и воспользуйтесь анаглифическими очками



Аликоновка, ***левый***



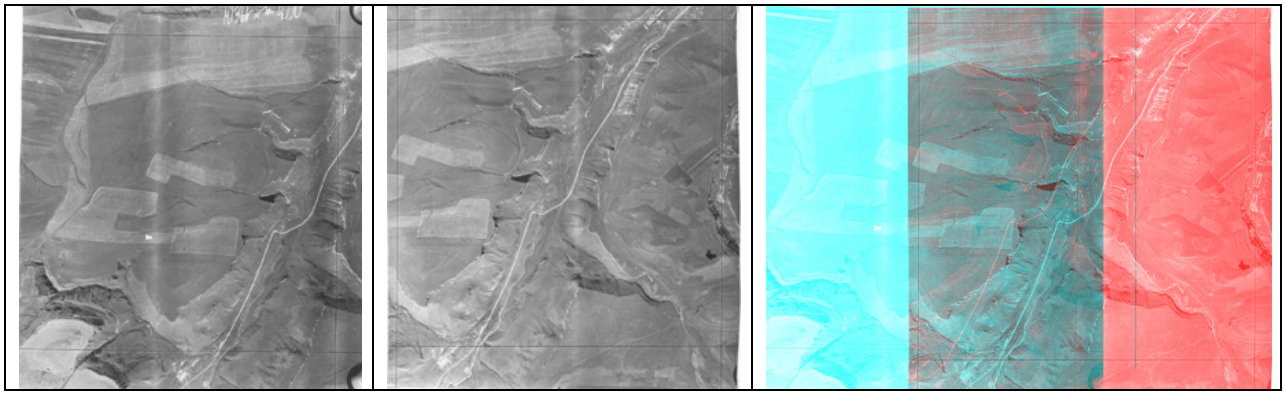
Аликоновка, ***правый***



Аликоновка, ***анаглиф***

Рис. 15.2. Стереопара аэрофотоснимков р. Аликоновка, правого притока р. Подкумок.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Эшкакон, ***левый*** Эшкакон, ***правый*** Эшкакон, ***анаглиф***

Рис. 15.3 Стереопара аэрофотоснимков р. Эшкакон, правый приток р. Подкумок.

Территория находится в Предкавказье, к западу от г. Кисловодск (рис. 15.4).

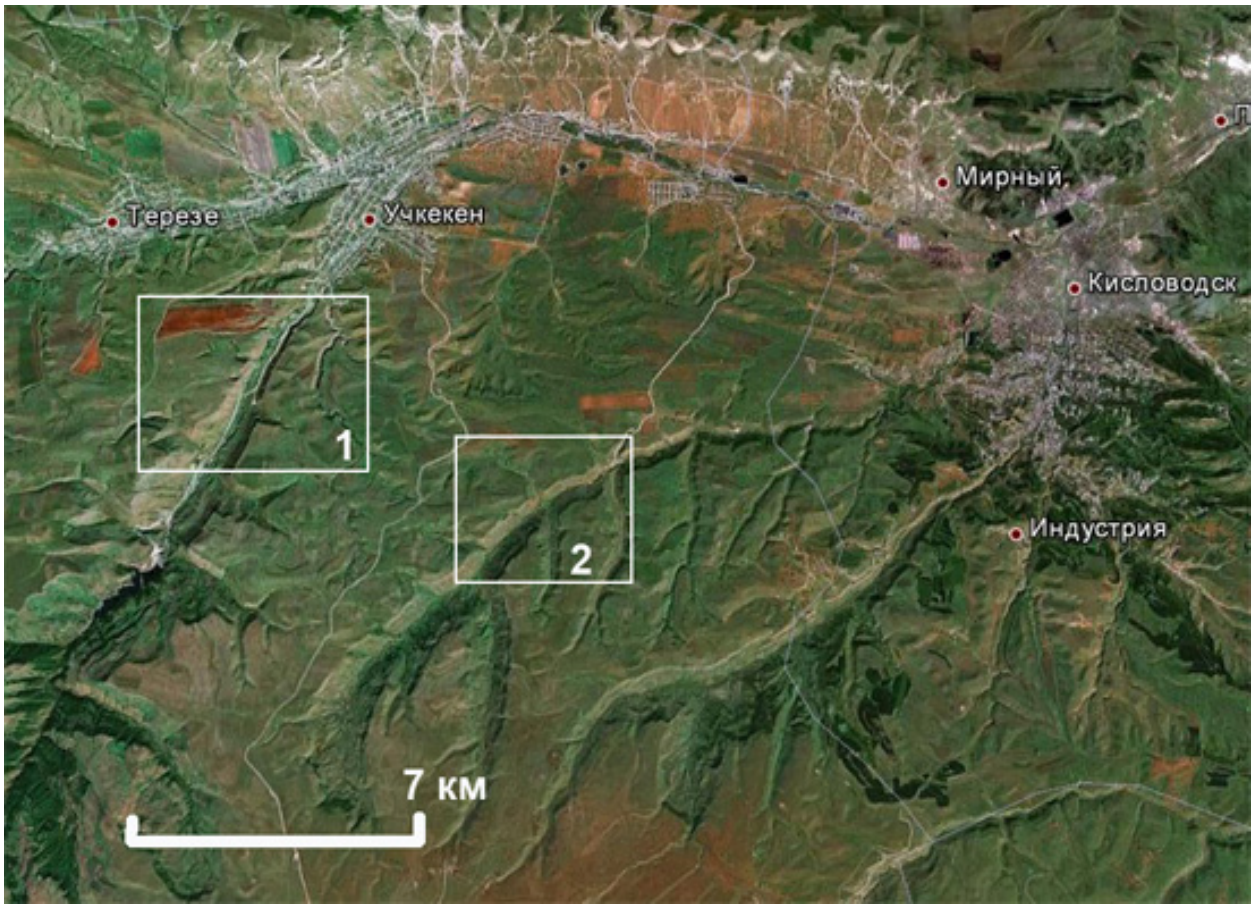


Рис. 15.4. Расположение аэрофотоснимков. 1 – участок Эшкакон, 2 – участок Аликоновка

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Методические указания по выполнению работы

1. Получить стереоэффект, как это рекомендовано в главе 15.1.

2. Отдешифрировать геологические границы. Благодаря избирательной денудации, различные по составу толщи по-разному сопротивляются выветриванию и на них формируются различные формы и микроформы рельефа. Поэтому границы между различными формами рельефа соответствуют геологическим границам.

Перед Вами широкая и глубокая долина, в нижней части которой борта изрезаны многочисленными ложбинами временных водотоков. Эта часть разреза сложена рыхлыми, нестойкими к выветриванию породами (толща I рис. 15.5).

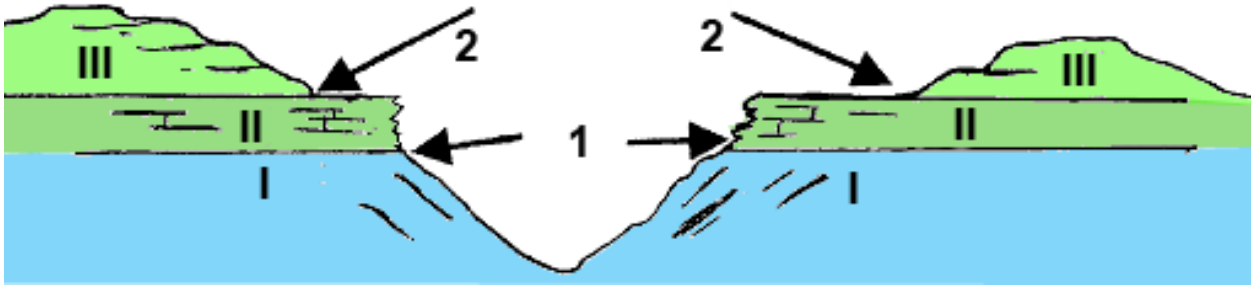


Рис. 15.5. Профиль рельефа и положение на нем геологических границ. I - терригенная толща, слагающая склоны долин с многочисленными протоками; II – карбонатная толща, образующая обрывы и площадки (бронирующие горизонты); III – терригенно-карбонатная пачка, образующая ступенчатые холмы. 1 и 2 - положение в рельефе геологических границ

Выше по склону борта становятся круче и в верхней части - почти отвесны, с многочисленными обрывами, изображающимися светлыми полосками по одному и тому же гипсометрическому уровню рельефа. Далее вверх обрывы сменяются горизонтальными площадками большей или меньшей ширины. Эта часть склона сложена прочными, стойкими к выветриванию породами (толща II). Еще выше видны пологие ступенчатые холмы с плоскими вершинами, покрытые полями. Эта часть разреза образована переслаиванием сравнительно стойких и рыхлых пород. Каждый прослой стойких пород образует отдельную ступеньку (толща III). Таким образом, трем типам рельефа соответствуют три толщи, между которыми имеются две практически горизонтальные геологические границы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Глядя в стереоскоп на правом снимке, на той его части, где виден стереоэффект, или на анаглифическое изображение, провести две геологические границы между тремя толщами. Сначала - сплошной линией проведите там, где они видны хорошо, а затем прерывистой линией - где граница выделяется неуверенно.

Горизонтальные границы должны идти по одному гипсометрическому уровню.

3. Спланировать маршрут (путь, по которому должен пройти геолог) так, чтобы выполняя его, можно было бы описать все три толщи и границы между ними, отобрать образцы из всех трех толщ, не упасть с обрыва, не утонуть в реке, не очень устать, не очень помять поля. Начинать и заканчивать маршрут нужно на автомобильной дороге (толстая светлая линия). При прохождении маршрута следует пользоваться тропинками (тонкие светлые линии). Маршрут изобразите с помощью знаков движения - линий со стрелками.

4. Построить схематический геологический разрез. Для этого:

- Выбрать на снимке направление и место разреза (при горизонтальном залегании разрез должен проходить через максимальную и минимальную отметки рельефа). Выбирайте разрез так, чтобы он проходил через площадки в рельефе и был бы перпендикулярен склонам.

- Горизонтальный масштаб разреза сделать равным масштабу снимка, а вертикальный - таким, каким Вы его видите.

- Нарисовать профиль рельефа, и нанести на него геологические границы. Ваш рисунок будет похож на приведенный на рис. 15.5.

5. Оформить полученную схему геологического дешифрирования в соответствии с правилами оформления геологических чертежей. Примерный образец оформления работы приведен на рис. 15.6.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

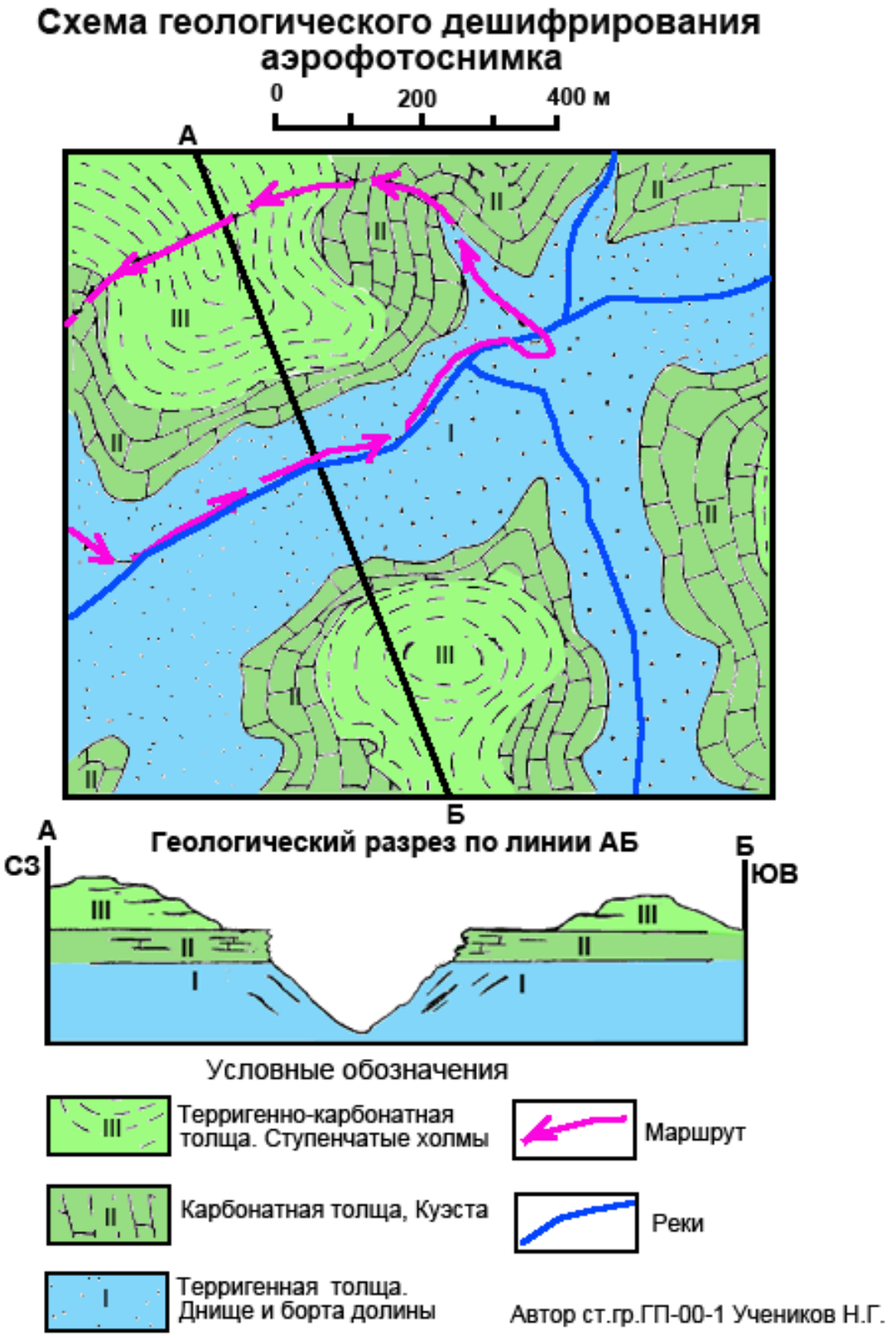


Рис. 15.6. Примерный образец оформления работы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

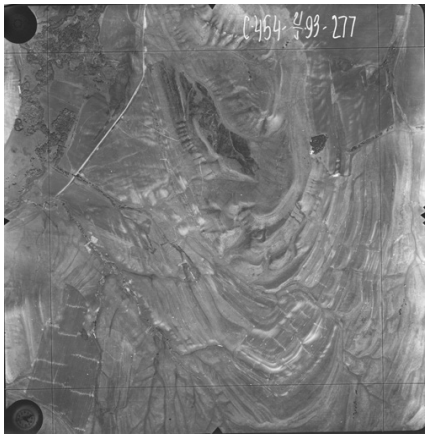
15.3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ СКЛАДКИ. ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

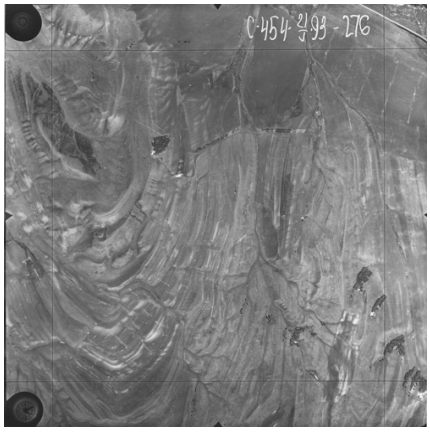
Цели работы

1. знакомство с методикой геологического дешифрирования стереопары аэрофотоснимков крупного масштаба.
2. овладение приемами составления схемы предварительного дешифрирования аэрофотоснимка.
3. овладение приемами оформления схемы предварительного дешифрирования.
4. Работа выполняется на примере территории Южного Предуралья

Исходные материалы

Стереопары черно-белых аэрофотоснимков масштаба 1:20000 или их анаглифическим изображением (рис. 15.7). Если Вы хотите работать со стереоскопом, перейдите по ссылкам к снимкам большого разрешения, распечатайте их с хорошим качеством и работайте, руководствуясь методикой работы со стереоскопом. Если Вы хотите работать с анаглифическим изображением, перейдите по ссылке к анаглифическому изображению и либо распечатайте его на цветном принтере, либо откройте изображение в любом удобном для Вас графическом редакторе, например Photoshop, и воспользуйтесь анаглифическими очками.


складка, ***левый***


складка, ***правый***

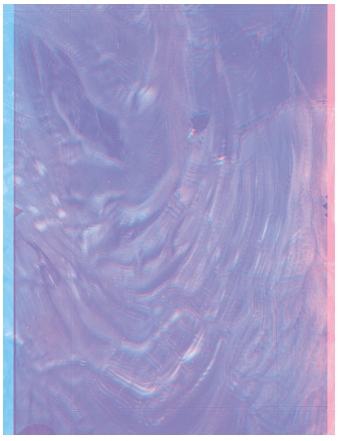

складка, ***анаглиф***

Рис. 15.7. Стереопара аэрофотоснимков Южное Предуралье

Эта территория находится в Южном Предуралье, к востоку от г. Оренбург (рис. 15.8).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

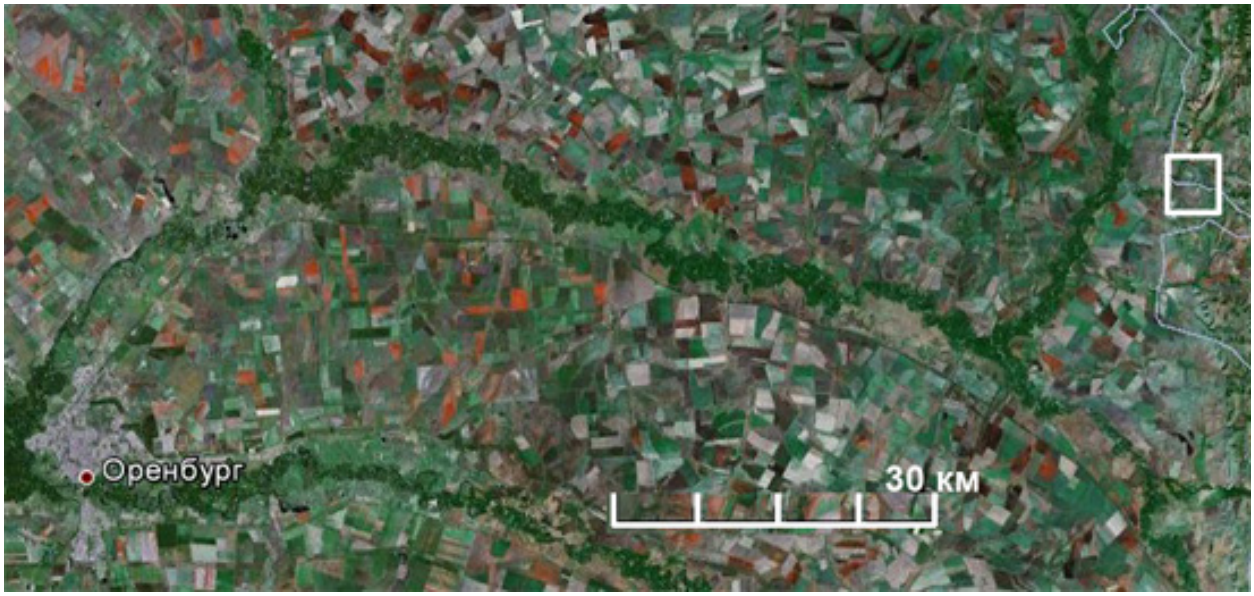


Рис. 15.8. Расположение аэрофотоснимков

Методические указания по выполнению работы

1. Получить стереоэффект, как это рекомендовано в главе. 15.1. Перед Вами фрагмент округлого холма, воздымающегося к северу (рис.15.9).

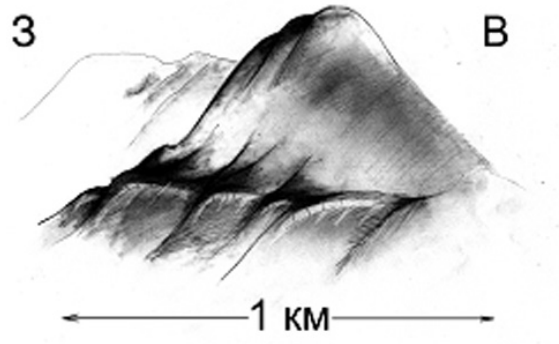


Рис. 15.9. Вид дешифрируемого холма на местности

Холм сложен чередованием более и менее прочных слоев известняков. Прочные слои создают выступы в рельефе, а менее прочные - впадины. Наклоны слоев и пластовые треугольники показывают, что это – синклинальная складка

2. Провести геологическое дешифрирование. Рассматривая территорию стереоскопически, нарисуйте выступающие хребты, обращая особое внимание на участки замыканий складки (рис.15.10).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

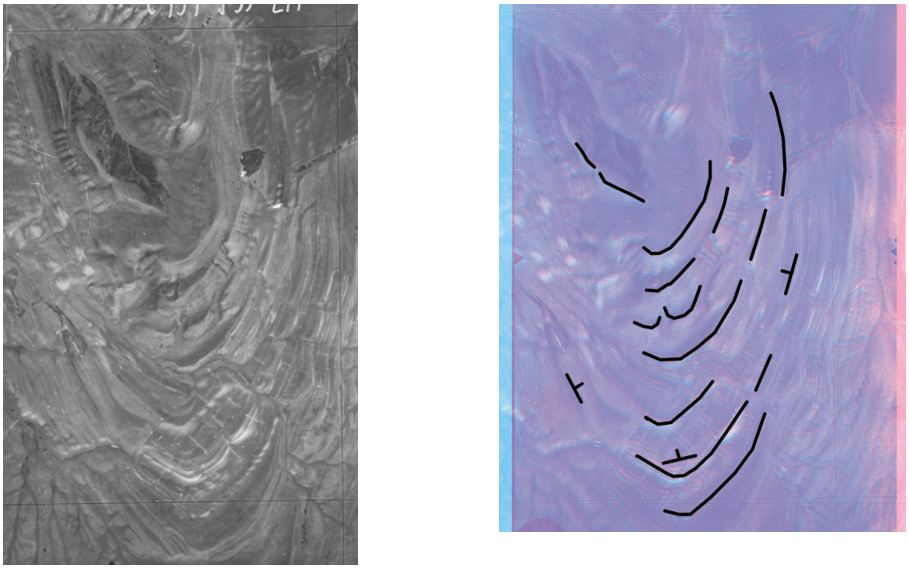


Рис.15.10. Дешифрирование замыкания структуры

3. Некоторые слои разорваны и смещены друг относительно друга. Поверхность смещения нередко наклонена, что видно по пластовым треугольникам. Вот как выглядят некоторые из разрывов. Рассматривая снимок стереоскопически, нарисуйте разрывы, которые Вы видите (рис. 15.11).

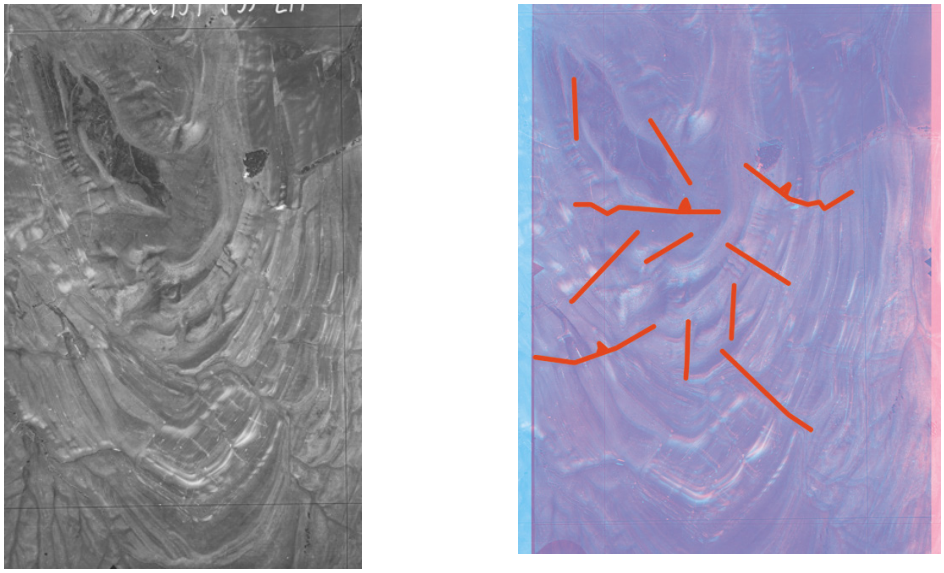


Рис. 15.11. Дешифрирование разрывов

4. Построить схематический геологический разрез. Для этого выберите на снимке направление и место разреза. Горизонтальный масштаб разреза сделать равным масштабу снимка, а вертикальный - таким, каким Вы его видите. Нарисуйте профиль рельефа, и изобразите на нем залегание слоев (на рисунке показан только

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

примерный профиль рельефа, разрез требуется построить самостоятельно).

5. Оформить полученную схему геологического дешифрирования в соответствии с правилами оформления геологических чертежей. Примерный образец оформления работы приведен на рис.15.12. Здесь показаны не все фрагменты специального содержания и дан только профиль рельефа, а не сам разрез, который Вы должны сделать самостоятельно.

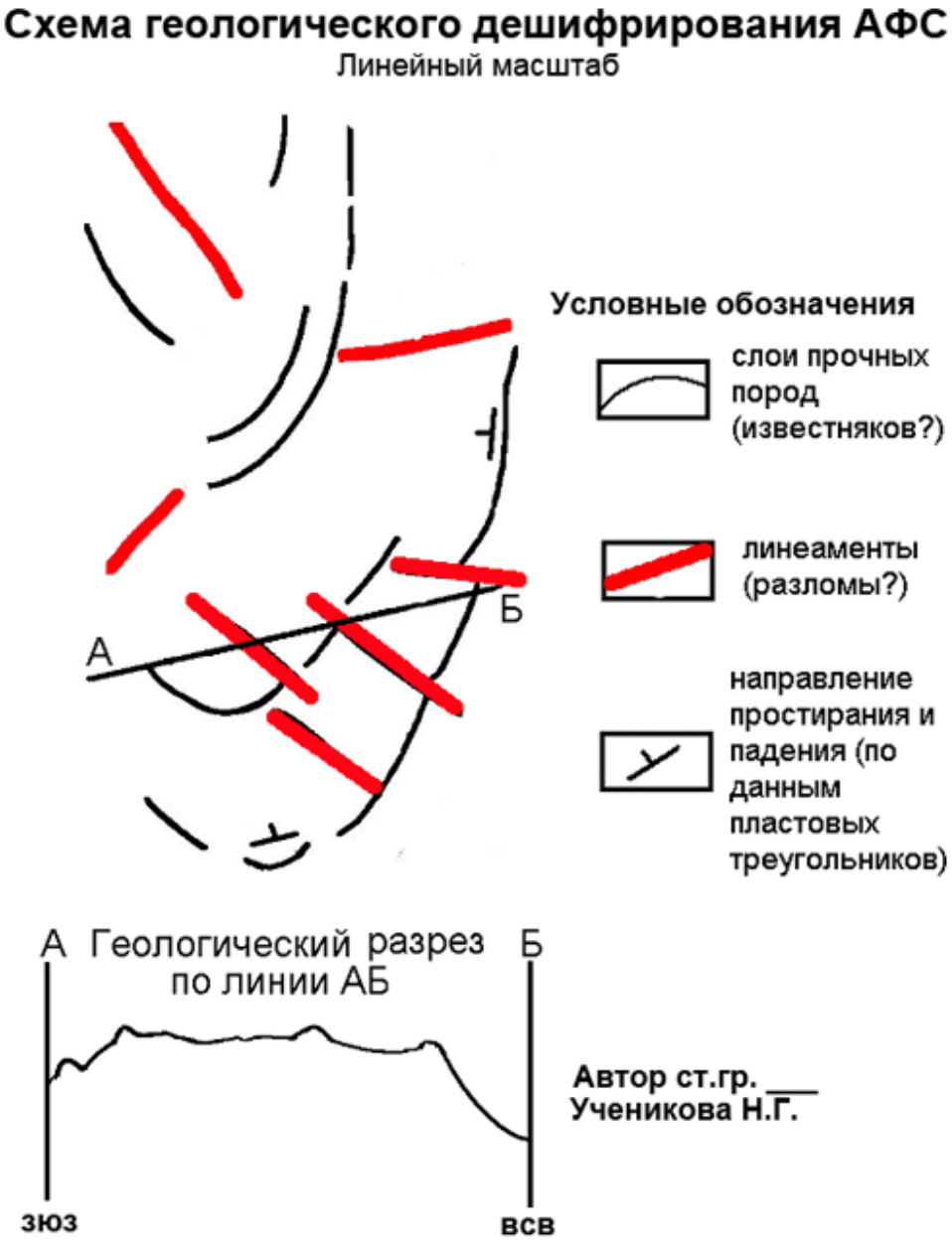


Рис. 15.12. Схема оформления работы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

15.4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ. ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Цели работы

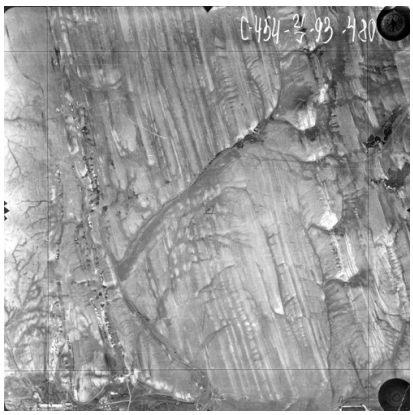
1. Знакомство с методикой геологического дешифрирования стереоизображения аэрофотоснимков крупного масштаба.
2. Овладение приемами составления схемы предварительного дешифрирования аэрофотоснимка.
3. Овладение приемами оформления схемы предварительного дешифрирования.

Работа выполняется на примере территории Южного Предуралья

Исходные материалы

Стереопары черно-белых аэрофотоснимков масштаба 1:20 000 или их анаглифическим изображением (рис. 15.13). Если Вы хотите работать со стереоскопом перейдите по ссылкам к снимкам большого разрешения, распечатайте их с хорошим качеством, и работайте, руководствуясь методикой работы со стереоскопом. Если Вы хотите работать с анаглифическим изображением, перейдите по ссылке к анаглифическому изображению и либо распечатайте его на цветном принтере, либо откройте изображение в любом удобном для Вас графическом редакторе, например Photoshop и воспользуйтесь анаглифическими очками


складка, ***левый***


складка, ***правый***

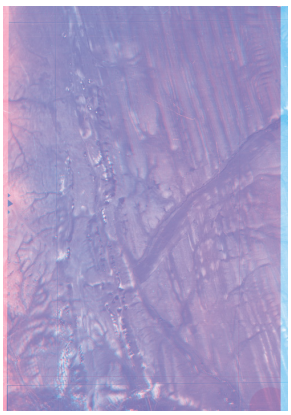

складка, ***анаглиф***

Рис. 15.13. Стереопара аэрофотоснимков Южное Предуралье

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Эта территория находится в Южном Предуралье, к востоку от г. Оренбург (рис. 15.14).

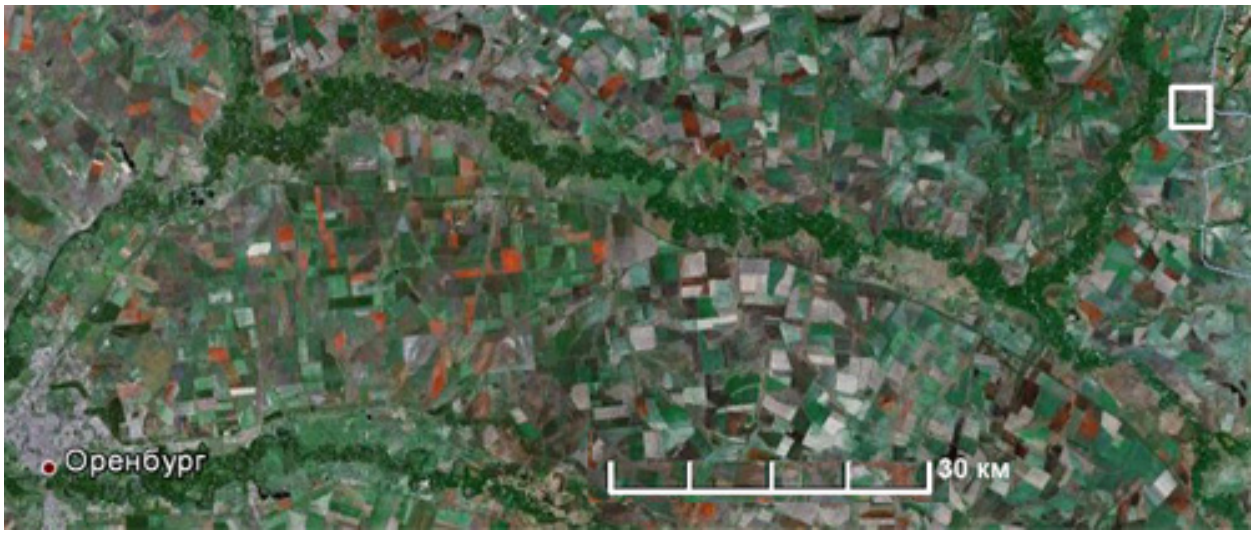


Рис. 15.14. Расположение аэрофотоснимков

Методические указания по выполнению работы

1. Получить стереоэффект, как это рекомендовано в главе. 15.1. Фотоизображение разбивается на три части (рис.15.15).

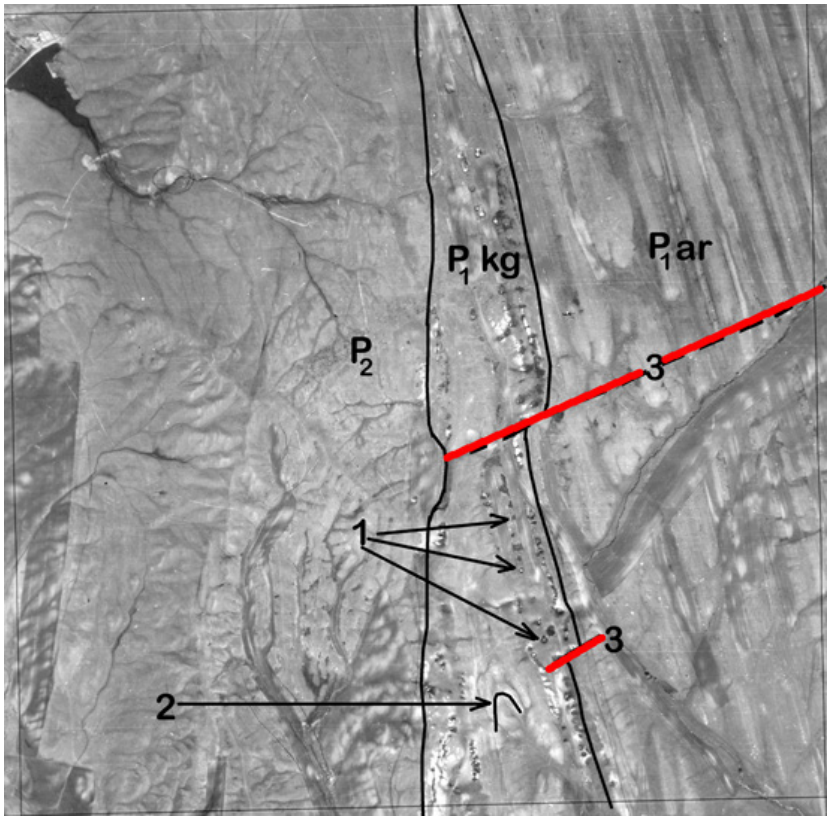


Рис. 15.15. Основные элементы дешифрирования территории аэроснимка: 1 – карстовые воронки, 2 – замыкание складки, 3 - разломы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Справа (на востоке) – параллельно-полосчатый фоторисунок, обусловлен чередованием сравнительно прочных (известняки) и рыхлых пород (глины и алевролиты). Они соотносятся с артинским ярусом нижней перми (P_1 ar), образующие валообразные холмы. В центре – сужающийся к северу клин известняков и гипсоносной толщи, сопоставляемый с кургурским ярусом нижней перми (P_1 kg) с карстовыми воронками (маленькие черные пятнышки - 1). В центральной части, ближе к югу намечается замыкание складки (2). В западной части располагаются округлые холмы, сложенные конгломератами слабосцементированными глинистым цементом, сопоставляемые с уфимским ярусом верхней перми (P_2). Границы в отдельных местах смещены прямолинейными линиями – линеаментами, отражающими разломы (3).

2. Провести на снимке границы территорий с различным фоторисунком. Выделить смещающие слои разрывы.

3. Построить схематический геологический разрез. Для этого выбрать на снимке направление и место разреза. Горизонтальный масштаб разреза сделать равным масштабу снимка, а вертикальный - таким, каким Вы его видите. Нарисовать профиль рельефа, и изобразить на нем залегание слоев. Подумайте, как согласовать замыкание складки с тем, что по одну сторону кунгурского яруса располагается более древняя (артинский ярус), а по другую – более молодая (уфимский ярус) толща? Как это правильно нарисовать?

4. Наметить линию полевого маршрута, по которому бы следовало пройти, чтобы заверить результаты Вашего дешифрирования.

5. Оформить работу в соответствии с правилами.

Если Вы не сумели нарисовать разрез, перейдите по ссылке в раздел ***«подсказки и решения».***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

15.5. МЕТОДИКА ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ

Исходные материалы

Космические изображения различных уровней генерализации, выполненные со спутников Landsat актуальных и архивных, и со спутника серии Космос.

Для работы перейдите по ссылкам, приведенным на рисунках к большим изображениям, загрузите их в любой удобный для Вас графический редактор и распечатайте, или работайте на экране.

Порядок работы

1. Географическая привязка космоснимка

- Сопоставляя снимок с географической картой найти на нем основные географические ориентиры

- Определить масштаб снимка. Для этого:

найти на снимке и на карте по две аналогичные точки. Точки следует выбрать подальше друг от друга;

измерить расстояние между точками на снимке (Lсн) и на карте (Lк);

составить пропорцию: Lсн/Lк = м к/ м сн, где Lсн - расстояние между выбранными точками на снимке, Lк - расстояние между теми же точками на карте, м к - знаменатель масштаба карты, м сн - искомый знаменатель масштаба снимка.

- Определить на снимке северное направление, Для этого

соединить отрезком прямой линии выбранные точки на карте и снимке;

померить угол между линией меридиана и прямой на карте;

отложить получившийся угол на снимке. Второй луч угла будет соответствовать линии меридиана.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Можно поступить проще – наложить друг на друга снимок и карту так, чтобы все выбранные точки оказались на одной прямой, а затем перенести с карты на снимок линию меридиана.

- Сопоставляя снимок с географической картой и стереопарой аэрофотоснимков, найти на космическом снимке территорию, отдешифрированную на аэрофотоснимке (задания 15.2-15.4). Район, подлежащий дешифрированию располагается в окрестностях отдешифрированного аэрофотоснимка.

2. Дешифрирование сети линеаментов.

Линеамент - спрямленный элемент ландшафта. Как правило, они выражаются прямолинейными отрезками рек, коленообразными изгибами рек различных систем, выстроившихся вдоль одной прямой (рис. 15.16).

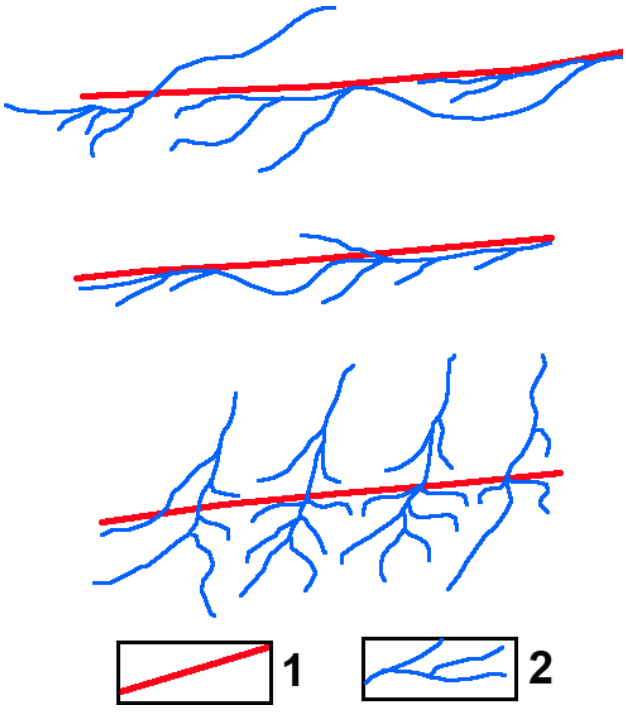


Рис. 15.16. Отражение в речной сети разломов (линеаментов): 1 – разломы (линеаменты), 2 - гидросеть

Пересекаясь, линеаменты, образуют сеть многоугольников. Чаще всего геологической причиной линеаментов являются разломы и зоны трещиноватости –

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

прямолинейные участки с уменьшенной прочностью пород, которые используются реками при выработке ими долин.

Выделить на снимке линеаменты. В тех случаях, когда они выделяются не отчетливо, использовать прерывистую линию.

3. Дешифрирование кольцевых структур.

Кольцевые структуры, или структуры центрального типа - округлые фигуры, образованные дугообразными долинами рек, верховьев оврагов и т.д. (рис. 15.17). Геологическая природа кольцевых структур разнообразна – это могут быть и астроблемы (метеоритные кратеры) и куполовидные антиклинали. В районе снимка геологическая природа кольцевых структур в литературе не описана.

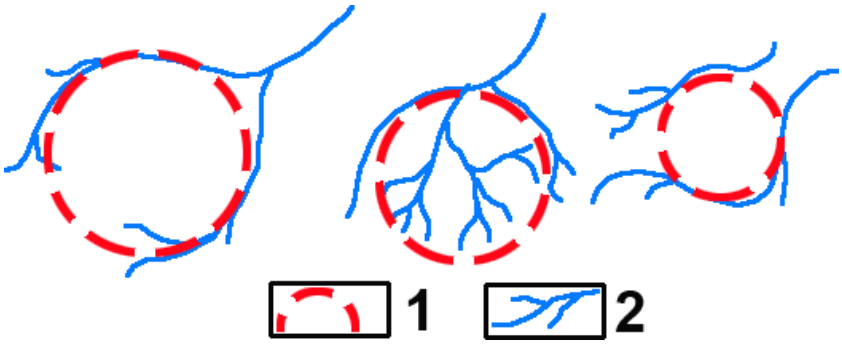


Рис. 15.17. Отражение в речной сети кольцевых структур: 1 – кольцевые структуры, 2 - гидросеть

Выделить на снимке кольцевые структуры. В тех случаях, когда они не выделяются отчетливо, использовать прерывистую линию. Кольцевые структуры могут быть концентрическими, или выделятся фрагментарно.

4. Выделить участки, отличающиеся по фотоизображению. Сопоставить с имеющимися геологическими материалами. Определить геологическую природу выявленных «выделов».

5. Оформление результатов дешифрирования.

Создать систему условных обозначений для схемы геологического дешифрирования. Оформить работу. Описать дешифровочные признаки выделенных объектов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

15.6. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО СНИМКА РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ. ЮЖНОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ

Провести геологическое дешифрирование, значит выявить по снимку геологическое строение территории. Это делают, опираясь на особенности изображения – рельеф, который отображается на изображении фоторисунком, и цвет. На монохромном изображении, прежде всего, опираются на фототон и фоторисунок

Считается, что территории, имеющие одинаковый облик на снимке, одинаковы и в геологическом отношении, а разный – различны. На этом основан контрастно-аналоговый принцип геологического дешифрирования.

Фототон – степень потемнения снимка от белого, до черного через все оттенки серого.

Фоторисунок – взаимное расположение фрагментов различного фототона. На рис. 15.18 приведен космический снимок и показаны развитые на нем характернее типы фоторисунка.

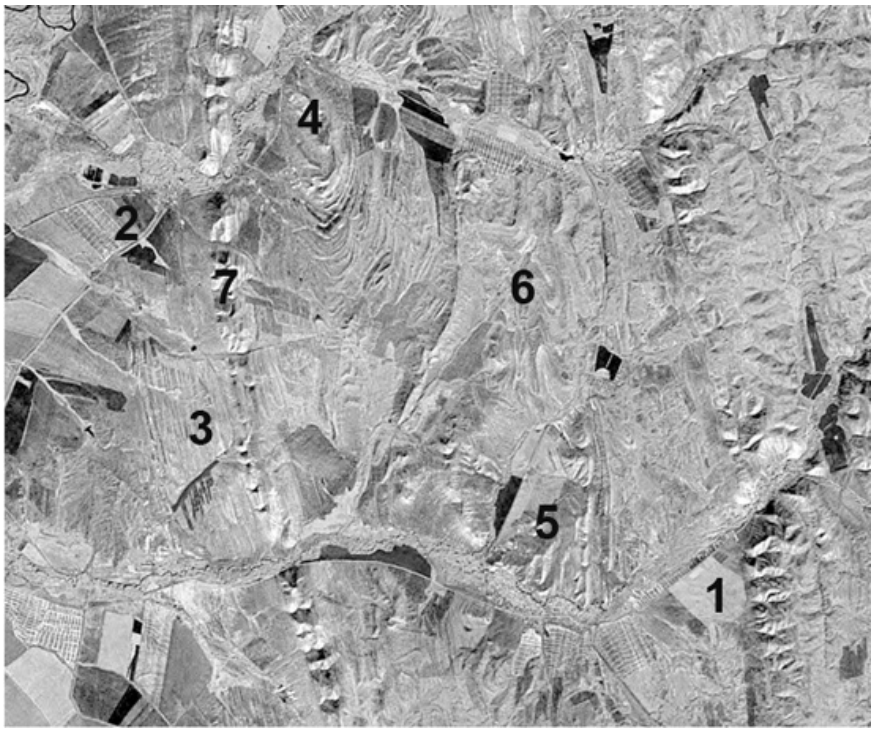


Рис. 15.18. Монохромное изображение и развитые на нем типы фоторисунка: 1 - гладкий, 2 - угловато-мозаичный, 3 – прямолинейно – полосчатый, 4 – округло-полосчатый, 5 – прерывисто-полосчатый, 6 - извилисто-полосчатый, 7 -угловато-пятнистый

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Полосчатость фоторисунка в нашем случае отражает слоистость пачек горных пород. Участки одинакового фототона и фоторисунка среди других типов фототона и фоторисунка образуют «выделы» - территории со сходным изображением.

Различный фоторисунок в нашем случае отражает различные литологические толщи. 1 – гладкий – площади распространения четвертичных осадков, 2 - угловато-мозаичный – поля и возделываемые луга на них, 3 - дендритовидный – сравнительно непрочные однородные породы, 4 – прямолинейно – полосчатый – чередование прочных и непрочных пород залегающих моноклинально, или вертикально, 5 – округло-полосчатый, прерывисто-полосчатый, извилисто-полосчатый - чередование прочных и непрочных пород залегающих в виде складок, или разбитых разломами, 7 - угловато-пятнистый – однородные прочные породы и т.д.

Кроме того, на снимке видна сеть относительно прямых линий (не антропогенного происхождения) – русел рек, границ речных долин и т.д. По некоторым из них происходит смещение слоев пород. Это линеаменты – прямолинейные элементы изображения. Как правило, они отражают разломы (рис. 15.19).

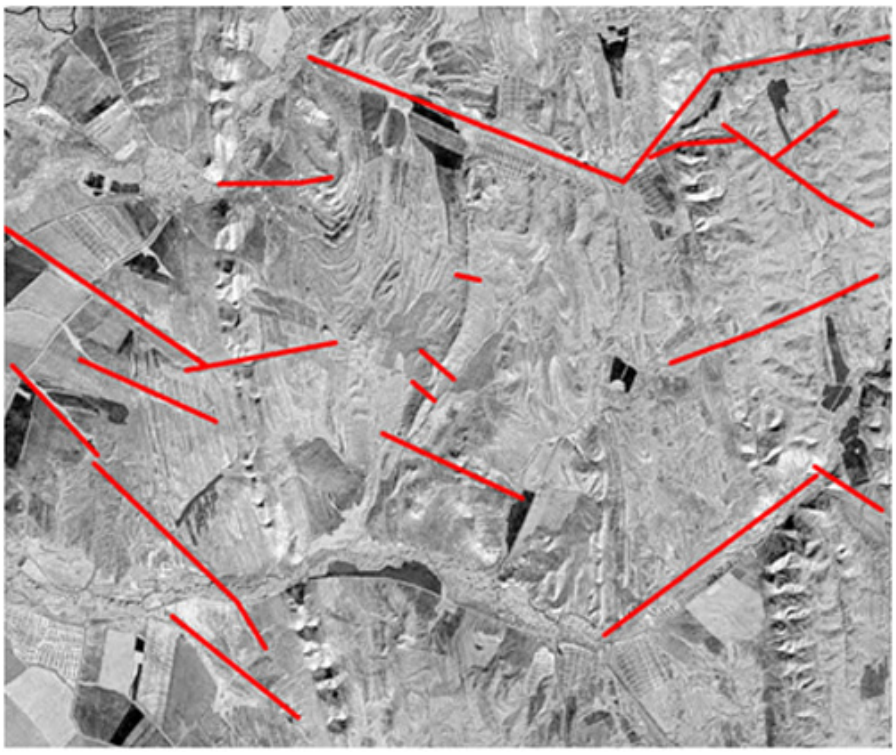


Рис. 15.19. Линеаменты (разломы)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Порядок выполнения работы

Рассмотрите снимок (рис. 15.20).

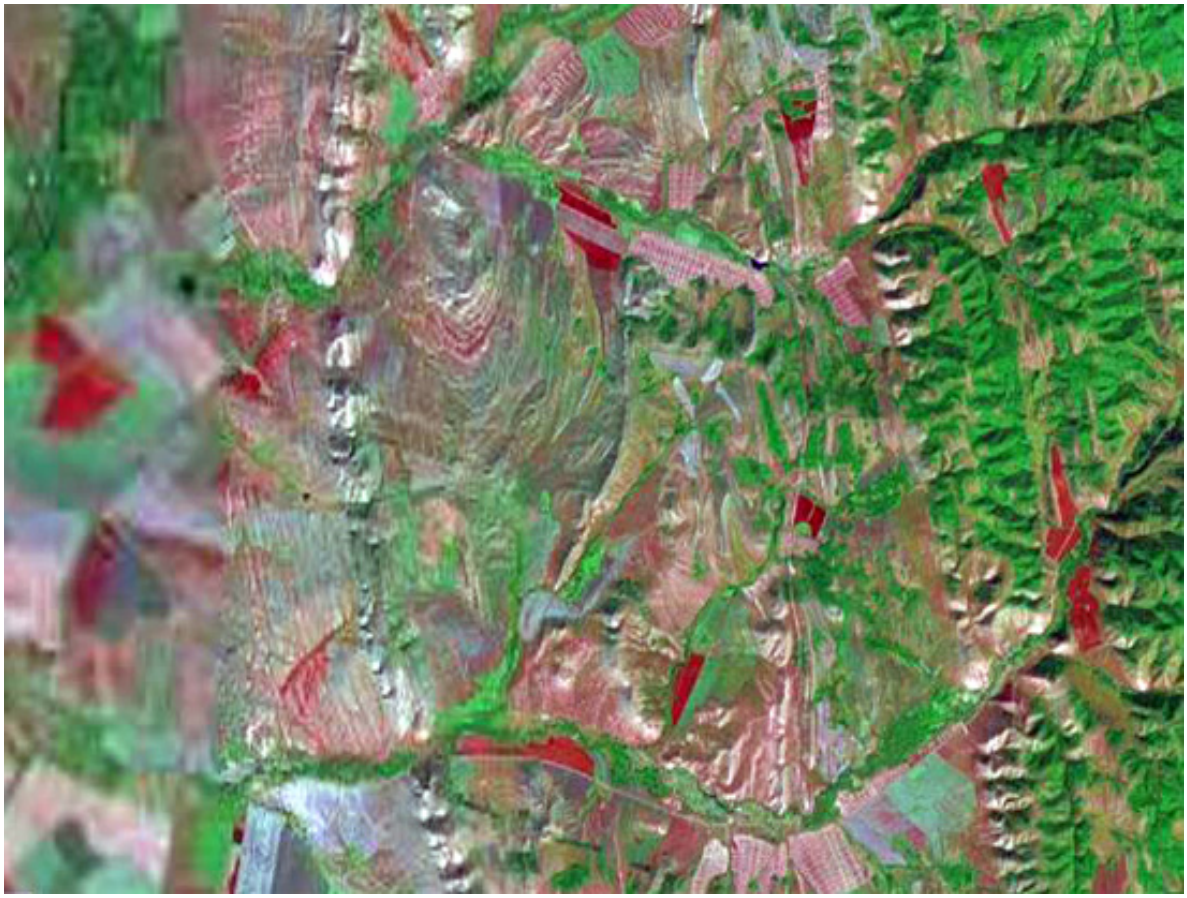


Рис. 15.20. ***Космический снимок Предуралья***

Перейдите по ссылке к файлу «космический снимок Предуралья», скачайте его и распечатайте, или откройте в удобном для себя редакторе.

1. Сопоставляя снимок с географической (рис. 15.21), найти на нем основные географические ориентиры – населенные пункты и реки. Подписать их. Определить масштаб снимка (размер клетки – 2 км).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

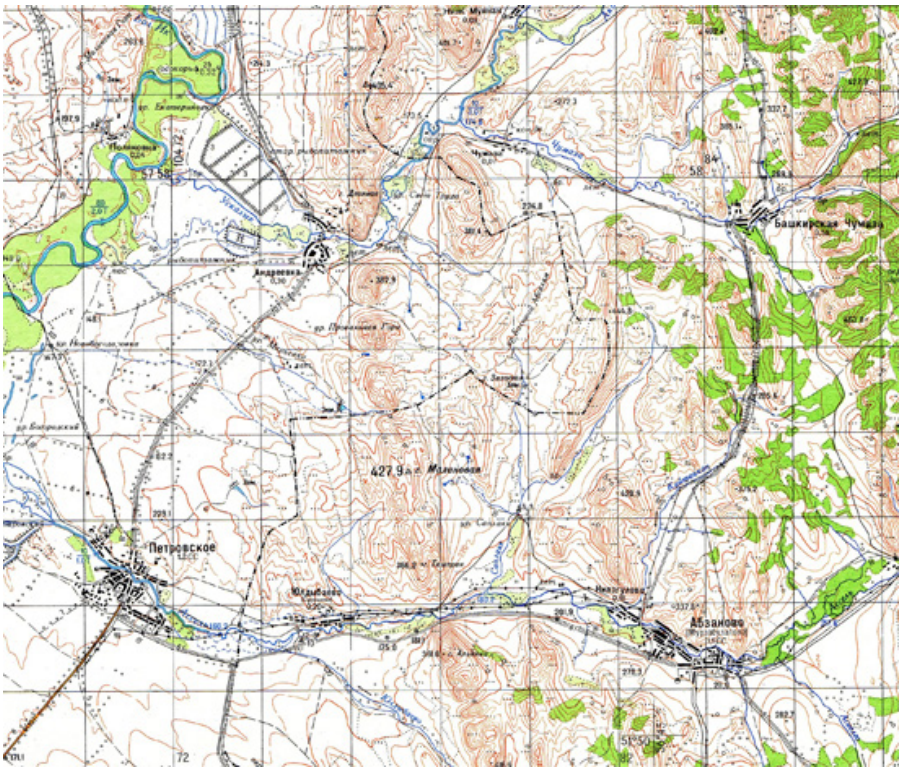


Рис. 15.21. ***Фрагмент топографической карты*** **района космического изображения**

При необходимости перейдите по ссылке и рассмотрите увеличенный фрагмент карты.

2. Выделить на изображении участки с различным фоторисунком - провести границы между ними (рис.15.22):

- Участки сглаженного и антропогенного ландшафта на западе (1), небольшие холмы с дендритовидным фоторисунком (2), зона с прямолинейно-полосчатым фоторисунком, зона угловато-пятнистого фоторисунка, меридиональная горная гряда (4), площадь округло-полосчатого, прерывисто-полосчатого, извилисто-полосчатого фоторисунка, (5), площадь угловато-пятнистого фоторисунка.

- Структурные линии. На рисунке показаны некоторые из них в качестве примера.

- Линеаменты (разломы). На рисунке показаны некоторые из них в качестве примера.

3. Кратко написать, каким сочетанием пород могут быть сложены площади, на которых сформировался данный фоторисунок.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

4. Оформить работу.

Отдешифрированный снимок может выглядеть, например, так, как показано на рис. 15.22.



Рис. 15.22. Возможный пример оформления схемы дешифрирования космического снимка

5. Описать, какими особенностями фотоизображения характеризуются те или иные геологические объекты. Описание следует вести от древних к молодым толщам – с востока на запад. Описать, как выглядят на снимках тектонические объекты – разломы, складки.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

15.7. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО СНИМКА РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Задачи работы:

1. Знакомство с методикой геологического дешифрирования. космического изображения регионального уровня генерализации

2. Овладение приемами составления схемы предварительного дешифрирования космического изображения.

3. Закрепление приемов оформления схемы предварительного дешифрирования.

Работа выполняется на примере территории Центрального Предкавказья.

Исходные материалы: архивный (25 декабря 1973 г.) космический снимок LANDSAT 2, зона 7 – ближняя инфракрасная зона спектра. Рис.5.23). Зимний, естественно схематизированный за счет снежного зимнего покрова. При обработке эти снимки приводились к масштабу 1:1 000 000, или 1:500 000 (рис. 15.23).

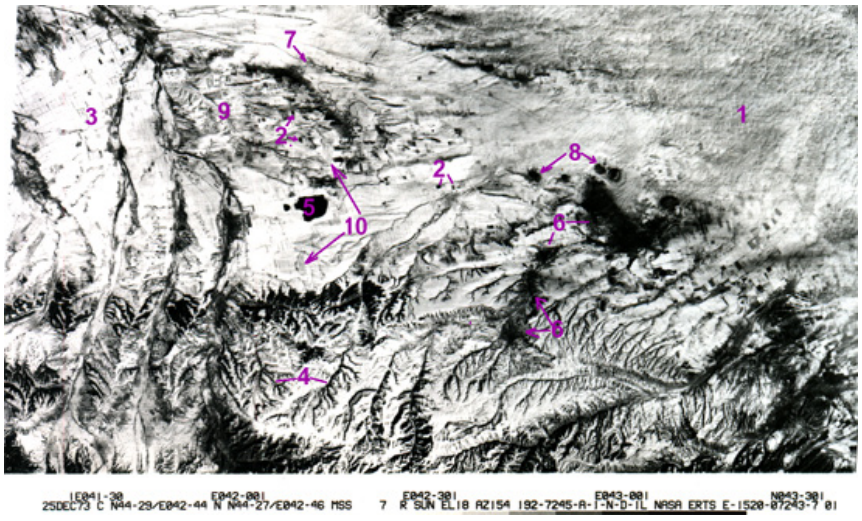


Рис. 15.23. Космическое изображение. 1 – облако, 2 – поля с удобрениями, 3 – 3 – заснеженные поля, 4 – реки, 5 – водохранилища, 6 – города, 7 – дороги, 8 – лакколиты, 9 – синклинальная складка, лесозащитные полосы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Северо-восточная часть площади снимка закрыта облаком (1), северо-западная - занята полями Ставрополья, покрытыми снегами (прямоугольные клеточки на снимке). Темные клетки - поля, на которые вывезены органические удобрения (2), светлые - заснеженные поля (3). Границы между полями выделяются благодаря лесозащитным полосам вдоль них. Реки дешифрируются темными полосами, объединяющимися в древовидные системы (4). Водохранилища - черными пятнами с отчетливыми очертаниями (5).

Города и поселки выделяются темно-серыми до черного пятнами с размазанными очертаниями (6). Дороги (7) - черными нитевидными полосами, на которые “нанизаны” поселки и города. Пятигорские лакколиты выделяются по тепловым аномалиям - черным пятнам амебообразной формы (8). Видна крупная синклинальная складка (9). К востоку от Кубанского водохранилища в меридиональном направлении проходит лесозащитная полоса, изобразившаяся на снимке как ломаная полоска, состоящая из четырех параллельных линий, изогнутых под прямым углом (10).

Снежный покров делает изображение естественным образом схематизированным. Если сравнить изображение с современным, полученным летом 2012 года, можно убедиться, что на нем основные черты геологического строения выделяются более отчетливо, однако из-за сравнительно малого разрешения – опознаются с меньшей достоверностью (рис. 15.24).

Методические указания по выполнению работы

1. Географическая привязка космоизображения. Географическая привязка изображения выполняется в соответствии с методикой, изложенной в разделе 15.5 – методика дешифрирования космоснимков. Сопоставляя снимок с географическими картами (подходящие по масштабу карты требуется самостоятельно найти в Интернете, или воспользоваться космическими снимками с нанесенными на них географическими названиями), определить на нем основные географические ориентиры - Кубанское водохранилище, Пятигорск, Кисловодск, реки. Кума, Подкумок, Аликоновку, Эшкакон.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 15.24. Космический снимок Центрального Предкавказья. Google, «Планета Земля»

Определить масштаб снимка. Для этого:

Сопоставляя снимок с географической картой и стереопарой аэрофотоснимков, найти на космическом снимке территорию, отдешифрированную на аэрофотоснимке (предыдущее задание). Район, подлежащий дешифрированию располагается в окрестностях отдешифрированного аэрофотоснимка - в прямоугольнике, ограниченном Кубанским водохранилищем, Пятигорском и южной рамкой снимка.

2. Дешифрирование сети линеаментов.

Линеамент - спрямленный элемент ландшафта. Как правило, они выражаются прямолинейными отрезками рек, коленообразными изгибами рек различных систем, выстроившихся вдоль одной прямой (рис. 15.16).

Пересекаясь, линеаменты, образуют сеть многоугольников. Чаще всего геологической причиной

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

линеаментов являются разломы и зоны трещиноватости – прямолинейные участки с уменьшенной прочностью пород, которые используются реками при выработке ими долин.

Выделить на снимке линеаменты. В тех случаях, когда они выделяются неотчетливо, использовать прерывистую линию.

3. Дешифрирование кольцевых структур.

Кольцевые структуры, или структуры центрального типа - округлые фигуры, образованные дугообразными долинами рек, верховьев оврагов и т.д. (рис. 15.16). Геологическая природа кольцевых структур разнообразна – это могут быть и астроблемы (метеоритные кратеры) и куполовидные антиклинали. В районе снимка геологическая природа кольцевых структур в литературе не описана.

Выделить на снимке кольцевые структуры. В тех случаях, когда они не выделяются отчетливо, использовать прерывистую линию. Кольцевые структуры могут быть концентрическими, или выделятся фрагментарно.

4. Выделение территорий с различными скоростями новейших тектонических поднятий.

Площадь Большого Кавказа в настоящее время воздымается со скоростью 5 см в год (без учета эрозии). Район дешифрирования (часть Скифской плиты) также вовлечена в это воздымание с тем большей скоростью, чем южнее она расположена. Однако, чем больше скорость поднятия, тем интенсивнее идут процессы эрозии и денудации горных пород. Поэтому врезы речных долин прямо отражают интенсивность новейших тектонических движений. На дешифрируемой площади степень глубины вреза речных долин разделяется на три класса, отражающие три градации интенсивностей новейших тектонических движений.

5. Оформление результатов дешифрирования.

Создать систему условных обозначений для схемы геологического дешифрирования (для изображения территорий с различными скоростями новейших тектонических движений следует воспользоваться методом количественного фона). Перенести результаты дешифрирования на схему (включая ориентировку снимка и элементы географической основы). Пример оформления работы приведен на рис. 15.25.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

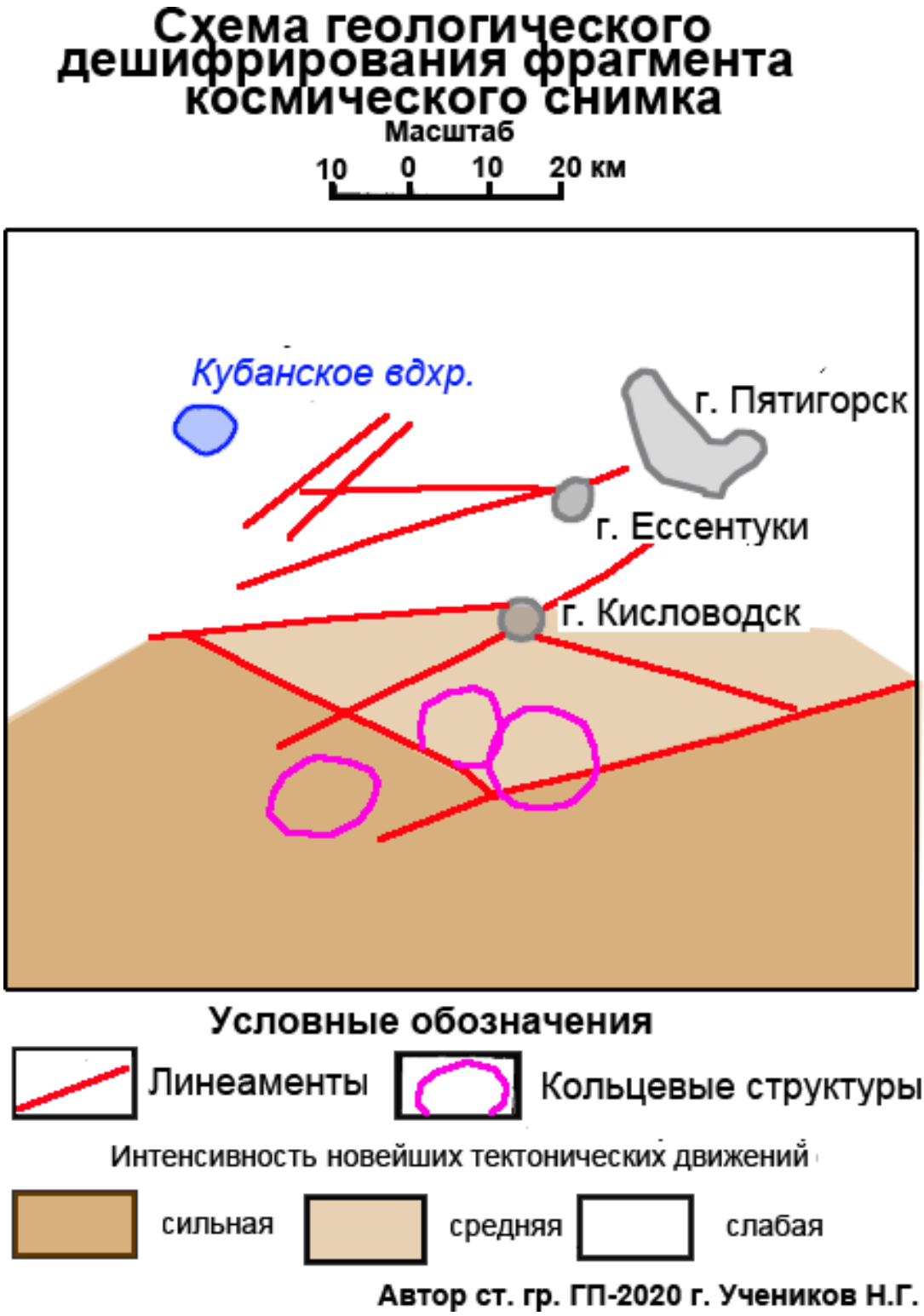


Рис. 15.25. Пример оформления работы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

15.8. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО СНИМКА КОНТИНЕНТАЛЬНОГО УРОВНЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ. КАВКАЗ И ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Задачи работы:

1. Знакомство с методикой геологического дешифрирования космического изображения континентального уровня генерализации.
2. Овладение приемами составления схемы предварительного дешифрирования космического изображения.
3. Закрепление приемов оформления схемы предварительного дешифрирования.

Работа выполняется на примере территории Центрального Предкавказья.

Исходные материалы: мозаика, собранная из снимков, полученных со спутника Landsat-7, «скачанная» с официального портала Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (англ. *National Aeronautics and Space Administration*, сокр. NASA) по адресу http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl. Мозаики, помещенные на портале приведены в границах трапеций, ограниченных по широте 5º и долготе 6º. Мозаика создана по изображениям, полученных с помощью сенсора ETM+. Изображения синтезированы по каналам 70, 40, 20, соответствующих зеленой, красной и ближней инфракрасной зонам спектра, приведено к универсальной топографической проекции Меркатора UTM 48, в трехмерной системе координат (World Geodetic System 1984) WGS 84.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

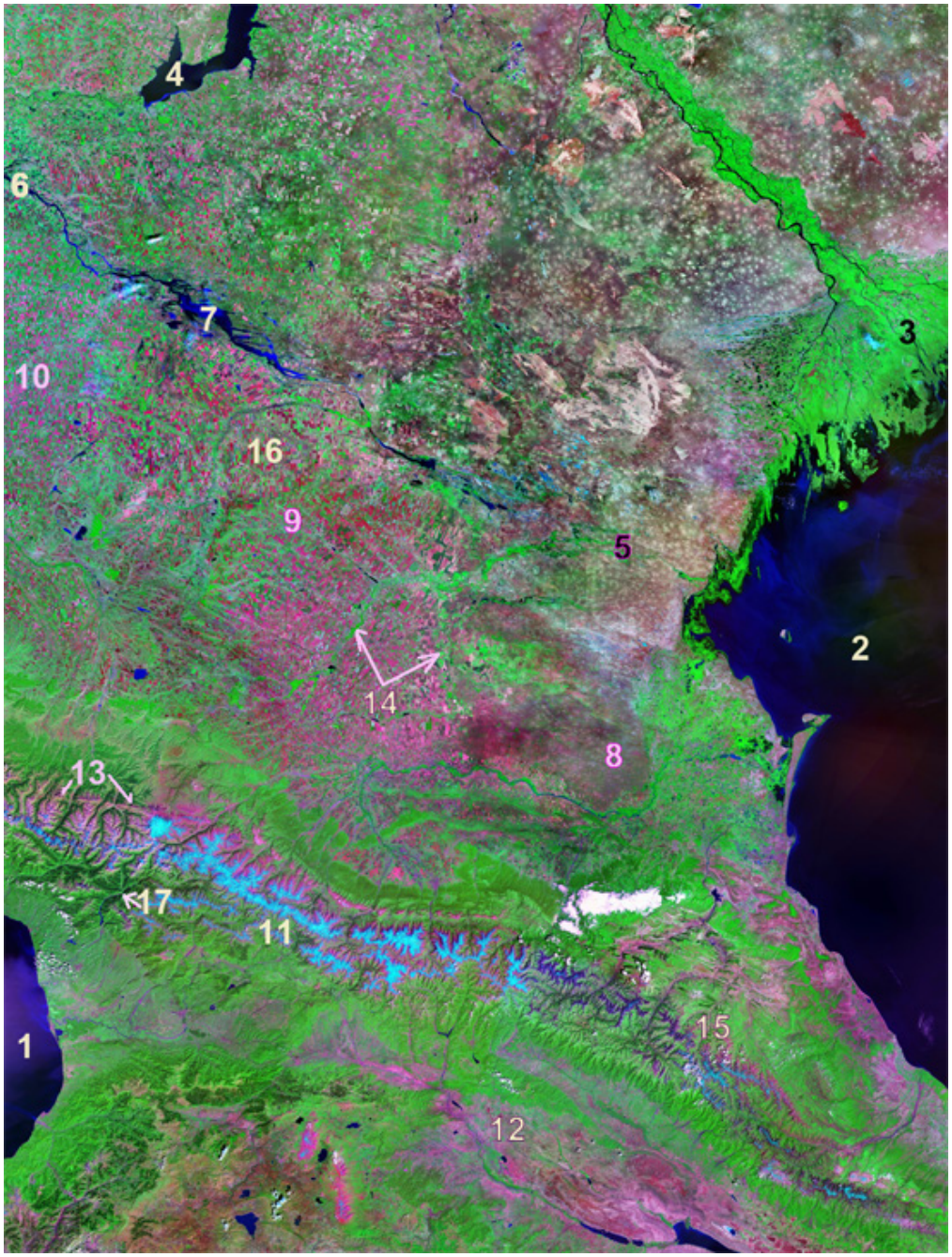


Рис. 15.26. ***Мозаика космических снимков*** (цифровые пояснения – в тексте)

На западе территории располагается Черное (1) море, на востоке - Каспийское море (2) с впадающей в него Волгой (3). На севере площади снимка располагается Цимлянское водохранилище (4). Южнее протягивается система долин Кумы (5), Веселовского водохранилища (6), озера Маныч-Гудило (7), фиксирующих гигантский линеамент, соответствующий зоне глубинного разлома. Южнее расположены Ногайская степь (8),

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ставропольская возвышенность (9) и Азово-Кубанская низменность (10). Еще южнее протягиваются горы Большого Кавказа (11), за которыми видны долины Закавказья (12).

Район, подлежащий дешифрированию располагается в промежутке между Манычским линеаментом и Большим Кавказом.

Методические указания по выполнению работы.

Работу можно выполнять на снимке большого размера (разрешение на местности – 15 м), к которому можно перейти ***по ссылке***. При необходимости можно уменьшить размер изображения, уменьшив, соответственно и разрешение снимка.

1. Географическая привязка космоизображения. Сопоставляя снимок с географической картой, найти на нем основные географические ориентиры - Кубанское водохранилище, Эльбрус, Казбек, р.р.Подкумок, Аликоновку, Эшкакон. Сопоставляя снимок с картой и снимком Landsat (предыдущая работа) отметить положение территории, отдешифрированной в предыдущем задании.

Определить линейный масштаб снимка. Определить северное направление (аналогично предыдущей работе).

2. Отдешифрировать сеть линеаментов. Обратите внимание на то, как выглядят на данном снимке линеаменты, отдешифрированные в окрестностях Кисловодска которые были отдешифрированы в работе 15.7. Обратите внимание, также, на линеамент, протягивающийся в субширотном направлении к северу от г. Эльбрус, отражающий Пшекиш-Тырныаузскую шовную зону разломов (13). С ним связано известное месторождение полиметаллов, а также на два линеамента, образующих более светлый клин, вершина которого находится у восточного окончания Манычского водохранилища, к двум северным выступам Кавказских гор (14).

3. Отдешифрировать кольцевые структуры. Обратите внимание на кольцевые структуры в районе верховьев р. Сулак (15), Ставропольской возвышенности (16), похожую на морскую

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

звезду кольцевую структуру в районе Сванетии (долина р. Ингури) (17), состоящую из пересекающихся разломов.

4. Отделить по расчлененности рельефа интенсивно воздымающийся Кавказ от Скифской плиты. Если удается выделить также умеренные поднятия – сделайте это.

5. Выделение территорий с различным тоном и рисунком изображения. На территории Предкавказья и Скифской плиты выделяются более темные и более светлые пятна и участки с более однородным и зернистым рисунком фотоизображения. Выделить такие участки сплошным контуром там, где они выделяются уверенно, и штриховым контуром - где Вы сомневаетесь.

Причинами изменения фототона могут быть как геологические, так и негеологические факторы. Это может быть и выход на поверхность более темных пород, и прошедший вчера дождь, увлажнивший землю, современное прогибание, приведшее к увлажнению и более густой растительности территории, современное поднятие, приведшее к денудации и обнажению консолидированных, более темных, чем осадки горных пород.

Изменение фоторисунка более определенно связано с геологическим строением. Как правило, более сглаженный фоторисунок возникает в районах современных погружений там, где развита аккумуляция и все неровности рельефа сглаживаются. В областях же воздыманий развиваются овражно-балочные системы, которые дают множество местных теней, отражающихся на фотоизображениях в виде зернистого фоторисунка. Однако прямоугольники полей вносят свои коррективы.

Выделить аномалии фоторисунка сплошным контуром там, где они выделяются уверенно, и штриховым контуром - где Вы сомневаетесь.

6. Классификация и интерпретация выделенных контуров. Сопоставить выделенные объекты с геологическими картами. Некоторые контуры, нарисованные Вами на снимке совпадут с контурами, выделенными на карте, например, мегантиклинорий

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Большого Кавказа совпадет с областью расчлененного рельефа, Прикумская зона поднятий - с пятном темного фототона, зернистый фоторисунок - со Ставропольским сводом и Невинномысским валом. Геологическую природу этих объектов можно считать установленной. Другие объекты похожи на опознанные – например, пятно зернистого фоторисунка между Ставропольским сводом и Невинномысским валом. С достаточной степенью вероятности можно считать, что этот контур также отражает тектоническое поднятие. Кроме того, про многочисленные линеаменты можно сказать, что они почти наверняка отражают разломы, хотя они и не показаны на геологических картах. Третий тип контуров - те, для которых не удается найти удовлетворительного геологического истолкования (например, светлый клин выделенный линеаментами (14 на рис. 15.26). Обычно их называют фотоаномалиями неустановленной геологической природы. Исходя из сказанного:

1. Подписать названия опознанных геологических объектов (например, мегантиклинорий Большого Кавказа).

2. Подписать предполагаемое геологическое происхождение выделенных фотоаномалий, которые не найдены на геологических картах (например, тектоническое поднятие).

3. Указать фотоаномалии неустановленной геологической природы.

7. Оформление результатов дешифрирования. Пример оформления работы приведен на рис. 15.27.

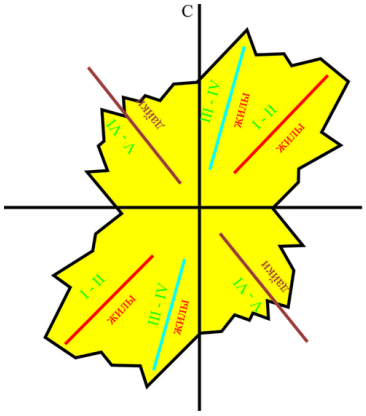
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 15.27. Пример оформления схемы геологического дешифрирования космического снимка

Для закрепления материала выполните упражнения по дешифрированию, ***перейдя по ссылке.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 16. Структурный анализ разрывов

Структурный анализ разрывов заключается в изучении взаимного расположения в пространстве разломов и трещин. Исходные данные для структурного анализа разрывов получают в результате геологического картирования и других геологических исследований. Большое значение при региональном и глобальном структурном анализах имеют аэро- и космоснимки, на которых проявляются разрывы, обычно пропускаемые при геологической съемке, называемые линеаментами. В последнее время, в связи с совершенствованием сейсмических методов, подтверждается широкое распространение малоамплитудных дизъюнктивных дислокаций в земной коре.

Структурный анализ может выполняться в различном масштабе - от изучения ориентировки микротрещин до глобального структурного анализа в масштабе всей планеты.

В результате структурного восстанавливают *поля напряжений,* вызвавших разрывы

16.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ИХ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Задачи работы:

- Освоение методов построения диаграмм трещиноватости;
- Знакомство с приемами статистической обработки массовых замеров трещиноватости,
- Знакомство с принципами тектонического анализа трещиноватости.

!!! Напоминание. Трещины - разрывы с незначительным смещением или без смещения - самый распространенный тип дизъюнктивных дислокаций горных пород. Ориентировку трещиноватости изучают чаще всего для того, чтобы восстановить направление вызвавших их напряжений. Это важно при региональном изучении нефтегазоносных территорий.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Исходными данными являются варианты замеров трещиноватости, к которым можно перейти ***по ссылке***.

При одной и той же ориентировке поля напряжений в горной породе могут образовываться трещины отрыва и трещины скола. Их взаимное положение показано на рис. 16.1. Трещины отрыва перпендикулярны оси наименьшего сжатия (ее обозначают символом σ_1). Они имеют неровную, шероховатую поверхность, часто заполнены вторичными минералами кварца или кальцита. Направление наибольших сжимающих усилий (σ_3) перпендикулярно оси σ_1, лежит в плоскости трещины отрыва и перпендикулярно линии пересечения трещин скола. Стенки трещин скола плотно притерты друг к другу, имеют гладкую поверхность, вдоль них заметны небольшие перемещения. Промежуточная ось σ_2, перпендикулярная σ_1 и σ_3 совпадает с линией пересечения трещин отрыва. Таким образом, на основании анализа ориентировки трещиноватости и по характеру трещин можно восстановить ориентировку образовавших их напряжений.

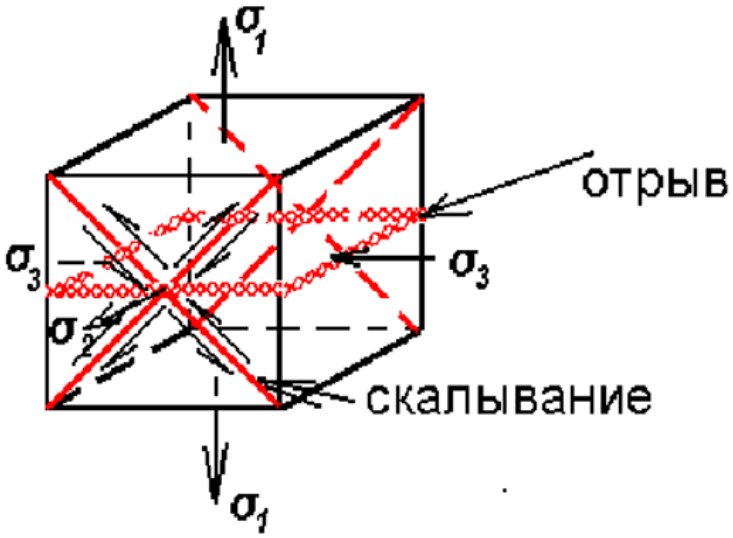


Рис. 16.1. Взаимная ориентировка главных осей напряжений, трещин отрыва и скола

Исходные данные: исходные данные приведены в таблицах з.16.1 – з.16.12.

На выбранную сетку (Вульфа, Каврайского или Вальтера-Шмидта) (рис. 16.2, 16.3, 16.4) в центре накалывают кальку с прочерченной на ней окружностью того же диаметра, что сетка с нанесенным на нее штрихом, обозначающим начало отсчета. Последующая обработка замеров проще, если пользоваться равноплощадной сеткой (Вальтера-Шмидта).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

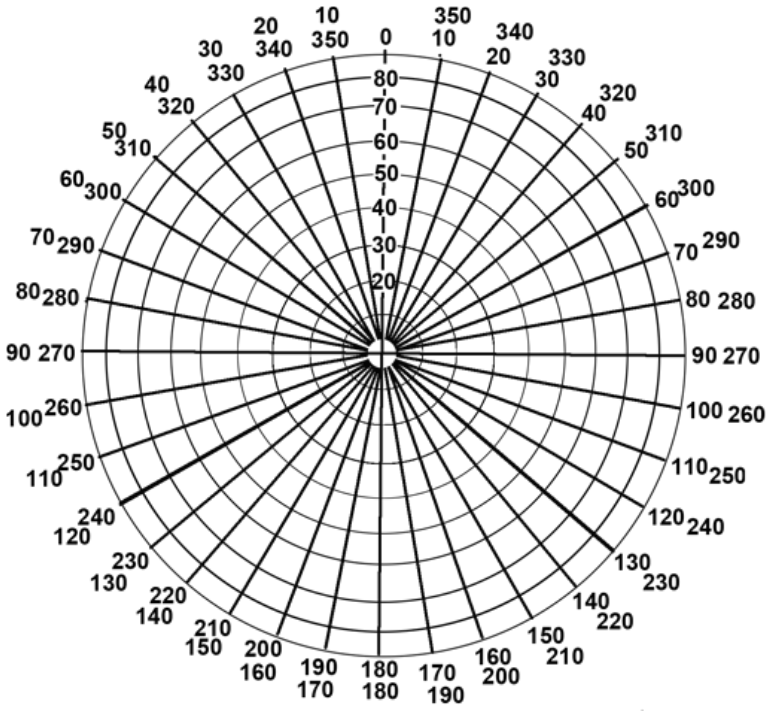


Рис. 16.2. Равноплощадная стереографическая проекция Вальтера-Шмидта

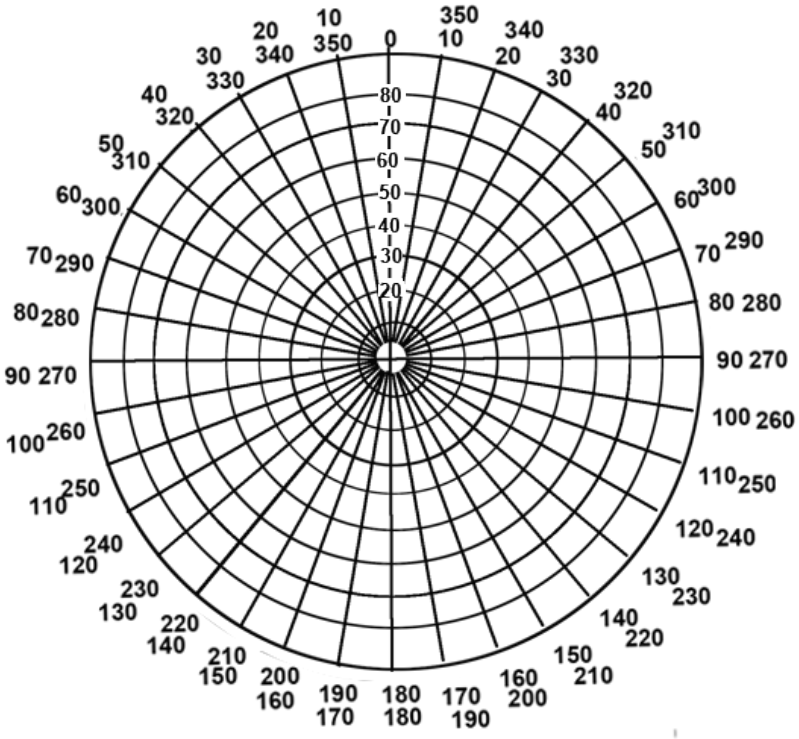


Рис. 16.3. Равнопромежуточная стереографическая проекция Каврайского

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

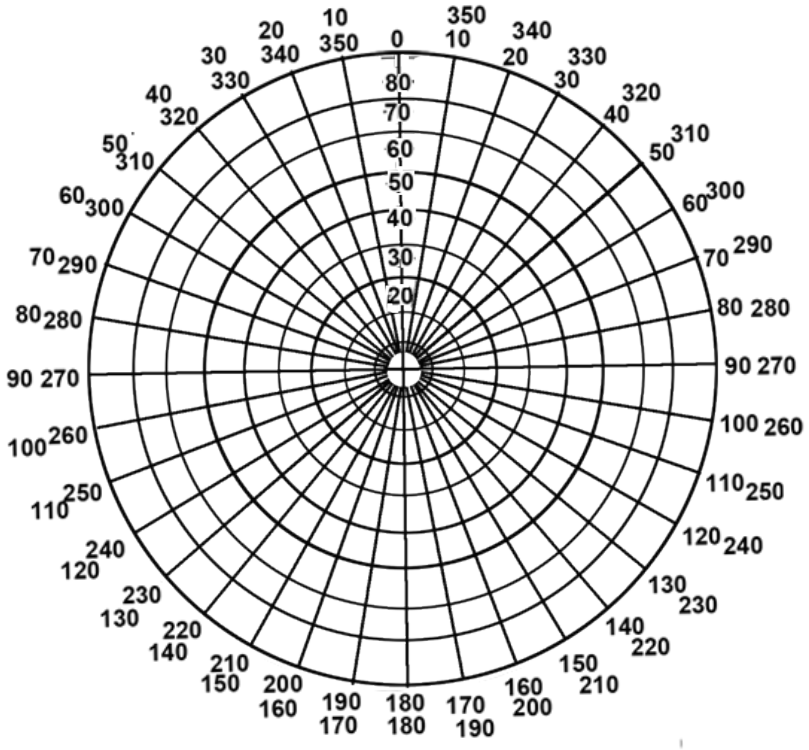


Рис. 16.4. Равноугольная стереографическая проекция Вульфа

Данные замеров наносят следующим образом:

- Начало отсчета на кальке (штрих), соответствующий северному направлению (0) совмещают со значением азимута падения, нанесенным на внешней окружности палетки. Градуировка сетки, так же, как и у горного компаса, зеркальная. Она является как бы "негативом", используя который мы получим на кальке-чертеже правильное изображение.
- На радиусе, соединяющем центр круга с нулевой отметкой, помечают значение, соответствующее углу падения.
- Полученную точку фиксируют на кальке условным знаком, принятым для данного типа трещин.

При таком способе нанесения, на круговой диаграмме изображаются проекции на горизонтальную плоскость точек пересечения верхней полусферы и перпендикуляров к трещинам. При этом горизонтальные трещины проецируются в центр круга, вертикальные - на окружность (меридиональные - справа и слева на круг, а широтные - сверху и снизу). Крутые трещины окажутся на периферии диаграммы, а пологие - вблизи ее центра. На рис. 16.5 показана круговая диаграмма, подготовленная к дальнейшей работе. Сведения о генетической приуроченности трещин получены по

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

признакам, зафиксированным при полевых наблюдениях.

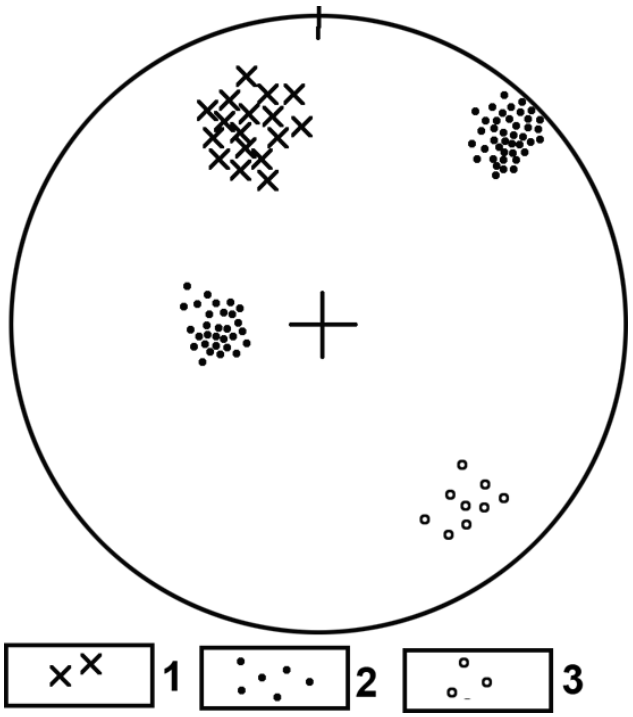


Рис. 16.5. Круговая диаграмма трещиноватости: 1 – нормали к трещинам отрыва, 2 – нормали к трещинам скалывания, 3 – нормали к трещинам бокового отпора

Статистическая обработка данных круговой диаграммы. Работа заключается в проведении изолиний плотности (интенсивности) трещиноватости на круговой диаграмме. Изолинии могут обозначать различные параметры, например, количество трещин, приходящихся на телесный угол, число трещин на единицу площади диаграммы, отклонение от равномерного распределения и т.д. В качестве примера рассмотрим простейший случай - построение диаграммы, отражающее число трещин, приходящихся на единицу ее площади.

Для этого:

Кальку с нанесенной на нее точечной диаграммой помещают на палетку, разграфленную в виде квадратов со стороной, составляющей по площади 1 % от площади круга. Для круга радиусом 10 см квадраты будут иметь сторону 1,8 см (площадью 1,14 см^2). При работе с точечной диаграммой другого радиуса - следует пересчитать размер квадрата.

Подсчитывают число точек, приходящихся на каждый из квадратов, и полученную величину надписывают в его центре. Если точка попала на границу двух, или четырех квадратов, ее, как половину, или четверть учитывают во всех соседних квадратах. Если

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

на периферии круга точка попала на клетку меньшего, чем стандартный, размера, объединяют противоположные клетки и, просуммировав общее число точек на них, делят их пополам, как показано на рис. 16.6.

Пересчитывают абсолютные значения точек в проценты. Для этого число точек на палетке принимают за 100% и надписывают в клетках числа, соответствующие процентам. Это необходимо делать, когда строят несколько круговых диаграмм с разным количеством исходных трещин. Если число трещин на палетке близко к 100 (90 - 110) численное значение процентов близко к абсолютным значениям, и пересчеты делать необязательно.

Строят диаграмму в изолиниях, аналогично тому, как строятся структурные карты. Дальнейшая обработка таких диаграмм позволяет выявить возникшие в одном поле напряжений сопряженные трещины, направления миграции флюидов, главные ориентировки образования разрывов. Описанные процедуры в настоящее время можно проводить с помощью специальных компьютерных программ. Однако следующая процедура – интерпретация – это всегда прерогатива исследователя.

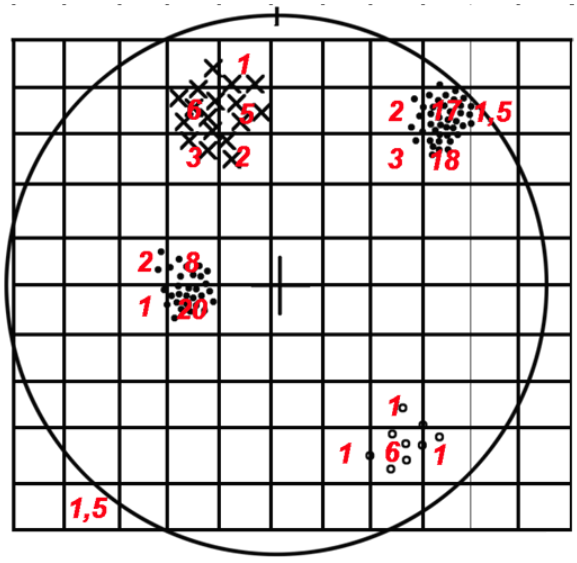


Рис. 16.6. Равноплощадная палетка с нанесенными на неё замерами трещин

По распределению и количеству максимумов можно выделить структурно-однородные участки и их границы. Тектонодинамическую интерпретацию такой диаграммы удобно проводить с помощью круговых палеток.

Определение ориентировки осей главных нормальных

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

тектонических напряжений. Если установлена одновозрастность и сопряженность трещин скалывания (например, по зеркалам скольжения и максимумам трещиноватости) можно восстановить ориентировку осей главных нормальных напряжений.

По стереографической сетке. Для этого удобно воспользоваться не полярной сеткой, а экваториальной (в нашем случае - равноплощадной). Сетка может быть упрощенной – для работы понадобятся лишь обозначения градусов на периметре и проекции дуг большого круга (рис. 16.7).

- На сетку накладывается калька с максимумами трещиноватости, на которой обводится окружность, положение ее центра и нулевая отметка (север).

- Находят на диаграмме один из максимумов, соответствующий трещинам скола. Вращая кальку, помещают его на нулевой меридиан. Прочерчивают дугу большого круга, отстоящую от этого максимума на 90º градусов (рис. 16.7). Это будет проекция трещин скола, соответствующая максимуму.

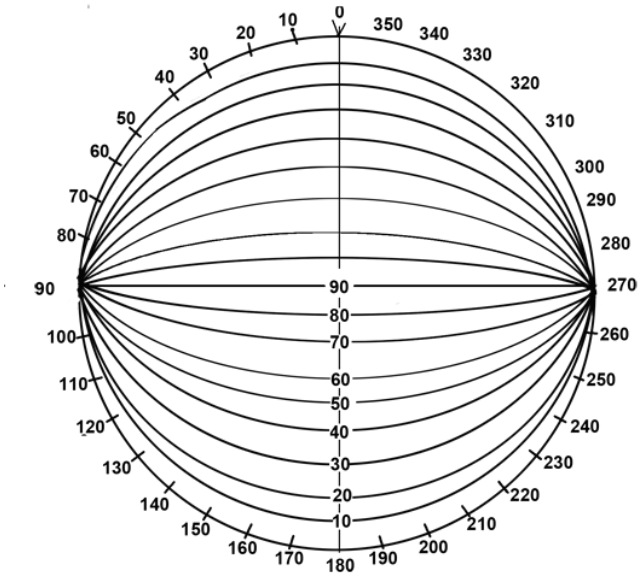


Рис. 16.7. Упрощенная экваториальная сетка

Делают то же самое построение с полюсом, соответствующем второму направлению трещин скола.

Точка пересечения дуг будет соответствовать проекции оси напряжения σ_2. Обозначают ее на диаграмме (смотри рис. 16.8).

Находят на диаграмме полюс, соответствующий трещинам отрыва. Этот полюс совпадает с ориентировкой оси главных растягивающих напряжений (σ_1). Обозначают его на диаграмме.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Перемещают полюс трещин отрыва на экватор, или вертикаль диаграммы и прочерчивают дугу большого круга, отстоящего от полюса на 90°. Эта дуга соответствует трещинам отрыва и на ней должна находиться ось наибольшего сжатия σ_3 и уже обозначенная ось σ_2 .Она отстоит от оси σ_2 на 90°.

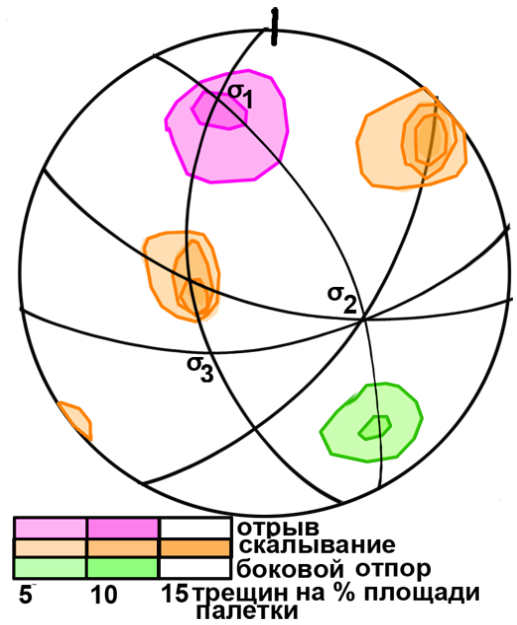


Рис. 16.8. Ориентировка главных осей напряжений по отношению к максимумам трещиноватости

На дуге трещин отрыва, развернув ее предварительно вдоль дуги большого круга, от точки выхода оси σ_2 отсчитывают 90° и обозначают положение оси наибольшего сжатия σ_3.

В какую сторону отсчитывать? - в любую, в которую можно отсчитать 90°. Другое направление, как видно из рисунка, отстоит от него на 180° и находится с другой стороны проекции.

Записывают угловые координаты полученных осей (азимут и угол воздымания).

Для этого кальку разворачивают так, чтобы измеряемая точка попала на верхнюю часть вертикальной линии (экватор). Тогда вдоль него легко отсчитать угол. Значение азимута считать на большом круге у положения начального штриха на кальке (рис. 16.8).

Эту процедуру проделывают со всеми тремя осями и записывают полученные значения.

Для закрепления материала, перейдите ***по ссылке*** и выполните упражнения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

16.2. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕТИ РАЗРЫВОВ

Тема статистический анализ сети разрывов включает три задания: статистический анализ интенсивности (густоты) разрывов, статистический анализ ориентировки разрывов и тектоническая интерпретация результатов статистической обработки сети разрывов

16.2.1. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ (ГУСТОТЫ) РАЗЛОМОВ

ЗАДАНИЕ 16.2

Задачи работы:

Овладение методическими приемами статистической обработки густоты сети разрывов;

Освоение методики построения картограмм;

Знакомство с принципами интерпретации картограмм (карт в изолиниях).

Статистический анализ интенсивности (густоты) разрывов проводят для выявления тектонической напряженности того или иного участка. Считается, что изменения в интенсивности разрывов или свидетельствуют о неравномерности современных тектонических движений или фиксируют положение зон наибольших перегибов в пликативных дислокациях, или маркируют площади выхода различных по сопротивляемости выветриванию пород. ***Варианты*** исходных данных приведены в ***задании з.16.2.1*** на рис. з.16.1-з.16.5.

Порядок выполнения работы

1. Выделение на карте элементарных ячеек

Анализируемую территорию с откартированными (отдешифрированными) разрывами разбить на квадраты (элементарные ячейки). Как правило, элементарные ячейки делаются одинаковыми, но, если это по каким-либо причинам невозможно (например, если сеть разрывов очень неравномерна по площади и в одних квадратах разрывов получается намного больше, чем в других), они могут быть различными.

С помощью курвиметра или циркуля измерить суммарную длину разрывов в сантиметрах, приходящуюся на каждую элементарную ячейку. Полученный результат записать в центр ячейки. *Для экономии времени, в исходных вариантах заданий эти наиболее трудоемкие стадии опущены и их результат приведен в исходных данных. Поэтому студентам предлагается начать работу со следующего пункта.*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Выбор вида карты и ее построение.

Для изображения интенсивности разрывов обычно используют либо карту в изолиниях, либо картограмму. ***Карту в изолиниях*** строят тогда, когда картируемый параметр меняется непрерывно. ***Картограмму*** выбирают в тех случаях, когда признак меняется резко, и он не непрерывен. Также картограмма удобна, если отдельные участки картируемой площади никак не охарактеризованы и нет никаких данных для интерполяции. В зависимости от выбранного вида карты далее поступают по-разному:

Построение карты в изолиниях

1. Выбор сечения изолиний

Выбор количества сечений. Для Вашего учебного варианта оптимально 10 изолиний.

Выписать минимальное и максимальное значения суммарных длин разрывов в ячейке, их разность поделить на 10 (число выбранных изолиний). Полученное значение округлить до единицы, числа кратного 5, если оно близко к пятерке, 10 - если к десятке, 25, 50, или 100.

2. Пересчет значений длины разрывов в масштаб карты

Длины разрывов, измеренные в сантиметрах, перевести в метры, или километры. Для этого нужно значение длины умножить на знаменатель масштаба карты и перевести полученную величину в метры или километры.

Размер элементарной ячейки, измеренный в $см^2$ перевести в квадратные километры, или квадратные метры, умножив их на квадрат знаменателя масштаба карты.

Масштаб исходных карт 1: 10 000, суммарная длина разрывов в элементарных ячейках приведена в сантиметрах.

Построить изолинии любым из методов, аналогично построению структурных карт. Можно использовать компьютерные программы. Начинать проведение изолиний следует от максимальных или минимальных значений.

Оформить карту, используя метод количественного фона (закрасить поля с одинаковыми значениями в оттенки какого-либо цвета, усиливая цвета по мере роста интенсивности сети разрывов, аналогично тому, как закрашиваются высоты рельефа и глубины океанов на географических картах).

Построение картограммы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

1. Создание шкалы и выбор интервалов картограммы

Шкалы картограмм бывают равномерные и неравномерные. Для правильного выбора следует построить частотный график значений разрывов. Для этого по оси абсцисс отложить значения интенсивности, элементарной ячейки, а по оси ординат - сколько раз это значение встретилось. Если точки на графике распределились равномерно – шкалу следует сделать равномерной. Если на графике образовалось несколько максимумов – необходимо поделить ось абсцисс (будущую шкалу) так, чтобы значения разных максимумов попали в разные части шкалы (разные разряды) и так, чтобы, в отдельные части попало примерно одинаковое количество (7-10) точек. Выбрать условные знаки для каждого выделенного интервала, используя метод количественного фона – для большего значения интенсивности разрывов выбирается более интенсивная раскраска, или штриховка.

2. Составление картограммы. Закрасить отдельные элементарные ячейки в присвоенные им цвета, или штриховку.

3. Интерпретация картограммы (карты в изолиниях) интенсивности

Интерпретация картограммы (карты) производится с учетом всех имеющихся сведений о районе. При этом наиболее надежны следующие признаки:

Изометричный или слегка вытянутый максимум интенсивности разрывов, с постепенно снижающимися к периферии значениями обычно указывает на свод антиклинальной складки.

Линейно вытянутый максимум интенсивности обычно соответствует зоне дробления или оси валообразного поднятия.

Максимум интенсивности с резким переходом к минимуму часто отвечает области современных контрастных вертикальных тектонических движений. При этом максимумам соответствуют поднятия, а минимумам – прогибания.

Минимумы интенсивности истолковываются как области синклиналей, или неотектонических или современных прогибаний.

Мозаичное чередование максимумов и минимумов без промежуточных значений свидетельствуют о блоковом, “клавишном” строении территории, причем блоки активны, они опускаются (фиксировано минимумами), или поднимаются (фиксировано максимумами).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

16.2.2. Статистический анализ ориентировки разломов
Задание 16.3

Задача работы - овладение методическими приемами построения роз-диаграмм.

Чаще всего ориентировку разрывов изучают с помощью роз-диаграмм. Радиальные лучи этих диаграмм отражают основные направления трещин и относительное количественное их распределение. ***Варианты*** исходных данных приведены в ***задании з.16.2.2*** в таблице з.16.1.

Порядок выполнения работы

1. Разбивка территории на элементарные ячейки

При построении роз-диаграмм требуются сведения не менее чем по 30 разрывам, поэтому территорию необходимо разбить на более или менее равные изометричные участки, включающие указанное число разрывов. При этом границы участков лучше всего проводить по границам разломов, выделенных при изучении территории в более мелком масштабе, а если такой возможности нет - по рекам или другим предполагаемым граничным линиям. В данной работе границы элементарных ячеек уже проведены.

2. Составление таблицы частот ориентировок разрывов

В каждой элементарной ячейке подсчитать направление, количество и (или) суммарную длину попавших в нее разрывов. Данные вычислений обычно округляются до 10 и заносятся в таблицу, пример которой приведен в табл. 16.1. При этом целое число десятков градусов (например, 0, 10, 20, 30, . . . 170) может быть центром интервала или его границами.

В данной работе суммарная длина разрывов по интервалам к километрах (исходные данные) приведена в предпоследнем столбце таблицы 16.1.

3. Выбор масштаба розы-диаграммы

Установить размер будущей диаграммы (например, радиус розы-диаграммы положим равным 5 см).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Оценить величину самого большого максимума диаграммы (например 20 %).

Получить масштаб диаграммы, поделив размер установленного радиуса на размер максимума - 5:20=4, т. е. в 1 см – 4 % разрывов.

Таблица 16.1. **Пример таблицы для построения розы-диаграммы ориентировки разрывов**

Интервал	Длина разрывов данного направления						Число разрывов	Суммарная длина разрывов (км)	Суммарная длина разрывов (%)
355-5°	3	4					2	7	16,3
5-15°	5	3	6				3	14	2,6
15-25°	10	9	7	2			4	28	5,2
25-35°	21	7	6	5	7		5	46	8,5
35-45°	7	8	8	6			4	29	5,4
45-55°	5	6	2				3	13	2,4
55-65°	3	7	5	4			4	19	3,5
65-75°	10	7	6	4	5	3	6	32	5,9
75-85°	15	9	3	7	5		5	39	7,2
85-95°	9	8	2				3	19	3,5
95-105°	7	4	5	2			4	18	3,3
105-115°	7	7	6	5	4	10	6	38	7,0
115-125°	12	10	6	7	5		5	40	7,4
125-135°	11	20	8	7			4	36	6,7
135-145°	10	16	4				3	30	5,5
145-155°	5	12	8	10			4	35	6,5
155-165°	27	15	8	10	5		5	65	12,0
165-175°	12	10	10				3	32	5,9
Сумма							**73**	**540**	**100**

4. Построение шаблона розы-диаграммы

На листе плотной бумаги провести круг (или полукруг) выбранного радиуса (нашем случае - 5 см).

Из центра прочертить серию концентрических окружностей (через расстояния, соответствующие 1, 5 или 10% длины розы-диаграммы).

Из того же центра провести серию лучей через 10º.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

У концов лучей проставить их обозначения в градусах

5. Построение розы-диаграммы

На листе кальки или прозрачной бумаги прочертить крест, центр которого обозначает начало координат, вертикальная линия - нулевое направление (меридиан), а горизонтальная линия - направление запад-восток (параллель).

Наложить кальку на шаблон и, в соответствии с масштабом отметить вдоль лучей значения интенсивности разрывов (рис. 16.9, а).

Отмеченные точки соединить между собой (рис. 16.9, б), или интервалы закрасить. Полученная диаграмма занимает полкруга. Такую диаграмму можно удвоить, построив симметричное ей изображение (рис. 16.9, в).

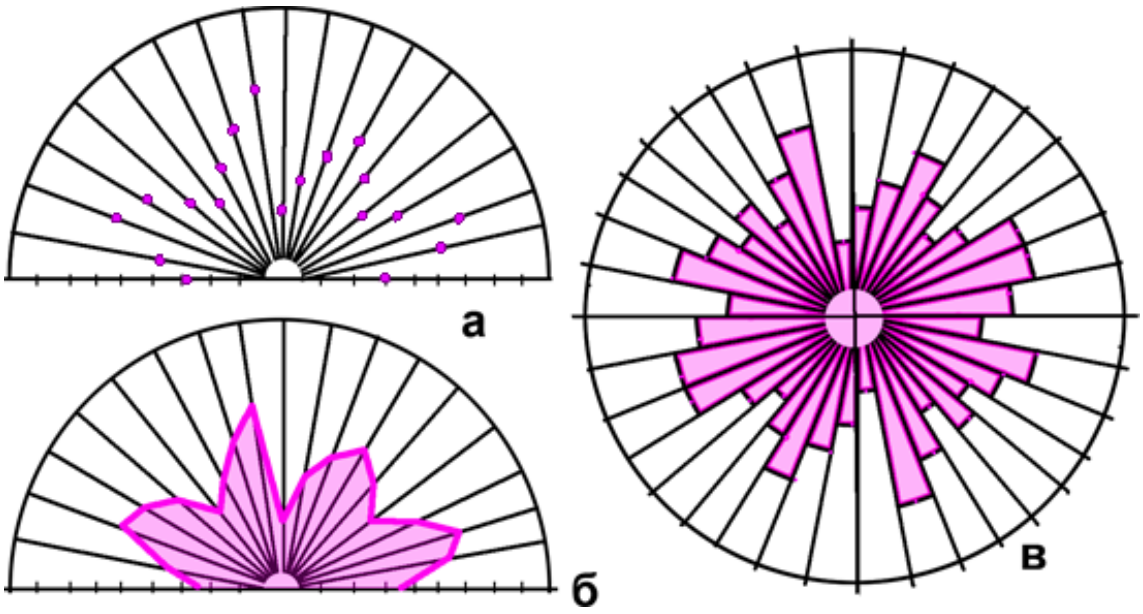


Рис. 16.9. Построение розы-диаграммы трещиноватости а – шаблон и точки, б – соединение точек в диаграмму, в – закрашивание секторов и удвоение полукруга в круг

В результате получается диаграмма, состоящая из лучей, длина которых пропорциональна интенсивности разрывов соответствующего направления на данной территории.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

16.2.3. Интерпретация данных статистической обработки параметров разломов.

Задание 16.4

Задача работы - овладение методическими приемами тектонической интерпретации результатов статистической обработки

Результаты статистической обработки необходимо проинтерпретировать, то есть тектонически истолковать. В данной работе используются результаты, полученные при выполнении заданий з.16.1 – з.16.2.1 - з.16.2.2 и варианты (карты), приведенные ***в задании 16.1.***

Порядок выполнения работы

Построение картодиаграмм

Розы-диаграммы, построенные по разрывам различных элементарных ячеек поместить в центры этих ячеек. В результате получается карта, состоящая из отдельных диаграмм. Такая карта называется картодиаграммой.

Интерпретация картодиаграмм

Провести границы между территориями с различными признаками разрывов (плотность разрывов, облик роз-диаграмм) и истолковать причины обнаруженных различий.

При интерпретации картодиаграмм полагают, что сходные розы-диаграммы отражают сходное геологическое строение. Это сходство выражается обликом роз-диаграмм и ориентировкой их основных лучей. Сходство облика различных роз-диаграмм можно оценивать визуально (экспертным способом), или с помощью специальных приемов статистики (например, с помощью критерия χ^2). В данной работе следует характеризовать сходство, или различие роз-диаграмм экспертным способом.

Используйте следующие признаки:

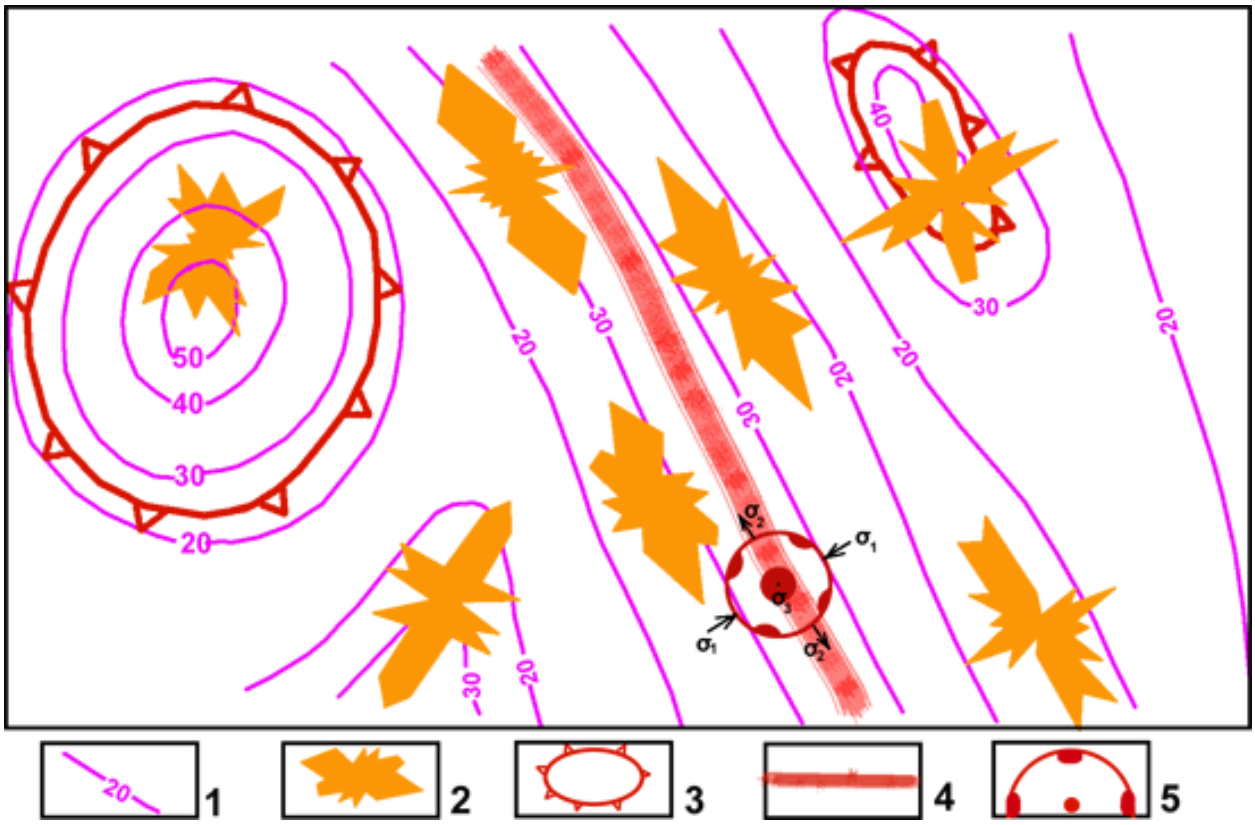
Если серия роз-диаграмм с хорошо выраженным лучом, ориентирована вдоль какого-либо направления (не обязательно того

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

же направления), это обычно свидетельствует о крупном разломе, или зоне дробления.

“Разворот” группы роз-диаграмм, как правило, говорит о “развороте” господствующих простираний структурных элементов. Пример оформления работы приведен на рис. 16.10.

Работа «Интерпретация ориентировки и интенсивности разрывов»
Вариант 7
Масштаб 1:10 000

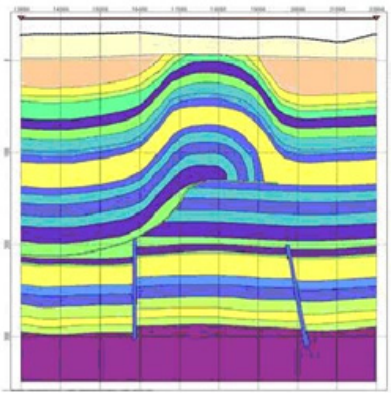


Автор Учеников Н.Г., группа ГП-2050-1

Рис. 16.10. Пример оформления работы. Условные обозначения 1 – изолинии интенсивности разрывов проведены через 10 км/км^2, 2 – роза-диаграмма, 3 - предполагаемая антиклинальная складка, 4 – Предполагаемый разлом, 5 – круговая диаграмма трещиноватости

Контрольные вопросы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



http://www.ykgf.ru/oldykgf/Publisher/images/

Мы не ищем истину, а строим модели.

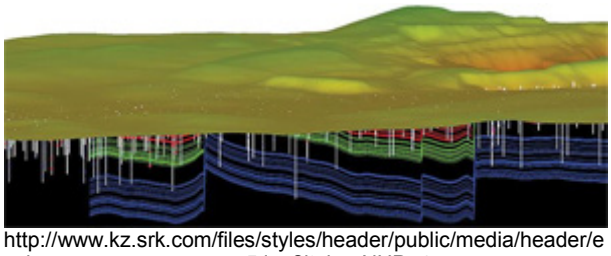
ЧАСТЬ III. СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУР

Структурная геология занимается формами геологических тел в земной коре, причинами их возникновения и историей развития. Однако геологические тела, как правило, недоступны прямому наблюдению. Тем более, мы обычно не можем однозначно установить причины их возникновения и историю развития. Для познания геологических структур пользуются разнообразными естественнонаучными и специальными геологическими и структурно-геологическими методами. Главным из них является моделирование и особенно – графическое, заключающееся в создании разнообразных графических документов – главным образом геологических карт и разрезов.

Моде́ль* (фр. *modèle*, от лат. *Modulus* - «мера, аналог, образец») - это упрощенное представление реального объекта и/или протекающих в нем процессов, явлений. Следовательно, изображенные на разнообразных геологических картах, разрезах и других геологических чертежах структуры являются графическими моделями. Также моделями, только историческими, являются представления о причинах их возникновения и истории развития.

В настоящее время нередко под моделями понимают исключительно математические модели, что неверно. Это лишь один из видов моделей, получивший широкую известность благодаря компьютерным технологиям.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



http://www.kz.srk.com/files/styles/header/public/media/header/explore-resourcereserves_5.jpg?itok=uNUPe4ma

Глава 17. Предмет, цели и задачи структурной геологии

17.1. ПРЕДМЕТ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Структурная геология, изучающая ***формы залегания геологических тел в земной коре, причины их возникновения и историю развития***, занимается преимущественно структурами размером от сантиметров до сотен километров, как простыми (антиклинали, синклинали, сбросы, флексуры), так и сложными (грабены, синклинории и т.д.). Время их формирования может быть моментальным, а может достигать геологических эпох. Структурами Земли как планеты или планетарными (литосферные плиты, зоны субдукции) занимаются геотектоника и геодинамика.

Источник сил, сформировавших структурные формы, может лежать внутри Земли (эндогенные или тектонические, которыми, в основном, и занимается структурная геология), а могут находиться на поверхности - экзогенные, быть внешним по отношению к рассматриваемым геологическим телам, находится внутри них, при метаморфизме минералов, или привноситься из космоса, в результате чего формируются импактные (ударные) структуры.

Чтобы понять любую структуру и ее роль в строении земной коры, необходимо изучить ее границы, элементы, место в более крупной системе. В тех случаях, когда размеры структур выходят за пределы возможностей непосредственного наблюдения, прибегают к обобщению данных картирования, интерпретации геофизических, дешифрированию аэро- и космических снимков. Эти материалы позволяют изобразить и отдельные элементы, составляющие структуру, и структуру в целом как фрагмент более крупной геологической системы.

Формы залегания геологических тел, причины их возникновения и история развития зависят, главным образом, от тектонических движений, поэтому структурная геология является разделом геотектоники. Так как структурная геология изучает, в первую очередь, форму геологических тел, иногда ее называют морфологической тектоникой.

Контрольные вопросы к 17.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

17.2. ЗАДАЧИ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ. ЦЕЛИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ

Главная *научная* задача структурной геологии заключается в создании геометрических моделей природных объектов на основе их обобщенных параметров и в соответствии с поставленными целями. В настоящее время структурная геология занимается, по преимуществу, моделированием структурных форм.

Практические задачи структурной геологии обусловлены тем, что отдельные виды полезных ископаемых приурочены к определенным структурным элементам. Например, месторождения бокситов (алюминиевой руды) связаны с несогласиями, цветные металлы - с разломами, залежи нефти и газа - с антиклинальными складками, зонами выклинивания, рифами и др. Поэтому структурная геология - основа для изучения условий залегания в земной коре месторождений полезных ископаемых. Это позволяет на научной основе проектировать их поиски, разведку и разработку. Для поисков и разведки *нефти и газа* структурная геология - одна из базовых дисциплин, занимающихся картированием и изучением различных типов структур - ловушек, в которых могут образоваться скопления углеводородов.

Из задач следует и значение структурной геологии.

Научное. Структурная геология - основа для изучения условий залегания в земной коре геологических тел, в том числе месторождений полезных ископаемых.

Практическое. Знание структурной геологии необходимо для изображения и анализа геологической ситуации в любых работах, в которых изучаются геологические тела, явления и процессы.

Учебное. Владение приемами и методами структурной геологии необходимо для понимания геологических чертежей, изображения геологических тел, процессов и явлений при подготовке курсовых и дипломных работ, а также понимания излагаемого материала при изучении большинства дисциплин геологического цикла.

Контрольные вопросы к 17.2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

17.3. СВЯЗЬ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ С ДРУГИМИ НАУКАМИ

Структурная геология опирается, главным образом, на:

геологическую картографию – прикладную науку, занимающуюся методами составления и анализа геологических карт;
стратиграфию и историческую геологию;
неотектонику и геоморфологию;
геометрию, тригонометрию, другие разделы математики;
прикладную статистику;
геофизику, *микроструктурный анализ*, который перебрасывает мост от макроскопического геологического объекта к минералам и горным породам.

Структурная геология, как учебная дисциплина, сама служит основой для изучения выросшей из нее *геотектоники, учения о полезных ископаемых*. Особенно она важна для *прогноза, поисков и разведки залежей нефти и газа*, формирование и размещение которых прямо или косвенно предопределяется структурными соотношениями вмещающих их толщ горных пород, *геоинформатики,* прикладных наук, занимающихся *подсчетом запасов и оценкой ресурсов* полезных ископаемых.

Тесная связь структурной геологии с исторической геологией и стратиграфией, геоморфологией и многими другими науками заключается в том, что она пользуется в своих моделях фактами и закономерностями, установленными этими науками, - изучает фактический геологический материал и на основе его создает теоретические модели, - пользуется их методами и сама разрабатывает для них методы.

Особенно тесно структурная геология связана с геологической картографией, геологической съемкой, геометризацией недр**,** а также с геологическим дешифрированием материалов аэро- и космических съемок.

Для геологии нефти и газа структурная геология одна из базовых дисциплин. Она является информационным фундаментом для нефтегазогеологического районирования, а также - для поисков ловушек в земной коре - структурных форм, в которых могут образовываться скопления углеводородов.

Контрольные вопросы к 17.3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



http://images.yandex.ru/yandsearch

ГЛАВА 18
МЕТОДЫ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

18.1. ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О МЕТОДАХ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Методы любой науки разделяются на общие, частные и специальные (применяемые исключительно в данной науке). Внутри методов выделяют методики и методические приемы.

К общим методам относятся о б щ е н а у ч н ы е , разработанные разделом философии – гносеологией. Из них в структурной геологии чаще всего применяются:

Метод аналогий. Приспособленный для геологических целей, он превратился в метод *актуализма,* а затем развился в *сравнительно-исторический*. С его помощью воссоздают историю формирования и причины возникновения геологических тел по аналогии с современными процессами. Подробно этот метод изучается в курсе исторической геологии.

Метод моделирования – главный в структурной геологии. Геолог практически никогда непосредственно не видит те тела, которые он изучает – они обычно слишком велики, фрагментарно доступны непосредственному наблюдению или полностью скрыты в недрах Земли. Кроме того, природные тела имеют очень сложное строение, так как образованы сочетанием множества факторов - тектонических, литологических, гидрогеологических и т.д. Поэтому мы чаще всего обобщаем имеющиеся данные об объекте или явлении на основании опыта, господствующих теорий, собственных взглядов, поставленных задач и создаем их модель. Чем детальнее и тщательнее изучен геологический объект, чем опытнее исследователь, тем более верная модель формируется. В структурной геологии наиболее распространены следующие виды моделирования:

1. Графическое моделирование**.** К графическим моделям относятся главные инструменты геологов – разнообразные геологические карты, геологические разрезы, другие чертежи. Этому служит *геологическое картирование* - прикладная наука о составлении карт на основе геологических наблюдений. Она обычно изучается одновременно со

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структурной геологией. Подробнее о геологических картах сказано в 18.2.2 и последующих разделах.

2. Физическое моделирование - это замена изучения интересующего нас явления, протекающего в природе, изучением явления на подобной ей модели. Существуют три основных группы физических моделей: 1) фрагменты естественных объектов, 2) модели, построенные на эквивалентных материалах и 3) модели, созданные на оптически активных материалах.

Эквивалентные материалы отличаются по механическим свойствам от свойств, изучаемых горных пород пропорционально их отличиям в геометрических размерах. Чем меньше геометрический размер модели, тем мягче, менее вязким должен быть ее материал, быстрее по сравнению с природными процессами должны происходить в ней изменения и т.д. На рис. 18.1. приведен пример моделирования складчатой зоны (по Н.Б. Лебедевой), проведенной в Лаборатории экспериментальной тектоники, МГУ.

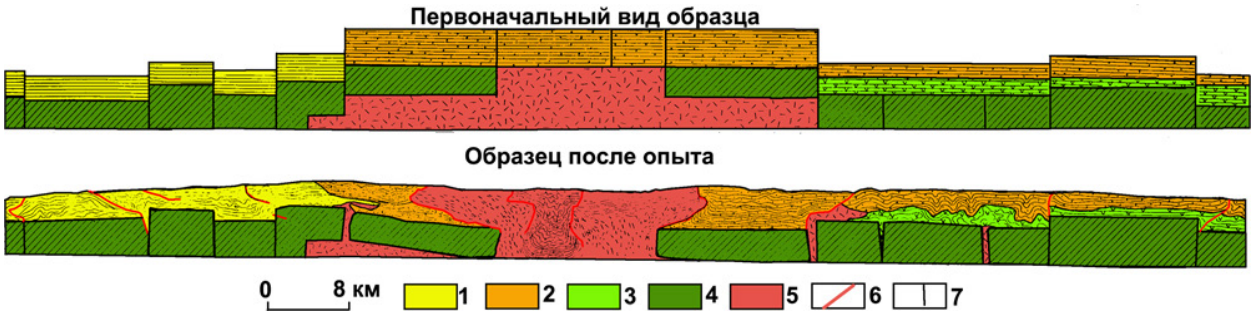


Рис. 18.1. Модель складчатой зоны (по Н.Б.Лебедевой, 1989 с упрощениями). Использованные материалы плотность 1 – 0,99 г/см^3, 2 – 1,06 г/см^3, 3 - 1,00 г/см^3, 4 - 1,8 г/см^3, 5 - 1,0 г/см^3, 6 – разрывы, 7 – границы между блоками

Модель составлена из примыкающих разновозрастных блоков, состоящих из канифоли и машинного масла, и разделенных первоначально бумажными перегородками. Блоки имели слоистое строение, в ряде блоков (середина и правая сторона) существовала инверсия плотностей (нижележащие слои легче вышележащих). Особенно большой контраст плотностей был создан в середине модели. Там же мощность легкого материала была максимальной, блок был массивным, неслоистым. Материал имитировал породы в состоянии метаморфизации и гранитизации. Разная высота блоков изображала результат происшедших раньше вертикальных глыбово-волновых движений земной коры. С точки зрения физического подобия эта модель отвечает соотношениям размеров природных складчатых зон. Общая длина модели соответствует ширине складчатой зоны в 150 км, высота наиболее поднятых блоков до

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

начала движений - 5 км.

Когда перегородки между блоками убрали, в модели начали происходить разнообразные движения - первоначально неровная поверхность стала почти горизонтальной, мощность материала на поднятых блоках уменьшилась, слои удлинились, что вызвало смятие их в складки и образование надвигов, горизонтальная амплитуда которых соответствует после пересчетов 15 км. Образовалась складчатость, характерная для геосинклинальных систем.

Оптически активные материалы – плексиглазы, желатины и др. Испытывающая деформации модель из прозрачного эквивалентного материала просвечивается поляризованным светом на установке, подобной поляризационному микроскопу, но с широким рабочим полем. По интерференционному окрашиванию изображения модели на экране определяется относительная и абсолютная величины максимальных касательных напряжений, действующих в различных ее частях. Этот метод позволяет непосредственно наблюдать напряжения при приложении сил. Наиболее широко в настоящее время метод физического моделирования для структурной геологии развивается в лаборатории экспериментальной тектоники на геологическом факультете МГУ и в университете в Упсале (Швеция).

3. Математическое моделирование - наиболее активно развивающийся в настоящее время метод. Выделяют три группы математических моделей.

3.1. Моделирование изучаемого объекта по совокупности внешних признаков. Цель такого моделирования - через ограниченное число параметров (констант) дать однозначное описание объекта (например, складки). При этом происходит обобщение признаков объекта, отбрасывание случайных параметров и возникает возможность прогнозирования невыявленных его характеристик.

3.2. Моделирование геологических процессов, использующих законы физики и химии. В результате, по имеющемуся у наблюдателя геологическому объекту, пытаются судить о глубинных процессах, их природе и эволюции Земли. Так же изучаются процессы с участием человека (управляемые или природно-деятельностные). Примером может служить поиск и разведка полезных ископаемых, в том числе - нефти и газа.

3.3. Моделирование параметров процессов, объектов и их интерпретации. Например, спектральный анализ, анализы пористости, минерального, гранулометрического, литологического и других составов. При этом широко используется математическая статистика.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.1. Общее представление о методах структурной геологии

Широко применяемый в структурной геологии статистический анализ ориентировки трещиноватости относится к математическому моделированию и интерпретации параметров.

Частные методы - это естественнонаучные и общегеологические.

Из общегеологических структурная геология наиболее успешно применяет следующие:

Геодезический – используется для изучения современных, наблюдаемых за историческое время движений земной коры.

Геоморфологический применяется при исследовании новейших движений, деформаций и созданных ими структур земной коры, выраженных в рельефе и получивших название «морфоструктуры». Подробнее о последних двух методах можно прочитать ***в разделе 18.3.***

Метод фациального анализа позволяет судить о распространении областей и интенсивности поднятий (размыва) и погружений (накопления осадков), а также большей или меньшей их глубины. Фации изучаются и другими науками, например палеогеографией, с целью выяснения физико-географических условий в предыдущие эпохи. Структурная геология изучает фации для воспроизведения истории вертикальных колебательных движений земной коры.

Методы анализа перерывов и несогласий, как и метод фациального анализа, позволяет расшифровать последовательность проявления в пределах региона погружений и поднятий, а также тектонических деформаций. Подробно последние два метода изучаются в учебных дисциплинах литологического цикла. Применительно к анализу истории развития структур эти методы рассмотрены ***в главе 13.***

Непосредственно формы залегания и пространственные соотношения геологических тел изучаются, главным образом, следующими методами:

Методы геометризации недр - занимаются геометрическим изображением свойств геологических тел, условий их залегания и процессов, происходящих в недрах. Следует различать геометрию, присущую природным объектам, и геометризацию как приближение к этой геометрии с точностью, соответствующей данной стадии познания недр. Отдельные приемы геометризации недр изучаются в курсе "Инженерная графика".

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.1. Общее представление о методах структурной геологии

Методы геологической съемки - это основа любой геологической работы. В ее процессе изучается геологическое строение поверхности и недр, в них выделяются геологические тела, границы которых изображаются на геологической карте. Подробнее о геологической съемке рассказано ***в 18.2.5.***

Методы анализа материалов дистанционных съемок. Исходные данные, по которым обычно составляются геологические чертежи, разобщены и фрагментарны, и единственной возможностью увидеть геологические тела в естественных границах и соотношениях с другими - это изучение их по материалам дистанционных (аэрокосмических) съемок. Детальнее о геологическом дешифрировании материалов аэрокосмических съемок рассказано в ***разделе 18.4.***

Методы структурного анализа, который заключается в изучении взаимного положения в пространстве тектонических нарушений – складок, трещин, разрывов со смещением, внедрений магматических и пластических осадочных пород, ориентировки минералов. Исходные данные структурного анализа получают в процессе геологической съемки, изучения ориентировки минералов (петроструктурный анализ), регионального структурного анализа. Подробнее про структурный анализ можно прочитать в ***главе 16.*** Кроме того, при изучении форм геологических тел, особенно для целей нефтегазовой геологии повсеместно применяется геофизические, и, особенно, сейсмические методы. Эта область геофизики иногда так и называется структурной геофизикой.

Последние четыре метода - главные в структурной геологии. Причины возникновения и история развития структурных форм изучаются, главным образом, сравнительно-историческим методом, а также с помощью фациального анализа, анализа мощностей, методами тектонического и математического моделирования. Геометрия структурных форм изучается главным образом с помощью геологического картирования и геологического дешифрирования материалов аэро- и космических съемок. Поля напряжений, сформировавшие структурные формы, изучаются с помощью структурного анализа.

Контрольные вопросы к 18.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.2. ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ – ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЧЕРТЕЖИ

Геологические чертежи - это любые чертежи, в графической форме передающие геологическую информацию. Они представляют собой графические геологические модели. Важнейшими из них являются разнообразные геологические карты. Геологические карты составляют обширное семейство, которое входит в еще большую группу карт природных условий. Кроме них существуют и другие группы карт, например, карты планет, звездного неба, исторические и другие. Многие вопросы, относящиеся к геологическим картам, изучаются в курсе геодезии и топографии. Здесь мы рассмотрим лишь те стороны картографии, которые относятся к геологическим исследованиям и в том виде, в каком они необходимы геологам. Созданием и изучением разнообразных геологических чертежей занимается геологическая картография.

18.2.1. Виды геологических чертежей

Геологическая картография используется во всех геологических дисциплинах, представляющих свои результаты на геологических картах и других геологических чертежах, а в структурной геологии ее роль особенно велика. Исходный фактический материал геологи получают в виде разрозненного набора точек наблюдений, обнаженных отрезков поверхностей и линий, а оперируют в своих действиях цельными объектами, построенными в процессе картирования - слоями, складками, блоками, массивами, вулканическими аппаратами. Поэтому картировочные понятия и методические приемы обязательная составная часть любого геологического обобщения.

К геологическим чертежам относятся следующие:

Геологические карты – это уменьшенные, обобщенные условные графические изображения геологических тел и их признаков, процессов и явлений на топографической основе. Существуют другие геологические чертежи, сходные с картами. Это:

Геологические схемы **-** картографические изображения, созданные без использования топографической основы.

Геологические картосхемы **–** изображения с упрощенно-обобщенными, схематизированными очертаниями объектов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Геологические планы - картографические изображения, точно привязанные к местности, но при привязке не учитывающие кривизну Земли. Обычно это детальные (крупнее 1:5 000) изображения.

На рис. 18.2 приведен упрощенный фрагмент геологической карты масштаба 1:25000.

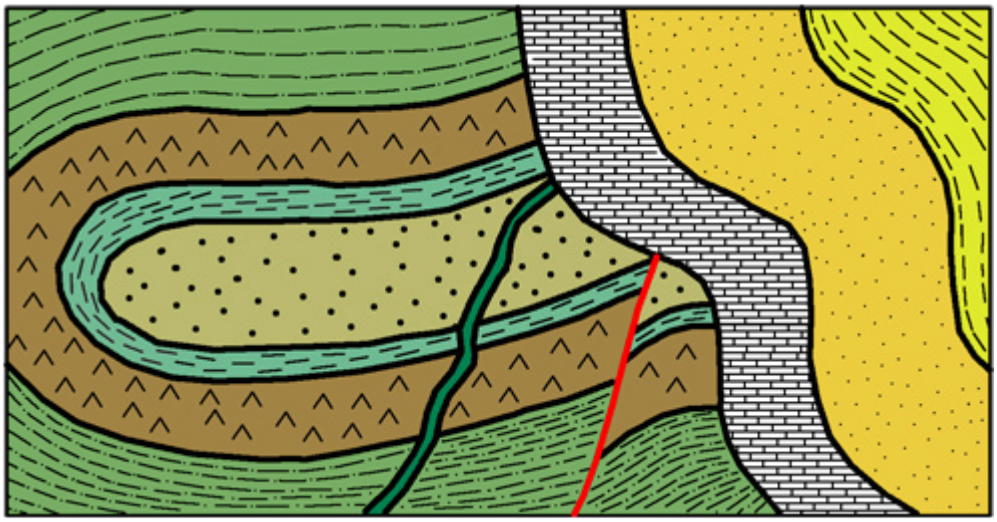


Рис.18.2. Фрагмент геологической карты (объяснение в тексте) по Э. Гринли и Х. Вильямсу)

По этой карте можно определить, какая горная порода выходит на дневную поверхность в каждой конкретной точке (карта выступает как систематический каталог информации). Расположение изображенных на карте слоев отражает существование двух несогласно залегающих толщ. Более древняя образует складку, прорванную вертикальной дайкой и разбитую вертикальным сдвигом, и позднее перекрытую горизонтально залегающей толщей (карта выступает как графический текст). Приведенный фрагмент отражает строение выделенного участка земной коры с точки зрения состава и формы геологических тел, их границ, взаимных соотношений и истории формирования (карта представляет собой графическую модель).

Изредка картируемые явления проецируют не на горизонтальную, а на наклонную плоскость, что позволяет лучше выявить структурные носы и структурные заливы. Такие карты называются *наклонными.* Пример такой карты приведен в главе 6, (рис. 6.10).

Кроме геологических карт в геологии широко применяются

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геологические разрезы, представляющие собой сечения земной поверхности вертикальной плоскостью. Разрезы более наглядно, чем карты, передают строение толщ, показывают соотношения геологических объектов во времени. Под термином "разрез" фигурируют различные графические материалы.

1. Разрезы, представляющие собой графические зарисовки в сравнительно крупном масштабе соотношений геологических тел, наблюдаемых при полевых исследованиях в обрывах. Обычно они называются *разрезами обнажений* (рис. 18.3), а если эти описания служат основой для изучения геологии района, то они называются *опорными разрезами*. Методика их составления изучается на геологической практике.

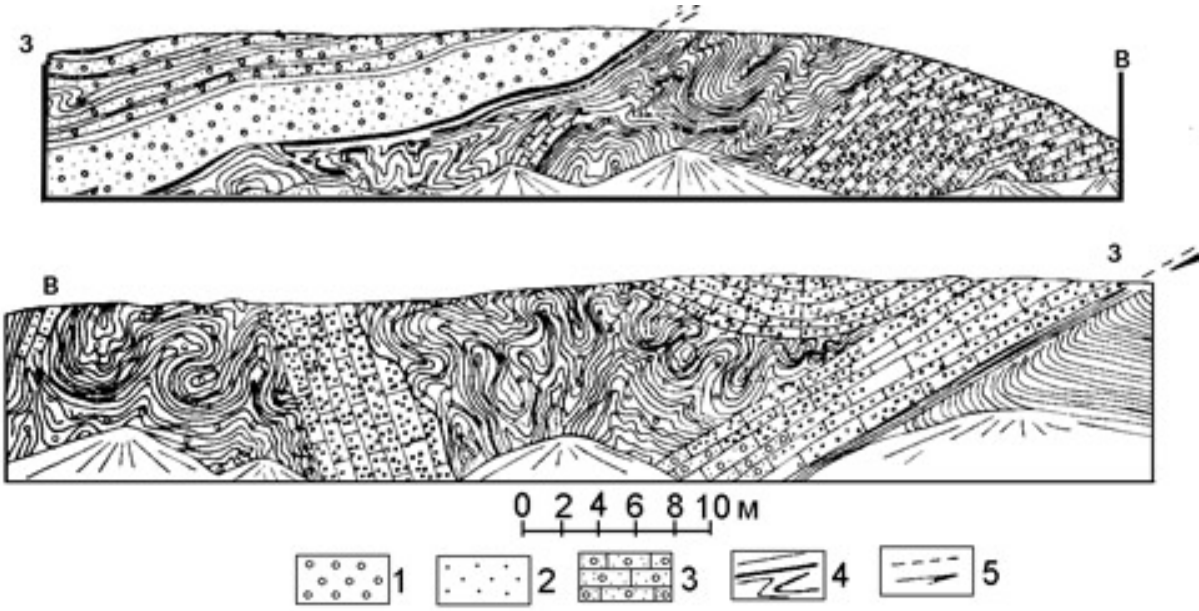


Рис.18.3. Пример разреза обнажения. Южный Урал. Складки и надвиги в артинских породах. 1 - массивные конгломераты, 2 - песчаники, 3- слоистые конгломераты, 4 - песчаники и алевролиты, 5 - направление перемещения пород вдоль поверхностей срывов, согласных со слоистостью (по Н. П.Плюснину).

2. Разрезы-интерполяции, строящиеся по данным бурения скважин и сейсмических профилей. На таком разрезе может отсутствовать возрастная и частично литологическая характеристика толщ, о которых нет фактических данных. Такие разрезы часто встречаются при нефтегазогеологических работах (рис. 18.4).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

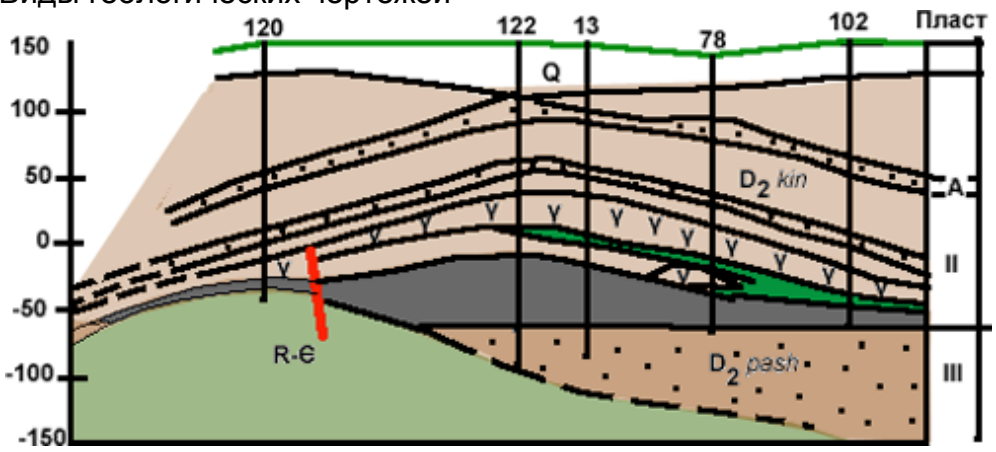


Рис. 18.4. Разрез Ярегского месторождения, построенный по данным бурения скважин (по А.И. Ечеистову)

3. Разрезы-экстраполяции, иллюстрирующие глубинное строение и дополняющие геологическую карту. Они строятся по геологической карте, нередко с привлечением данных бурения и геофизических данных. Основная цель построения таких разрезов, это изображение соотношений геологических тел (рис.18.5).

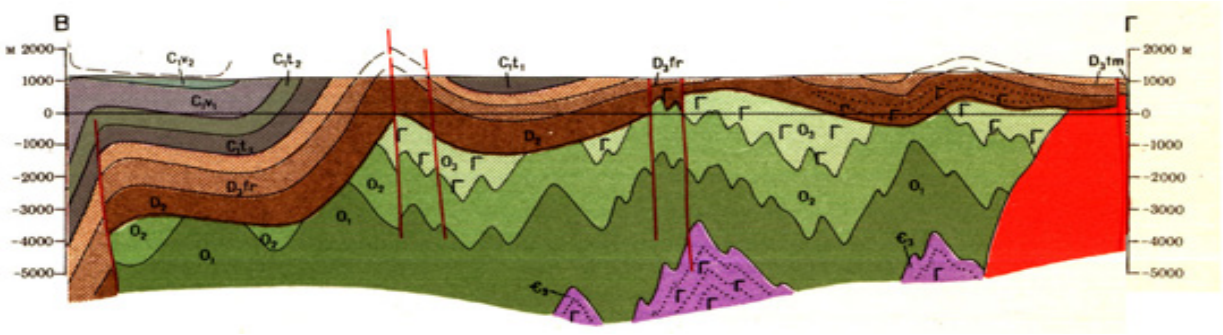


Рис.18.5. Фрагмент разреза по учебной геологической карте

Два последних вида разреза нередко неправильно называют геологическими профилями.

На таких разрезах показывают соотношение пород разного литологического состава и возраста, их взаимоотношение (несогласие, фациальное замещение, выклинивание и др.), пликативные и дизъюнктивные дислокации этих пород и залежи полезных ископаемых, то есть разрезы позволяют наглядно представить характер залегания пород на глубине. Вертикальная глубина и детальность разрезов зависит от фактического геологического и геофизического материала, который был использован при их составлении. Они являются важнейшим графическим документом геологической отчетности и служат

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

дополнением к геологическим и структурным картам. С их помощью можно уточнить строение района, выявить «скрытые» дислокации, определить толщины стратиграфических подразделений и литологических комплексов пород, глубины их залегания и т.д.

Геологические разрезы являются средством контроля над правильностью проведения геологических границ при составлении геологических карт, а при построении карт в изолиниях - источником информации о глубинах залегания маркирующих горизонтов.

4. Разрезы скважин (рис. 18.6).

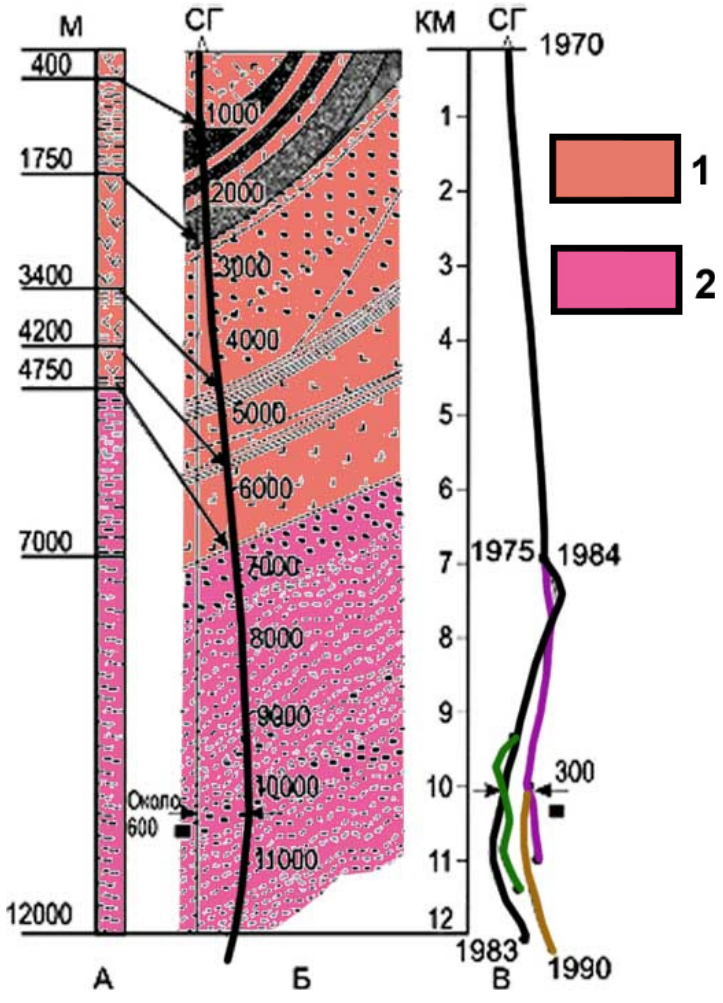


Рис. 18.6. Упрощенный разрез Кольской сверхглубокой скважины. Слева (А) – проектный, в центре (Б) – реальный, справа (В) - история бурения. 1 – нижнепротерозойские породы, 2 – архейские породы

Нередко разрезы скважин дополняются кривыми каротажных диаграмм (рис. 18.7).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

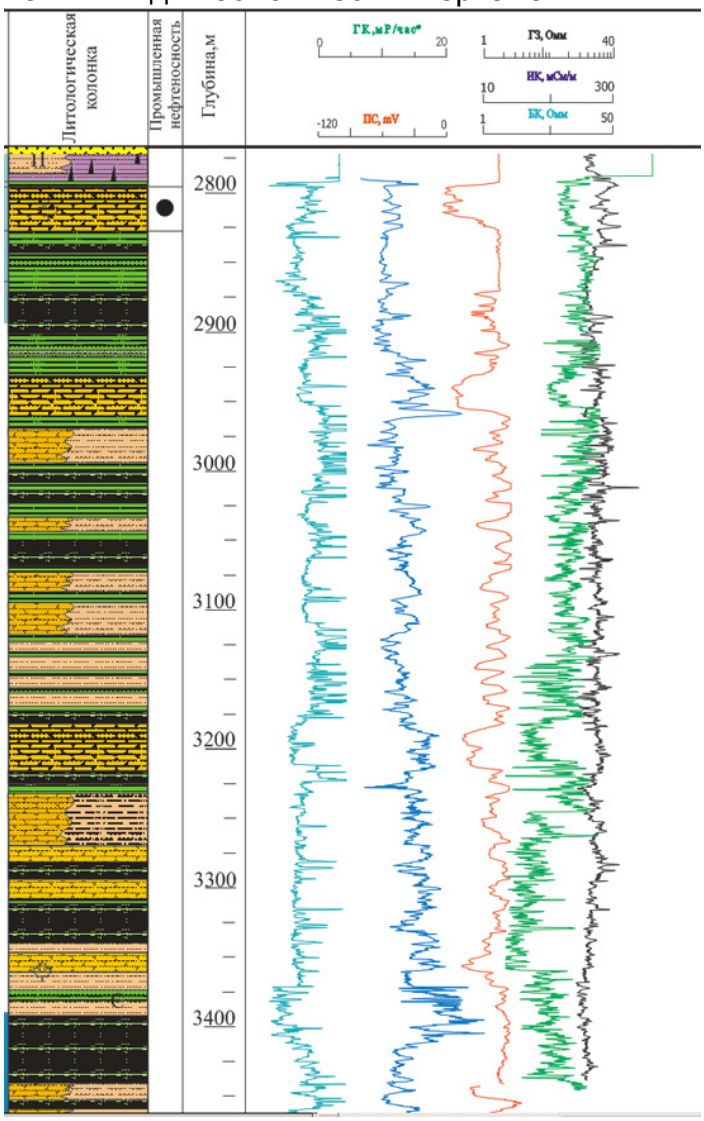


Рис. 18.7. Фрагмент геолого-геофизического разреза

Карты нередко сопровождаются *стратиграфической колонкой* - графическим изображением обобщенной последовательности напластований стратифицированных толщ картируемой территории, сопровождающейся сведениями о иерархически-упорядоченной стратиграфической номенклатуре, мощности, литологической характеристике пород. Колонка имеет вид прямоугольника, шириной 2 см, в котором сверху вниз пропорционально их толщине условными знаками выделены осадочные, вулканические и метаморфические породы и их соотношения. Колонка иногда закрашивается в цвета, соответствующие их стратиграфической принадлежности, иногда остается черно-белой. Если какая-либо однородная по составу толща имеет очень большую толщину, она показывается в разрезе в сокращенном виде, что изображается двойной извилистой линией, - в колонке как бы «вырывается» кусок. Колонка сопровождается пояснительным текстом, организованным в таблицу, где указывается

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

стратиграфическая принадлежность выделенных подразделений, их толщина, описывается состав и перечисляются характерные окаменелости.

Наиболее употребительные условные знаки стратиграфической колонки приведены в ***приложении 6***, а «шапка» колонки - на рис. 18.8.

Система	Отдел	Индекс	Литология пород	Толщина, м	Описание пород

Рис. 18.8. «Шапка» к стратиграфической колонке

Значительно реже для изображения геологических тел строятся *блок-диаграммы* - графические объемные изображения участка земной коры. На передней и боковой сторонах блок-диаграммы показываются геологические разрезы, а на верхней стороне - нередко объемная геологическая карта в аксонометрической проекции.. Блок-диаграммы наглядно иллюстрируют геологическое строение территории, но искажения, возникающие при переводе планового изображения карты в перспективную, или аксонометрическую проекцию, делают их практически не применимыми в профессиональных интересах. Они могут использоваться только в демонстрационно-иллюстративных целях. Некоторые виды «прозрачных» блок-диаграмм нашли широкое применение в геологоразведочном деле. Для примера в главе структуры тел полезных ископаемых приведено изображение рудных штоков железорудного месторождения (рис. 8.50) на системе блок-диаграмм.

Контрольные вопросы к 18.2.1

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.2.2. Геологические карты и их виды

Геологические карты классифицируются по различным признакам-основаниям классификации. В таблице 18.1 приведена сводная классификация геологических карт по различным классифицирующим признакам. В выделенных ячейках указаны наиболее важные для геологов-нефтяников и используемые в структурной геологии геологические карты.

Таблица 18.1. **Виды геологических карт**

<table>
<tr><th>Классифицирующий признак</th><th colspan="10">Виды карт</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Содержание</td><td colspan="10">По разделам геологических наук</td></tr>
<tr><td colspan="2">биостратиграфические</td><td colspan="2">литологические, фациальные</td><td colspan="2">тектонические</td><td colspan="2">структурные</td><td>…</td></tr>
<tr><td>Масштаб</td><td colspan="2">Обзорные - мельче 1:1000000</td><td colspan="2">Мелкомасштабные 1:1000000 ,

1:500 000</td><td colspan="2">Среднемасштабные 1:200000, 1:100000</td><td colspan="2">Крупномасштабные 1:50000, 1:25000</td><td>Детальные 1:10 000 и крупнее</td></tr>
<tr><td>Картируемое время</td><td colspan="4">Ретроспективные</td><td colspan="4">Актуальные</td><td>Прогнозные</td></tr>
<tr><td>Ведомственная принадлежность</td><td colspan="4">Государственные</td><td colspan="4">Ведомственные</td><td>Частные</td></tr>
<tr><td>Назначение</td><td colspan="3">Научно-справочные</td><td colspan="2">Оперативные</td><td colspan="2">Демонстрационные</td><td colspan="2">Учебные</td><td>…</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Способ изображения</td><td colspan="5">Проекции с числовыми отметками</td><td colspan="4" rowspan="2">Пересечения (способ качественного фона)</td><td rowspan="2">Карто-диаграмм</td></tr>
<tr><td>Изолиний</td><td>Ареалов</td><td>Количественного фона</td><td>Картограмм</td><td>Точечный</td></tr>
<tr><td>Степень теоретического обобщения</td><td colspan="4">Первичные</td><td colspan="4">Переходные</td><td>Аналитические</td></tr>
<tr><td>Тип геологических систем</td><td colspan="4">Статические</td><td colspan="6">Динамические</td></tr>
<tr><td>Использование ЭВМ</td><td colspan="4">Традиционные</td><td colspan="6">Числовые</td></tr>
</table>

Виды геологических карт по содержанию. Содержание карты - это то, что на ней изображено с помощью картографических знаков. Обычно среди геологических карт выделяются следующие классы, среди которых существуют многочисленные группы и подгруппы.

1. Биостратиграфические (геологические, дочетвертичных образований).
2. Литологические, фациальные, формационные.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. Тектонические (в том числе структурные, новейшей и современной тектоники и др.).

4. Геоморфологические, четвертичных отложений

5. Геофизические – аномалий магнитного поля, аномалий гравитационного поля и т.д.

6. Геохимические

7. Полезных ископаемых в том числе металлогенические, нефти и газа, гидрогеологические и т.д.

8. Палеогеологические и палеогеографические.

Кроме того, существует огромное количество разнообразных карт различных параметров недр, например, толщин (мощностей), нефтенасыщенности, пористости, и многие многие другие.

Ниже кратко охарактеризованы некоторые из наиболее употребительных геологических карт.

Геологические – (биостратиграфические) - основной вид геологических карт. Их главным содержанием являются линии пересечения границ разновозрастных комплексов осадочных и метаморфических пород а также магматических пород различного состава с дневной поверхностью. Биостратиграфические карты обязаны своим происхождением английскому инженеру В. Смиту и основаны на открытом им биостратиграфическом принципе. Основной параметр картирования на такой карте – возраст (стратиграфическая принадлежность) геологических образований. Основа изображения - линии пересечения геологических границ с земной поверхностью. Возраст осадочных и метаморфических образований и состав магматических пород показывается цветом в соответствии с международной стратиграфической шкалой и дублируется буквенными и цифровыми обозначениями. Эти карты дополняются изображениями и других геологических объектов – значков элементов залегания геологических тел и разрывов, состава осадочных и метаморфических пород, стратоизогипс опорных горизонтов и месторождений полезных ископаемых, находок фауны и флоры и т.д., предусмотренных соответствующими инструкциями, проектом и программой карты. Учебные геологические карты имитируют именно их.

Литология осадочных и вулканогенных пород показывается в зависимости от детальности (масштаба) карты. На картах масштаба 1:1 000 000 и мельче выделяются только морские и континентальные отложения, на картах масштаба 1: 200 000 – обобщенные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

литологические характеристики толщ, на картах 1:50 000 литология показывается сравнительно подробно. Условные знаки для таких карт приведены в ***приложении 6***. В настоящее время геологические (биостратиграфические) карты - основной документ, отражающий результаты изучения геологического строения регионов. При составлении биостратиграфических карт недостаточно точно нанести границу между литологическими разностями горных пород. Необходимо установить относительный возраст картируемых толщ на основании палеонтологического определения находок окаменелостей. При детальном картировании, при отсутствии руководящих ископаемых и в ряде других случаев международных единиц стратиграфической шкалы оказывается недостаточно и геологам приходится пользоваться местными стратиграфическими подразделениями.

Тектонические карты изображают строение и тектонические движения земной коры или ее участков. Сведения о тектонике можно «прочитать» и на многих других геологических картах, однако на тектонических, она показана непосредственно и является главным их содержанием. На различных тектонических картах основным картируемым параметром является либо относительный или абсолютный возраст (время формирования), время появления земной коры разного типа, либо форма какого-либо геологического тела (рис.18.9).

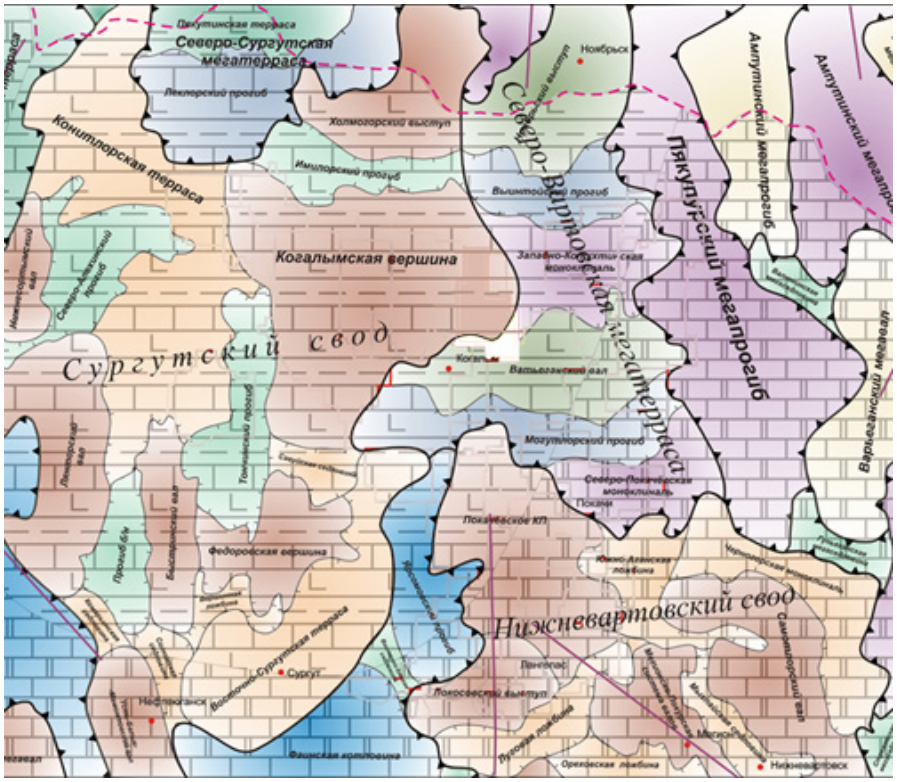


Рис. 18.9. Фрагмент тектонической карты Западной Сибири (по В.И. Шпильману)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Форму залегания ловушек чаще всего показывают на структурных картах – самых важных картах для геологов-нефтяников (рис. 18.10).

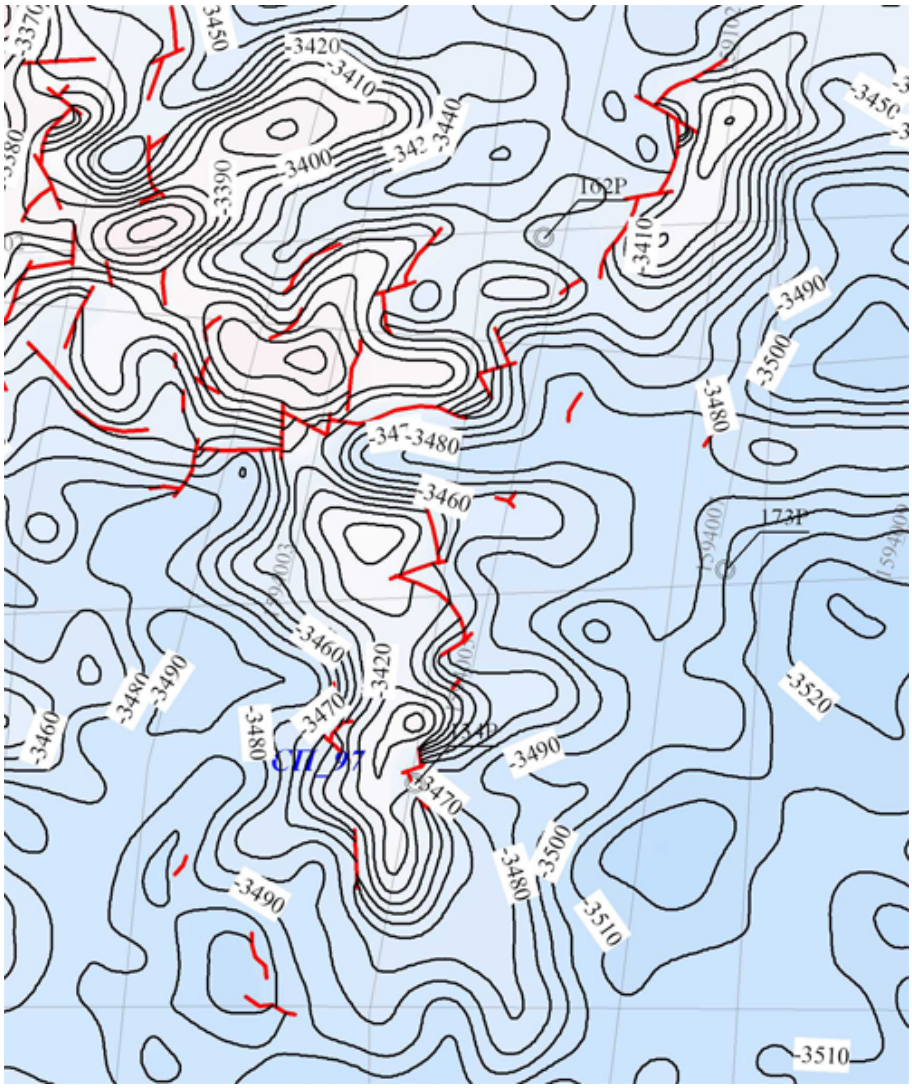


Рис. 18.10. Фрагмент структурной карты одного из продуктивных горизонтов продуктивного Дружного месторождения (Западная Сибирь)

Иногда на тектонических картах изображают тип и иерархию структур. Тектонические карты, как правило, производные, они отражают и суммируют знания о современных формах тектонических структур, направленности и движущих силах их развития. Тектонические карты - важный, документ, используемый в прогнозе распределений нефти и газа в земной коре.

Современные тектонические карты очень разнообразны. Это обусловлено с одной стороны - дальнейшим развитием тектоники и созданием большого количества подробных карт различных регионов; а с другой стороны, внедрением в геологию тектоники плит и,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

вследствие этого, созданием карт, в основу содержания которых положен принцип возраста образования континентальной коры.

Среди тектонических карт выделяются следующие их виды:

1. Тектонические схемы. Их составляют либо для производственных целей, и тогда они характеризуются относительной односторонностью при сравнительной полноте отражения выбранного предмета исследования, либо для иллюстрации научной работы и такие схемы отличает комплексное и разнообразное содержание; либо для иллюстрации докладов, отчетов, научных статей.
2. Структурные карты наиболее объективно отражают геологическое строение. Они имеют особо важное значение при поисках нефти и газа и других полезных ископаемых осадочного происхождения. Структурные формы на таких картах могут изображаться изолиниями, контурами, закраской или штриховкой. Иногда все три способа применяются одновременно, но чаще всего структурные карты строятся в изолиниях.
3. Карты тектонического районирования изображают морфологию структур, историю развития земной коры и отдельных ее участков. Наибольшее распространение получили карты, в основу легенды которых положен возраст складчатости. Если складчатые структуры перекрыты пологозалегающими толщами, толщина их показывается в изолиниях, иногда подчеркиваясь оттенком раскрасок. Штриховыми обозначениями изображаются отдельные особенности формаций, выходящих на дневную поверхность - континентальные и вулканогенные формации; особыми знаками изображаются разломы и оси складок. На картах, показывающих строение океанов, легенда, как правило, изображает формы его рельефа.
4. Нефтяников в основном интересуют региональные тектонические карты платформ, которые обычно имеют отчетливо выраженное двухэтажное строение (фундамент и осадочный чехол). На таких картах в первую очередь должен быть показан платформенный комплекс. Платформенные структуры разного порядка сравнительно просты, поэтому для их изображения удобно применять изолинии для рельефа подошвы платформенного комплекса и основных поверхностей несогласия. Проявления неотектонических процессов изображают либо с помощью отдельной структурной карты поднеогеновой поверхности, либо штриховыми знаками на тектонической карте показываются районы эпиплатформенного эпигенеза.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

5. Палеотектонические карты изображают тектоническое строение в определенный период геологической истории. Как правило, это момент завершения складчатости, конец перерыва в осадконакоплении, то есть это - ретроспективная картина режимов и тектонических ситуаций определенного геологического времени. Среди палеотектонических карт выделяют палеоструктурные карты, изображающие в изолиниях поверхность того или иного горизонта для определенной эпохи. Кроме того, строят палеогеологические карты какого-либо момента геологической истории. Как правило, они составляются на моменты существенных перестроек геологического строения (складчатость, смена режима осадконакопления, крупный размыв).

6. Обзорные тектонические карты это грандиозные обобщения, которые строятся на основании обширного фактического материала (рис. 18.11).

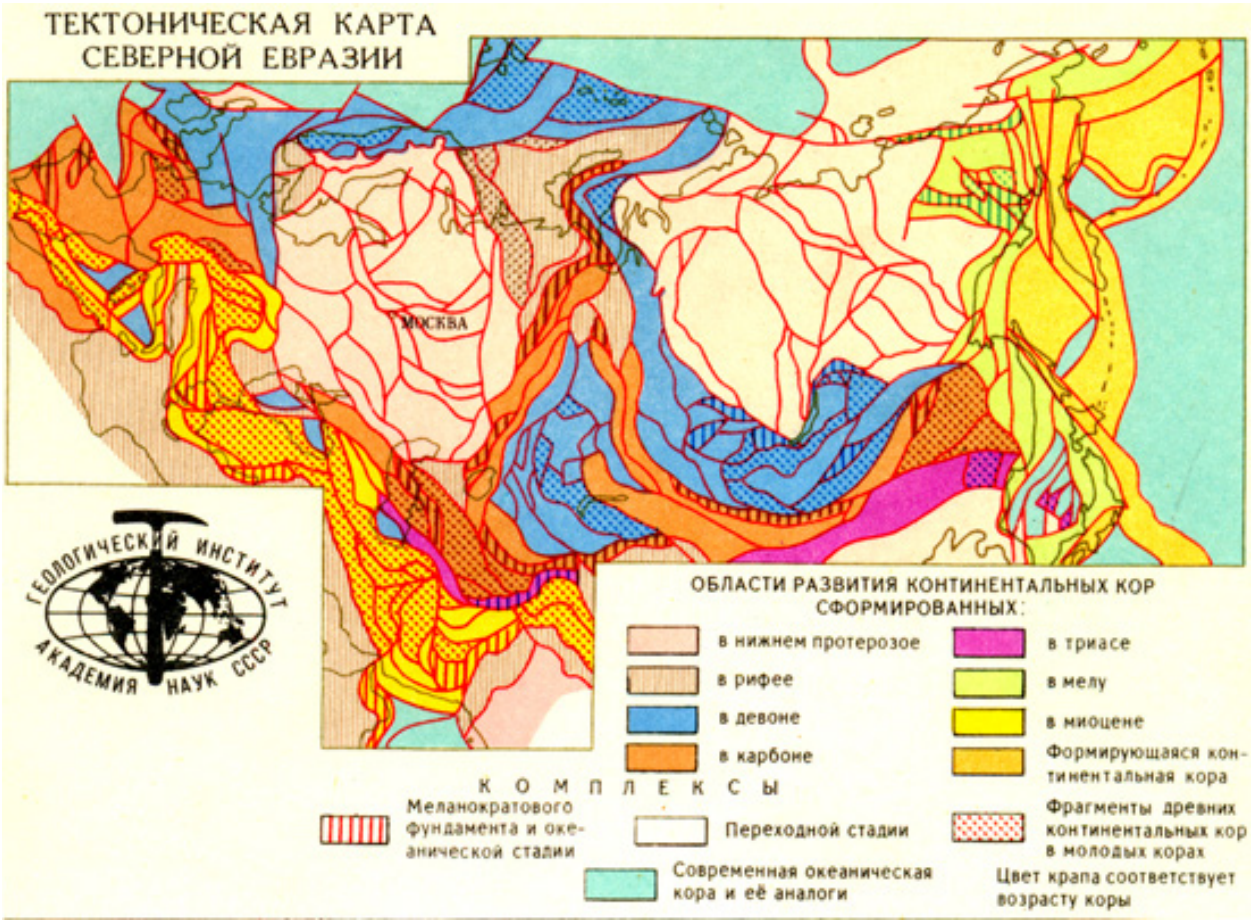


Рис. 18.11. Тектоническая карта Северной Евразии

7. Карты четвертичных отложений. Еще сравнительно недавно четвертичные отложения рассматривались как

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

«наносы», мешающие познанию условий залегания более древних толщ. Такой подход устарел. Помимо важности изучения четвертичных отложений как части геологического разреза, исследование их важно для поисков экзогенных месторождений полезных ископаемых, инженерно-строительных работ. Для нефтяников четвертичные отложения представляют особый интерес, так как они отражают новейшие тектонические движения, изучение которых необходимо при поисках нефтегазоносных структур унаследованного или инверсионного развития. Карты четвертичных отложений, как правило, входят в комплект карт Государственной геологической съемки (рис. 18.12).

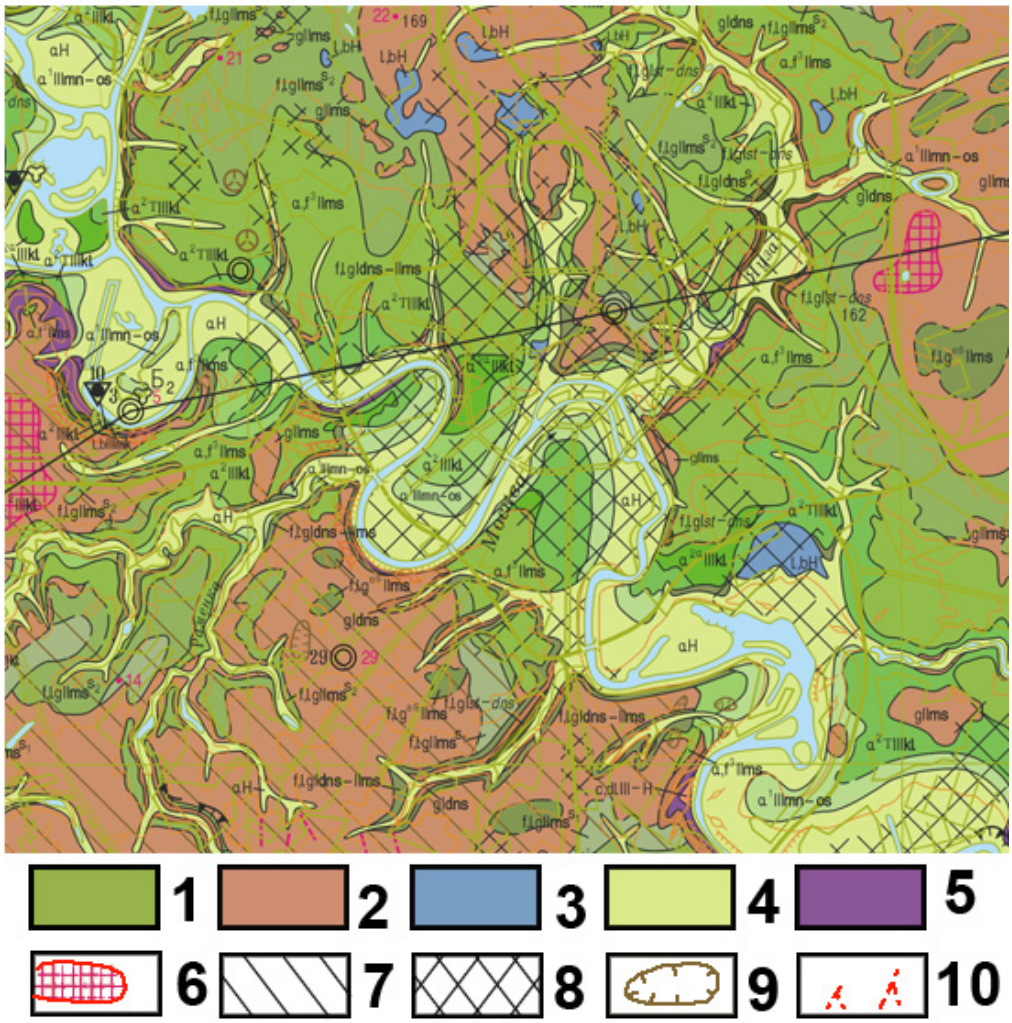


Рис. 18.12. Фрагмент карты четвертичных отложений из комплекта Государственной геологической карты м-ба 1: 200 000 1 – водно-ледниковые отложения, 2 – ледниковые отложения, 3 – озерные отложения, 4 – аллювиальные пойменные отложения, 5 – дочетвертичные отложения, 6 – конечно-моренные образования, 7 – лессово-почвенные образования, 8 – техногенные отложения, 9 – карьеры, 10 – растущие овраги

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

8. Геоморфологические карты также входят в обязательный комплект карт при государственной геологической съемке. Геоморфологическая карта характеризует основные черты современного земного рельефа - его возраст, формы, генезис, иногда составляются узко специализированные геоморфологические карты, отражающие преимущественно какую-либо особенность рельефа - возраст, количественные характеристики уклонов, расчлененности и т.д. (рис. 18.13).

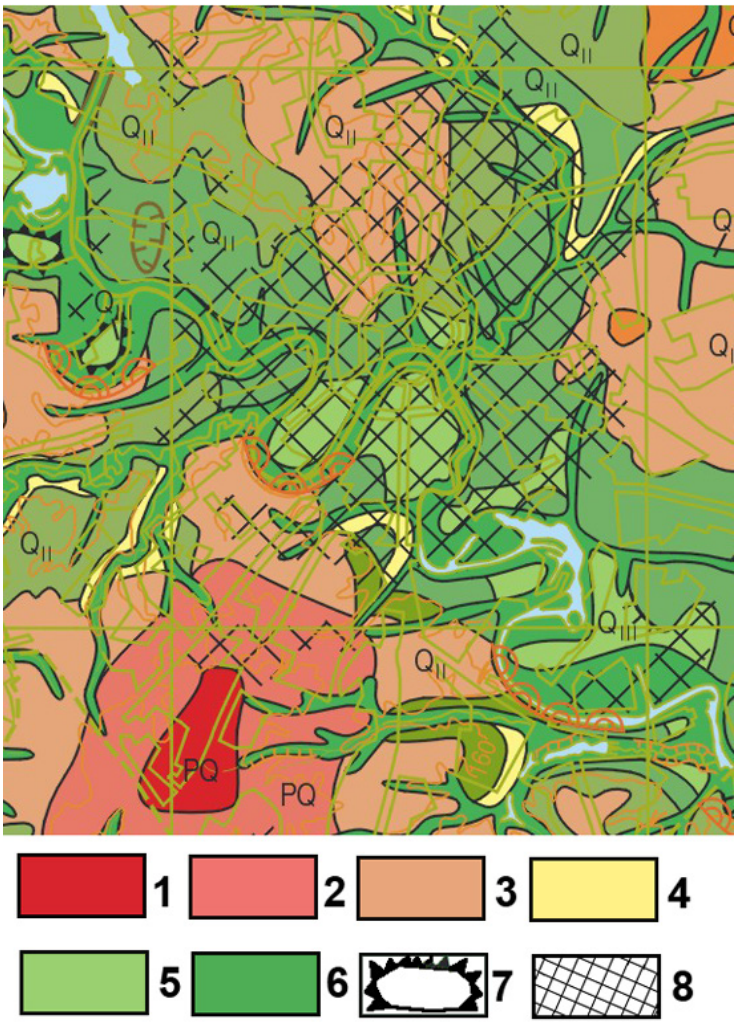


Рис. 18.13. Фрагмент геоморфологической схемы Москвы из комплекта Государственной геологической карты м-ба 1: 200 000 (с упрощениями). Рельеф структурно-денудационный. Отпрепарированный выступ, сложенный дочетвертичными породами, перекрытый маломощными ледниковыми отложениями; 1 - субгоризонтальные поверхности, 2 – склоны, 3 – грядово-холмистый конечно моренный рельеф, 4 – склоны речных долин позднеплейстоценового возраста, 5 – аллювиальные надпойменные террасы, 6 – голоценовая пойменная терраса, 7 – эрозионные останцы, 8 – рельеф, преобразованный техногенными процессами

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Так как между формами рельефа и типами четвертичных отложений существует тесная связь, карты четвертичных отложений часто совмещаются с картами геоморфологическими, что отражается в их легенде. Геоморфологические карты важны для нефтяника, потому что рельеф формируется при взаимодействии эндогенных и во многом обусловленных ими экзогенных факторов. Геолога нефтегазового профиля интересуют в основном аномалии рельефа, обусловленные структурообразующими движениями. Исключив аномалии рельефа, обусловленные составом пород и другими причинами, он предполагает на выбранной площади локальную тектоническую структуру. Популярность применения геоморфологических методов для поисков нефти и газа обусловлена их дешевизной, оперативностью составления и доступностью. Геоморфологические исследования - это один из экспресс-методов предварительного изучения региона в целях нефтегазовой геологии. Важная особенность геоморфологических методов - возможность непрерывных наблюдений по площади (с помощью материалов дистанционных съемок). В основном для целей нефтяной геологии из геоморфологии выделилась область, называемая "структурная геоморфология" со своим комплектом карт. Наиболее простая группа методов структурной геоморфологии - морфометрические методы изучения рельефа.

9. Карты толщин изображают распределение по площади значений толщины отложений определенного возрастного интервала конкретного геологического тела (пласта, свиты, тела полезного ископаемого).

10. Литологические карты – исторически первый вид геологических карт. Впервые они были опубликованы в Англии Христофором Пэком в 1736 году. На них изображаются области выхода на дневную поверхность осадочных пород – их состав, характерные включения, геохимические особенности, эпигенетические преобразования. Геологические границы отражают характер перехода одних пород в другие – переслаивание, выклинивание, фациальное замещение и др. Существует целый ряд карт, сходных с литологическими. К ним относятся карты фаций, на которых условными знаками показываются обстановки осадконакопления. Часто составляют совмещенные литолого-фациальные карты, потому, что именно литологический состав и характер слоистости пород, а также окатанность, сортированность и другие литологические особенности пород и характеризуют обстановки осадконакопления (рис. 18.14).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

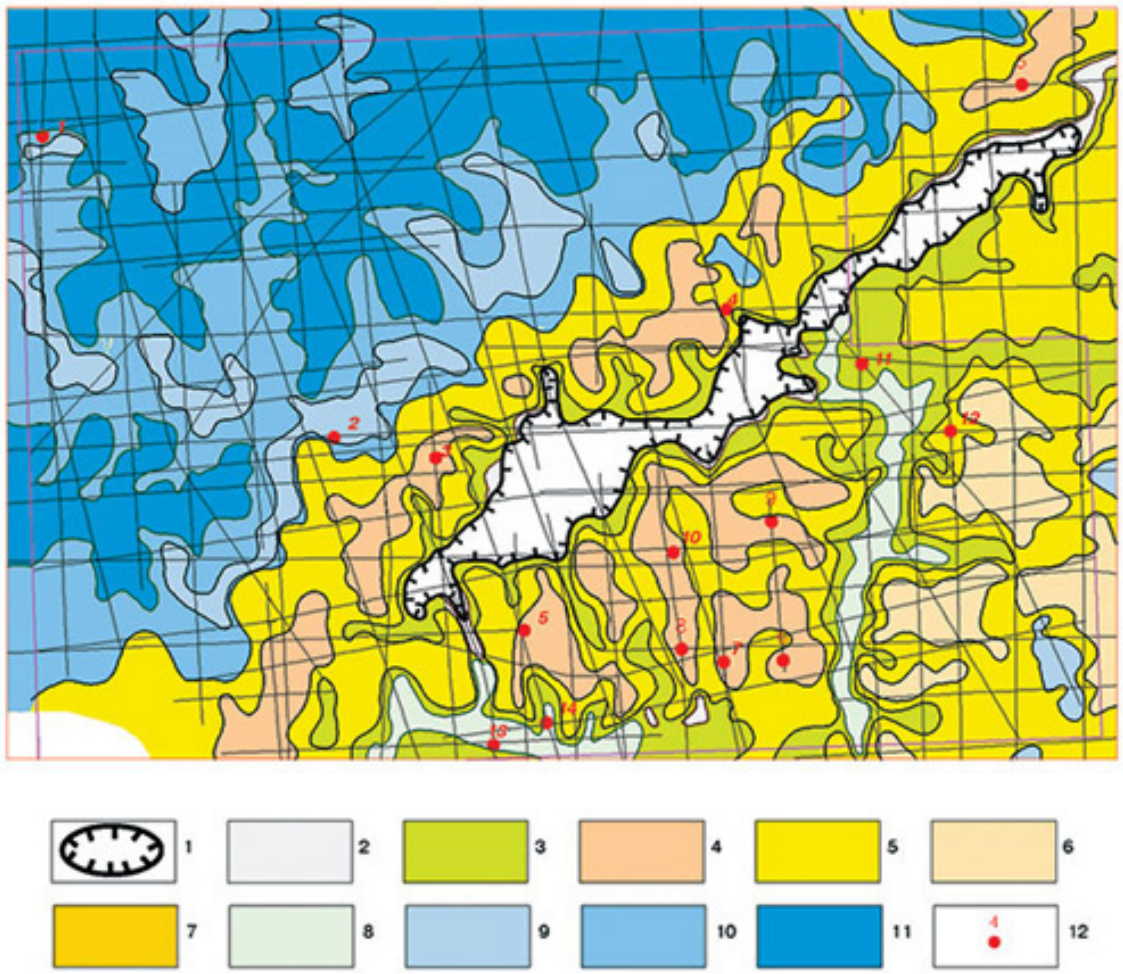


Рис. 18.14. Литолого-фациальная схема верхнеюрских отложений Шаимского района. Условные обозначения: 1 - отсутствие отложения. Прибрежная зона. Фации зоны осушки, островов, содержащих: 2 – грубообломочный материал, 3: 10 % - 40 % песчано-алевролитовых пород. Фации вдольбереговых валов, кос, барьерных островов, содержащих песчано-алевролитовые породы: 4 - 80%-100%, 5 – 40% - 80% Фации трансгрессивных вдольбереговых баров, содержащих песчано-алевролитовые породы: 6 – 30 % - 100 %, 7 – 40 % - 80 %. Фации лагун вдольбереговых промоин, маршей, содержащих: 8 алевролито - глинистые породы; Мелководная зона. Фации валов, островов, отмелей, приморских болот, содержащих песчано-глинистые породы: 9 – 40 % - 80 %, 10 - 10%-10%, 11 – глинистые породы, 12 – номер скважины разведочного бурения

11. Карты полезных ископаемых и перспектив нефтегазоносности обязательно входят в комплект Государственной геологической карты. На них изображаются основные фактические данные о месторождениях и проявлениях полезных ископаемых. Карты служат для выяснения связи между месторождениями и проявлениями полезных ископаемых с породами стратифицированных толщ, интрузивными комплексами или структурными формами; являются основой для определения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

направления дальнейших более детальных геолого-съемочных работ; предварительной оценки района в отношении постановки поисковых или разведочных работ; составления металлогенических, прогнозных и других специальных карт. Карта составляется на геологической основе соответствующей государственной геологической карты с полной геологической нагрузкой. Разновидность карты полезных ископаемых - карта перспектив нефтегазоносности изображает области различной степени перспективности для поисков нефти и газа. На таких картах показывают величины выбранных критериев нефтегазоносности. Выбор комплекса критериев для каждой конкретной карты зависит от масштаба, размера оцениваемых объектов, изученности региона, его геологических особенностей и других причин. Карта перспектив нефтегазоносности - один из главных обобщающих документов, позволяющих дать первоначальную оценку возможного открытия скоплений нефти и газа в регионе.

Следует также упомянуть разнообразные геофизические (рис. 18.15), геохимические, гидрогеологические, минерагенические и многие другие карты геологического содержания.

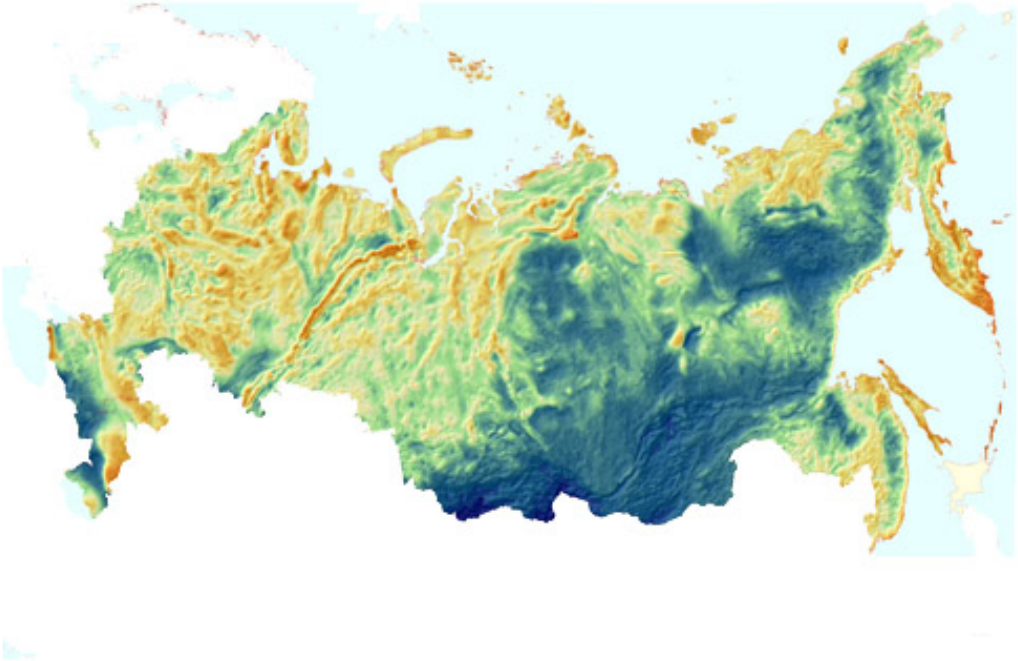


Рис. 18.15. Упрощенная геофизическая (гравиметрическая) карта России. Синие тона – отрицательные гравитационные аномалии, коричневые – положительные

Масштаб **–** важнейшая характеристика геологической карты. Именно масштаб диктует детальность геологического изучения территории. Так как карты составляются на уже имеющейся топографической основе, то и масштаб геологических карт обычно

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

привязывается к масштабу топографической карты. Встречаются и исключения, например, карты масштаба 1:1500 000. В таблице 18.2 приведена характеристика основных параметров геологических карт по масштабу.

Здесь упомянуты лишь карты, наиболее часто встречающиеся при структурно-геологических и нефтегеологических исследованиях.

Как правило, геологическое изучение территорий начинают с мелкого, а затем переходят к все более крупному масштабу, выбирая на основе уже имеющихся данных территории первоочередных детализационных работ. Впоследствии, на детально изученной территории, могут вестись обобщающие мелкомасштабные работы.

Геологические карты могут относиться к прошлому (ретроспективные), настоящему (актуальные) и будущему (прогнозные).

Ретроспективные карты изображают прошлое. Они показывают, какой была геологическая (палеогеологические карты), или географическая (палеогеографические карты) ситуация, форма геологических тел – палеоструктурные карты к определенному моменту в прошлом. Как правило, палеогеологические карты составляются для эпох существенных перестроек геологического строения – эпохи складчатости, смены режима осадконакопления, крупный размыв (рис. 18.16).

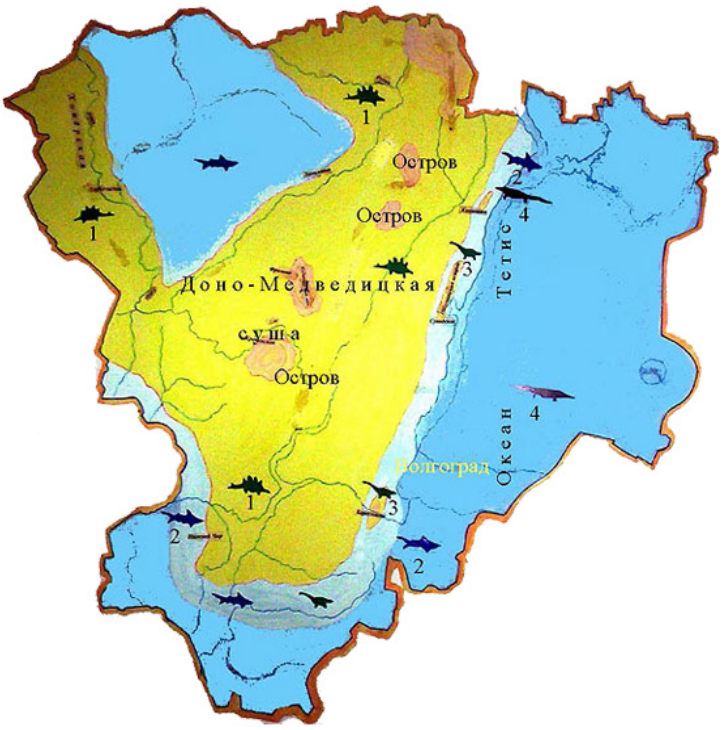


Рис. 18.16. Палеогеографическая карта – схема Волгоградской области в конце кампанского века в позднем мелу 1 – сухопутные динозавры, 2 – акулы, 3 – морские ящеры плезиозавры, 4 – мозазавры (http://museum.vgi.volsu.ru/

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 18.2.
Основные характеристики геологических карт по масштабу

Масштаб	Название	Преимущественные способы составления	Содержание	Применение
1:1 000 000 и мельче	Обзорные	Обобщение и компиляция	Изображение геологии территорий от крупных регионов до Земли в целом	Демонстрационное и научно-справочное. Получение общего представления о пространственных закономерностях закартированных объектов
1:1 000 000 – 1:500 000	Мелко-масштабные	Обобщение, геологическая съемка	Изображение геологии территорий крупных регионов – 250 000 кв.км – нефтегазоносных провинций, областей	Научно- справочное. Получение предварительного представления о горно-геологических перспективах территории
1:200 000 – 1:100 000	Средне-масштабные	Геологическая съемка, доизучение площадей, обновление карт, тематические и ведомственные работы	Региональные карты различного содержания. – подробное изображение выходов на дневную поверхность горных пород различного состава и возраста, всех видов полезных ископаемых	Научно- справочное. Обоснование перспектив поисков полезных ископаемых, выявления рудных тел, локальных потенциально нефтегазоносных структур
1:50 000 – 1:25 000	Крупно-масштабные	Государственная групповая геологическая съемка, обновление карт, аэрофотогеологическое, глубинное геологическое и объемное геологическое картирование, тематические и ведомственные работы	Подробные карты выходов на поверхность горных пород, всех видов полезных ископаемых, структурных поверхностей, карт со снятыми отложениями, всех видов полезных ископаемых. Карты внутреннего строения рудных полей и локальных структур	Выделение площадей для поисков и составление тематических карт, выделение объектов для разведки
1:10 000 и крупнее	Детальные	Тематические и ведомственные работы	Детальные карты и планы характеризующие геологическое строение площадей	Составление проектов разведки, разработки и инженерных работ

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ретроспективные карты и палеогеологические разрезы широко применяются в нефтегазовой геологии. Учебные карты на самом деле также относятся к палеогеологическим картам, потому что с них сняты четвертичные отложения, то есть они изображают геологическую ситуацию плиоцена.

Актуальные карты изображают геологическую ситуацию в настоящий момент. Это наиболее широко распространенный вид карт.

Прогнозные карты показывают предполагаемую с той или иной степенью вероятности геологическую ситуацию, или возможность проявления геологических явлений в будущем. Например, карта прогноза землетрясений показывает где и когда могут произойти землетрясения, прогноза полезных ископаемых – где могут быть найдены те или иные полезные ископаемые и т.д.

По ведомственной принадлежности геологические карты делятся на государственные, ведомственные и частные.

Государственная геологическая карта составляется в результате Государственной геологической съемки – главного источника информации о геологическом строении территории. О Государственной геологической съемке подробнее написано ***в 18.2.5***. Понимание роли геологического картирования как необходимого этапа изучения и освоения территорий еще в XVIII веке привело к созданию государственных геологических служб, ведущих систематическую полистную геологическую съемку. В результате такой работы создается Государственная геологическая карта. Границы листов карт выбираются в стандартной разграфке топографических карт. Карта составляется по единой легенде и по единой методике, закрепленной в инструкциях. При геологических исследованиях территория сначала изучается в мелком масштабе (1:1 000 000 - 1:500 000), а затем - во все более крупном. В 1939 году была принята программа изучения СССР Государственной геологической съемкой масштаба 1:1000000. Эта карта в сложно построенных районах составлялась в масштабе 1:500 000. Составление Государственной геологической карты СССР масштаба 1:1 000 000 в общем закончилось в 50-х годах, но совершенствование методики картирования и повышение требований к геологическим картам вызвали необходимость их пересмотра. Сейчас созданы многие листы новой серии Государственной геологической карты масштаба 1:1000000.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Начиная с 1954 г, в нашей стране началось систематическое изучение геологического строения ее территории в масштабе 1:200 000 (1:100 000 для сложно построенных районов). Они служат первичным материалом для создания большинства производных геологических карт - формационных, тектонических и многих других.

На геологической карте показываются не только поля распространения пород определенных стратиграфических подразделений, но и в пределах их - пластов различного литологического состава, прослеженных на местности; нестратифицированных метаморфических образований; интрузий; зон меланжа; измененных пород, коры выветривания, техногенных пород и полезных ископаемых. Геологические границы и разрывы выделяются по степени достоверности и морфологическим особенностям.

В результате государственной геологической съемки составляется комплект карт, включающий, карты дочетвертичных отложений, четвертичных отложений, карты со снятыми отложениями того или иного возраста, структурные и другие, предусмотренные в каждом отдельном проекте. Государственная геологическая карта – официальный документ о геологическом строении района.

Ведомственные геологические карты - это карты, составляемые в интересах и по тематике различных ведомств и научных программ, в том числе и долгосрочных международных. Например, многолистная международная тектоническая карта Европы, составлялась в течение более чем 15 лет, а в состав ее авторов и редакторов вошло более 100 человек. Такие карты составляются на основе разработанных для их составления методик и систем условных знаков.

На рис. 18.17 приведен фрагмент одной из карт атласа нефтегазоносности субъектов Российской федерации – шельфа Баренцевого и Карского морей, созданного во ВНИГНИ, 2009 г.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

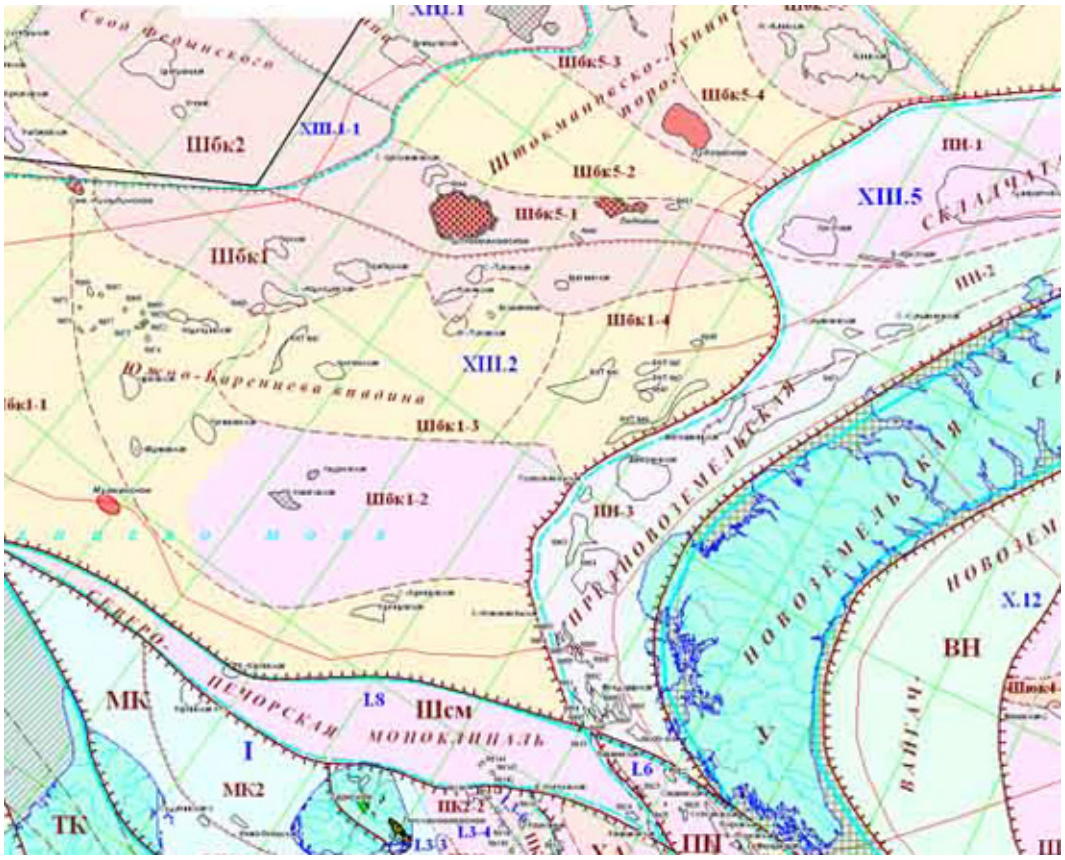


Рис. 18.17. Фрагмент карты атласа нефтегазоносности субъектов Российской федерации ВНИГНИ. Окрестности Штокмановского месторождения.

Частные карты, это любые карты, которые создаются отдельными лицами и небольшими коллективами для иллюстрации разнообразных геологических работ, в том числе отчетов, курсовых работ, дипломов, научных статей и т.д. Частные карты, схемы, тематические карты – это именно те геологические чертежи, которые постоянно приходится составлять студентам самостоятельно.

Главнейшие по н а з н а ч е н и ю виды геологических карт это:

научно-справочные - предназначенные для справочных целей, изучения особенностей изображаемых явлений и объектов при научных исследованиях и практической деятельности, измерений и создания других картографических материалов по ним;

оперативные – предназначенные для решения текущих производственных задач, обычно это рукописные или компьютерные карты (рис.18.18);

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

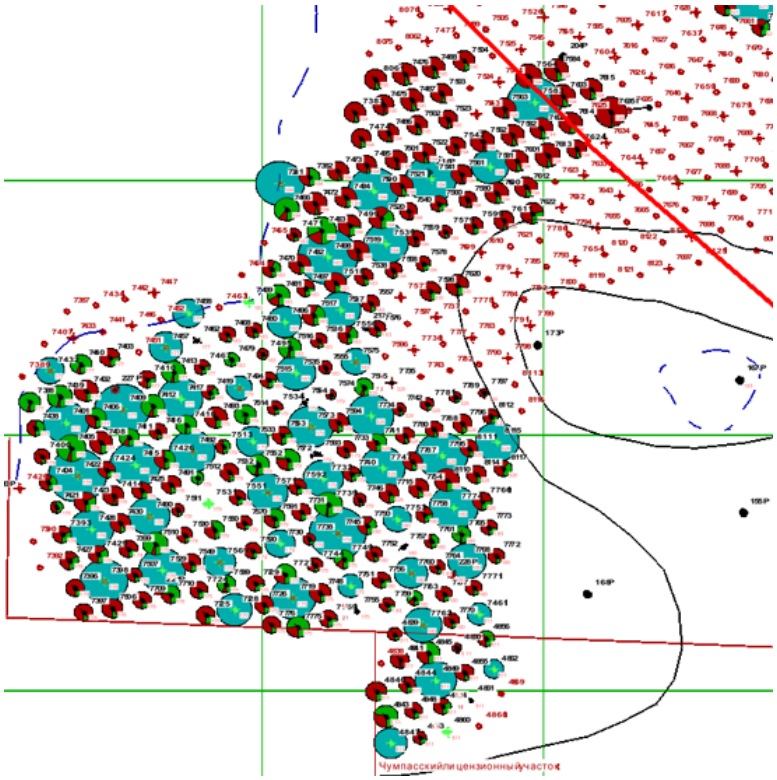


Рис. 18.18. Фрагмент оперативной карты разработки одного из пластов Лангепасского месторождения на определенную дату. Голубые круги – нагнетательные скважины, круги с красным и зеленым секторами – добывающие скважины

демонстрационные карты составляются и используются для распространения технической информации и иллюстрации каких-либо геологических сведений. Их содержание определяется конкретной темой. Часто для таких целей используются картосхемы;

учебные карты обычно служат для обучения и их содержание приведено в соответствие с учебными курсами. Примером таких карт являются учебные геологические карты, являющиеся видоизмененными картами дочетвертичных отложений из комплекта Государственной геологической карты.

По способу изображения картируемой действительности все карты можно разделить на два принципиально разных вида:

Проекций с числовыми отметками – когда какой-либо один признак недр представляется в виде топографической поверхности и изображается в изолиниях или в виде картодиаграммы – например, структурные карты изображают в изолиниях рельеф определенной стратиграфической поверхности, карты мощностей – толщину геологического тела и т.д. На такую карту, как на структурную основу можно проецировать в виде дополнительных условных знаков другие характеристики тел – например залежь (рис. 18.19). Часто проводится всего одна изолиния, которая ограничивает площадь, где картируемый признак присутствует. Так показывают залежи, площадь

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

оледенения, площадь, где отсутствует коллектор. Такой способ показа картируемого объекта называется способом ареалов

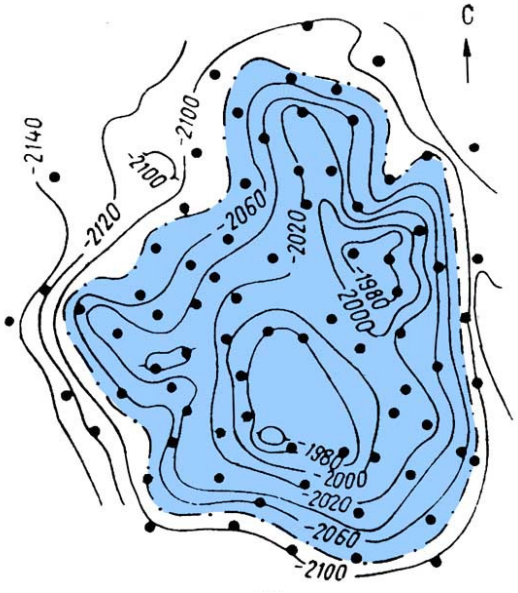


Рис. 18.19. Структурная карта по кровле продуктивного горизонта Самотлорского месторождения

. В тех случаях, когда промежутки между изолиниями закрашиваются в выбранные цвета, называется способом количественного фона. Он применяется на географических картах при показе высот и глубин и широко применим в нефтегазовой геологии (рис.18.20).

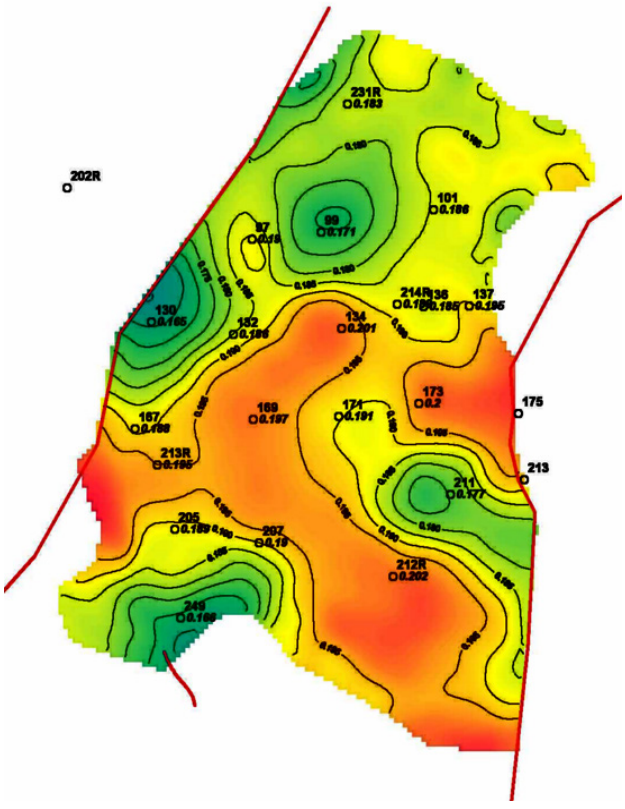


Рис. 18.20. Метод количественного фона. Карта пористости продуктивного пласта

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Методы изолиний, ареалов и количественного фона применяют, когда картируемый объект изображают в виде топографической поверхности, характеризующийся, наряду с другими свойствами непрерывностью и плавностью. Если же надо показать контрастирующие друг с другом характеристики, пользуются методом картограмм (рис. 18.21).

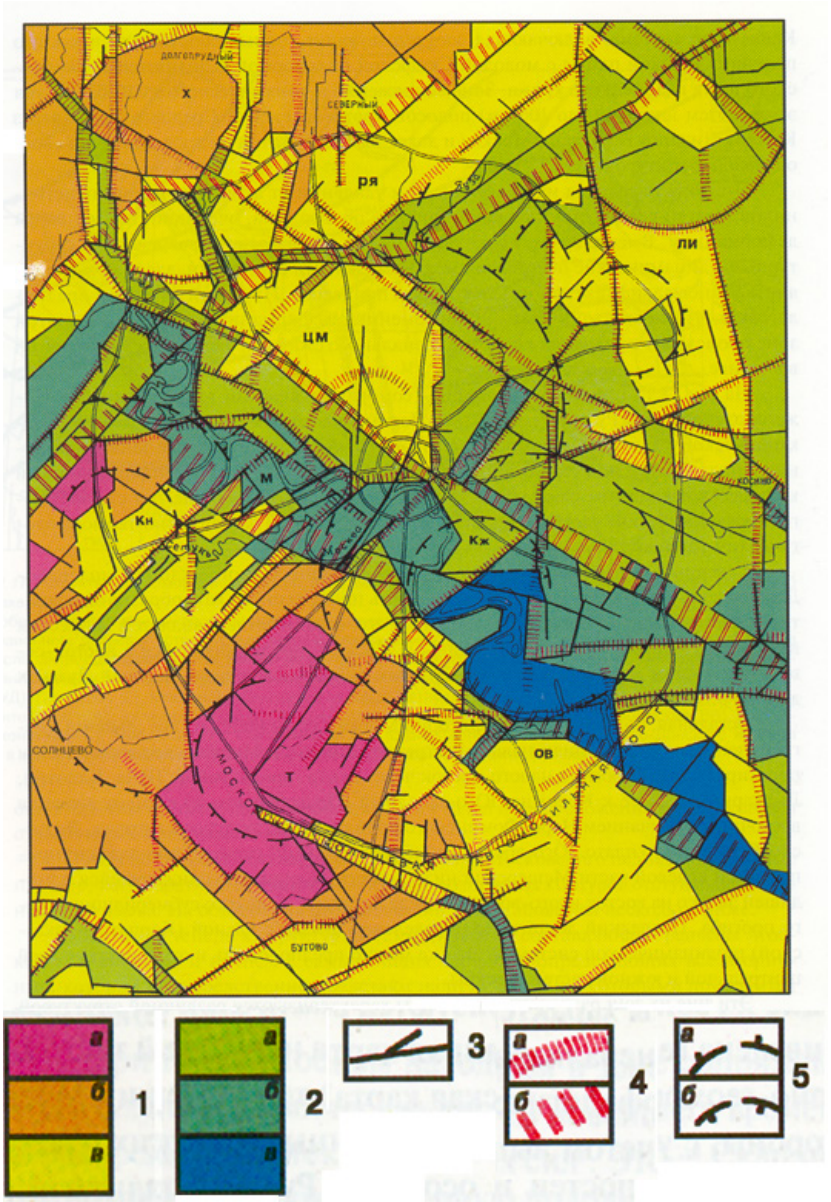


Рис. 18.21. Структурно-геоморфологическая карта г. Москвы, составленная методом картограмм (по В.И. Бабаку и В.И. Макарову) 1 – относительные поднятия с высотами водораздельных поверхностей а – более 200, б – 180-200 м, в – 180-160 м; 2 – относительные опускания с высотами а - 160-140 м, 140-120 м, ниже 120 м.3 – 4 - линеаменты различной морфологии, 5 – кольцевые структуры

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При этом картируемую территорию разделяют на равные или неравные элементарные ячейки и среднее, или единственное значение признака, который оказался в данной ячейке, приписывают всей ее площади Другой способ изображений картируемой действительности - ***пересечений*** – когда изображается сечение различных геологических тел или их признаков какой-либо поверхностью - чаще всего поверхностью дневного рельефа (государственные геологические карты), или поверхностью несогласия, или плоскостью (обычно горизонтальной на каком-либо гипсометрическом уровне).

Можно также спроецировать на горизонтальную плоскость несколько срезов на разных гипсометрических уровнях. Такой прием часто применяется в нефтегазовой геологии (рис. 18.22).

Иногда на одном листе бумаги совмещаются карты, построенные разными способами – например, на учебной геологической карте совмещены топооснова, которая является картой в изолиниях (поверхностью с числовыми отметками), карта среза границ стратиграфических подразделений и магматических тел, и иногда, структурная карта по какой-либо (каким-либо еще) поверхностям напластования.

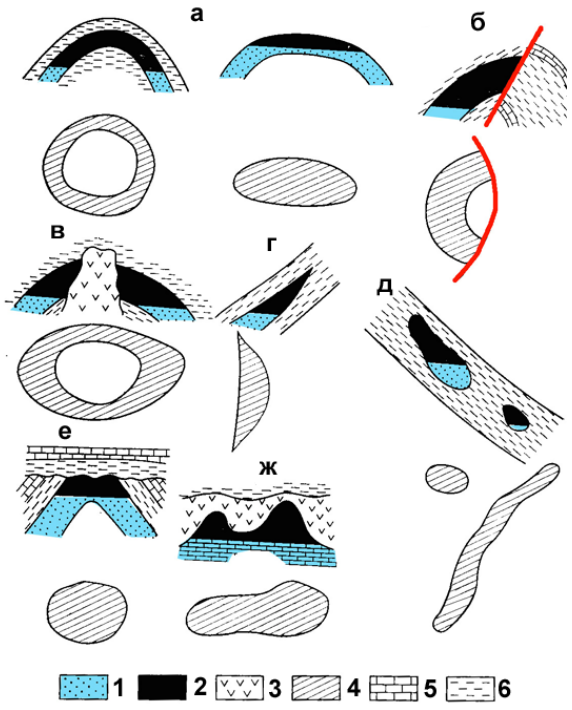


Рис. 18.22. Карты пересечений. Вид водонефтяного контакта в плане (внизу) у различных классов залежей (а-ж). 1 – вода, 2 – нефть, 3 – 6 – различные горные породы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Примером такого совмещения является тектоническая карта Москвы (рис. 18.23).

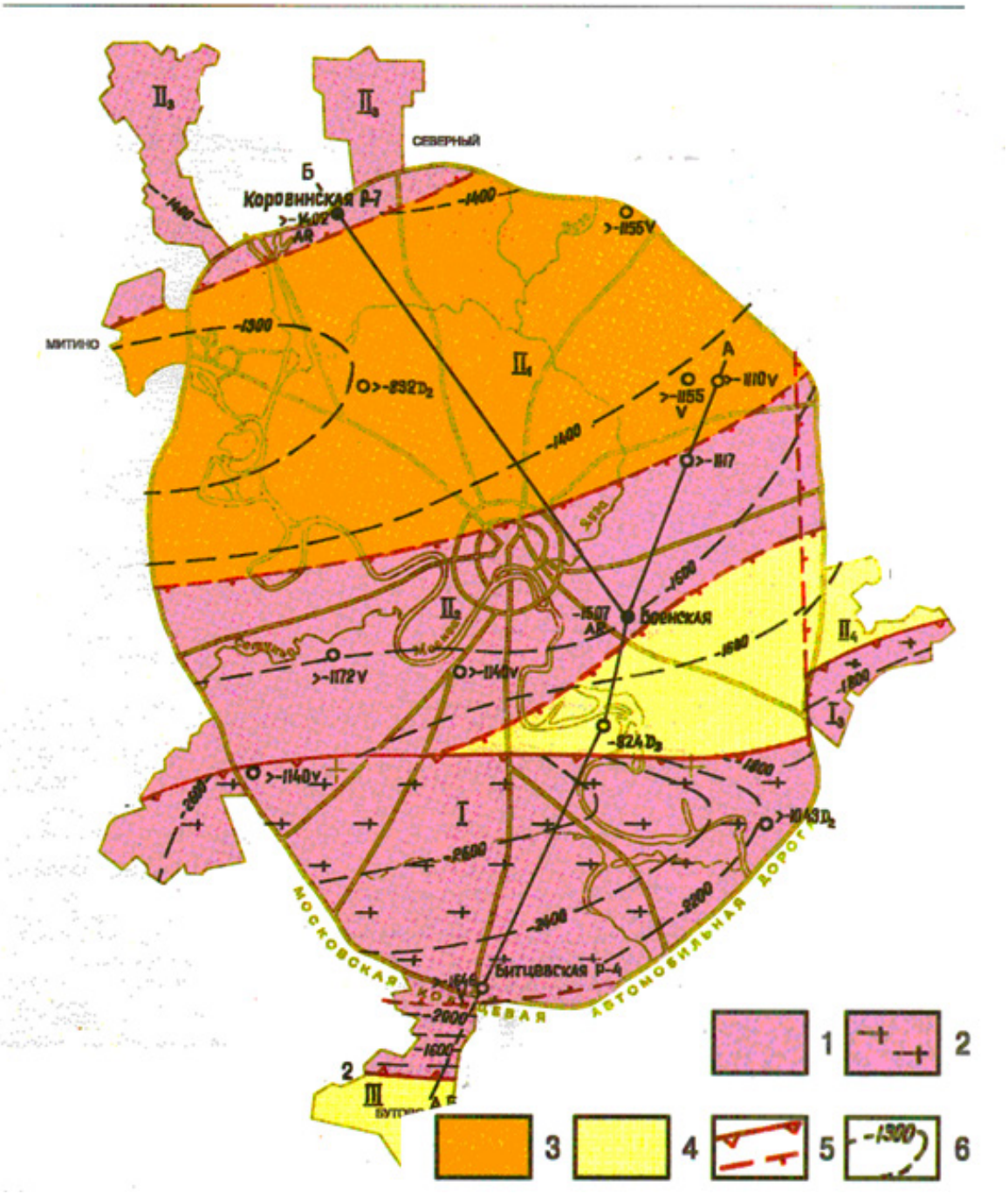


Рис. 18.23. Схема геологического строения кристаллического фундамента территории Москвы (по Т.Ю. Кузьменко). Нижний архей 1 – гнейсы и метаэффузивы, 2 – мигматиты, нижний протерозой 3 – эффузивы основного состава, 4 – биотитовые и амфиболовый гнейсы и кварциты, 5 – основные разломы, 6 – изогипсы поверхности кристаллического фундамента

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Иногда выделенный контур характеризуется какой-либо диаграммой. Такими диаграммами являются круги различного размера с секторами на рис. 18.17, показывающие ход добычи нефти и газа и закачки воды, это могут быть розы-диаграммы разломов (рис. 18.24), и другие характеристики территории.

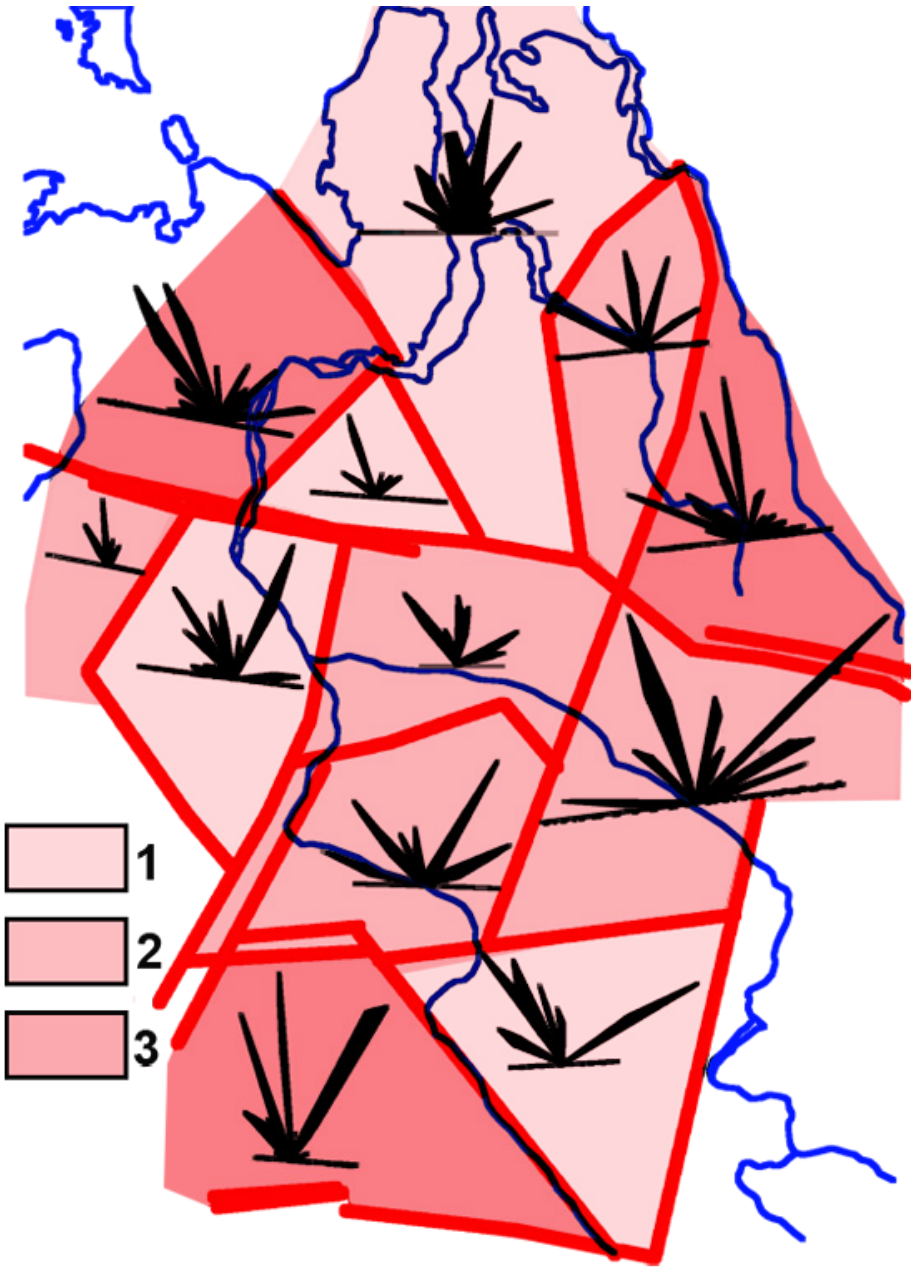


Рис. 18.24. Картодиаграмма, составленная розами-диаграммами. Схема расположения геоблоков, отдешифрированных на космических изображениях Западной Сибири (по В.В. Боровскому и др. с упрощениями). Геоблоки выделены методом картограмм по интенсивности разрывов на территории: 1 – приподнятые, 2 – нейтральные, 3 – опущенные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

По степени теоретического обобщения карты разделяют на:

Первичные – карты наблюдения, документальные карты с минимальным обобщением. На таких картах обычно показывают исходный фактический материал – *это карты размещения скважин, карты точек наблюдений и т.д.* К ним же относится и оперативная карта, показанная на рис. 18.17.

Переходные – карты, на которых первичный материал обобщен в виде геологических границ, или как-то иначе. Это большинство карт - структурные карты, карты срезов и т.д.

Аналитические – это карты, которые создаются на основе интерпретации первичных и переходных карт. Примером служат тектонические карты, карты дрейфа континентов, другие карты, главным содержанием которых являются умозаключения, представления авторов о геологическом строении территории. Именно в аналитических картах наилучшим образом проявляется сущность карт как моделей действительности.

По типу геологических систем карты делятся на *статические* – изображающие геологические явления, на которых не учитываются изменения, происходящие с геологическими телами, например литологические карты и д*инамические* – карты процессов, на которых показываются движения – например, карты скоростей новейших тектонических движений.

По использованию ЭВМ карты разделяют на традиционные – обычные, карты, или атласы карт, сопровождаемые объяснительной запиской и числовые – еще их называют нормированными или компьютерными картами. Они представляют собой продукты, создаваемые на основе ГИС – географических информационных системам.

Компьютерная карта представляет собой визуализированную в графическом виде геологическую информацию, поэтому все, что изложено здесь касательно традиционных карт относится и к компьютерным.

Контрольные вопросы к 18 2 2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.2.3. СТРУКТУРА КАРТЫ И ЕЕ КОМПОНЕНТЫ

Любая тематическая карта состоит из следующих частей: (рис. 18.25) математической основы, картографического содержания и справочных данных. Иногда на картах присутствуют еще и дополнительные сведения.



Рис. 18.25. Структура тематической (геологической) карты. Красным выделено то, ради чего составляется карта, синим – обязательное содержание, желтым и зеленым – необязательные компоненты

Математическая основа **-** это математический закон, по которому строится соответствие точек на карте точкам на местности. Математическая основа выражается масштабом, проекцией и системой координат и рамкой. Это соответствие задается ее координатами. В геодезии и топографии используются как географические и прямоугольные координаты. Именно наличием математической основы карта отличается от других плановых геологических чертежей. Иногда она присутствует на карте в явном, а иногда - в неявном (скрытом, латентном) виде. Этот математический закон никак не описан на карте, но был использован при ее составлении. Математическая основа карты состоит из масштаба карты, ее проекции и рамки. ***Масштаб*** - это отношение длины отрезка на изображении к длине горизонтальной проекции того же отрезка на поверхности референц-эллипсоида. Практически для определения масштаба берут отношение длины отрезка на карте к длине

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

горизонтального проложения на местности. Для удобства пользователя на картах помещают одновременно численный, именованный и графический (линейный) масштабы. *Численный масштаб* – это дробь с числителем 1, указывающая сколько единиц на местности соответствует такой же единице на карте (например, масштаб 1:50 000 означает, что 1 сантиметр, дюйм, вершок и т.д. на карте соответствует 50 000 сантиметрам, дюймам, вершкам и т.д. на местности). Чем больше знаменатель численного масштаба, тем масштаб мельче. *Именованный масштаб* указывает длину отрезка на местности, соответствующий единице длины на карте. Например, в 1 см 1 км (масштаб 1 100000) или в 1 дюйме 2 мили, и т.д. *Графический (линейный) масштаб* вычерчивается на картах в виде отрезка со штрихами, на которых надписаны соответствующие значения длин на местности. Линейный масштаб облегчает измерения и незаменим, если карты уменьшают или увеличивают. Так как в настоящее время картографические материалы чаще всего хранятся в компьютере в виде базы данных, и визуализированная картинка не всегда выводится на печать, а рассматривается на дисплее с произвольным увеличением, поэтому любые графические документы должны сопровождаться линейным масштабом.

Невооруженный глаз может различить на карте отрезок не менее 0,1 мм. Горизонтальный отрезок на местности, соответствующий на карте 0,1 мм называется ***точностью*** масштаба. Например, точность масштаба карты 1:50 000 – 5 м, 1:1 000 000 – 100 м и т.д. Знать точность масштаба карт необходимо для того, чтобы понимать, с какой точностью на карту нанесены изображенные на ней объекты. Масштаб топографической основы для геологических карт выбирается в зависимости от масштаба картографических работ. Обычно рабочий масштаб для удобства берут вдвое крупнее, чем отчетный.

Картографическая проекция – это математически определенный и однозначный способ изображения поверхности земного эллипсоида на плоскости. При этом поверхность эллипсоида при совмещении его с плоскостью как бы деформируется, поэтому углы и (или) площади фигур на карте искажаются. При изображении больших территорий любая проекция дает ощутимые искажения. В каждом конкретном случае выбирается или изготавливается такая проекция, которая дает минимальные искажения картируемой территории. Как правило, на картах написано, какая проекция была использована при ее составлении. В основном в России используется

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

несколько картографических проекций, применяемых для разных масштабов карт. При создании ведомственных карт определенных территорий (административное подразделение, нефтегазоносная область) часто создается топооснова в произвольной проекции, в которой минимальны искажения именно на этой территории. Поэтому при совмещении различных карт возникают несбивки, ликвидировать которые позволяет использование специальных программ, например Mapinfo.

Номенклатурой называется система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется ***разграфкой***. В нашей стране принята международная система разграфки и номенклатуры топографических карт; ее основой является лист карты масштаба 1:1 000 000.

При построении этой системы вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером 6° по долготе и 4° по широте; каждая трапеция изображается на одном листе карты масштаба 1:1 000 000. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними параллелями, образуют ряды, которые обозначаются буквами латинского алфавита от A до V от экватора к северу и к югу. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними меридианами, образуют колонны. Колонны имеют порядковые номера от 1 до 60, начиная с меридиана 180°; колонна листов карт, на которой изображена 1-я зона проекции Гаусса (рис. 18.26). Номенклатура листа карты миллионного масштаба составляется из буквы ряда и номера колонны, например, N-37.

Обозначение номенклатуры листа м-ба 1:1 000 000 складывается из латинской буквы, которой обозначен ряд, и числа, который означает колонну, например, N-37**.** (На этом листе располагается Москва). Территория России занимает, в основном площади листов от L юге до S на севере и от 36 на западе до 2 западного полушария на Чукотке. Построенная по такому принципу номенклатура, дает два набора обозначений, одинаковых для северного и южного полушария, но так как Россия расположена в северном полушарии, то по умолчанию, только оно и имеется в виду. В противном случае следует оговорить наименование полушария. Выше 64˚ и 80˚ широты листов занимают по долготе 12˚ и 24˚

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

соответственно, то есть являются сдвоенными и счетверенными. Номера колонн в их номенклатурах записываются через запятую (Q – 38,39).

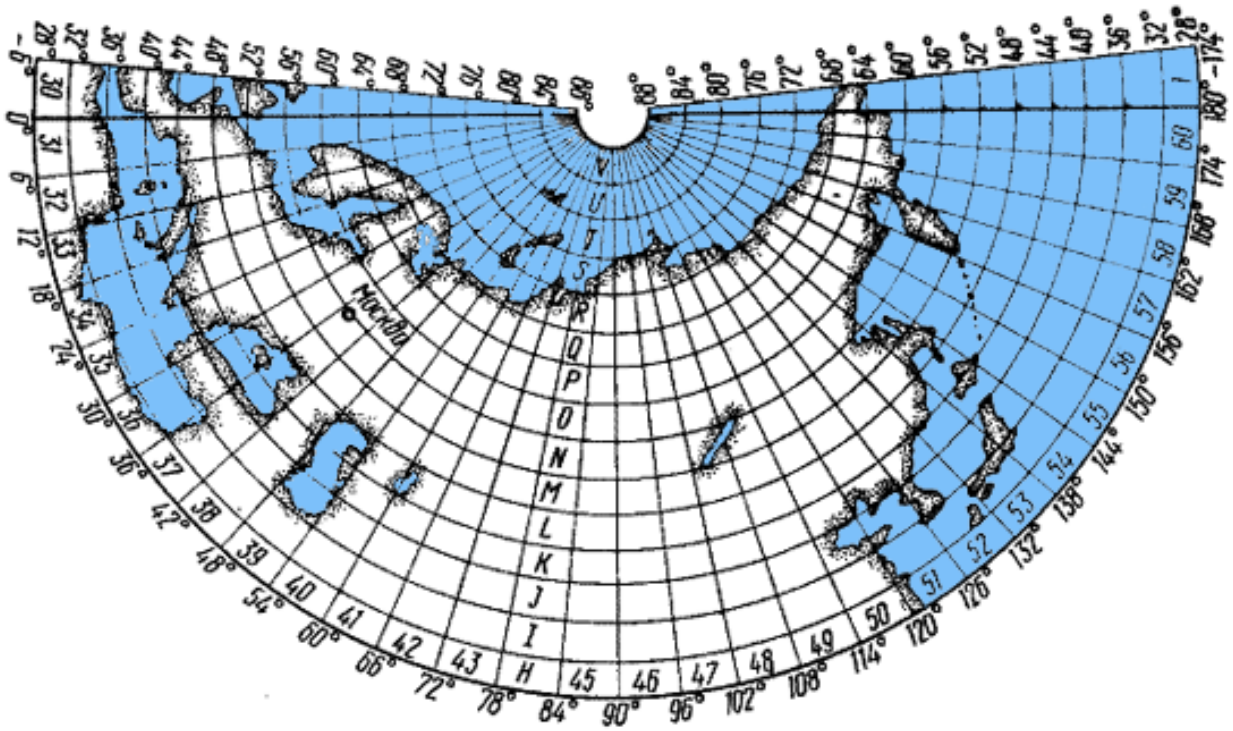


Рис.18.26. Разграфка территории России и сопредельных стран на листы м-ба 1:1 000 000

Номенклатура карт более крупного масштаба строится на основе листа 1:1000000. Листы карты масштаба 1:500 000 получают делением листа миллионного масштаба на 4 части средним меридианом и средней параллелью.

Чтобы получить номенклатуру листа масштаба 1:500 000 надо разбить лист 1:1000000 на 4 части и обозначить их заглавными буквами русского алфавита – А, Б, В, Г. (N-37-В*).*

Чтобы получить номенклатуру листа масштаба 1:200 000 - надо разбить лист 1:1000000 на 36 частей (матрица 6х6) и обозначить их римскими цифрами I, II, ... XXXV, XXXVI, например, N-37-XXIII.

Чтобы получить номенклатуру листа масштаба 1:100 000 - надо разбить лист 1:1000000 на 144 части (матрица 12х12) и обозначить их арабскими цифрами 1, 2,…143, 144. например, (N-36-3).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Чтобы получить номенклатуру листа масштаба 1:50 000 надо разбить лист 1: 100 000 на 4 части и обозначить их заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г. (N-36-3 –А),

Чтобы получить номенклатуру листа масштаба 1:25 000 надо разбить лист 1: 50000 на 4 части и обозначить их маленькими буквами русского алфавита – а, б, в, г. (N-36-3 –Г-г).

Чтобы получить номенклатуру листа масштаба 1:10 000 надо разбить лист 1: 25 000 на 4 части и обозначить их арабскими цифрами 1, 2, 3, 4. N - 36-3 – Г – а - 1.

Существуют и другие системы разграфки и номенклатуры.

Рамка карты отделяет картографическое изображение от зарамочной части. Чаще всего рамка бывает прямоугольной или трапециевидной, но иногда она имеет форму многоугольника. Как правило, вертикальная сторона рамки направлена на север, но это не обязательно. Если вертикальная рамка на карте не меридиональная, на карте обязательно должна присутствовать линия меридиана, или линия, указывающая на север. Обычно на рамке помещается координатная сетка – для карт 1:1 000 000 и мельче - геодезическая система координат – долгота и широта, Для масштабов 1:500 000 и крупнее - как геодезическая, так и прямоугольная системы координат – то есть еще и километровая сетка, привязанная к центральному меридиану зоны.

Легенда – система условных знаков геологических карт. Использование термина «легенда» связано с именем знаменитого голландского картографа XVI века Герхарда Меркатора, который, составляя карты Африки, пользовался не только непосредственными данными, полученными от путешественников, но и пересказами, услышанными ими, то есть вторичными сведениями. Комментарии к описаниям и ссылки на них Меркатор помещал на полях карт под названием «Легенда». Система условных обозначений - легенда - это сердце любой карты, ее «словарь», расшифровывающий все буквенные, графические и цветовые символы на карте. Легенда состоит из условных знаков, текстовых пояснений и таблиц. *Условный знак* представляет собой образец картографического знака, используемого для картирования того или иного объекта. Он включают графический символ и численно-буквенный индекс,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

помещенный в прямоугольнике размером 0,7х1,5 см. *Текстовое пояснение* помещается справа от условного знака и содержит краткую характеристику обозначаемого объекта. *Таблицы могут* присутствовать, а могут и отсутствовать на картах, они представляют собой особый вид легенд, называемый матричным.

Существуют легенды-перечисления, иерархически-упорядоченные легенды, матричные легенды, комбинированные легенды.

Самый простой вид легенды – это *легенда-перечисление*, которая является систематизированным перечнем условных знаков, принятым для многих карт, например структурных. Условные обозначения в такой легенде группируются от более важных, составляющих существо карты, к второстепенным и дополнительным. Более сложна легенда - классификация, представляющая собой *ранжированный, иерархически соподчиненный перечень условных знаков*. В ней выделяются свои классы, группы, и более дробные единицы. Например, в условных обозначениях к учебным геологическим картам сначала выделяются осадочные и метаморфические породы, сгруппированные по стратиграфическим подразделениям от молодых к древним, затем – магматические породы, литологический состав пород и прочие знаки. Самой сложной и одновременно самой удобной является *матричная легенда*, на которой можно показывать одновременно два независимых признака картируемого явления, например состав и возраст пород или формацию и тип складчатости. Такие легенды представляют собой таблицы, в которых по столбцам откладываются значения одного признака, а по строчкам – другого.

Проектируя условные знаки, руководствуются определенными принципами, разрабатываемыми картографией. Главный принцип – одинаковые объекты показываются одинаковыми знаками, разные объекты – разными знаками, сходные объекты – сходными знаками.

Для большинства геологических карт системы условных знаков унифицированы инструкциями. При самостоятельном составлении геологических карт следует ориентироваться на условные знаки сходных по содержанию и масштабу государственных карт.

Картографическое изображение **-** это то, что находится

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

внутри рамки карты. Картографическое изображение геологической карты состоит из топографической (географической) основы и специального содержания.

Топографическая основа (топооснова) – это та топографическая карта, на которую наносится специальное геологическое содержание. Топографической называют основу карт масштаба крупнее 1:1 000 000. Более мелкомасштабную основу называют географической. Исходная топографическая или географическая карта очень загружена цветными условными знаками, поэтому при использовании, производят разреживание ее содержания. При этом топооснова должна обеспечивать легкую и надежную привязку специального содержания карты, не перегружая ее. Знаки, применяемые на топографической основе не должны, по возможности, конкурировать со знаками специального содержания. В табл. 18.3 перечислены главные отличия топоосновы геологических карт от исходной географической, или топографической карты.

Таблица 18.3 **Признаки, отличающие топооснову геологических карт от топографической (общегеографической) карты**

Компоненты карты	**Отличие от топографической карты**
Рельеф и высотные отметки	Карты одинаковы
Гидросеть	Отсутствует характеристика скорости течения, ширины и глубины рек
Населенные пункты	Отсутствует характеристика и разбивка по кварталам
Дорожная сеть	Отсутствует характеристика
Растительный покров и его характеристики	Не показывается

Специальное (тематическое) содержание геологических карт - это то, ради чего и составляется карта. Оно определяется программой карты и передается с помощью условных знаков – графических символов, применяемых для обозначения различных объектов и их характеристик. Системы условных знаков образуют особый искусственный язык – язык карт. Условные знаки могут изображать предметы (триангуляционный пункт, скважина), явления (рельеф, перспективность территории на нефть или газ), процессы (новейшие тектонические движения).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Каждый конкретный условный знак выполняет на карте две функции – указывает на вид объекта и плановое его положение. Сочетание условных знаков на карте показывает сочетание и взаимосвязь различных геологических объектов, процессов и явлений, формируют пространственный образ их сочетаний а, следовательно, создает новые сведения сверх того, которые заключены в отдельных знаках. Это обусловливает ***эмержентные**** свойства карт. Например, взаимное расположение значков элементов залегания на крыльях складки, позволяют распознать ее на карте, чего невозможно сделать по одному знаку.

Во ***вспомогательное оснащение*** карт входят справочные данные, оно также может включать схемы использованных материалов и изученности. *Справочные данные* **-** это заголовок карты, автор, год, место составления, и (или) издания. Кроме того, в справочных данных может указываться ведомственная принадлежность организации, в которой составлялась карта, или авторов, а также редакторы карты, номенклатура, вид проекции и другие сведения. У государственных и ведомственных карт справочные данные регламентируются инструкциями. *Схема авторских макетов*. Карты на большие территории, создающиеся большим коллективом авторов, обычно состоят из отдельных территорий, закартированных под руководством различных авторов. Схема расположения авторских макетов представляет собой небольшую схему, на которой показаны площади которые были закартированы теми или иными авторами. *Схема изученности* представляет собой небольшую схему, на которой условными знаками показаны площади предшествующих геологических работ, размещение геофизических профилей и т.д.

Дополнительные данные могут присутствовать, а могут и не быть на карте. Это различные текстовые и цифровые пояснения. Например диаграммы и разрезы, карты-врезки, показывающие отдельные фрагменты карты более подробно, либо показывающие место данной карты в общей структуре региона.

На Государственных и некоторых ведомственных картах дополнительные данные регламентируются соответствующими инструкциями и программой карты. Например, на Государственной геологической карте масштаба 1:200 000 к дополнительным данным относятся стратиграфическая колонка и геологический разрез.

Компоновка – это расположение рамки карты относительно изображенной на ней территории, размещение названия карты, ее легенды, дополнительных и других данных. Компоновка проектируется

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

с учетом формата будущей карты, на свободных от картографического изображения частях листа.

Вертикальная рамка карты ориентируется обычно на север, хотя возможны и отступления от этого правила. Заголовок, как правило, помещается сверху и справа, условные обозначения – справа и внизу. Остальные сведения размещаются на свободных участках листа с учетом эстетических требований и логической целесообразности. Для серии производных карт одной и той же территории (атласа) компоновку делают унифицированной. Для многолистных карт заголовок, вспомогательное оснащение, дополнительные данные и легенду, как правило, размещают на отдельном листе. На Государственных и ведомственных картах компоновка регламентируются соответствующими инструкциями и программой карты.

Контрольные вопросы к 18 2 3.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.2.4. ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Генерализация главное свойство карт, так как карта – уменьшенное, *обобщенное* условное изображение геологических тел и их признаков, процессов и явлений на топографической основе, *отбираемых и характеризуемых в соответствии с назначением каждой конкретной карты*. Курсивом выделены признаки, характеризующие генерализацию карты.

Генерализация – *отбор и обобщение* изображаемых на карте объектов в соответствии с тематикой, назначением, масштабом карты и особенностями картируемых объектов и явлений. Из всего, что есть, из признаков недр в каждой конкретной точке выбирают только то, что должно быть закартировано.

Соответствие тематике означает, то, что на разных по содержанию картах изображают различные свойства геологических тел. Например:

на литологической карте показывают состав выходящих на дневную поверхность горных пород;

на структурной – абсолютные отметки геологической граничной поверхности;

на биостратиграфической – возраст стратифицированных толщ, выходящих на дневную поверхность и состав интрузий, и т.д.

Соответствие назначению означает, что разные по назначению карты, имеют разную тематическую нагрузку. Например, научно-справочная карта, будет более подробной, чем демонстрационная, а с учебной карты необходимо исключить те сведения, которые еще не изучены студентом.

Соответствие масштабу означает, что на мелкомасштабных и обзорных картах изображают только крупные или обобщенные объекты.

Соответствие особенностям картируемых объектов, явлений и территорий означает неравноправие выделяемых объектов. Например, на карте полезных ископаемых для территорий с неустановленной нефтегазоносностью должны быть показаны все обнаруженные признаки углеводородов, тогда как на картах такого же масштаба в нефтегазоносных районах показывают только значительные или неизвестные ранее нефтегазопроявления. В пустынных и засушливых районах на гидрогеологической карте

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

должны быть показаны все водопроявления, тогда как на карте такого же масштаба и назначения для района Карелии – только наиболее крупные. При картографической генерализации используют отбор и обобщение картируемых объектов (рис. 18.27).



Рис. 18.27. Структура картографической генерализации

Отбирают картируемые объекты, руководствуясь ***нормами*** и ***цензами*** отбора. Конкретные значения цензов и норм отбора устанавливаются инструкциями и методическими руководствами. ***Нормы*** отбора указывают, какую долю картируемых явлений показывают на карте. Например, при геологической съемке замеряют тысячи элементов залеганий слоев, но показывают на карте очень небольшую их часть. При горизонтальном залегании – совсем мало, при наклонном – несколько больше, а при складчатом – столько, сколько надо чтобы показать геологическое строение района. При применении норм отбора, подход к картируемым явлениям статистический. ***Цензы*** отбора указывают какие объекты исключают (исключающие), а какие оставляют (избирательные). На геологических картах исключают все объекты площадью менее четырех квадратных миллиметров, маломощный покров четвертичных отложений с карты дочетвертичных отложений и т.д. Однако, если геологическое тело имеет размер меньше 4 мм^2, но связано с какими-либо полезными ископаемыми, его все равно показывают. При применении норм отбора, подход к картируемым явлениям индивидуальный.

Обобщают объекты, графически объединяя картируемые явления или укрупняя их ранг. ***Графическое обобщение*** состоит в избирательном упрощении плановых очертаний изображаемых объектов – линейных и площадных, при котором сохраняются особенности очертаний, характерных для данного объекта и

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

отличающие его признаки. ***Собирательное* обобщение** заключается в укрупнении рангов картируемых объектов и исключение самых мелких из них. Например, чем мельче масштаб геологической карты, тем более крупные стратиграфические подразделения на них показываются (табл. 18.4).

Таблица 18.4. **Зависимость картируемых стратиграфических единиц от масштаба геологической карты**

Масштаб	**Дробность стратиграфического расчленения**		**Пример**
	Международная шкала	**Местная шкала**	
1:20 000 000 и мельче	Система, отдел	Комплекс, серия, свита, формация	Нижний отдел меловой системы
1:20 000 000 - 1:7 500 000	Отдел, ярус	Толща	Валанжинский ярус
1:7 50 0000 – 1:2 500 000	Ярус	Серия, подсвита	Березовская свита
1:1 000 000 и крупнее	Зона	Пачка	Глинисто-кремнистая пачка

Графическая генерализация тесно связана с понятиями геометрической точности и тематической верности. Картографическая ***(геометрическая) точность*** – это соответствие местоположения точки на карте ее местоположению в действительности. Геометрическая точность карты должна быть возможно большей. Благодаря геометрической точности обеспечивается правильное взаимное расположение объектов и сохраняется расстояние между ними в масштабе карты. ***Тематическая верность***, обеспечивает передачу картируемой действительности в ее главных чертах. Чтобы сохранить требование тематической верности, на картах изображают детали исчезающе малые, но важные по значению, используя внемасштабные знаки или преувеличивая характерные детали. Требования географической точности повышаются к картам, предназначенным для измерений и проектирования (средне- и крупномасштабные карты), тогда как требования тематической верности выступают на первый план на демонстрационных, мелкомасштабных и обзорных картах.

Различные виды генерализации связаны между собой.

Контрольные вопросы к 18.2.4

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.2.5. Государственная геологическая съемка

Официальным источником сведений о геологическом строении территории является Государственная геологическая карта, которая создается в результате Государственной геологической съемки. Государственная геологическая съемка - комплекс работ по составлению геологических карт определённого района. В результате государственной геологической съемки выявляются особенности геологического строения, закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых и перспектив территории на все виды минерального сырья. Как правило, съёмочные работы производятся преимущественно на начальных стадиях геологоразведочного процесса, обычно предшествующих стадии поисковых работ.

В настоящее время распространено несколько видов геологических съемок: полистная и групповая, геологическое доизучение ранее заснятых площадей (ГДП), аэрофото- и космоаэрофотогеологическое (АФГК) картирование, глубинное геологическое картирование (ГГК), подготовка к изданию Государственных геологических карт. Каждый из видов отличается размерами выделяемых под съемку геологическую площадей, комплектами составляемых в процессе съемок геологических обязательных и специальных геологических карт.

Геологическая съемка (ГС). Собственно геологическая съемка в чистом виде проводится в районах, где геолого-съемочные работы соответствующего масштаба ранее не проводились и геологическая карта отсутствует.

Геологическое доизучение ранее заснятых площадей (ГДП). В настоящее время это основной вид геолого-съемочных работ по созданию комплекта Госгеолкарты-200. Этот вид работ предполагает полный сбор и обобщение всех имеющихся по району съемки материалов и дополнение их необходимыми новыми наблюдениями для решения следующих основных задач:

1. Уточнение, а в необходимых случаях и пересмотр, существующих представлений о геологическом строении и истории развития района с позиций современных геологических теорий.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Создание моделей глубинного геологического строения района или отдельных его частей.

3. Анализ закономерностей размещения полезных ископаемых, конструктивное критическое рассмотрение представлений о перспективах района в отношении открытия новых месторождений полезных ископаемых, оценка перспектив района в отношении выявления новых видов минерального сырья и новых типов месторождений уже известных видов, оценка прогнозных ресурсов полезных ископаемых на основе новых данных о геологическом строении и истории развития района.

4. Выяснение эколого-геологических условий района, выявление потенциально опасных для обитания и деятельности человека геологических процессов и явлений, выяснение степени нарушенности геологической среды и ее загрязнения вредными веществами, оценка степени напряженности эколого-геологической обстановки и прогноз ее возможного развития.

Глубинное геологическое картирование (ГГК). Этот вид работ представляет собой аналог геологической съемки, проводимой для изучения особенностей строения комплексов пород, погребенных под покровом мощных дальне-приносных образований или в многоярусных районах. Основным техническим средством проведения ГГК является бурение скважин при обязательном широком использовании геофизических методов.

Геологическая съемка шельфа (ГСШ). Задачи ГСШ близки к задачам ГДП, включая эколого-геологические исследования. Специфика данного вида съемки определяется тем, что объект изучения закрыт толщей воды, что обусловливает необходимость применения особых приемов организации работ и специальных технических средств. Второй особенностью ГСШ является необходимость изучения некоторых специфических донных образований (деятельный слой донных осадков, постоянно перерабатываемый в процессе движения воды) и явлений (современная донная абразия и др.).

В состав геологической съемки шельфа входят:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Выделение и прослеживание геологических тел, выяснение образуемой ими тектонической структуры, определение возраста и происхождения геологических тел и структур.

Выявление полезных ископаемых и изучение закономерностей их размещения с оценкой прогнозных ресурсов.

Изучение рельефа морского дна с его морфометрической характеристикой и выяснением генезиса и возраста форм рельефа.

Определение инженерно-геологических, гидрогеологических, динамических и других характеристик геологических образований района.

Комплекс исследований определяется в первую очередь особенностями территории работ:

– перспективами на открытие месторождений полезных ископаемых;
– изученностью;
– сложностью и типом геологического строения;
– конкретными геологическими задачами;
– типом рельефа и проходимостью;
– дешифрируемостью материалов аэро- и космических съемок;
– интерпретируемостью геофизических материалов и т.д.

Изученность территории определяется:

– количеством и качеством проведенных ранее геологических съемок разных масштабов;
– количеством и качеством проведенных ранее поисковых работ;
– полнотой и качеством имеющейся аналитической базы;
– количеством и качеством имеющихся геофизических материалов;
– количеством и качеством проведенных ранее тематических научно-исследовательских работ (структурных, палеонтологических, геоморфологических, гидрогеологических и пр.).

Сложность и тип геологического строения определяются:

– количеством структурных этажей и структурно-формационных зон;
– степенью дислоцированности стратифицированных комплексов;
– присутствием метаморфических, вулканических и плутонических комплексов;
– фациальной изменчивостью картируемых подразделений;
– количеством и разнообразием зон вторичной гидротермальной переработки;

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

– интерпретируемостью геофизических материалов и т.д.

В зависимости от масштаба геологическая съемка подразделяется на мелкомасштабную (1:1 000 000, 1:500 000), среднемасштабную (1:200 000, 1:100 000), крупномасштабную (1:50 000, 1:25 000) и детальную (1:10 000 и крупнее). Последовательный переход от более мелкого масштаба съемки геологической к более крупному позволяет осуществить постепенную детализацию представлений о геологическом строении, установить связь полезных ископаемых с определенными структурами и комплексами горных пород, определить площади, участки и зоны, требующие дальнейших поисков, обеспечить решение специальных геологических и прикладных задач. Так осуществляется метод последовательных приближений в геологической изученности территории.

Масштабы геологических карт России

1) обзорные – мельче 1:1 000 000 – как правило, ведомственные
2) мелкомасштабные – 1:1 000 000;
3) среднемасштабные – 1:200 000;
4) крупномасштабные – 1:50 000 (1:25 000).

Государственные геологические карты этих масштабов составляются геологической службой России

5) детальные – 1:10 000 и крупнее - как правило, ведомственные.

Все современные Государственные геологические карты создаются и издаются в виде комплектов. В настоящее время главные геолого-съемочные работы проводятся по программе геологического доизучения площадей.

Основным масштабом геологического доизучения территории России является масштаб 1:200 000 (ГДП-200).

Комплект Госгеолкарты-200 сопровождается объяснительной запиской и обязательно увязывается с соответствующей легендой серии листов. При составлении карт обязательно использование цифровых и аналоговых основ масштаба 1:200 000, составленных предварительно, или в процессе проведения работ – топографической, дистанционной (по данным космо- и аэросъемок) и геохимической.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ОСНОВНЫЕ КАРТЫ комплекта Государственной геологической карты м-ба 1:200 000

1. Геологическая карта дочетвертичных образований;
2. Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения;
3. Геологическая карта четвертичных образований.

Дополнительные карты и схемы, которые помещаются либо на отдельных листах, либо на основной карте. К ним относятся:

1. Тектоническая схема.
2. Схема аномалий силы тяжести (в условной оцифровке).
3. Карта аномального магнитного поля.
4. Геоморфологическая схема.
5. Схема минерагенического* районирования.
6. Схема прогноза полезных ископаемых.
7. Схема эколого-геологической обстановки.
8. Схема памятников природы.
9. Гидрогеологическая схема.
10. Схема кор выветривания.
11. Схема устойчивости ландшафтов.
12. Схема эколого-геологической опасности.

К комплекту карт могут прилагаться и другие схемы и карты в зависимости от геологического задания. В качестве примера приведены карты полезных ископаемых листа N-47-II (Москва), и карты четвертичных отложений того же листа.

Обязательные элементы комплекта, предоставляемые в компьютерном виде - цифровые модели основных карт комплекта в форматах ArcInfo; Компьютерная база первичных данных (описания всех точек наблюдения, горных выработок, скважин) в формате АДК; Компьютерная база вторичных данных (карты, схемы, цифровые фотографии, аналитика, определения органических остатков и пр.) в произвольных форматах.

Геологическое картирование – сложная и наукоемкая работа. Общая стоимость современного ГДП-200 одного номенклатурного листа составляет около 30 млн. руб.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Геолого-съемочные работы производятся в следующей последовательности:

1. Опережающие работы.
2. Проектирование.
3. Организационные и подготовительные работы.
4. Полевые работы.
5. Ликвидационные работы.
6. Составление полевого отчета и приемка полевых материалов.
7. Камеральная обработка материалов и составление промежуточного отчета.
8. Составление окончательного отчета и составление оригинал - макета карты для издания и объяснительной записки к нему.

3, 4, 5, 6 и 7 пункты могут повторяться, в зависимости от запланированного числа сезонов работы.

По характеру производства геологическую съемку разделяют на подготовительный, полевой и камеральный этапы.

К задачам подготовительного этапа относится разработка проектно-сметной документации, изучение и анализ фондовых и опубликованных материалов, составление предварительных геологических и специальных карт.

Во время полевого этапа осуществляются полевые поисково-съёмочные, аэровизуальные, геофизические, геохимические, горно-буровые и другие работы. В результате полевых исследований составляются карта обнажений, полевая геологическая карта, геологические разрезы, стратиграфическая колонка.

В течение камерального этапа систематизируются материалы полевых работ, обрабатываются данные химико-аналитических и других лабораторных исследований, производится углублённое изучение всех горных пород и руд, палеонтологическое определение собранных органических остатков. На всех этапах осуществляются многократное дешифрирование аэрофото- и космоматериалов, геологическая интерпретация геофизических данных.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Работа обычно выполняется геолого-съемочной партией, состоящей из нескольких геолого-съемочных и поискового отрядов. В состав партии обычно входят: начальник, несколько геологов, несколько техников (коллекторов), несколько рабочих. В партии, ведущие радиометрические наблюдения, включаются техники-геофизики. Партия может иметь и другие отряды - геоморфологический, гидрогеологический, стратиграфический.

Геологические партии, выполняющие работы на близких площадях, объединяются в экспедиции, при которых организуются химические, петрографические, шлиховые, спектральные и другие лаборатории; стратиграфические, петрографические, геофизические, гидрогеологические и другие тематические партии; ремонтно-механические мастерские и материально-транспортные базы.

О п е р е ж а ю щ и е р а б о т ы заключаются в создании материалов, необходимых для проведения геолого-съемочных работ. Это необходимые топографические карты, аэрофотоснимки, геофизические и геохимические материалы.

П р о е к т и р о в а н и е работ основывается на знакомстве с литературными и картографическими материалами предшествующих работ по району. В проекте обосновывается выбор масштаба и площади, отражаются условия проведения геолого-съемочных работ, сложность геологического строения региона, его обнаженность, проходимость, дешифрируемостъ аэрофотоматериалов. На основании сложившегося у составителя проекта представления о геологическом строении района и вероятности развития на нем тех или иных видов полезных ископаемых определяются конкретные задачи, требующие разрешения, и определяется комплекс и объемы необходимых работ, а также методика их проведения; проектируется организация работ. Предусматриваются геофизические, гидрогеологические, горные и буровые работы. В общем случае любой проект включает в себя следующие пункты:

1. Задачи исследований.
2. Виды работ.
3. Объемы, очередность и методики проведения работ.
4. Ожидаемые результаты.
5. Предполагаемые затраты.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Подготовительный период содержит научную и организационно-хозяйственную подготовку к работам. Научная подготовка включает критическое изучение результатов предыдущих исследований по району, знакомство с минералогической, петрографической, палеонтологической коллекциями, получение и геологическое дешифрирование материалов аэрофотосъемок. В результате намечаются предполагаемые полевые маршруты, места базы и стоянок. Составляются предварительная геологическая карта района работ с нанесенными на ней известными выходами полезных ископаемых, схема геоморфологии, сводная схематическая стратиграфическая колонка. Таким образом, полевая работа заключается в проверке, исправлении, уточнении и дополнении той гипотетической модели геологического строения района, которая создается еще до начала картирования.

Организационно-хозяйственные мероприятия подготовительного периода заключаются в подборе работников, получении снаряжения, оборудования, продовольствия; проверке и юстировке приборов, транспортировке к месту работы, организации базы работ.

Полевые работы рекомендуется начинать с рекогносцировки. При рекогносцировочных работах необходимо создать условия для обзорного знакомства с местностью Для этой цели наиболее удобны аэровизуальные наблюдения, позволяющие быстро получить представление о поверхности, обнаженности, геологических и поисковых объектах. Аэровизуальные наблюдения могут сопровождаться посадками на землю для осмотра интересующих геолога объектов. Такие работы называются аэродесантными.

Непосредственное знакомство с веществом картируемой территории начинается с детального изучения разреза пород, слагающих картируемую площадь. Изучение разреза занимает 15-25% времени от общей продолжительности полевого периода. Разрезы изучают для выяснения стратиграфической последовательности отложений, их толщины; изучения палеонтологически обоснованного возраста отложений, изучения вещественного состава отложений, выделения перерывов в осадконакоплении, угловых несогласий, уяснения положения в разрезе интрузивных образований, полезных ископаемых; выделения свит и опорных горизонтов В результате составляется предварительная стратиграфическая колонка района.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Опорным горизонтом может быть пласт, хорошо отличающийся от вмещающих пород каким-либо признаком - цветом, составом, текстурой или другими признаками и распространенный (прослеживающийся) по всей или большей части района съемки. Желательно, чтобы опорный горизонт был фотогеничным.

Затем проводится площадное геологическое картирование по площади. Картирование проводится методом наращивания площади или методом сгущения. Это зависит от конкретных условий. Опорные горизонты должны быть нанесены на полевую, а затем на окончательную геологическую карту. Планирование маршрутов геологической съемки ведется, в основном, методом пересечений; для особо важных границ применяется прослеживание по простиранию.

Стратиграфическое расчленение толщ производится как можно более детально. Отдельные слои показываются, если на карте или разрезе ширина их выхода занимает полосу шириной не менее 1 мм, В противном случае, они объединяются с другими подразделениями, или показываются вне масштаба. Опорные горизонты показываются вне масштаба.

В районах со слабым развитием четвертичных отложений они показываются на карте в долинах рек, имеющих ширину более (2 мм на карте), в конусах выносов, занимающих площадь более 0,5 см^2.

Стратиграфическое расчленение осадочных пород палеонтологически обосновывается. При отсутствии руководящей фауны стратиграфическое положение свиты определяется местом ее в разрезе и сопоставлением с палеонтологически охарактеризованными свитами в смежных районах. В маршрутах геологические наблюдения производятся непрерывно.

Положение *геологических границ* должно быть определено с точностью, не меньше чем 4 мм в масштабы карты. То есть границы считаются обоснованными, если они наблюдаются непосредственно в обнажениях, отмеченных на карте, или находятся между двумя точками наблюдения, удаленными друг от друга на результирующей карты не более чем на 4 мм, или уверенно отдешифрирована на аэрофотоснимках. При этом необходимо, чтобы границы были бы обоснованы и по простиранию маршрутами, отстоящими друг от друга не более чем на 1,5 - 2,5 см в масштабе карты при выдержанном

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

направлении границ или на 0,5 - 1 см в масштабе карты при неправильной форме границ. При хорошей дешифрируемости допускается разрядка маршрутов не более чем до 5 см в масштабе карты при простом геологическом строении и до 2,5 - 3,5 см при геологическом строении средней сложности. Геологические маршруты планируются в зависимости от геологической ситуации. Применение геометрически правильной и равномерной сети в общем случае методически неверно. Маршруты должны сгущаться на опорных участках, участках особо сложного строения и перспективных в отношении полезных ископаемых. Опорные участки размещают так, чтобы охарактеризовать все разнообразие геологических обстановок картируемой территории с учетом ландшафтной зональности. Все маршруты выполняются с использованием материалов аэрофотосъемки, на которые заранее наносятся все необходимые ориентиры (опознаки) и предварительные геологические данные.

Различные геологические образования изучаются в процессе геологической съемки независимо от их размеров, но на геологической карте показываются лишь те из них, которые имеют размеры в поперечнике не менее 2 мм в масштабе карты, если они изометрические; и шириной, меньшей, 1 мм, если они линейно вытянутые. Большое число мелких контуров, расположенных поблизости друг от друга, изображается на карте обобщенным контуром. Если малые геологические образования существенны для геологической характеристики района, их показывают вне масштаба в увеличенном виде (до 2 мм в масштабе карты).

Полевые карты составляются непосредственно в маршруте с непрерывным наращиванием заснятой площади. По возвращении из маршрута все заснятые в течение дня знаки обводятся несмываемой тушью. *В полевые дневники* в маршруте наносятся все полевые наблюдения, измерения, описания разрезов, зарисовки и сводки наблюдений. *Описание обнажений* производится непосредственно на месте наблюдения. *Описание разрезов* может проводиться как сверху вниз, так и снизу вверх, но с обязательным указанием порядка описания. В конце дня в дневнике должна быть сделана сводка всех наблюдений за день с изложением главных выводов. Наблюдения всегда должны четко отличаться в записях от выводов и предположений.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ежедневную *камеральную* обработку материалов проводят для систематизации и предварительного обобщения наблюдений. Ее делают ежедневно в вечерние часы, в ненастные дни и по мере необходимости. Отношение числа полевых и камеральных дней 3 – 5 : 1 в простых районах и 2 : 1 - в сложных районах. Окончательная камеральная обработка материалов заключается в изучении всего собранного коллекционного материала, выполнении анализов и изучении их результатов, коррекции и дополнении новыми данными полевых дневников, уточнении и редакции полевой карты, составлении сводной геологической колонки, геологических разрезов, отчета, который утверждается и передается в фонды.

В процессе геологической съемки создаются следующие документы:

Геологическая карта, исправленная и уточненная на основе дополнительных камеральных работ. На геологическую карту с полевой не переносятся пометки рабочего характера - точки наблюдения, вспомогательные геологические подразделения. Карта должна быть увязана со всеми соседними картами. На геологической карте показываются геологические границы, тектонические нарушения, элементы залегания пород в количестве, достаточном для понимания геологической структуры, линии геологических разрезов, разведочные и опорные скважины, стратоизогипсы опорных горизонтов, некоторые другие данные, предусмотренные инструкцией.

За рамкой карты вычерчиваются справа - условные знаки с индексами и кратким пояснительным текстом. Генезис и главные типы пород показываются в индексе одной-двумя строчными буквами слева от индекса системы (м - морские, l - лагунные, с - континентальные, мс - смешанные морские и континентальные, r - рифовые, f - флишевые, t - туфогенные, h-угленосные).

Слева от карты масштабов 1:200 000 и крупнее помещается стратиграфическая колонка. Если разрез сильно изменчив, составляют две или более колонок. Интрузивные породы в колонке показывать можно, но не обязательно. Геологические разрезы проводятся через всю площадь листа вкрест простирания пород и должны захватывать наиболее типичные и тектонически сложные места геологической карты, допускается составление разрезов по ломаным линиям, но с наименьшим количеством точек излома. В

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

случае малой толщины допускается объединение на разрезе двух или более стратиграфических подразделений с обязательным включением в легенду дополнительных обозначений.

Разрезы вычерчиваются под нижней (южной) рамкой карты. На каждом разрезе показываются линия уровня моря, на обоих концах разреза - шкалы вертикального масштаба. На концах разреза и в точках их излома ставятся буквенные обозначения - большие буквы русского алфавита. Географические ориентиры, через которые проходит линия разреза, указывается сносками и сопровождается надписями названий ориентиров.

Геологический отчет - это сводка и обобщение всех полевых и камеральных наблюдений. Отчет состоит из следующих глав:

1. Введение, в котором указывается географическое и административное положение района, обоснование постановки геологических работ, геологическое задание, структура партии, объем работ, площадь съемки, номенклатура листов, характеристика использованной топоосновы и фотоматериалов, фотогеничность различных частей района, участие различных авторов в полевой работе и обработке материала.

2. Географическое описание района характеризует рельеф, степень его пересеченности, абсолютные и относительные отметки долин и водоразделов, особенности речной сети, обнаженность, климат, растительность, население, экономические особенности, состояние горной промышленности, пути сообщения. Глава иллюстрируется гипсометрической схемой, фотографиями, аэрофотоснимками типичных форм рельефа.

3. Геологическая изученность района включает хронологический обзор результатов всех видов работ, проводившихся в районе, и отмечается все принципиально новое, что вносилось каждой работой. Иллюстрируется картой геологической изученности.

4. Стратиграфия - представляет собой систематизированное описание всех развитых в районе стратифицированных образований, начиная с древнейших и кончая четвертичными. Описывается литология, список главнейшей флоры и фауны с указанием мест их нахождения и фамилиями лиц, их определивших, обоснование толщины, возраста, фациальных различий, перерывов и угловых

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

несогласий. В главе приводится описание разрезов, послуживших основанием для главных выводов.

5. Петрология посвящена характеристике магматических и метаморфических пород. Указываются возраст, форма залегания, контакты, краевые и жильные фации, взаимоотношения с вмещающими породами, связь вулканических явлений с тектоническими процессами. Группы и разновидности пород описываются в генетическом и возрастном порядке: состав, структура, текстура, минералогическая характеристика, возрастные взаимоотношения пород, характеристика процессов гидротермального и контактового метаморфизма. Для осадочных пород приводится сводка результатов микроскопических исследований, механических, минералогических, химических анализов.

6. Тектоника. Рассматривается общее строение района с выделением тектонических зон и описанием форм тектонических нарушений - складок, разрывов, кливажа и др.; последовательность тектонических процессов и их характер, направления перемещения масс, связь с вулканизмом. Глава сопровождается разрезами, зарисовками, схемами.

7. Геоморфология. Приводится систематическое описание всех типов и характерных форм рельефа, указание их распространения, характер экзогенных процессов состава пород и тектоники района. Обосновывается генезис рельефа, указывается и обосновывается его возраст, последовательность и основные этапы формирования. Если современные физико-географические процессы создают резкие особенности ландшафта, они также указываются. Это могут быть деятельность моря, оползание, заболачивание. Приводятся данные о новейших тектонических движениях, их пространственной связи с древними тектоническими структурами. Глава иллюстрируется профилями, зарисовками, фотографиями, геоморфологической картой.

8. Полезные ископаемые. Основу главы составляет описание закономерностей распределения полезных ископаемых на территории по группам. Характеризуются все ранее известные и вновь обнаруженные полезные ископаемые. Описывается связь полезных ископаемых с определенными литологическими комплексами, стратиграфическими подразделениями и структурными формами,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

магматическими и контактово-метаморфическими процессами; россыпей - рельефом и рыхлыми отложениями; выделяются ореолы рассеяния минералов, минеральные ассоциации.

Дается оценка общих перспектив района и определяется направление дальнейших поисковых и разведочных работ; указываются наиболее благоприятные площади для последующих более детальных работ. Глава иллюстрируется зарисовками.

9. Подземные воды. В главе характеризуется водоносность различных комплексов пород, указываются типичные водопункты с их характеристиками (химизм, дебит, изменение режима); описываются минеральные и термальные источники.

10. Заключение. Освещается общий итог работы, ее значение в отношении полезных ископаемых, намечаются очередные задачи геологического изучения района.

Обязательные *графические приложения* к отчету:

1. Геологическая карта с геологическими разрезами.
2. Сводная стратиграфическая колонка или колонки.
3. Карта полезных ископаемых и шлихового опробования.
4. Геоморфологическая карта.
5. Карта фактического материала.
6. Карта водопунктов (в безводных районах).
7. Карта изученности (в тексте отчета).
8. Альбом отдешифрированных аэрофотоснимков,
9. Карта (или графики) результатов геофизических исследований.

Если это предусмотрено геологическим заданием - составляются дополнительные карты.

После завершения всех работ по площади картирования составляется *объяснительная записка к геологической карте*, структура которой отличается от структуры отчета. Она содержит:

1. Введение, где указывается республика, край, область, географические координаты, географическая характеристика, сведения о геологической изученности с перечнем и оценкой качества

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

главнейших использованных материалов; указания о проведении специальных работ.

2. Стратиграфия содержит сначала краткую характеристику сводного разреза всего района, затем - подробное фациально-литологическое и палеонтологическое описание каждой выделенной стратиграфической единицы от более древних к молодым. Указывается их толщина, соотношения с подстилающими и перекрывающими отложениями, фациальные изменения по простиранию.

3. Интрузивные образования. Описываются петрография и возраст интрузивных пород. Указываются формы тел, их контакты, процессы метаморфизма, последовательность эффузивных и интрузивных процессов; роль вулканизма, метаморфизма, метасоматоза и гидротермальных процессов в образовании рудных месторождений.

4. Тектоника. Характеризуются основные черты строения территории, области поднятий и опусканий, главнейшие структурные формы, их морфология, возраст, направления перемещений, фазы складчатости, характер колебательных движений.

5. Геоморфология. Содержит описание истории последних (рельефообразующих) геологических периодов, закономерности размещения полезных ископаемых, связанных с рыхлыми отложениями.

6. История геологического развития района содержит последовательное описание условий осадконакопления, эпох складчатости с указанием ориентировки главных осей напряжений, эпох магматизма.

7. Полезные ископаемые - раздел представляет собой объяснительную записку к карте полезных ископаемых, в которую входят: общий обзор всех видов полезных ископаемых, геологическая характеристика главнейших месторождений, типичных для данной территории; перспективы и рекомендации по направлению дальнейших поисково-разведочных работ, характеристика водоносности.

Контрольные вопросы к 18 2 5.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.2.6. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Несмотря на то, что геологические карты весьма разнообразны по характеру, содержанию, масштабу и множеству других параметров, алгоритм создания любой карты можно свести к следующему:

1. Формулируется назначение карты. Для этого необходимо ответить на вопросы: Зачем нужна данная карта? Кто будет ею пользоваться? Что является её содержанием? Что важнее - точность, обилие данных или наглядность? Будет ли она многолистной? Будет ли карта тиражироваться? Будет ли она цветной?

2. Выбирается математическая основа карты - масштаб и проекция – так, чтобы геометрические искажения были минимальны. Подготавливается такая географическая (топографическая) основа, на которой легко было бы привязать будущие элементы специального содержания, но так, чтобы они не загромождали будущую карту. Например, если на карте планируется большое число линий – в топографической основе лучше пользоваться точечными знаками – высотными отметками, скважинами и т.д. Если на карте будет много значков, точек – лучше пользоваться на линейными знаками – административными границами, гидросетью, горизонталями и т.д.

3. Подготавливаются источники - фактический материал будущей карты. Картографические материалы приводятся к одному масштабу и проекции, в графическую форму переводятся текстовые материалы, дешифрируются материалы аэро- и космических съемок.

4. Проектируются легенда и специальное содержание будущей карты. Для этого составляется список объектов, подлежащих изображению, которые классифицируются, и продумываются способы изображения – качественного, или количественного фона, значков, их сочетания, картограмм, или картодиаграмм.

Как строить карты *методом изолиний* различными способами рассмотрено в *11.1. Изображение поверхности и её соотношений с плоскостями и линиями*.

При составлении карт методом ***количественного фона*** сначала составляется карта в изолиниях. Затем промежутки между изолиниями закрашиваются в принятые для этих интервалов значений цвета, или заполняются соответствующим крапом. При этом следует учитывать особенности восприятия изображений.

1. Число одноцветных градаций (оттенков) на карте не должно превышать семи. Если необходимо показать большее количество градаций можно сделать двухцветную шкалу. В ней оптимально все

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

более яркими оттенками теплого цвета (красного, коричневого) показать интервалы возрастающих положительных значений или значений больших среднего. Все более яркими оттенками холодного цвета (голубого, зеленого) показать интервалы возрастающих отрицательных значений или значений меньших среднего. Если необходимо пользоваться разными цветами, их располагают в последовательности спектральных цветов - от фиолетового до красного и коричневого.

2. При выборе оттенков цветов интенсивнее закрашивают участки с большими значениями признака, как на географических картах. Однако, на тектонических картах при изображении мощностей осадочного чехла на платформах, оттенки цвета обратные - чем глубже, залегает фундамент, чем бледнее оттенок.

3. Если карта черно-белая, то используют крап или штриховку. При этом исходят из того же принципа - чем больше значение картируемого признака, тем интенсивнее должны быть крап или штриховка. Отрицательным значениям соответствует горизонтальная штриховка, положительным - вертикальная. К этому правилу также не следует подходить формально. В тех случаях, когда карта дополняется точечными и линейными знаками, целесообразно более интенсивным крапом заполнить участки, на которых меньше дополнительных знаков.

При составлении карт методом ***качественного фона*** сначала на карту наносятся точки (области), в которых известен картируемый признак. Затем промежутки между одинаковыми признаками закрашиваются в принятые для данного признака цвета, или заполняются соответствующим крапом. Граница между областями с различными признаками проводится на середине расстояния между ними или ищутся дополнительные косвенные признаки картируемых границ, или проводятся дополнительные исследования по поиску искомой границы.

Особенности восприятия изображений учитывают так же, как и ранее, однако при использовании метода качественного фона соседние площади должны максимально контрастными. Число одноцветных градаций (оттенков) на карте не должно превышать семи, иначе их практически невозможно различать.

В тех случаях, когда необходимо картировать пересечение топографических поверхностей (например, пересечение наклонно залегающих слоев и рельефа), то работу начинают с построения молодых геологических границ.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При построении карт по геологическим описаниям необходимо учитывать, что при горизонтальном залегании слоев поверхности их напластования практически совпадают с горизонтальными плоскостями, поэтому очертания геологических границ повторяют горизонтали рельефа, параллельны или совпадают с ними. Задача изображения геологических границ, следовательно, сводится к проведению геологической границы, найденной хотя бы в одной точке по склонам по одной и той же высоте. Если на территории имеется несколько возвышенностей, склоны которых включают высоту найденной границы, она пройдет по всем склонам. Понятие «горизонтальное залегание» - условно, так как идеально горизонтальных поверхностей наслоения в земной коре не встречается.

Карта наклонно залегающих пластов строится по данным опорных полевых наблюдений с помощью «заложения». Опорные наблюдения, как правило, делаются на контактах горных пород различного геологического возраста. В точках наблюдений геологами описаны эти контакты, выделены слои (проведена стратификация пород), охарактеризованы их строение и состав, проведены замеры элементов залегания.

Последовательность работы при этом следующая:

Выделить структурные ярусы - комплексы согласно залегающих толщ, разделенных несогласиями.

Определить заложение для толщ верхнего структурного яруса. По данным заложения построить геологические границы.

Построить геологические границы нижнего структурного яруса. Для этого необходимо определить заложение для его толщ и по полученной его величине построить геологические границы до пересечения их с несогласием верхнего.

Карта складчатых толщ также строится по данным опорных полевых наблюдений с помощью «заложения» в опорных точках. Построение ведется от молодых геологических образований к древним, в порядке, обратном их формированию. При этом территория разбивается на элементарные площадки, на которых залегание можно считать однородным, построить вышеуказанным способом геологические границы на элементарных площадках, а затем сгладить получившиеся углы плавными линиями с учетом имеющихся элементов залегания в отдельных точках.

Если территория разбита разломами, сначала выделяются блоки, на которые разбита территория, затем геологическая карта

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

строится отдельно по каждому блоку.

Расставить индексы и раскрасить стратиграфические подразделения в принятые для них цвета, а также сделать соответствующую штриховку (на геологических картах масштабов крупнее 1:100000 условными знаками показывается не только стратиграфическая принадлежность, но и литологический состав слагающих их подразделений).

С помощью *картограмм* изображают изменение по площади какого-либо одного признака, так же, как и при использовании карт в изолиниях. Картограммы применяют в тех случаях, когда признак меняется резко или прерывисто. Последовательность работы при этом следующая:

1. Выделение на карте элементарных ячеек. Анализируемую территорию с нанесенными на нее значениями признака разбить на квадраты (элементарные ячейки). Как правило, элементарные ячейки делаются одинаковыми, но, если это по каким-либо причинам невозможно (например, если распределение исходных данных очень неравномерно по площади и в одних квадратах их получается намного больше, чем в других), они могут быть различными. Если элементарные ячейки очень велики, в них попадает большое число исходных данных и карта получится достоверной, но очень огрубленной. В случае малого размера элементарных ячеек карта будет детальная, но вариации значений в каждой элементарной ячейке могут оказаться случайными. Существуют специальные статистические методы для выбора размера элементарных ячеек, но практически необходимо выбрать такую сеть, чтобы число наблюдений было бы не меньше, чем число элементарных ячеек. Территорию карты с нанесенными данными разбивают на выбранные элементарные ячейки.

2. Создание шкалы и выбор интервалов картограммы. Шкалы картограмм бывают равномерные и неравномерные. Для правильного выбора шкалы следует построить частотный график или гистограмму значений признака. Для этого по оси абсцисс отложить значения признака, замеренные для каждой элементарной ячейки, а по оси ординат - сколько раз это значение встретилось. Если точки на графике распределились равномерно – шкалу следует сделать равномерной. Если на графике образовалось несколько максимумов – необходимо поделить ось абсцисс (будущую шкалу) так, чтобы значения разных максимумов попали в разные части шкалы, кроме того, в отдельные части должно попасть примерно одинаковое количество (7-10) точек.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. Выбрать условные знаки для выделенных интервалов, используя те же принципы, которые описаны для метода количественного фона – для большего значения признаков выбирается более интенсивная раскраска или штриховка.

4. Составление картограммы. После проделанной подготовительной работы составление картограммы сводится к закраске отдельных элементарных ячеек в присвоенные им цвета или штриховку.

Картодиаграммы это диаграммы, изображающие какой-либо признак недр, расположенные в тех точках карты, к которому относится данная диаграмма. Таковы, например, диаграммы химического состава вод по Сулину на гидрогеологических картах.

Локализованные диаграммы - это диаграммы, изображающие какой-либо признак недр характерный для определенной области, (например, элементарной ячейки), расположенные в центральной части элементарной ячейки. Таковы, например, розы-диаграммы трещиноватости, построенные по результатам дешифрирования материалов аэрокосмических съемок.

После выбора способов изображения составляется предварительный макет карты, уточняется сочетаемость различных знаков, читаемость геологических объектов. Корректируется легенда.

При оформлении легенды необходимо следить за логичностью ее построения - начинается легенда с главных элементов специального содержания, затем помещаются дополнительные знаки.

Картируемые объекты наносятся на карту, которая оформляется.

При необходимости проектируются элементы дополнительных данных - разрезы, карты-врезки, стратиграфические колонки, схемы использованных материалов, авторские макеты, необходимые текстовые материалы.

Карта оформляется – компонуются её элементы, на ней надписывается заголовок, указывается авторство, год и место создания карты.

Контрольные вопросы к 18.2.6.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.2.7. Построение геологических разрезов

Кроме разнообразных геологических карт, в структурной геологии широко применяются *геологические разрезы.* Они строятся на основе различных исходных данных и по различным методикам.

- Разрезы, представляющие собой графические зарисовки в сравнительно крупном масштабе соотношений геологических тел, наблюдаемых при полевых исследованиях, или в скважинах. Обычно они называются *разрезами обнажений и опорными разрезам, разрезами скважин*. Методика их составления изучается на геологической практике.
- Разрезы, строящиеся по данным бурения скважин. Такие разрезы обычны при нефтегазогеологических работах. Нередко, при их построении используются также данные сейсмопрофилирования. Эти разрезы представляют собой интерполяции между разрезами скважин.
- Разрезы, строящиеся по геологической карте, нередко с привлечением данных бурения и геофизических данных.

- ***Сбалансированные разрезы (профили***), строящиеся для проверки правильности модели структурообразования. При построении серии таких разрезов реконструируется процесс формирования изучаемой территории при соблюдении неизменности мощности и первоначальной длины слоев.

Обычно по данным бурения разрезы строятся на разведочно-эксплуатационном этапе геологоразведочных работ, когда в пределах площади пробурено достаточное количество скважин. Направление разрезов определяется геологическими задачами. Наиболее выразительными являются разрезы, построенные в крест простирания структурной формы. Кроме того, линии геологического разреза выбираются так, чтобы на них попало максимальное количество пробуренных скважин. Вообще разрезы строят по прямым линиям, если же скважины не стоят на одной прямой линии, возможно построение геологических разрезов по ломаным линиям, или же скважины «сносят» на линию разреза. При «снесении», проецировании скважины на линию разреза следует вносить поправку на изменение абсолютной отметки устья скважины.

Пошаговое описание построения разрезов различных геологических структур и по разным исходным данным приведено в 12.2, 12.3.1, 12.3.2, 12.4.1 и 12.4.2, в которые можно перейти по ссылкам. Здесь же будут описаны принципиальные подходы к

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

построениям.

При построении разреза сначала необходимо провести ***подготовительные работы***. Они включают анализ исходного материала, выбор скважин и масштаба построений. В геологии, особенной нефтегазовой, сведения, доставляемые бурением очень дороги и ценны. При ***проектировании линии геологического разреза*** обычно стремятся использовать все возможные скважины и провести разрез через их максимальное количество. Поэтому разрез нередко представляет собой ломаную линию. Как правило, строится несколько разрезов. На изометричных структурах - в виде креста, на линейных - в виде нескольких коротких разрезов в крест простирания структуры, и один пересекающий их разрез по простиранию, увязывающий отдельные профили в единое целое.

При ***выборе масштаба*** руководствуются принципами наглядности и точности. Если разрез строится для справочно-информационных целей - он может быть большего размера (более крупного масштаба). Горизонтальный масштаб обычно задан масштабом работ. Разрез должен поместиться на листе бумаги и быть легко обозримым - не более 1 -1,5 м. Удобно привязываться к размеру стандартного листа чертежной бумаги. Далее значение линейного размера бумаги делят на максимальный размер разреза на местности, округляют полученную дробь и приводят ее к виду 1:n 000 … . Полученная величина будет искомым горизонтальным масштабом.

Вертикальный масштаб выбирается исходя из противоречивых требований. Идеальным является равенство вертикального и горизонтального масштабов, тогда изображение будет не искаженным. Однако в этом случае часто не удается отразить на чертеже важные детали геологического строения - маломощные пласты, малоамплитудные перегибы слоев и т.д. Отсутствие на чертеже этих, имеющих большое практическое значение деталей, лишает геологический разрез необходимой наглядности, познавательной и практической ценности. В таких случаях необходимо строить геологические разрезы с преувеличением вертикального масштаба над горизонтальным. Практически, при выборе вертикального масштаба применяется комплексный подход, учитывающий масштаб геологической карты, общую толщину разреза, толщину отдельных стратиграфических комплексов, углы наклона слоев, эрозионную расчлененность территории. Некоторые маломощные, но важные для понимания геологического строения территории, слои допускается на геологическом разрезе показывать

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

вне масштаба (толщиной 2 мм). В других случаях объединяют согласно лежащие слои в единую толщу.

Таким образом, для выбора вертикального масштаба следует определить размер тех минимальных слоев, которые обязательно должны быть показаны на разрезе. Нефтяникам обычно приходится иметь дело с пологозалегающими слоями небольшой мощности, и они преувеличивают вертикальный масштаб в десятки и более раз. При этом наклоны в доли градуса превращаются в крутозалегающие структуры. Нередко неинформативную часть разреза большой мощности просто исключают из чертежа, показывая это двойной волнистой линией (рис. 18.27).

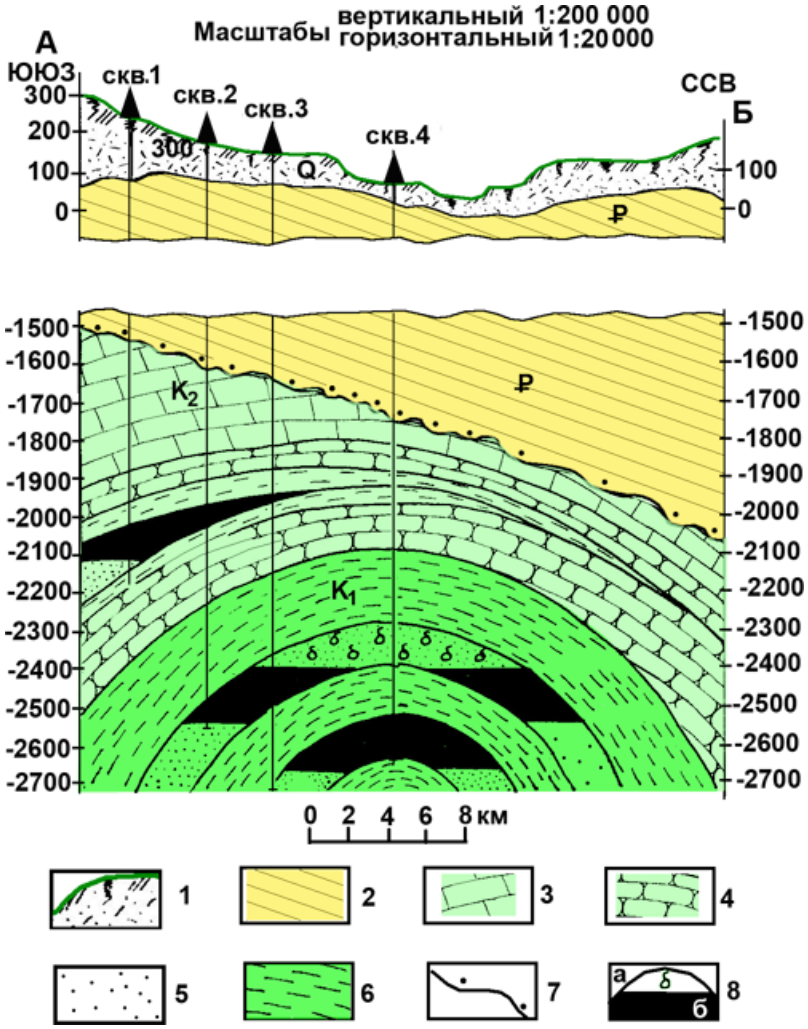
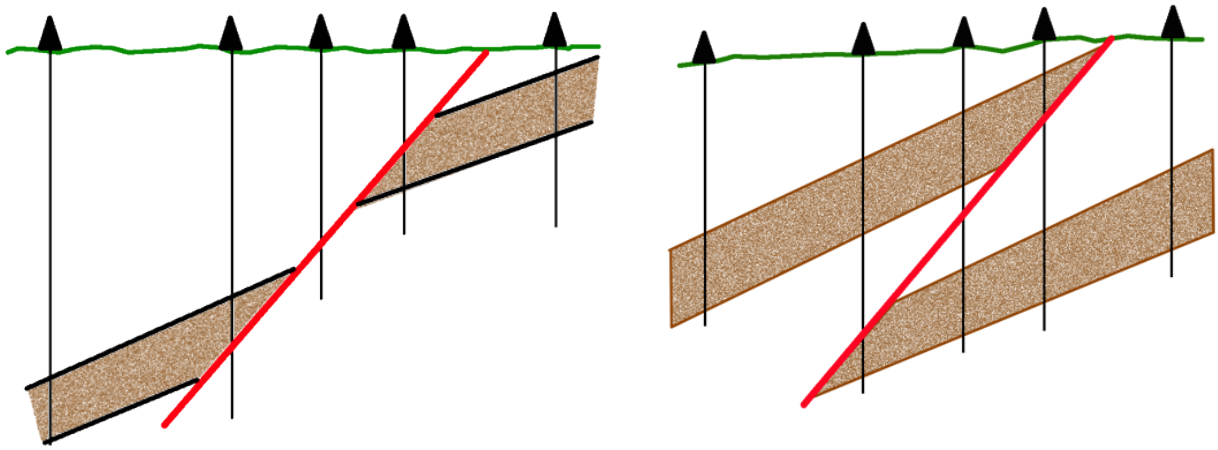


Рис. 18.28. Пример геологического разреза, построенного по данным бурения. Газонефтяное месторождение Кирга, 1 - суглинки, 2 - глины песчанистые, 3 - известняки, 4 - песчаники плотные, 5 - песчаники рыхлые, 6 - глины, 7 - поверхность размыва, 8 (*а*) газ, (*б)* - нефть. (по Ю.А. Сударикову)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Если на территории, разрез которой строится, предполагаются разрывы, построение несколько усложняется. Разрывы разного кинематического типа, пересекая слои, смещают их по-разному. При пересечении сбросом - из разреза выпадают отдельные слои, при пересечении их взбросом, разрез, на отдельных участках, напротив, удваивается (рис. 18.29).



а б

Рис. 18.29. Выпадение из разреза скважин слоев или уменьшение их мощности при нарушении их сбросом (а), или удвоение из разрезов при нарушении слоев взбросом (б)

Методические приемы построения геологического разреза с разрывами (сбросами, взбросами) в основном (первые 5 пунктов) те же, что и описанные в предыдущей работе. Геологические границы следует проводить, увязывая разрезы каждых двух соседних скважин, начиная с крыльев структур. Особое внимание надо обращать на аномалии в последовательности залегания пластов и изменении толщин, а также гипсометрического положения отдельных пластов. Анализ этих аномалий позволяет найти в разрезах скважин аномальные (критические) точки, через которые проходит сместитель дизъюнктивной дислокации и определить тип этого разрывного нарушения.

Признаками того, что скважина пересекает поверхность разрывного нарушения служат выпадение отдельных частей разреза, в частности, пласта или его части, уменьшение толщины пластов в опущенном крыле – в приподошвенной его части - а в приподнятом - прикровельной части (сброс); двукратное повторение одновозрастных

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

отложений или аномальное увеличение толщины какого-либо пласта (взброс), резкое гипсометрическое изменение положение слоев.

В практике поисково-разведочных работ на нефть и газ часто встречаются ситуации, когда в скважине не фиксируется явных признаков разлома. В этом случае признаком разрывного нарушения является резкое изменение в гипсометрическом положении одновозрастных пластов в разрезах соседних скважин.

Нередко при прохождении скважин вещественный состав горных пород и их стратиграфическая принадлежность определяются только для заданных горизонтов. В этом случае геологические разрезы строятся фрагментарно. Изображаются только те горизонты, которые охарактеризованы фактическим материалом, а части разреза, оставшиеся неизученными, остаются в виде белых полос. Нередко также, особенно в тех случаях, когда взаимоотношения разрезов смежных скважин остаются неоднозначными, разрезы делаются «прерывистыми» - изображаются данные бурения в виде колонки в окрестностях ствола скважины, и одноименные границы соединяются между собой линиями - сплошными при уверенной интерполяции, и прерывистыми - в случае неоднозначной, неуверенной интерполяции.

Разрез, построенный по геологической карте - это модель-интерпретация, которая не всегда бывает однозначна. На производстве геологические разрезы строят как дополнительную графическую модель, чтобы наиболее полно показать геологическое строение территории, на них наносят те сведения, которые не нашли в полном виде отражения на геологической карте. А так как и карта, и разрез изображают один и тот же геологический объект, то все геологические границы должны быть согласованы и подкрепляться геофизическими данными и данными бурения.

Для построения геологических разрезов различного типа перейдите в главу 12 и выполните задания

Контрольные вопросы к 17.2.7.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.3. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ (МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ НОВЕЙШЕЙ И СОВРЕМЕННОЙ ТЕКТОНИКИ)

Тектонические движения происходили не только в давние геологические эпохи, но и в сравнительно близкие к нам времена - неоген-четвертичные. Такие движения называют новейшими и изучаются геоморфологическими, и, в особых случаях, археологическими методами. Продолжают действовать тектонические силы и в настоящее, историческое время, провоцируя современные движения, которые изучаются, в основном, геодезическими методами.

18.3.1. Общие представления о геоморфологических методах

Наука, изучающая рельеф как геологическое образование - его генезис, возраст, структуру, взаимоотношения с геологическим строением называется *геоморфологией*. Формирование рельефа связано с неравномерным разрушением поверхности земной коры экзогенными процессами в те периоды, когда происходят устойчивые тектонические поднятия и на территориях устанавливаются континентальные условия (суша). В геологической истории такие периоды отвечают перерывам в осадконакоплении, и поэтому главным источником информации о геологических процессах и сформированных в это время структурах становится рельеф.

Главные черты современного рельефа сформированы в результате планетарной тектоно-магматической активизации, начавшейся с середины-конца палеогенового периода (эоцен-олигоцен) и получившей название новейшей. Образованные в ее результате выраженные в рельефе структурные формы называются *морфоструктурами*.

Так как при континентальном развитии верхняя часть земной коры находится в консолидированном, относительно хрупком состоянии, доминирующей здесь является разрывная тектоника и блоково-глыбовый характер морфоструктур. Ограниченные разломами блоки испытывают вертикальные и горизонтальные перемещения и в совокупности могут формировать сводовые поднятия и полого-вогнутые впадины (рис. 18.30).

Такие поверхностные сводово-блоковые структуры в поперечнике достигают десятков и сотен километров.

© Милосердова Л.В. 2014

© ООО «Издательский дом Недра», 2014

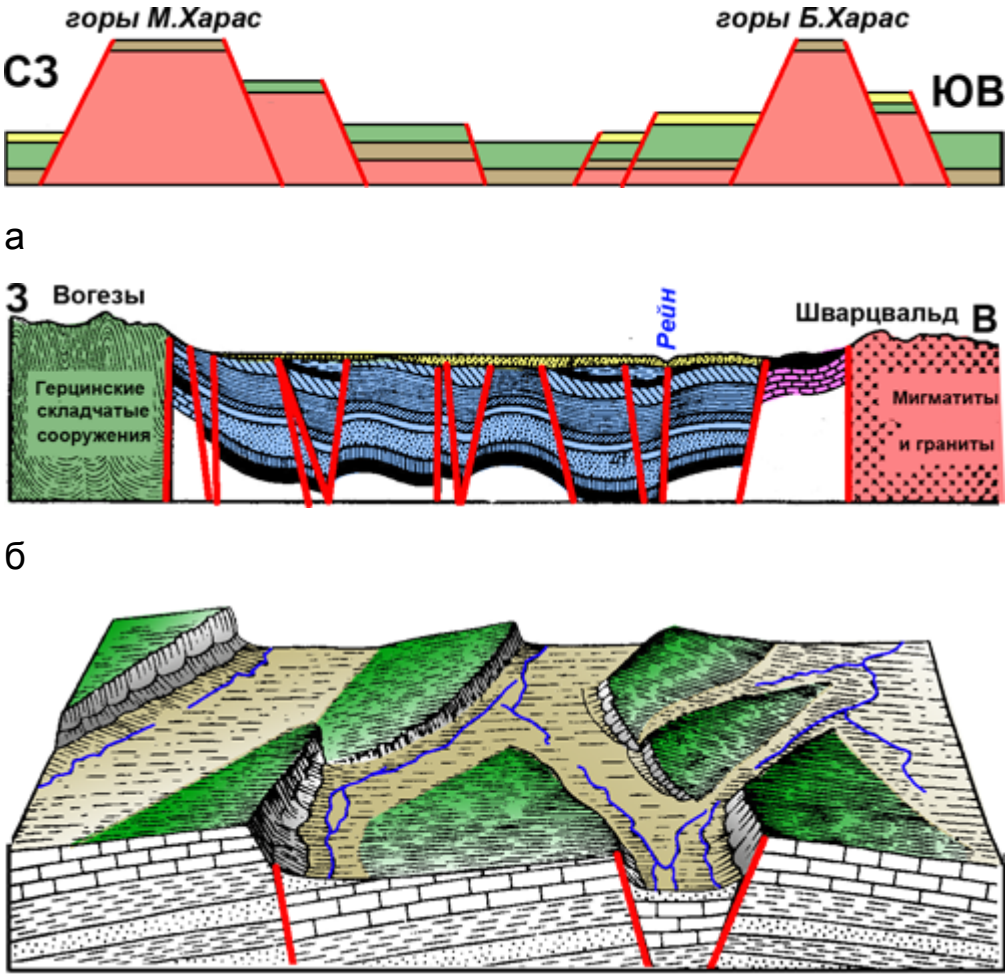


Рис. 18.30. Морфоструктуры. а - сбросовые структуры гор Харас, юго-западная Африка. Длина разреза около 96 км; б - разрез Рейнской рифтовой долины. Длина разреза около 48 км; в - структура сбросовой глыбы в хребтах Грейт Бэзина, Юта, США (по А. Холмсу).

ТИПЫ РЕЛЬЕФА И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА. Так как рельеф Земли формируется в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, его характер позволяет судить об интенсивности и направленности движений земной коры. Уже по типу рельефа и отдельных его частей в общем можно судить о направленности новейшего тектонического развития территории. В целом выделяют четыре морфогенетических типа рельефа, отражающих соотношение интенсивности эндогенных и экзогенных процессов. Их характеристика приведена в табл. 18.7.

© Милосердова Л.В. 2014

© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица 18.5. **Соотношение типов рельефа с эндогенными и экзогенными процессами**

Тип рельефа	Соотношение эндогенных и экзогенных процессов	Характеристика рельефа
Эрозионный горный	Интенсивность тектонических поднятий значительно превышает интенсивность экзогенного разрушения	Интенсивное эрозионное расчленение. Высокогорный рельеф с глубоко врезанными спрямленными крутосклонными юными речными долинами и вытянутыми водоразделами
Денудационно-эрозионный	Интенсивность тектонических поднятий ненамного превышает интенсивность экзогенного разрушения	Преобладает боковая эрозия, сглаживание склонов, горизонтальное расчленение земной коры, денудация. Холмистый низкогорный рельеф с выработанными зрелыми (ширина больше глубины) долинами и широкими водораздельными поверхностями
Денудационный	Интенсивность тектонических поднятий примерно равна интенсивности экзогенного разрушения	Сглаженные волнистые денудационные равнины, с впадинами, заполненными осадками. Пенеплены
Аккумулятивная равнина	Интенсивность тектонических поднятий меньше скорости осадконакопления (относительные опускания внутриконтинентальных структур)	Аккумулятивная равнина, незначительно расчлененная за счет кратковременных периодов усилений воздыманий. Рельеф выработан в осадках четвертичного возраста

Древние, «мертвые», неразвивающиеся структурные формы выражаются в рельефе по-разному, в зависимости от того погружается, или поднимается территория в целом, а также от того, насколько отличается друг от друга устойчивость к денудации различных толщ (рис. 18.31).

© Милосердова Л.В. 2014

© ООО «Издательский дом Недра», 2014

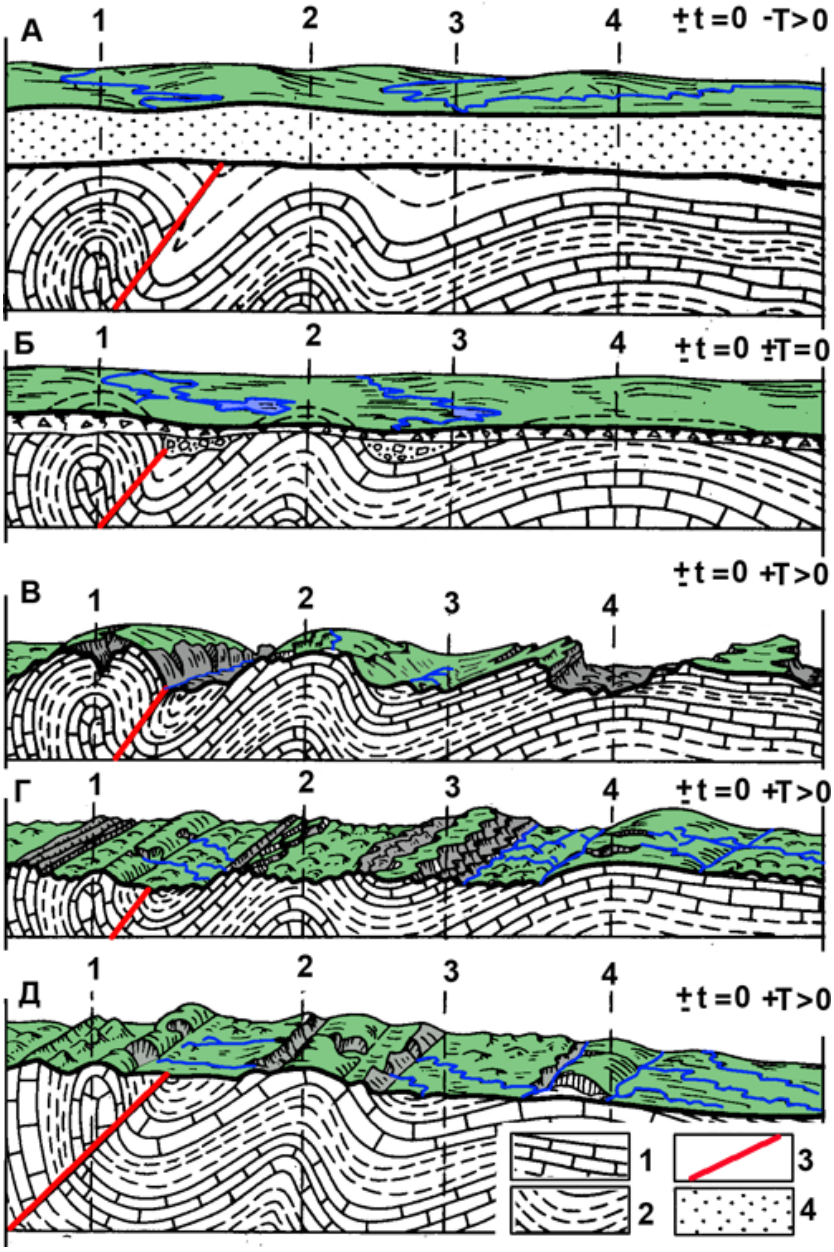


Рис. 18.31. Выражение в рельефе «мертвых» структурных форм в условиях А - погружения, Б - длительного выравнивания, В,Г,Д - поднятия 1 - породы, устойчивые к процессам денудации, 2 - породы, неустойчивые к процессам денудации, 3 - разрывы, 4 - новейшие осадки, ± *t* движение отдельных структурных форм, ± *T* - региональные движения (по Н.П. Костенко, с упрощениями).

Так же по-разному могут отражаться в рельефе «мертвые» складки, в зависимости от их морфологических характеристик, размера, и соотношений стойких и нестойких к денудации пластов на крыльях и в ядрах (рис.18.32).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

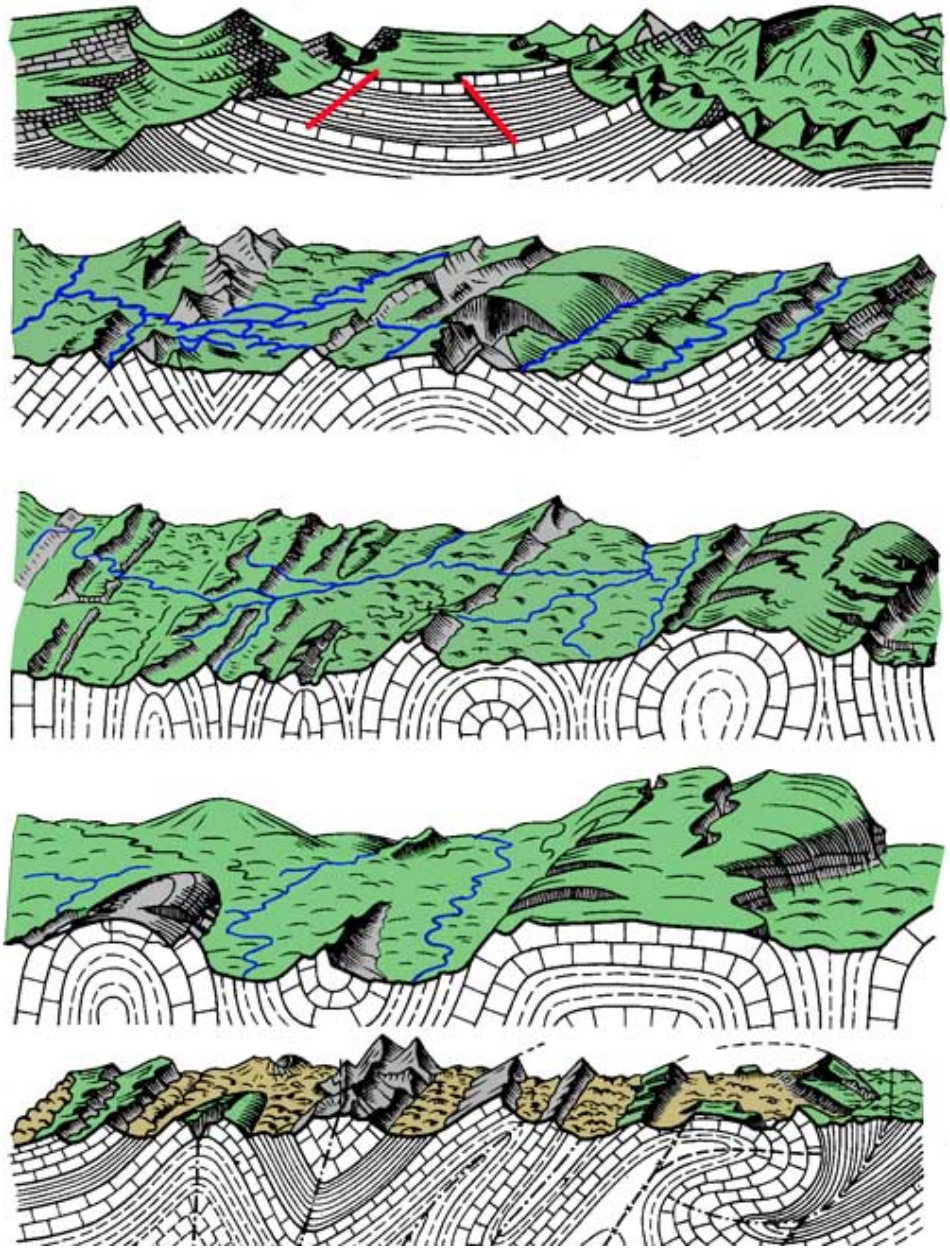


Рис. 18.32. Формы рельефа "мертвых" складчатых деформаций с различными морфологическими характеристиками и литологическими свойствами на крыльях и сводах. Условные обозначения те же, что и на предыдущей странице (по Н.П. Костенко, с изменениями)

Что же касается отражения в рельефе разломов, то оно зависит, в первую очередь, от литолого-стратиграфических условий в зоне разрыва, крутизны поверхности сместителя и типа разрыва. Как правило, сместители представляют собой зоны пород пониженной прочности и, следовательно, обычно подвергаются избирательной денудации, главным образом, эрозии (рис. 18.33 - 3, 4, 6, 8).

© Милосердова Л.В. 2014

© ООО «Издательский дом Недра», 2014

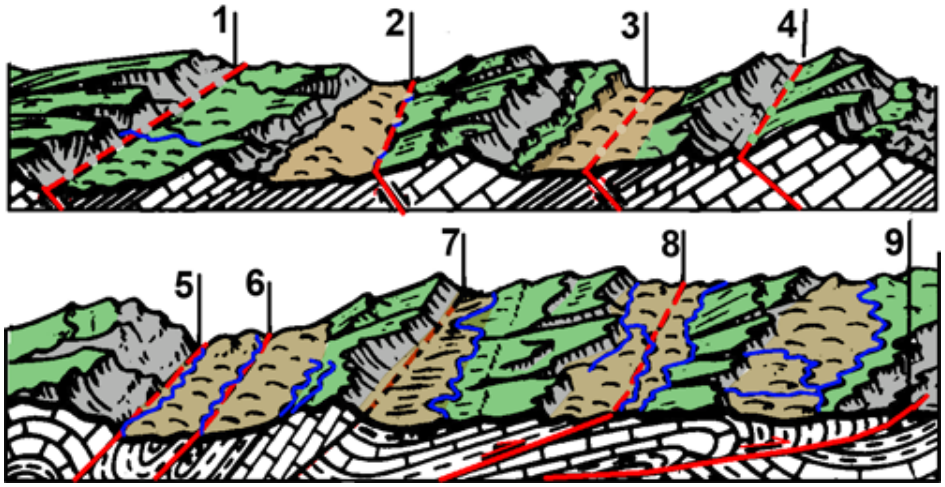


Рис. 18.33. Формы рельефа «мертвых» разрывных деформаций с различными морфологическими характеристиками и литологическими свойствами на крыльях и сводах. Условные обозначения те же, что и на предыдущей странице, численные обозначения объяснены в тексте. (по Н.П. Костенко, с сокращениями и упрощениями).

Особенно благоприятны для развития понижений (депрессий) рельефа разрывы, генетически связанные с растяжением - раздвиги и сбросы. Сбросы и взбросы в различных породах получают отчетливое морфологическое выражение, если крылья сложены различными по денудационным свойствам породами. При этом может развиться как прямой (рис. 18. 34. 1,3), так и обращенный (рис. 18. 34. 2), рельеф, в зависимости от того, относительно стойкие к денудации, или нестойкие толщи приурочены к тектонически поднятому крылу. Надвиги бывают хорошо выраженными только при сравнительно крутом (рис. 18. 34. 7) залегании сместителя и гораздо хуже, или вообще не быть выраженным - при пологом (рис. 18.34. 8,9).

Живые, активные в новейшую эпоху и современные разрывы отражаются в рельефе по-разному, в зависимости от сочетаний дифференцированных движений по поверхности сместителя, наложения знака движения по разрыву на знак региональных движений и стойкости к денудации горных пород, обнажающихся на крыльях разрывов (рис. 18.34. 5).

© Милосердова Л.В. 2014

© ООО «Издательский дом Недра», 2014

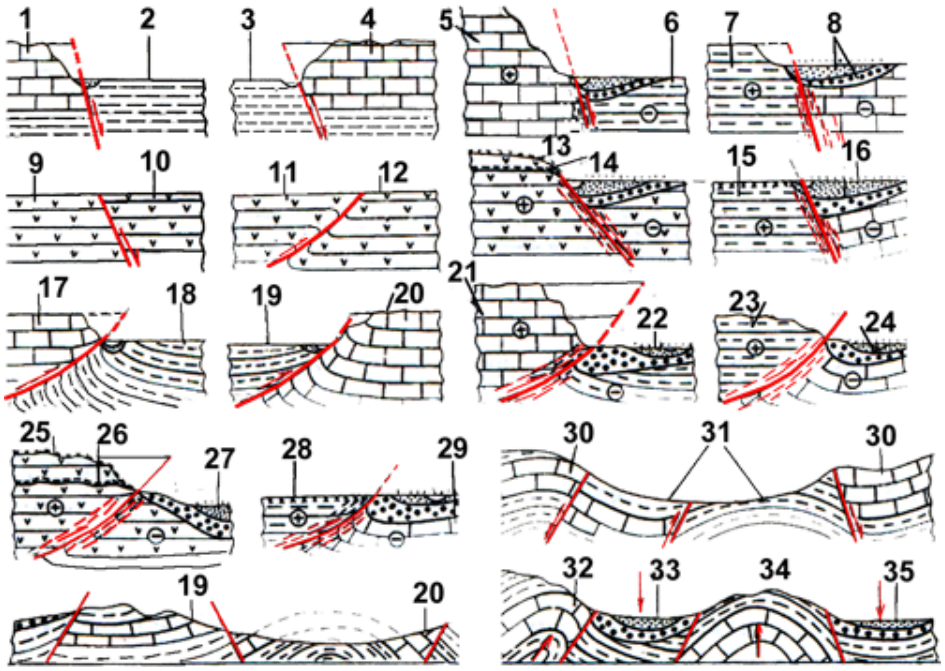


Рис. 18.34. Выражение в рельефе «живых» и «мертвых» разрывов в различных геологических условиях. Условные обозначения те же, что и на предыдущей странице, численные обозначения объяснены в тексте (по Н.П.Костенко, с изменениями).

Если висячее крыло разрыва сложено устойчивыми породами возникает прямой рельеф - поднятое крыло образует положительную форму рельефа (рис. 18.34. 1 - 4, 17 - 20). В однородных породах, как устойчивых, так и неустойчивых, "мертвые" разломы не создают неровностей рельефа (рис. 18.34. 9- 11). Сама зона разрыва характеризуется повышенной трещиноватостью и проницаемостью и обычно препарируется речками, образуя линеаменты. В зонах живых разломов, особенно сочетающихся с региональными поднятиями и благоприятными деструкционными свойствами горных пород, выходящих на дневную поверхность на крыльях, возникает ярко выраженный прямой рельеф (рис. 18.34. 5, 6, 21, 22). При неблагоприятных литологических ситуациях, если висячее крыло сложено неустойчивыми породами, а лежачее - устойчивыми, приразломный выступ может быть выражен слабее (рис. 18.34. 7,8,23,24), или отсутствовать совсем (рис. 18.34. 28, 29).

В однородных породах, в зависимости от скорости движения по разрыву могут возникать два типа рельефа. При малых скоростях перемещения плоскостная денудация будет полностью разрушать висячее крыло, и разлом будет зафиксирован лишь понижением денудационного среза (рис. 18.34- 5,16). Если движения по разрыву интенсивны, висячее крыло выразится в виде уступа тем ярче, чем выше скорость перемещения по разрыву (рис. 18.34. 13,14,25-27). На зоне относитель-

© Милосердова Л.В. 2014

© ООО «Издательский дом Недра», 2014

но погружающегося крыла развивается зона новейшей аккумуляции, которая простирается примерно вдоль линии разрыва и сложена продуктами разрушения висячего крыла. Так же разнообразно выражаются в рельефе осложнения складок живыми и мертвыми разрывами. Рельеф на крыльях складок формируется в соответствии с устойчивостью пород на крыльях. Рельеф живых складок, осложненных развивающимися разрывами, зависит, главным образом, от знака и скорости движений, а не от деструкционных свойств пород. Если сохраняется общее направление складчатых и блоковых деформаций, то развиваются горст-антиклинали, выраженные в рельефе в виде возвышенности, а грабен-синклинали - впадинами (рис. 18.34. 33 - 35).

Если общее направление складчатых и блоковых деформаций имеют противоположный знак, то в условиях растяжения может иметь место значительное проседание сводов по сбросам и образование грабен-антиклинали. Выжимание блока в сопредельной синклинали приводит к формированию горст-синклинали. Такой рельеф оказывается прямым по отношению к новейшей структуре и обращенным по отношению к первичной деформации (рис. 18.33- 19, 20).

Последовательность формирования рельефа. Исходное формирование рельефа, каким бы сложным, в последствие, он не стал, начинается с выровненной поверхности - пенеплена (рис.18.34) или дна регрессировавшего морского бассейна.

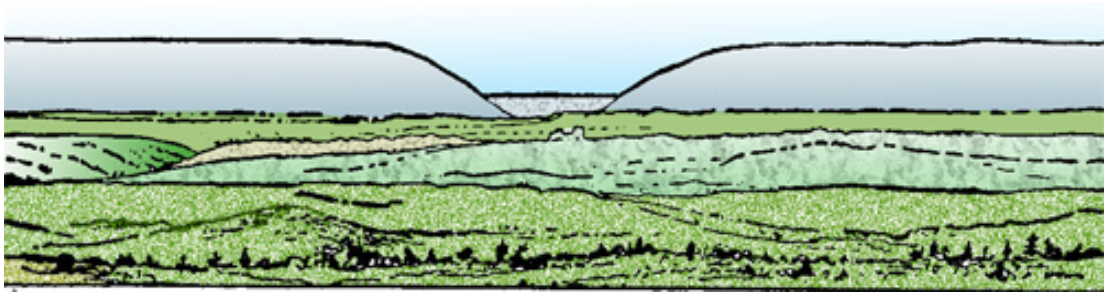


Рис. 18.34. Горы Киттатинни - древний поднятый пенеплен (по Ф. Лахи).

Фрагменты этой поверхности образуют самые возвышенные участки междуречий любой территории и по их положению можно судить о суммарных деформациях земной коры за континентальный этап развития.

Направление и интенсивность вертикальных тектонических движений меняются во времени. При ведущей роли опускания это выражается в чередовании глубоководных и мелководных осадков в морских бассейнах. При ведущих поднятиях смена знака или скорости движения приводит к формированию ступеней или ярусов рельефа на междуречьях и террас в речных долинах.

© Милосердова Л.В. 2014

© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Механизм формирования *ярусов рельефа* и террас одинаков. Разница лишь в продолжительности формирования, площади распространения и сложности строения. Ярус рельефа формируется за геологические периоды, распространен на площади в сотни квадратных километров и состоит из множества мелких форм рельефа, а терраса формируется всего за тысячи и десятки тысяч лет, развита в пределах одной долины, имеет простое строение. И ярус рельефа и терраса образуются за цикл, состоящий из двух этапов. Первый этап – усиленное поднятие земной коры, преобладание глубинной эрозии, формирование склонов. Второй этап – относительное опускание, преобладание боковой эрозии, формирование широких днищ долин, впадин, региональных субгоризонтальных поверхностей. Новое усиление поднятий опять приводит к глубинной эрозии, врезу в сформировавшиеся днища, субгоризонтальные поверхности. Таким образом, и ярус рельефа, и терраса состоят из выровненных субгоризонтальных базисных поверхностей на которые опираются одновозрастные склоны. Сами поверхности обрезаются склонами более молодой возрастной генерации.

Так как суммарные вертикальные движения на суше положительные, то чем выше ярус рельефа, тем он древнее. Самый верхний и древний ярус – это исходная выровненная поверхность. Самым молодым ярусом рельефа являются современные речные долины, отвечающие последнему этапу расчленения. Но и внутри долины выделяются террасовые ступени. Значит ритмичность в смене знаков относительных движений подчиняется иерархии: более долгоживущие однонаправленные ритмы более крупного ранга (поднятия или опускания) состоят из сменяющихся кратковременных поднятий и опусканий более мелкого ранга.

По количеству ярусов рельефа, их возрасту, деформациях можно судить об этапах усиления и интенсивности вертикальных тектонических движений, а по перепадам высот между ярусами – об относительной амплитуде поднятий каждого этапа. Возраст ярусов рельефа можно определить по радиоизотопным, палеонтологическим и спорово-пыльцевым (палинологическим) данным из сохранившихся на ярусах отложений или коррелятных (соответствующих) им осадков в смежных впадинах. Выделение и корреляция ярусов между собой проводится по серии продольных и поперечных топографических профилей через изучаемую территорию.

Контрольные вопросы к 18.3.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.3.2. СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА

Структурно-геоморфологический метод применяется для восстановления новейших тектонических движений и образованных ими, или существовавших ранее структурных форм сквозного развития. То есть он позволяет на основе анализа топографических карт выявлять погребенные структурные формы, что чрезвычайно важно при предварительном анализе нефтегазоносных территорий. Структурно-геоморфологический анализ обладает обширным арсеналом методов и приемов изучения структурного плана территории, из которых мы рассмотрим только простейшие методы, освоение которых не требует глубокого знания геоморфологии.

Структурно-геоморфологический анализ поверхностей выравнивания междуречий. Метод служит для выявления структурных форм унаследованных, или возникших в неотектонический этап развития земной коры.

Сначала определяются максимальные абсолютные отметки высоких междуречий – исходной выровненной поверхности. Затем сравнивается распределение полученных высот по площади карты. Если значения высот близки, это значит, что вся территория является единым морфоструктурным блоком. Если же в структуре района выделяется несколько блоков, испытывающих разноамплитудные вертикальные движения, исходная поверхность в них будет поднята на разную высоту. Поэтому на границах соседних блоков абсолютные высоты междуречий будут заметно отличаться и между ними можно провести линию разрывного нарушения. В рельефе зона разрыва часто выражена прямолинейными склонами, обрывами, иногда коленобразными изгибами рек. На геологических картах такие разрывы могут быть не показаны, так как он имеют еще сравнительно небольшие амплитуды перемещения крыльев. На картах же показываются древние разломы с заметными амплитудами смещений, образующие зоны дробления, изменения горных пород. Если такие разломы активны и в новейший этап, с ними будут совпадать границы морфоструктур.

Можно анализировать высоты водоразделов, реконструируя тектонический рельеф. Методика такого анализа было разработана А.Н. Ласточкиным. При этом анализируются водораздельные поверхности, до которых не доходит эрозия рек бассейнов,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

разделяемых этими водоразделами. Эти площади опознаются на местности, топографических картах и аэрофотоснимках по отсутствию оврагов, ложбин стока и др. Вследствие отсутствия речной эрозии различное гипсометрическое положение этих зон определяется только тектоническими движениями, и их можно считать фрагментами тектонического рельефа. Кроме того, для построения карты тектонического рельефа нужно выделить границы долинного и наддолинного рельефа. Она читается на топографических картах по резкому сгущению горизонталей при переходе к бортам долины. Изогипса тектонического рельефа идет на водоразделе вдоль горизонтали до пересечения с границей долинного и наддолинного рельефа и отсюда переходит на противоположный берег (рис. 18.35).

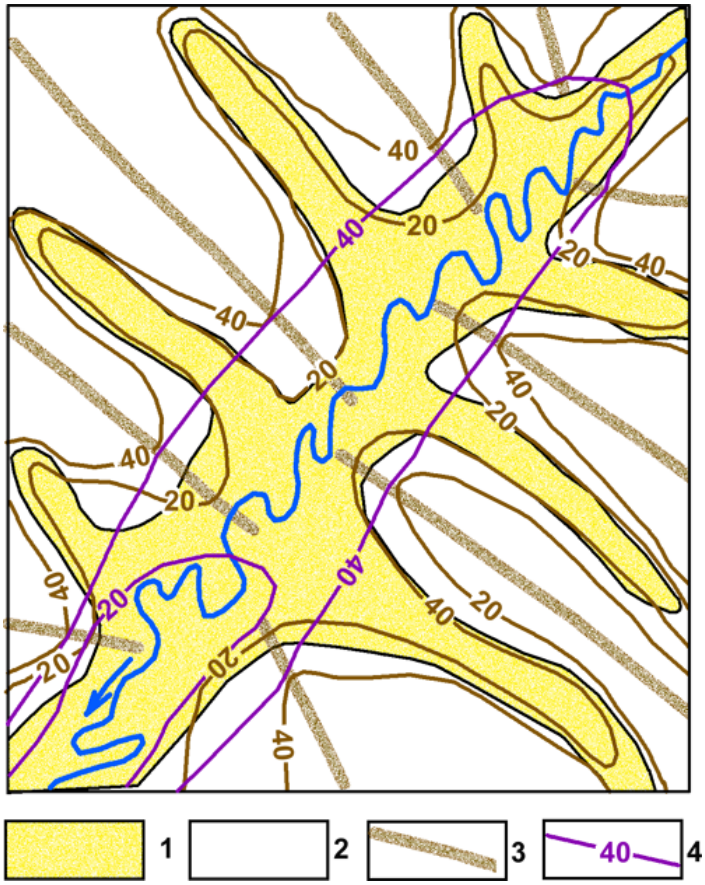


Рис. 18.35. Построение карты тектонического рельефа 1 - долинный рельеф, 2 – наддолинный рельеф, 3 - водораздельные линии 4 - изогипсы тектонического рельефа (по А.Н. Ласточкину)

Реконструкция тектонического рельефа, или построение карт обобщенного рельефа проводится для восстановления тектонической первичной поверхности в том виде, который она могла бы иметь, если бы в процессе своего формирования и позднее не подвергалась эрозионному воздействию текущих поверхностных вод. Способы составления карты тектонического рельефа могут быть различны. Она может быть нарисована на топографической основе путем обобщения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

горизонталей, выступы которых соединяются плавными линиями; в случае значительного удаления групп высотных отметок или останцов от положения горизонталей близкого к ним значения, они должны быть объединены замкнутой морфоизогипсой – «тектоизогипсой». При интерпретации карты признаками локальных поднятий служат общая неспокойная рисовка «тектоноизогипс», уменьшение заложения между ними, наличие резких выступов или замкнутых тектоноизогипс. Отрицательные структуры выражены на карте большим заложением «тектоноизогипс». Этот метод применим исключительно для равнинных территорий. Очерчиваемые морфоизогипсами крупные неровности рельефа не всегда являются морфоструктурами в точном смысле этого слова. Они могут соответствовать как полностью или частично выраженным в рельефе тектоническим структурам, так и литологически обусловленным неровностям денудационного рельефа. В областях с сильно расчлененным денудационным рельефом морфоизогипсы рисуют только предполагаемые морфоструктуры, их связь с тектоническими структурными формами еще требует доказательства.

При необходимости выявления более крупных морфоструктур по тем же правилам проводят обобщение морфоизогис и получают карту морфоизогипс второго порядка. В условиях денудационных сильно расчлененных равнин восстанавливаемая «первичная» поверхность только местами касается реального рельефа, причем уклоны той и другой могут быть различны. В этих случаях обобщение рельефа обязательно проводят в несколько этапов, строя карты морфоизогипс разных порядков. При таком поэтапном обобщении сначала исключаются малые формы экзогенного рельефа, а затем более крупные, до тех пор, пока не будет восстановлен «первичный» рельеф, исходный для последнего этапа формирования морфоструктуры региона. В районах развития блоковой тектоники для учета разрывных нарушений и выявления тектонических блоков строят совмещенные карты морфоизогипс и линеаментов.

Правила структурно-геоморфологической интерпретации морфоизогипс те же, что и при интерпретации любых структурных карт в изолиниях. Положительные морфоструктуры фиксируются по замкнутым морфоизогипсам или их положительным выступам; отрицательные - также по замкнутым морфоизогипсам, отрицательным «заливам» и значительному расхождению соседних морфоизогипс при их дисгармоничной рисовке; разрывные нарушения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- по сгущению спрямленных морфоизогипс, их коленчатым изгибам или резкому изменению направления ряда морфоизогипс, по скользящему последовательному их сближению. Морфоизогипсы наиболее близко передают морфологию погруженных тектонических форм, если тектонический рельеф прямой, и направление последующих неотектонических движений наследовало древний структурный план. Если расчлененность рельефа очень значительна, карты морфоизогипс не эффективны, но и в этом случае их составление полезно, так как дает представление об общей морфоструктуре района.

Структурно-геоморфологический анализ базисов эрозии. Кроме анализа ярусов рельефа, континентальные структуры выявляются по изучению рельефа морских побережий. Так, в пределах опускающихся структур побережье изрезано многочисленными заливами, подводными дельтами, эстуариями. При поднятиях образуются спрямленные аккумулятивные берега, морские террасы, выступающие в море дельты рек.

Хорошо выявляются морфоструктуры при анализе продольного и поперечного профиля речных долин. На относительно поднимающихся блоках долина будет с V-образным поперечным профилем, порожистым руслом. При переходе на относительно опускающийся блок, долина резко расширяется, русло реки приобретает извилистость.

Количество террас, их высота на разных блоках также будет разной. Прослеживая террасы вдоль речной долины, или морские террасы вдоль побережий, аналогично тому, как прослеживаются слои, можно выявить все основные особенности приповерхностной структуры: границы блоков, характер внутриблоковых деформаций.

Часто у границ блоков с разной амплитудой поднятий наблюдаются речные перехваты (river capture). Интенсивно врезающаяся река с более низким базисом эрозии перехватывает часть долины или притоки реки с более высоким базисом эрозии (рис. 18.36).

При горизонтальных перемещениях блоков между ними возникают долины - раздвиги - аномально расширяющиеся участки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

долины. При этом часто образуются горизонтальные коленообразные смещения борта главной долины.

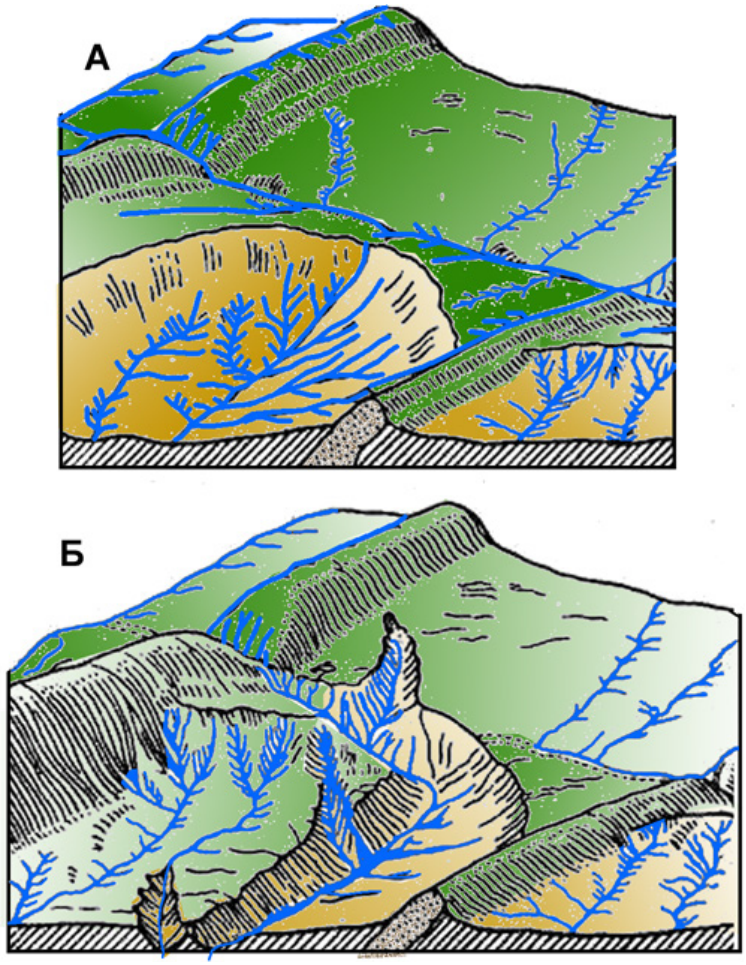


Рис. 18.36. Перехват реки: А – готовящийся перехват, Б – состоявшийся перехват

Морфографические методы изучения рельефа. Морфографические методы заключаются в качественном, визуальном выделении участков территории со сходными чертами рельефа. Выделять участки рельефа можно по различным признакам.

Расчлененность рельефа - один из наиболее наглядных параметров, который выявляется при анализе топографических карт и аэрофотоснимков. Качественно различие в вертикальной расчлененности рельефа можно оценить по резкой разнице в заложении горизонталей, а извилистость горизонталей (или число водотоков на единицу площади) характеризует горизонтальную расчлененность. Если при переходе с одной территории на другую эти характеристики меняются резко и одновременно, это в большинстве случаев свидетельствует о значительных неотектонических подвижках блоков земной коры, нередко разделенных разломами. Бóльшая

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

расчлененность указывает на бóльшую интенсивность воздыманий изучаемого участка.

Интерпретируя аномалии расчлененности рельефа, необходимо учитывать влияние различия в литологии, и положении элементов рельефа относительно тальвегов и водоразделов, наклона слоев, экспозиции. Сравнивать между собой можно только одноранговые и одноименные объекты.

Плановое очертание речного русла кроме гидродинамических причин зависит также от изменения высот общих и местных базисов эрозии. В основе изменения местных базисов лежат тектонические движения различного знака. Участки спрямленных русел рек указывают на их относительное поднятие (если они не заложены по дизъюнктивной дислокации), тогда как участки интенсивного развития блуждающих меандр и заболоченности почвы указывают на опускание. Особенно хорошо это видно на аэрофотоснимках.

Плановый рисунок речных долин может отражать (а может и не отражать) неотектонические движения. Чаще всего структуры не отражают реки первого порядка, слишком маленькие по размеру, однако их перестройка, аномальное усиление врезов часто указывает на современные движения. Местные реки могут отражать структуру радиальным характером своих очертаний. Транзитные реки либо не реагирует на структуры, либо представлены долинами огибания или долинами с резкими поворотами. Конфигурация речной сети не только указывает на место расположения поднятия, но иногда позволяет довольно точно определить его контуры (рис.18.37).

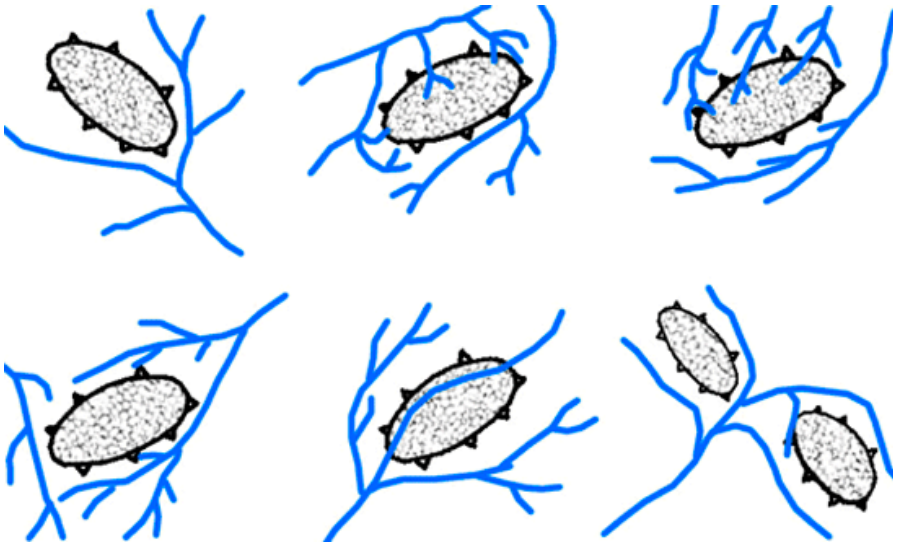


Рис. 18.37. Формы отражения локальных поднятий в рисунке гидросети (по А.Е. Михайлову и Н.С. Рамм, 1975 с дополнениями)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Так же чутко реки реагируют на наличие разломов – прямолинейными очертаниями, резким сужением долин, другими характерными признаками (рис. 18.38).

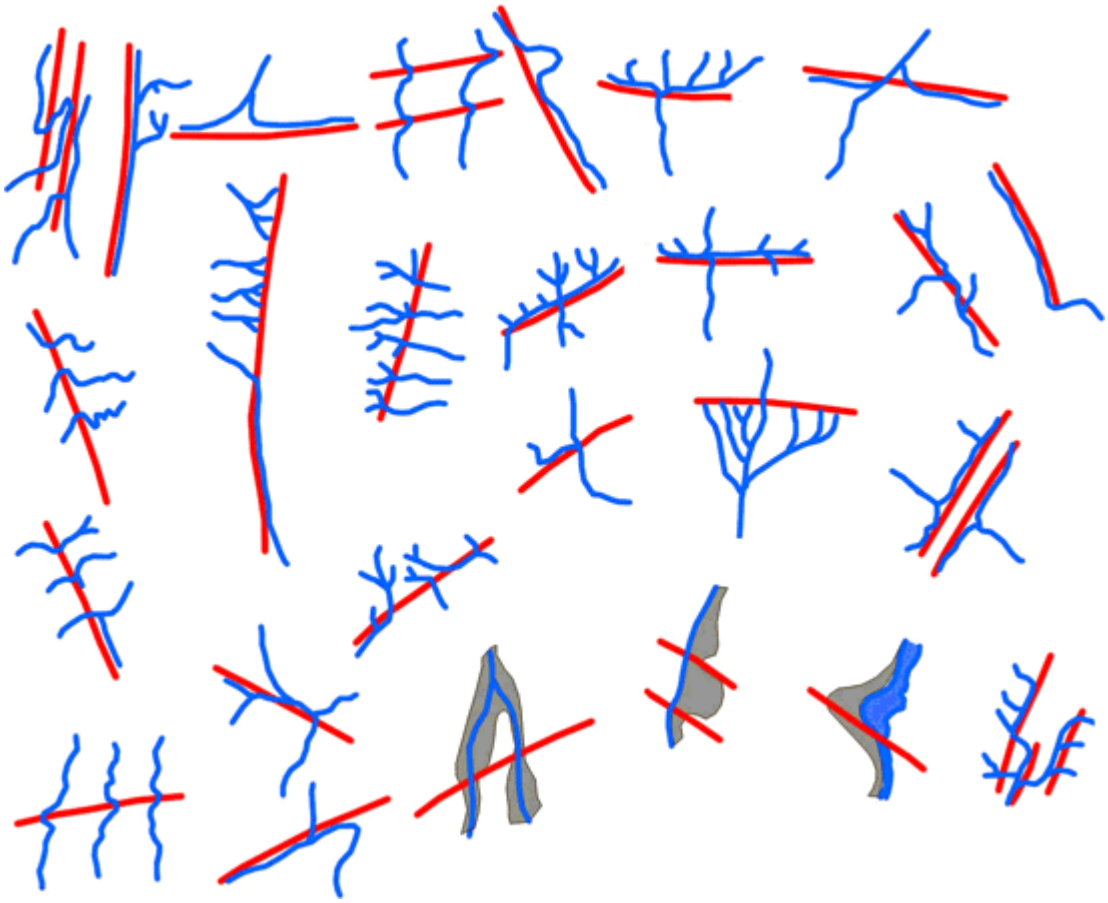


Рис. 18.38. Отражение разломов в рисунке речной сети (по Г.И. Раскатову)

Таким образом, морфологический метод в морфоструктурном анализе заключается в качественном изучении всего комплекса вышеперечисленных характеристик элементов рельефа. Результат этого анализа может быть изображен на специальной морфографической карте. Основа этой карты представляет собой карту орфографического районирования, содержание остальной части должно включать все морфографические признаки положительных и отрицательных неотектонических структур. Только после построения такой карты можно приступать к структурно-тектонической интерпретации всех признаков. При интерпретации необходимо учитывать все факторы экзогенного характера, климат, гидрологические особенности, а также литологические особенности поверхностных отложений. Делать какие-либо заключения о характере

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

новейших движений и тем более прогнозировать местонахождение и контуры тектонических структур можно только при однозначной интерпретации всего комплекса признаков на каждом рассматриваемом участке.

Морфометрические методы. При применении морфометрических методов структурно-геоморфологического анализа производят измерения различных характеристик форм рельефа. Изолинии на таких морфометрических картах позволяют не только наметить местоположение и очертания предполагаемых структурных форм, но и дать им сравнительную количественную оценку. В настоящее время насчитывается около полусотни способов морфометрической трансформации топографических карт для структурно-геоморфологических целей. Ниже описаны самые употребительные.

Анализ продольных профилей рек. В основе структурно-геоморфологического анализа продольных профилей (уклонов) гидросети лежит предположение о том, что в однотипных физико-географических и геолого-геоморфологических условиях из разнообразных факторов природной среды, влияющих на продольный профиль рек, ведущее значение имеют тектонические движения.

Формирование продольных профилей рек связано с их гидрологическим режимом, литологическими особенностями размываемых пород и с новейшими тектоническими движениями. Анализ продольных профилей рек проводится путем выявления отклонений падений рек на отдельных участках от средних значений их для данного района.

Аномалии продольных профилей рек вычисляют по-разному. Можно выделять величины падений рек (в сантиметрах на километр) для отрезков 5 - 10 км. Изолиния 20 см/км отделяет друг от друга разнородные в неотектоничесоком отношении площади. Можно строить карты изодеф - линий равных значений деформаций продольных профилей - отклонений топографических профилей от их идеальных геометрических аналогов. Иногда составляют карты падений рек и аномальных уклонов продольных профилей рек. Составление таких карт производится следующим образом:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- Вычисляют по топографическим картам величину падения рек в метрах на километр в местах пересечения русла реки горизонталью. Эти точки наносят на карту и между ними подписывают величину падения. Как правило, вниз по течению реки продольный профиль выполаживается и значения падения уменьшаются. Анализируя профиль от истока к устью, выделяют такие участки, на которых значения падения больше, чем на отрезках, расположенных выше по течению. Такие участки называются аномальными.

- Для каждого аномального участка вычисляется коэффициент превышения уклона по формуле

$$K_i = \frac{i_a}{½\,(i_b - i_m),}$$

где i_a - падение реки на аномальном участке; i_b и i_m падение реки на участках непосредственно выше и ниже аномального.

- Участки с аномальными падениями по ряду соседних рек объединяют в зоны аномальных падений. Такие зоны часто бывают приурочены к крыльям пликативных структур, или к разломам, активным в новейшее время. При интерпретации карт аномальных падений рек необходимо, как и при интерпретации других карт, учитывать не тектонические факторы: неоднородность литологического состава пород, особенности гидрологического режима (впадение притоков) и другие причины.

Чтобы исключить влияние гидрологического фактора, иногда строят карты глубин вреза только для равновеликих рек. Равновеликость рек определяется их гидрологическими свойствами (равными расходами воды) или однопорядковостью.

Обычно река от истока до устья, с каждым принятым в себя притоком, меняя свой порядок, меняет и свой характер, уклон, несущую и эродирующую способность. Поэтому, сравнивая между собой реки, необходимо учитывать порядок речной долины. Порядковый номер потока, это не просто числовое обозначение, а речной поток, обладающий определенными гидрологическими характеристиками, поэтому выделение порядков долин позволяет выявлять участки речных систем с равными гидрогеологическими характеристиками. Различные авторы несколько по-разному определяют порядок долины (рис. 18.39).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Рекой первого порядка называется водоток, не имеющий притоков. Водоток второго порядка образуется при слиянии двух водотоков первого порядка. Водоток третьего порядка получается при слиянии двух водотоков второго порядка. Если сливаются водоток второго и первого порядка, то одни авторы считают, что в результате порядок водотока остается прежним (В.П. Философов, Р. Хортон), тогда как другие полагают, что порядок реки повышается (Н.А. Ржаницын). То же самое относится к слиянию долин второго и третьего порядка и так далее вниз по течению реки.

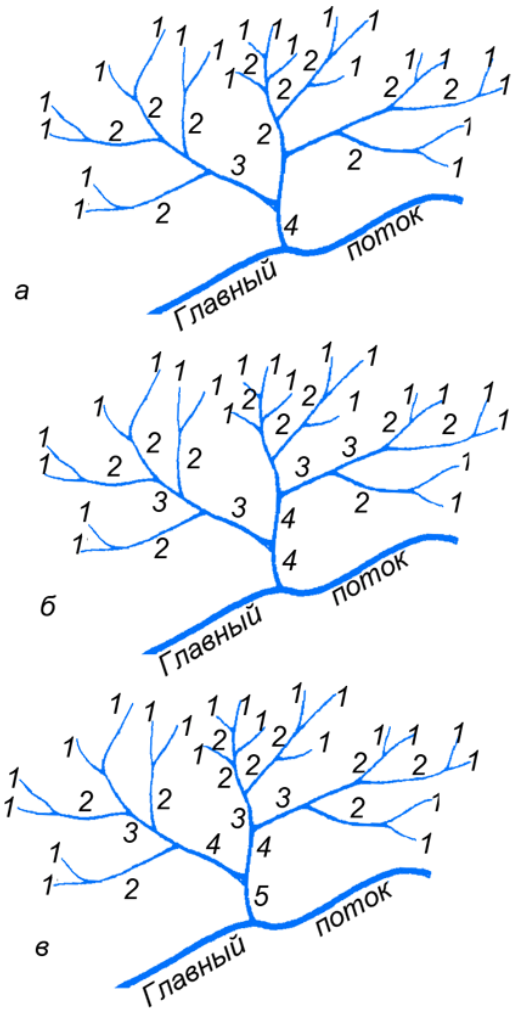


Рис. 18.39. Правило порядков долин по Р. Хортону (а), В.П. Философову (б), и Н.А. Ржаницыну (в)

Для определения аномальных зон в равновеликих реках через равные интервалы подписывают абсолютные значения уреза реки и от каждой точки с отметкой уреза восстанавливают линию стока (по перпендикулярам между горизонталями топографической карты) до ее пересечения с водораздельной линией вершинной поверхности.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Разница отметок высоты водораздельной линии в этой точке и уреза воды принимается за глубину вреза реки в данной точке. Затем точки равных значений глубин вреза соединяются изолиниями.

Анализ расчлененности рельефа. Морфометрические приемы, связанные с количественным изучением расчлененности земной поверхности, ориентированы на выявление структурных форм по их динамическим свойствам, косвенным показателем которых может служить характер и интенсивность расчленения рельефа. Показателями расчлененности земной поверхности являются вертикальное, горизонтальное и общее (вертикальное и горизонтальное вместе) расчленение.

Анализ густоты горизонтального расчленения. Наиболее простой способ выявления горизонтальной расчлененности рельефа заключается в построении карты, на которой показателями интенсивности расчленения служит длина эрозионной сети на единицу площади P - L/P. Показатели интенсивности расчленения подписываются на карте внутри квадратов (элементарных ячеек), по которым ведется подсчет длины эрозионной сети, а затем, в соответствии с выбранной шкалой, квадраты закрашиваются или заштриховываются. Густота эрозионной расчлененности может также определяться по расстояниям между линиями водоразделов и днищами (тальвегами) эрозионных форм. На основании этих карт составляют карта густоты и аномалий густоты долинно-балочной сети.

Карты глубин расчленения. Существует много способов составления карт вертикального расчленения рельефа. Один из них заключается в том, что на топографической основе проводят границы элементарных бассейнов (элементарных ячеек), а затем в каждой из них определяют амплитуду между самой высокой и самой низкой точками. По полученным данным проводятся изолинии вертикальной расчлененности. Затем, полученные данные разлагают на фоновую и локальную составляющие и анализируют полученные карты с уже разбиравшихся структурно-геоморфологических позиций.

Чтобы получить карту структурного фона её следует осреднить. Для этого центр круговой палетки с радиусом в 2 - 3 раза превосходящим размер предполагаемой аномалии последовательно совмещается с каждым центром элементарной ячейки. По периметру палетки суммируются все численные значения изучаемой

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

характеристики, приходящиеся на соседние элементарные ячейки. Вычисляется их среднеарифметическое и приписывается центральной точке. Палетку перемещают на некоторое расстояние (обычно на величину радиуса круга) и повторяют эту процедуру по всей карте по её длине и ширине. По полученным новым данным строят новую, осредненную карту в изолиниях. Если эту карту вычесть из карты изучаемого параметра, получится карта локальных аномалий. В настоящее время эта процедура проводится с помощью специальных компьютерных программ.

Общая структурная расчлененность поверхности отражает структурно-тектоническую составляющую рельефа полнее, чем отдельно вертикальная или горизонтальная расчлененность. Существует несколько методов изучения общей расчлененности рельефа. Один из них - построение карт интенсивности эрозионного расчленения. Для этого производят расчет коэффициента интенсивности эрозионного расчленения по формуле

$$Q = \frac{\Delta HL}{P^2}$$

где Q - отношение суммарной длины водотоков речной сети (которую подсчитывают без учета извилистости русел) к единице площади L/P отражает горизонтальное расчленение, а отношение максимальной разности высот к единице площади, ΔH/P - вертикальное. Карту интенсивности эрозионного расчленения можно разложить на фоновую и аномальную составляющие, как это описывалось ранее, и анализировать их по отдельности.

В пределах малорасчлененных равнинных территорий общую расчлененность территории можно оценить по сумме длин горизонталей, так как рисунок горизонталей и их общая протяженность на единицу площади отражают густоту и глубину расчленения. Техника построения таких карт сводится к разбивке площади на элементарные ячейки и подсчету суммарных длин горизонталей по каждой элементарной ячейке. Территории с наибольшим расчленением рельефа, соответствуют активным новейшим поднятиям, к которым, например, в Волго-Уральской нефтеносной области приурочены месторождения нефти.

Контрольные вопросы к 18.3.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.3.3. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕКТОНИКИ.

В структурно-геологических исследованиях для изучения современной тектоники чаще всего применяется геодезический метод. В настоящее время также применяется радарная интерферометрия.

Геодезический метод как самостоятельное научное направление интенсивно разрабатывается с 50-х годов XX века. В основе его лежит сравнение геодезических измерений, повторяемых с промежутками в несколько месяцев, лет, или десятков лет. Первоначально это были нивелирные измерения, которые применялись преимущественно для изучения взаимных вертикальных перемещений земной поверхности. Начиная с середины 60-х годов прошлого века, в арсенал геодезического метода включаются радиоинтерферометры и лазерные дальномерные системы, которые сначала использовались для изучения взаимных горизонтальных перемещений блоков земной коры.

Величины современных вертикальных движений земной поверхности определяются путем сравнений превышений между пунктами наблюдений, полученных в различные циклы (эпохи) наблюдений. Если по результатам двух или более эпох нивелирования относительное высотное положение соседних реперов вдоль линии не изменилось (или изменилось в интервале ошибок измерений), то относительное вертикальное смещение земной поверхности между этими пунктами отсутствует. Если же в период между двумя или более эпохами нивелирования выявляются значимые различия в измеренных превышениях между смежными пунктами, то это свидетельствует о взаимном смещении смежных пунктов нивелирования. Линии повторного нивелирования сводят в систему замкнутых полигонов.

Многократно повторенное нивелирование позволило установить сложный временной спектр современных вертикальных движений земной поверхности. Наиболее существенными в нем являются две основные компоненты движений – направленный долгопериодический тренд движений, когда соответствующие скорости характеризуются относительным постоянством за длительные интервалы времени (годы и десятилетия), и короткопериодическая компонента движений, характеризующаяся существенной изменчивостью величины скорости движений за короткие промежутки времени.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Многократные наблюдения вдоль одного и того же профиля удобно представлять в виде специальных пространственно-временных графиков. Для их построения по горизонтальной оси графиков отмечают расстояния от исходного пункта, а по вертикальной - интервал времени от начальной эпохи. Величина скорости подписывается в точке пересечения перпендикуляров, проходящих через соответствующий пункт (на горизонтальной оси) и среднюю эпоху для данного интервала времени (на вертикальной оси). На основании нанесенных значений поля скоростей современных вертикальных движений проводят изолинии равных величин скоростей.

Изучение скоростей современных тектонических движений производится либо на больших территориях, в результате чего составляются карты современных вертикальных движений для стран мира, либо проводятся детальные исследования на геодинамических полигонах.

Региональные исследования установили блоковое распределение современных вертикальных движений в земной коре и их тесную связь с разломами. Средние скорости современных движений для платформ - 10 мм/год для горизонтальной составляющей и 6 - 8 мм/год для вертикальной составляющей движений.

Детальные исследования на геодинамических полигонах проводятся с целью изучения характера деформирования земной коры в связи с землетрясениями, а также для изучения современной геодинамики осадочных нефтеносных бассейнов для разработки геодинамических основ прогнозирования нефтегазоносности недр. Результаты повторного нивелирования на геодинамических полигонах с интервалами наблюдения в месяцы и годы уверенно выявили скорости движений в десять раз большие региональных, которые имеют знакопеременный короткопериодический характер (рис. 18.40).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

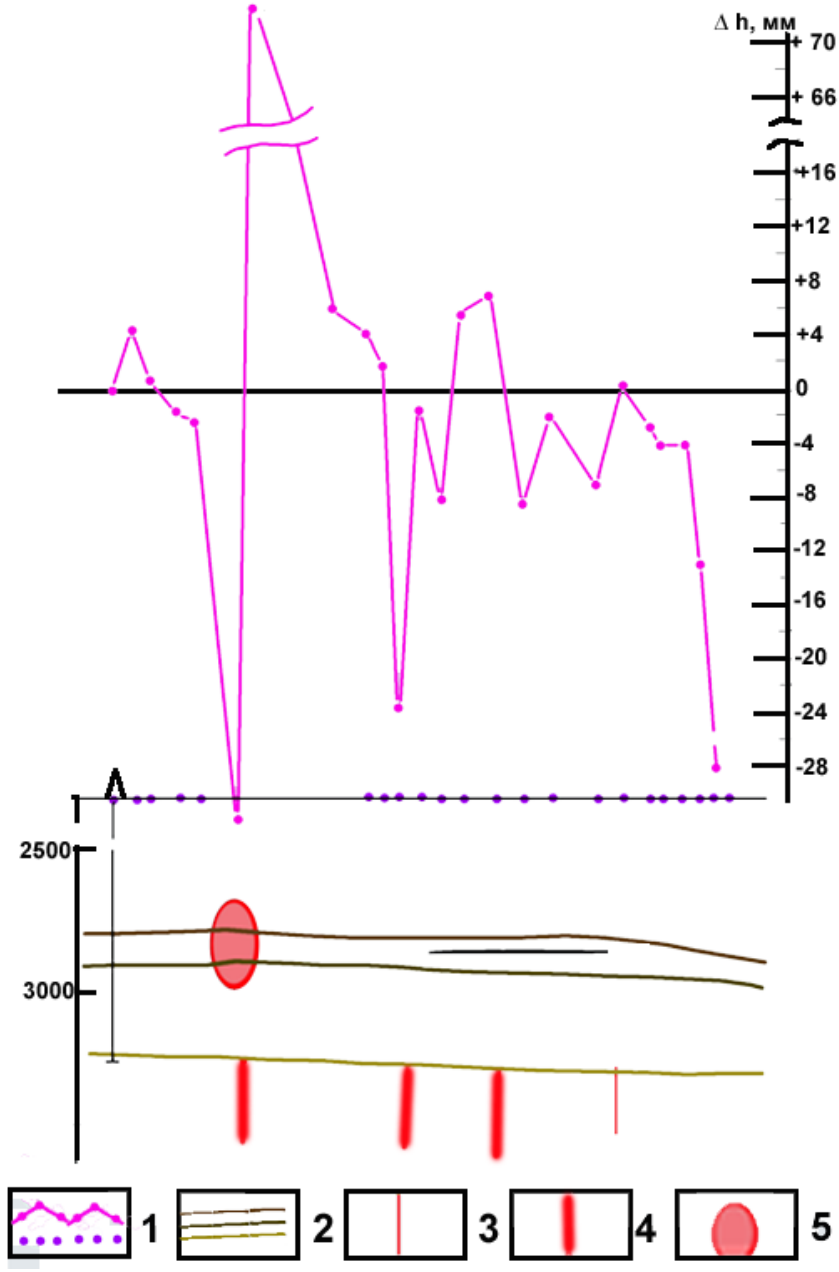


Рис. 18.40. Кривая повторного нивелирования на Удугском геодинамическом полигоне. 1 - кривая современных вертикальных движений земной поверхности и пункты повторного нивелирования, 2 - основные отражающие горизонты по сейсмическим данным и нефтяная залежь пласта $ЮС^{1}_{1}$, 3 - разрывные нарушения по сейсмическим данным, 4 - разломы в фундаменте и осадочном чехле по геодинамическим данным, 5 - расчетные зоны максимальных напряжений.

Контрольные вопросы к 18.3.3.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.4. АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ

18.4.1. Общие вопросы применения аэрокосмических методов

Аэрокосмические (дистанционные) методы - обширная группа, которая включает в себя неконтактные методы изучения природы, в том числе и её геологического строения с различных носителей из космоса и с воздуха.

В настоящее время дистанционные методы используются при геолого-съемочных работах всех масштабов, как тематических, так и региональных, а также при поисках полезных ископаемых и решения многочисленных служебных задач геологии. К ним относятся задачи от проектирования объектов до анализа отдаленных последствий эксплуатации геологических объектов.

Дистанционные методы позволяют увидеть геологические объекты и явления в их единстве и взаимосвязях с другими природными объектами, на объективной основе обобщать разрозненные сведения о геологическом строении обширных территорий (рис. 18.41).

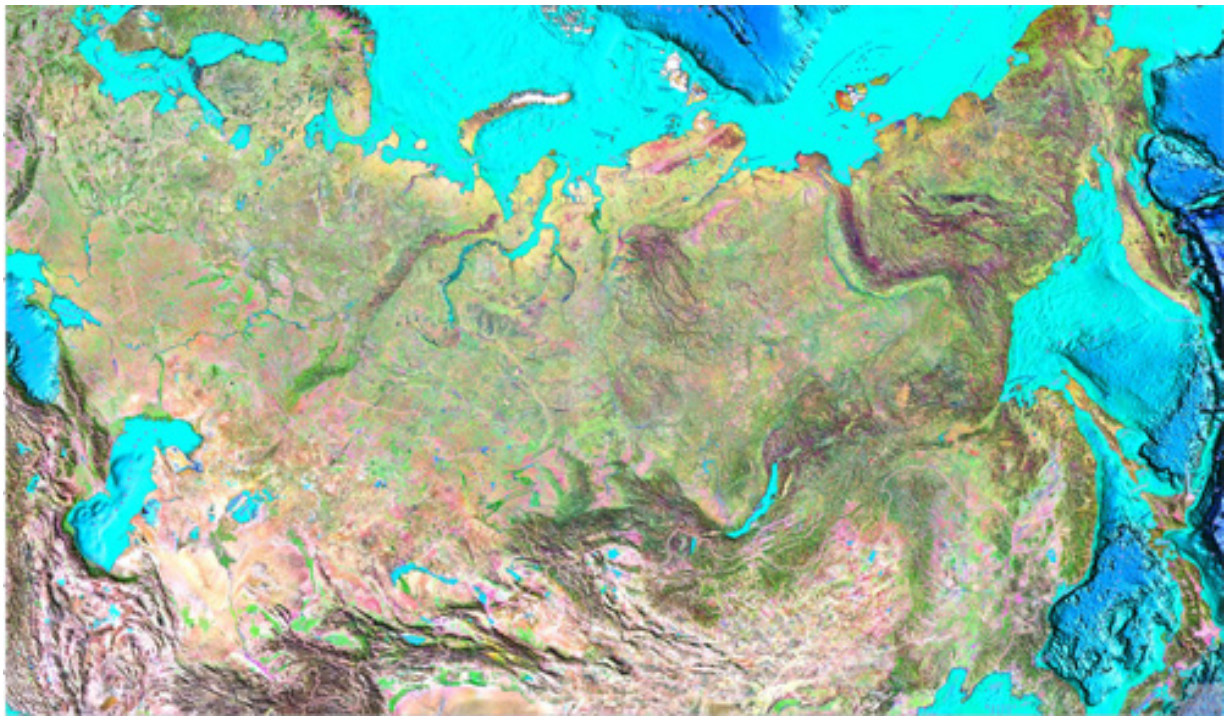


Рис. 18.41. Космический образ России и сопредельных территорий Карта создана с использованием многоспектральных космических снимков Landsat 7 ETM+ ФГУП «ВСЕГЕИ»

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Применение дистанционных методов в геологии обусловлено тем, что ландшафт в той, или иной мере определяется геологическим строением местности, и, следовательно, в его изображении запечатлена и геологическая информация.

Дистанционные методы, будучи косвенными, не заменяют и не отменяют наземных исследований, а лишь дополняют их. Информация, установленная с помощью аэрокосмических работ, непременно должна сопоставляться с информацией, получаемой контактными, наземными методами.

Современный ландшафт, изображение которого анализируется геологом - это результат совместного действия эндогенных и экзогенных сил. Формы проявления этих сил зависят от вещественного состава, геологической истории, интенсивности и направленности современных тектонических движений, климата и множества других факторов, в том числе и антропогенных.

При работе с аэрокосмическими (дистанционными изображениями) необходимо учитывать следующие их свойства:

Разрешающая способность (детальность) - это минимальная величина предмета наземной поверхности, который различим на снимке.

Спектральный диапазон эта та зона электромагнитного спектра, в котором была произведена съемка. В настоящее время используются спектральные диапазоны от ультрафиолетовых до сантиметровых.

Обзорность - это площадь той местности, которая видна на одном снимке. Именно благодаря обзорности материалов дистанционных съемок геологические объекты видны в их естественных границах и соотношениях.

Генерализация материалов аэрокосмических съемок. На небольших фрагментах особенности ландшафта часто незаметны. Однако тем сильнее проступают те особенности фотоизображения, которые обусловлены общими для больших территорий причинами; например, большая увлажненность и, как следствие, более густая растительность вызывают более темный фон изображения в областях тектонических погружений, линейная направленность гидросети разных порядков и других компонентов ландшафта свидетельствует

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

о глубинных разломах и т.д. Это явление называется *интеграцией*.

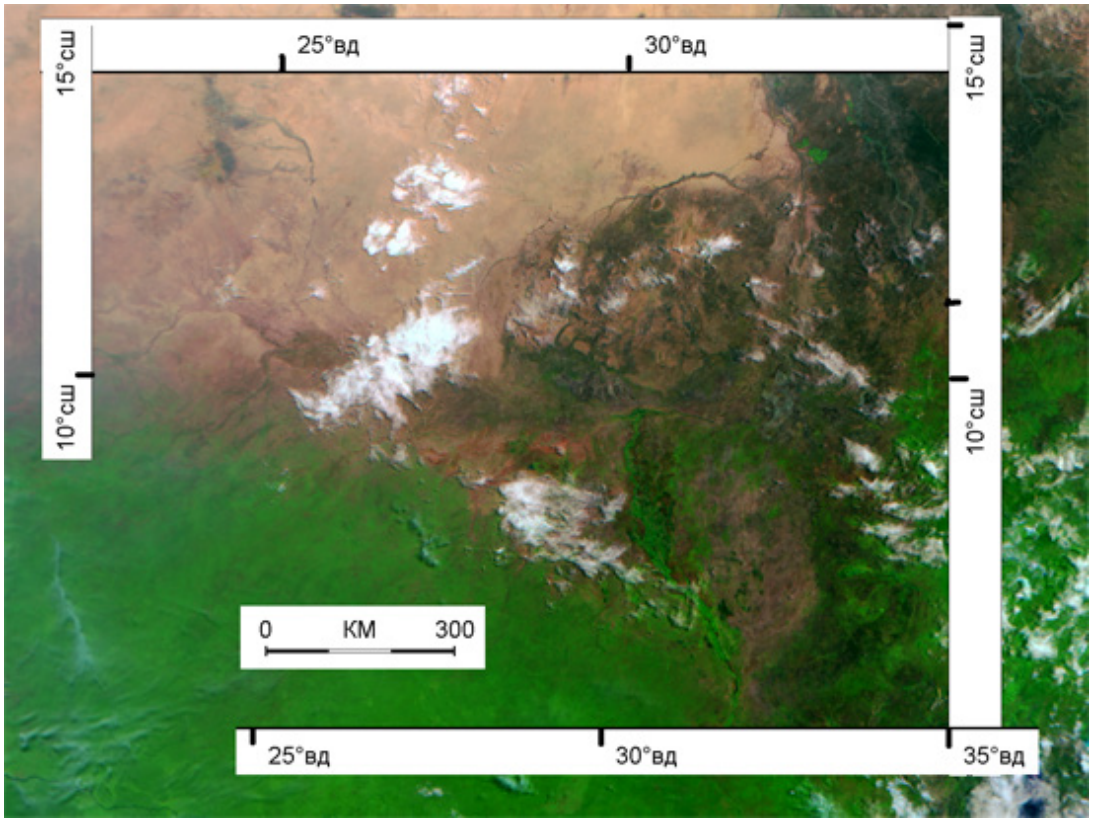
С интеграцией связано явление «просвечивания» или «рентгеноскопический эффект», наблюдающийся иногда на космоснимках платформенных областей: на фотоизображении дешифрируются дислокации фундамента, не отраженные в видимых чертах в платформенном чехле. Считается, что небольшое изменение теплового потока, влажности и других физических параметров над дислокациями фундамента, не фиксирующееся другими методами, приводит к, небольшим, но систематическим изменениям компонентов ландшафта, которые можно увидеть на снимках в результате интеграции. Благодаря интеграции и генерализации на изображениях различного масштаба видны геологические объекты, процессы и явления различного размера.

Поэтому для наиболее полной интерпретации геологического строения в практике геологического дешифрирования применяются наборы изображений различных масштабов. Разница масштабов изображений, на которой проявляется новая информация зависит от различных причин, в среднем, это 2,5 - 3,5-кратная величина. Наблюдая Землю с разных высот, мы видим объекты разного ранга. Иногда рекомендуют «загрубить» изображение с детальным разрешением и мы получим необходимый эффект генерализации. Это не так.

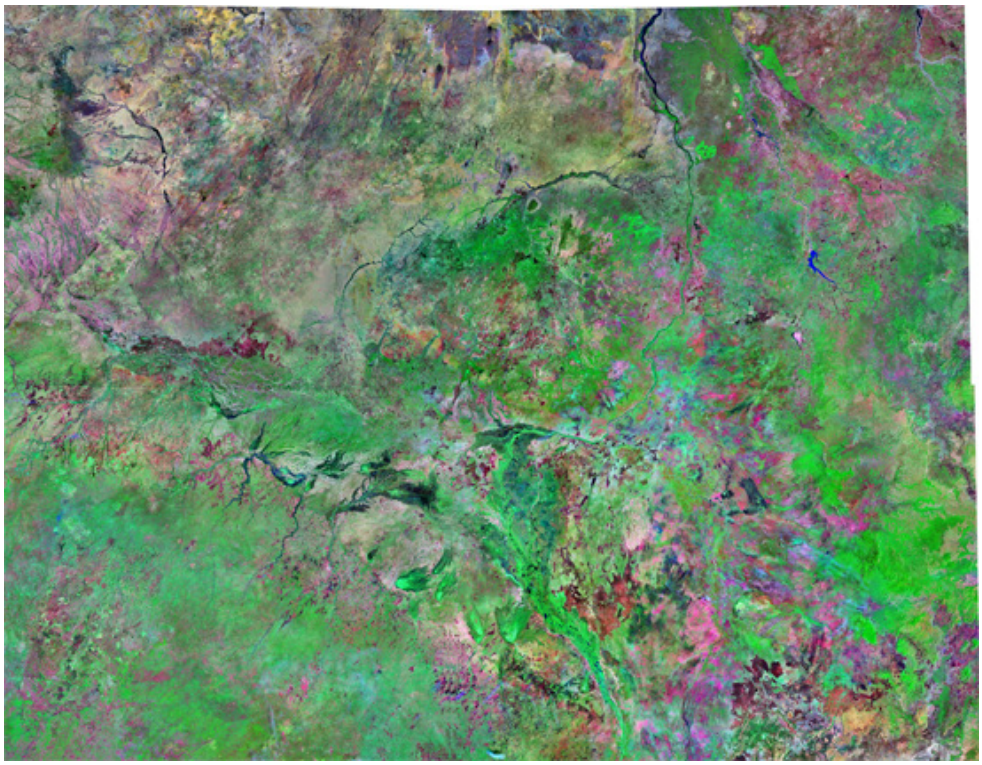
Например, в центральной части Африки, там, где Сахара граничит с джунглями, на обзорном снимке, полученном со спутника «Метеор» виден гигантский треугольник, меридиональная сторона которого проходит вдоль Нила, а две другие отвечают южной границе Сахары и северной границе джунглей. Сама территория в дождливый период представляет собой болота (март-октябрь), а в засушливый – саванну. Это нефтеносный район, расположенный на границе Судана и Южного Судана. На рис. 18.42, а показан снимок, полученный со спутника «Метеор» с разрешением 1 км, а на рис. 18.42, б – приведенная к тому же масштабу мозаика, собранная из снимков Landsat с исходным разрешением 10 м.

Исходные зоны спектра, использованные для синтеза, одни и те же. На рисунке отчетливо видна разница в этих изображениях – на снимке с «Метеора» структура выступает как единое целое, а на изображении с «Landsat», прежде всего, обращают на себя внимание отдельные её детали.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



а



б

Рис. 18.42 Космические изображения центральной части Африки с разным разрешением: а – «Метеор» (разрешение 1 км), б – «Landsat» (исходное разрешение 10 м).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При изучении структурных форм применение аэро- и космических снимков соответствующего масштаба позволяет:

1. На единой основе сопоставлять и обобщать данные предшествующих исследований, различных геологических, буровых, геофизических, геохимических методов.

2. Рационально планировать проведение наземных работ, в том числе геофизических и дорогостоящих буровых работ.

3. Трассировать геологические границы, выделять области с различными неотектоническими режимами.

4. Космические снимки помогают выделять складчатые дислокации, разрывные нарушения, рифтовые зоны, кольцевые структуры различного генезиса и размеров, направления планетарной и региональной трещиноватости. Через маломощный осадочный покров могут «просвечивать» дислокации лежащих ниже геологических образований, и многое другое.

Применение дистанционных методов, с одной стороны, позволяет получать информацию о геологическом строении, часто недоступную другим методам, а с другой стороны — повышает эффективность традиционных геологических и других методов.

Для того, чтобы по снимкам построить профессиональную модель местности, их необходимо отдешифрировать.

Геологическим дешифрированием аэрокосмоснимков называется извлечение из них информации о геологическом строении территории, то есть опознание геологических объектов и расшифровка геологического строения изображенной на снимке территории.

Геологическую информацию извлекают благодаря изучению изображения ландшафта, отражающего на снимках изменения фототона и цвета, фоторисунка, гидросети и рельефа. При изучении стереопар аэроснимков, рельеф является важным дешифровочным признаком, так как микро- и макроформы рельефа обычно зависят от литологического состава пород, их способности сопротивляться выветриванию. На мелкомасштабных и сверхмелкомасштабных космических снимках особенности изображения рельефа зависят в значительно большей степени от характера и интенсивности неотектонических движений. Из-за того, что обычный, средний размер геологических объектов, показываемых на геологических картах (складок,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

разрывов, интрузивных тел) превышает поле обзора аэроснимков, эти геологические тела не воспринимаются при дешифрировании как единое целое. На космических снимках с большим полем зрения проще узнавать геологические объекты по их форме и взаимному расположению.

Ландшафт, изображение которого изучают, всегда в той или иной мере отражает геологическое строение и историю геологического развития местности. При дешифрировании мы или можем узнать (опознать) искомые объекты по их облику точно так же, как мы узнаем знакомого человека в толпе. Можно также выявить геологические объекты по дешифровочным признакам – как распознают людей по приметам. Дешифровочные признаки геологических объектов — это особенности фотоизображения, отражающие геологическое строение – приметы геологических объектов. Они описываются следующими характеристиками изображения:

Фототон — степень потемнения снимка и цвет. Фототон может меняться от белого через все оттенки серого до черного. На черно-белых снимках видны пятна и полосы различного фототона, которые формируют фотоизображение. Фототон каждой конкретной местности зависит от ее цвета (точнее отражательной способности), шероховатости, степени увлажненности, почв, растительности снимаемой территории, а также от условий съемки последующей обработки изображений. Фототон и цвет – чрезвычайно изменчивые характеристики и их используют главным образом для описания конкретного изображения (рис. 18.43).

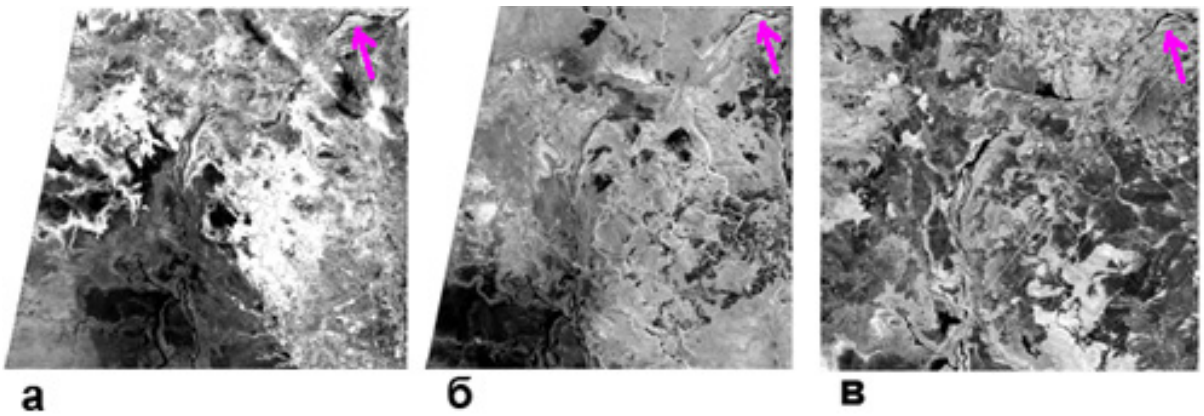


Рис. 18.43. Различный фототон одной и той же территории, снятой в различное время года (Южный Судан, фрагмент снимка Landsat-7, ближняя инфракрасная зона спектра): а – март, б – ноябрь, в - декабрь. Стрелка показывает один и тот же элемент гидросети для ориентирования.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Фрагменты фототона располагаются друг относительно друга по-разному, образуя фоторисунок.

Фоторисунок — это взаимное расположение одинаковых участков фототона, формирующий структуру изображения. При описании фоторисунка обычно употребляют прилагательные: однородный, зернистый, полосчатый, струйчатый, пятнистый и т. д. Характерные типы фоторисунков и их названия приведены на рис. 18.44.

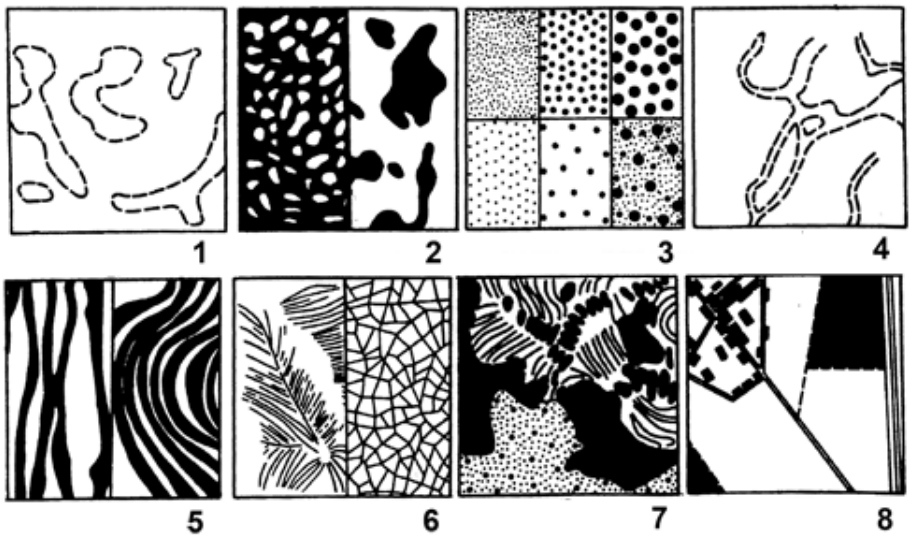


Рис. 18.44. Типы фоторисунков: 1 - пятнистый, расплывчатый, 2 - пятнистый, крнтпастный, 3 - точечный, 4 - полосчатый, расплывчатый, 5 - полосчатый, контрастный, 6 - линейный (дендритовый, решетчатый), 7 - мозаичный комплексный, 8 - антропогенный (техногенный)

Гидросеть является важнейшим индикатором геологического строения. Она легко опознается на снимках. Ее рисунок часто зависит от геологического строения (рис.18.45).

Параллельный тип гидросети (рис.18.45, а), при котором реки на значительном расстоянии текут приблизительно параллельно друг другу, часто приурочен к выдержанным по простиранию крутопадающим горизонтам слабо устойчивых к выветриванию пород. Водораздельные пространства обычно сложены в таких случаях устойчивыми к выветриванию породами.

Дендритовидный тип (рис. 18.45, б) гидросети развивается обычно в тех случаях, когда на поверхность выходят породы, близкие по прочности, и не имеется отчетливо выраженных ослабленных направлений. Это могут быть области распространения массивных

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

кристаллических глубоко метаморфизованных пород или одного пологозалегающего прочного слоя.

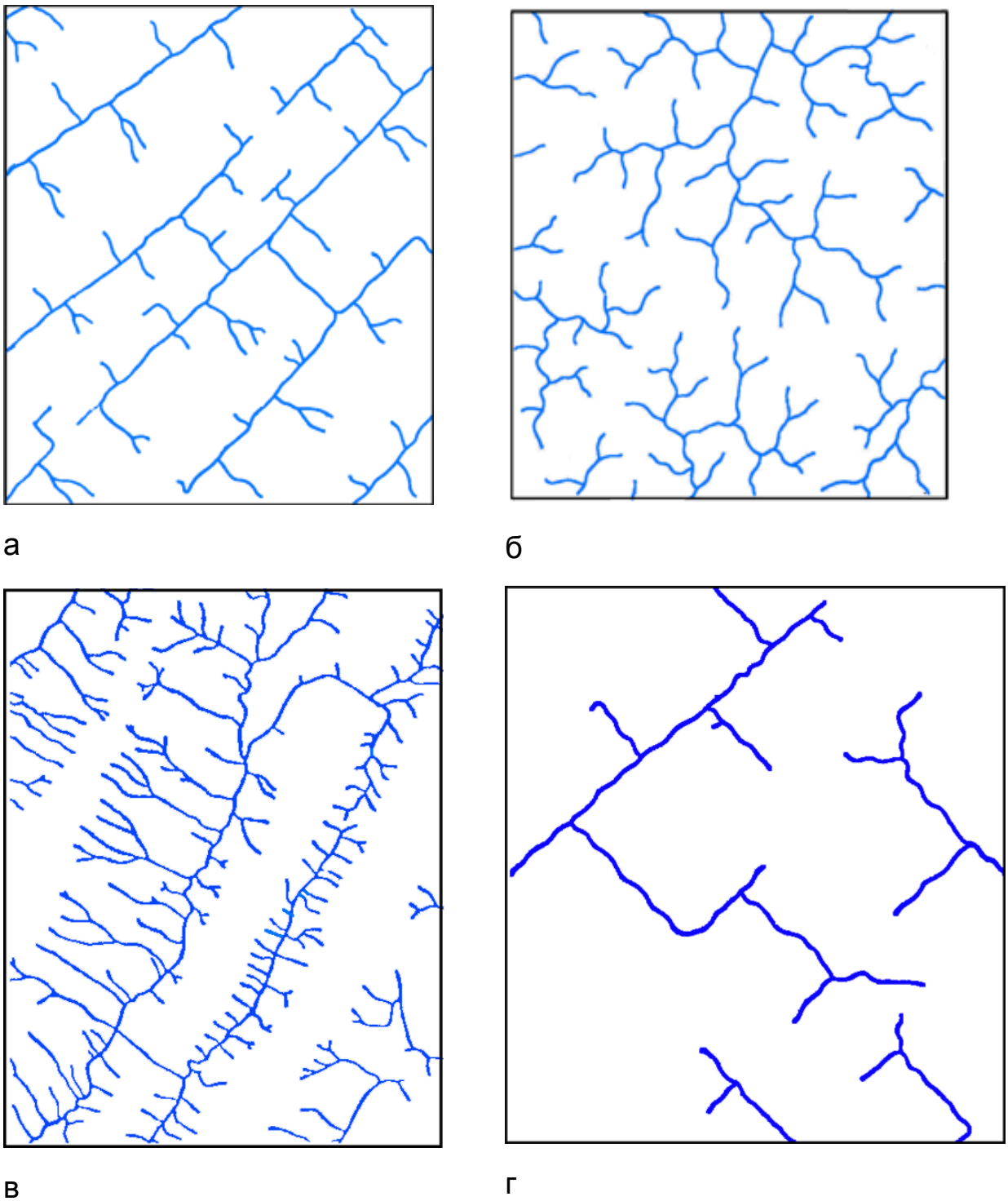


Рис. 18.45 Характерные рисунки гидросети (по В. и К. Миллерам и материалам фототеки ФГУП «Аэрогеология»): а – параллельный, б – дендритовидный, в – шпалерный, в – решетчатый

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Шпалерный тип (рис. 18.45, в) гидросети характеризуется наличием согласно направленных водотоков различной протяженности, принимающих с обеих сторон многочисленные, но небольшие притоки. Он часто развивается в моноклинально залегающих слоях с разной твердостью. Основные русла соответствуют выходам более мягких частей разреза и расположены по простиранию. Боковые притоки, перпендикулярные основным, располагаются в направлении падения слоев, (большая часть притоков) или восстания (меньшая часть притоков). При самых крутых залеганиях толщи, сложенной породами разной твердости, может развиться гидросеть асимметрично-шпалерного типа. В отличие от предыдущего случая, при крутом падении слоев основные русла развиваются по направлению падения.

Решетчатый, или прямоугольный тип гидросети (рис.18.45 г) отличается единым направлением главных водотоков и впадением боковых водотоков под углами, близкими к прямым. Решетчатый рисунок в большинстве случаев отмечается в зонах распространения параллельных складок, в строении которых принимают участие породы различной устойчивости так же, как и при параллельном рисунке.

Кольцевой (концентрический) и радиально-концентрический типы гидросети свидетельствуют о наличии устойчивых к денудации изометрических выходов пород, часто интрузий или о присутствии на данной территории пликативной дислокации. Над новейшими тектоническими поднятиями, часто имеющими унаследованное строение, как правило, образуются участки с центробежным (реки текут от общего центра к периферии), центростремительным (реки текут от периферии к центру) или с округлым радиально-концентрическим рисунком речной сети (рис. 6.58).

Рисунок речной сети часто отражает и проявления дизъюнктивных дислокаций. На них указывают спрямленные участки русел рек, особенно в тех случаях, когда эти спрямленные участки, выстраивающиеся вдоль одной прямой линией, принадлежат различным рекам или даже рекам различных систем. Некоторые примеры речной сети, позволяющие выделять разрывные нарушения, приведены на рис. 18.37.

В отдельных случаях плановый рисунок гидросети на среднемасштабных аэрофотоснимках позволяет отдешифрировать и замыкания пликативных дислокаций (рис. 18.46).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Анализируя фототон, фоторисунок и рельеф, опознавая в деталях фотоизображения элементы ландшафта, делают выводы о геологическом строении изображенных на снимках территорий. При этом в зависимости от того, насколько изучаемая территория закрыта современными наносами, растительностью, антропогенными изменениями, выделяют открытые, полуоткрытые и закрытые территории, эффективность применения аэрокосмических методов на которых различна.



Рис. 18.46 . Выраженное в рисунке гидросети и рельефе замыкание складки
1 – гидросеть, 2 – местные водоразделы. Аэрофотоснимок из фототеки «Аэрогеология»

Одно из наиболее употребительных понятий в геологическом дешифрировании - это понятие **фотоаномалии** - аномалии изображения. Именно на понятии фотоаномалии и построено в большой степени геологическое дешифрирование, если дешифрируемый фотообъект не распознается непосредственно. *Фотоаномалией* называется участок фотоизображения, отличный от окружения по каким-либо признакам. Фотоаномалии неправильной формы иногда называют «выделы». Среди фотоаномалий наибольший интерес представляют линеаменты и кольцевые структуры.

Линеаменты. Когда геологи начали изучать аэрофотоснимки, особенно в закрытых районах, они обнаружили, что земная поверхность пересечена сетью различным образом ориентированных пря-

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

мых линий. Чаще всего используется термин ***линеамент**, по аналогии с термином, введенным В.Хоббсом. *Линеамент,* применительно к геологическому дешифрированию снимков — это сравнительно прямолинейная фотоаномалия естественной природы. Иногда это узкие полосы отличного от окружающего фототона, прямолинейные границы участков разного фототона, линейные уступы в рельефе, прямолинейные участки речной сети, линейно расположенные болота и озера (рис.18.47).

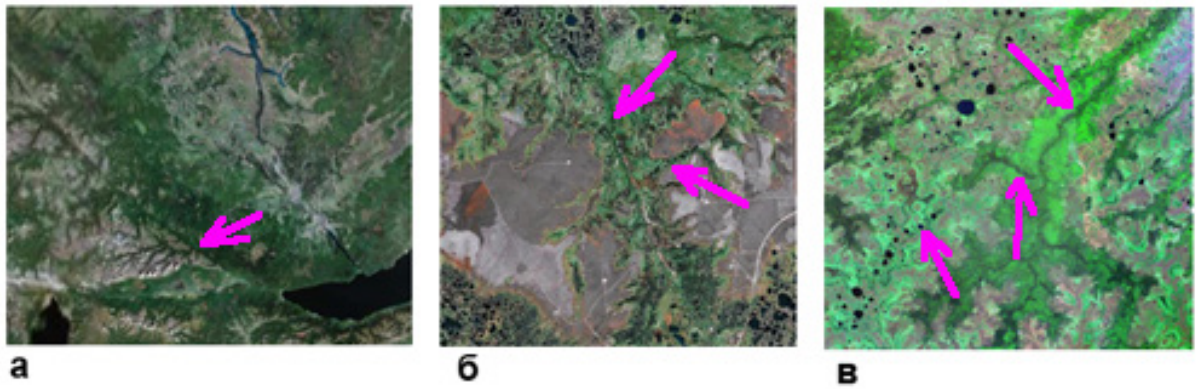


Рис. 18.47. Выраженность линеаментов на космических снимках (показано стрелками) а – Прямолинейная граница гор (Саянский разлом); б – прямолинейные притоки р. Пур в верхнем течении (Западная Сибирь); в - смена прямолинейного русла на цепочку озер (юг Западной Сибири).

Линеаменты обнаруживаются на снимках любого масштаба. Размеры их бывают самыми различными - от огромных трансконтинентальных систем, дешифрирующихся на снимках, сделанных с автоматических межпланетных станций, до кливажа и трещин, которые видны на крупномасштабных аэрофотоснимках. Линейные элементы ландшафта антропогенного происхождения (дороги, края полей и другие) обычно легко опознаются и за фотолинеаменты не принимаются.

Для подавляющего большинства линеаментов устанавливается дизъюнктивная (разломная) природа. Очень часто фотолинеаменты совпадают с прямолинейными аномалиями гравитационного и магнитного полей, с цепочками вулканов или интрузивных тел. Пересечение крупных линеаментов часто фиксирует «рудные узлы» — места скопления месторождений полезных ископаемых, в том числе нефти и газа (рис.18.48).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

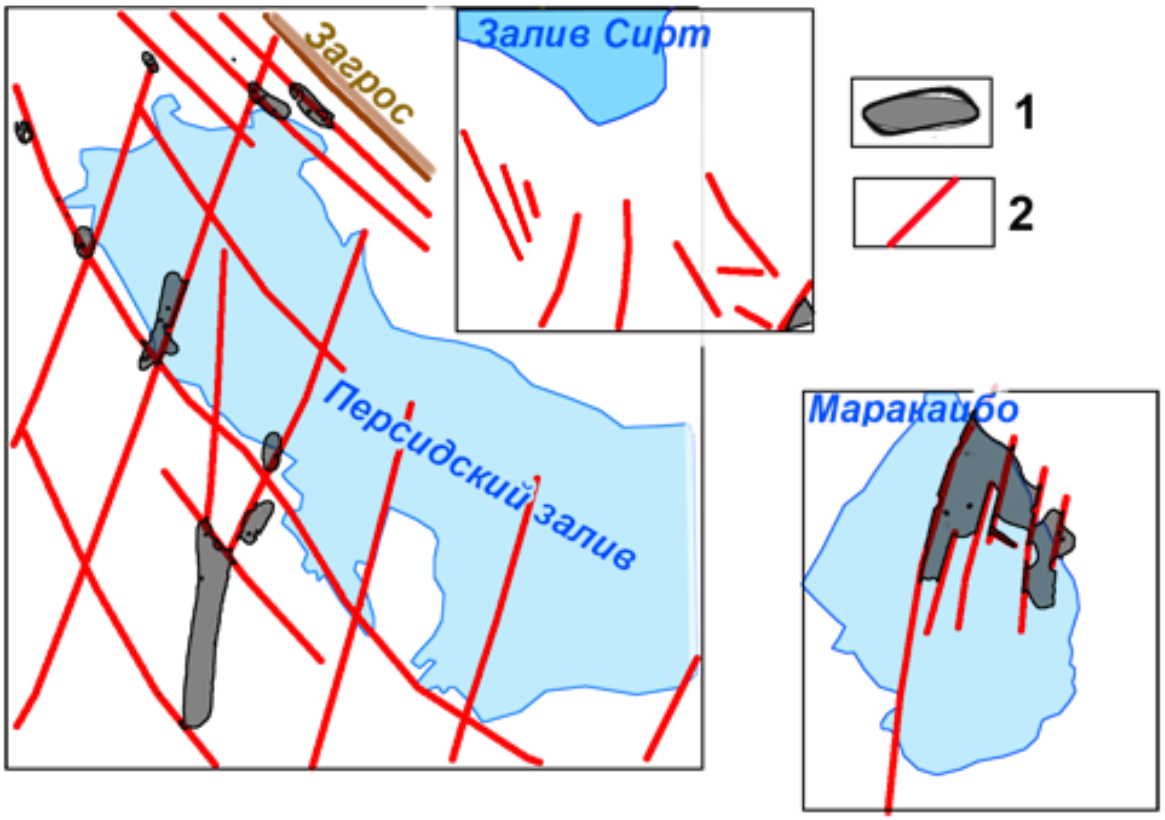


Рис. 18.48. Связь разломов и месторождений углеводородов: а - восточный склон Аравийской плиты, б – Сиртская впадина, в - Маракаибская впадина (по В.П. Гаврилову с упрощениями)

Иногда не удается установить геологическую природу линеаментов. Возможно, это связано с тем, что многие из линеаментов отражают зоны разрывных нарушений раздвигового типа. Действительно, именно разломы с раздвиговой компонентой оказываются путями циркуляции грунтовых вод и, следовательно, зонами повышенной влажности и маркируются более интенсивной растительностью. По таким зонам образуют свои долины реки. Одновременно именно раздвиговые зоны, зоны трещиноватости — наиболее трудный объект для геологического картирования, так как вследствие пониженной прочности эти зоны образуют отрицательные формы рельефа, перекрытые современными осадками. Геофизическими методами такие зоны разломов, как правило, тоже диагностируются с трудом. Порой линеаменты подчеркиваются линейными границами облачного покрова. Это могут быть прямолинейные границы облачности, либо прямолинейные цепочки облаков, либо прямолинейные «щели» в облаках. Их наличие объясняют изменением величины теплового потока над зонами разломов, что приводит к аномальным

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

температурам над этими участками, или эмиссии глубинных газов по зонам разломов, в результате чего над разломами формируется линейная облачность.

Кольцевые структуры. Термин «кольцевая структура» применяется к любым округлым, кольцевым или слегка овальным образованиям в земной коре и ландшафте, к отображению этих образований на геологических, геофизических и географических картах и аэро- и космических снимках. После широкого внедрения космических снимков в практику геологических работ, геологи обнаружили огромное количество кольцевых структур в различных геологических регионах на Земле и других планетах земной группы. Кольцевые образования имеют самое разнообразное происхождение. Это и следы падения метеоритов (астроблемы) (рис. 8.48), кальдеры вулканов и вулканические аппараты (рис.18.49), округлые интрузивные массивы, выходящие на земную поверхность или скрытые под чехлом осадочных пород, конические и цилиндрические дайки, соляные купола, денудационные останцы, ледниковые кары, меандры и старицы рек. Наиболее важными для геологов-нефтяников являются кольцевые структуры, отражающие пликативные дислокации или территории современных тектонических поднятий.



а б

Рис. 18.49. Кольцевые структуры, образованные вулканами: а - Везувий, б – вулканы Камчатки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Геологическая природа части кольцевых структур, особенно гигантского размера, не имеет еще однозначной интерпретации. Предполагается, что они могут быть следами древней, догеосинклинальной истории развития Земли.

Примером такой кольцевой структуры, рассеченной гигантскими линеаментами, является Прикаспийская впадина (рис. 18.50). Иногда её относят к нуклеарам*, иногда – к гигантским древним астроблемам. Так как эта структура выражена и в геофизических полях, и в мощностях и литологическом составе слагающих её пород, и в рельефе и в перестройке речной сети различных порядков [Л.В. Милосердова, 1989], ее можно считать долгоживущей структурой, активной и в настоящее время.

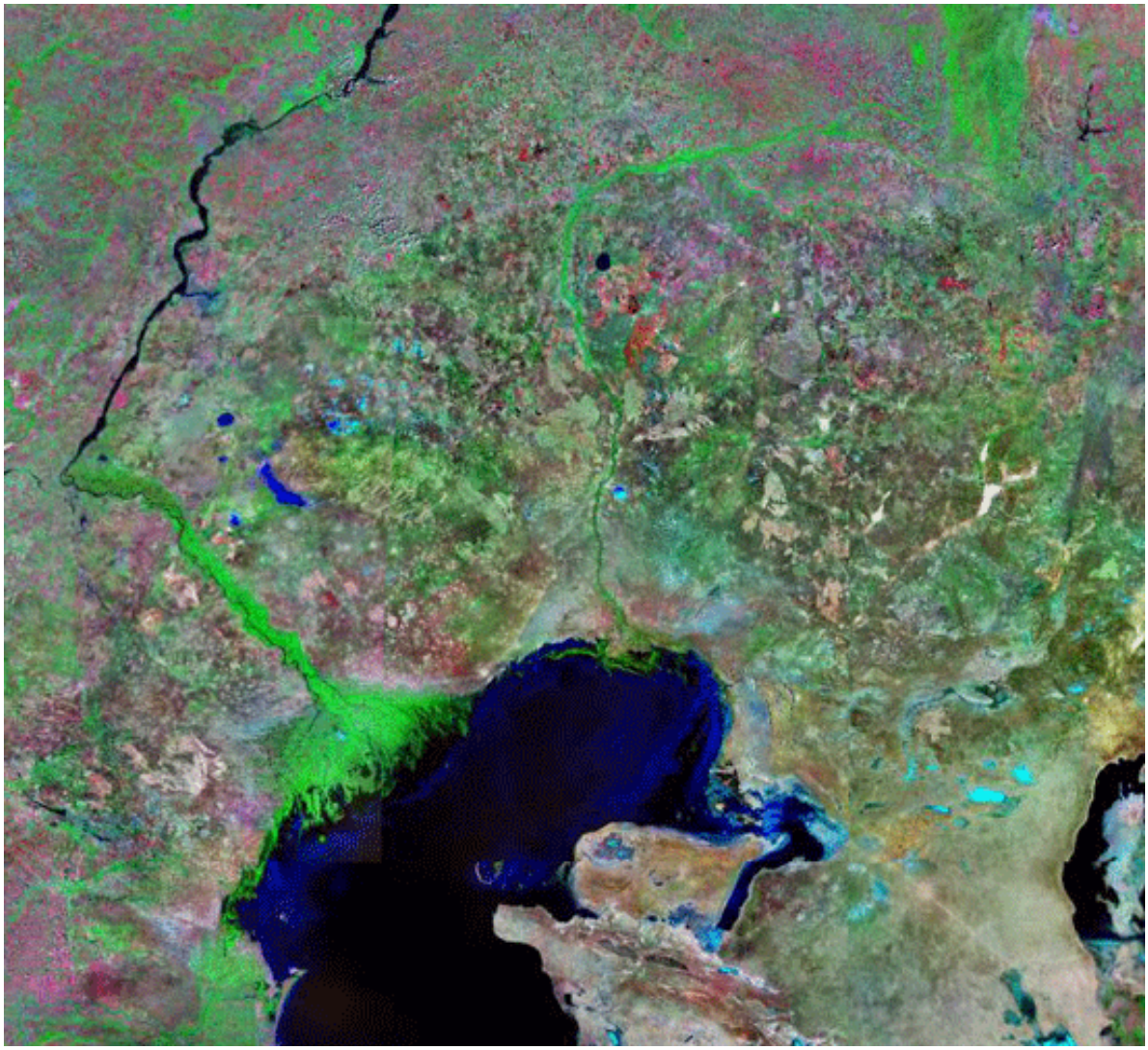


Рис. 18.50. Космическое изображение Прикаспийской впадины. Мозаика составлена из снимков, полученных со спутника Landsat-7.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Поликонцентрическая кольцевая структура образована дуговыми долинами рек, округлыми границами фоторисунка (рис. 18.51).

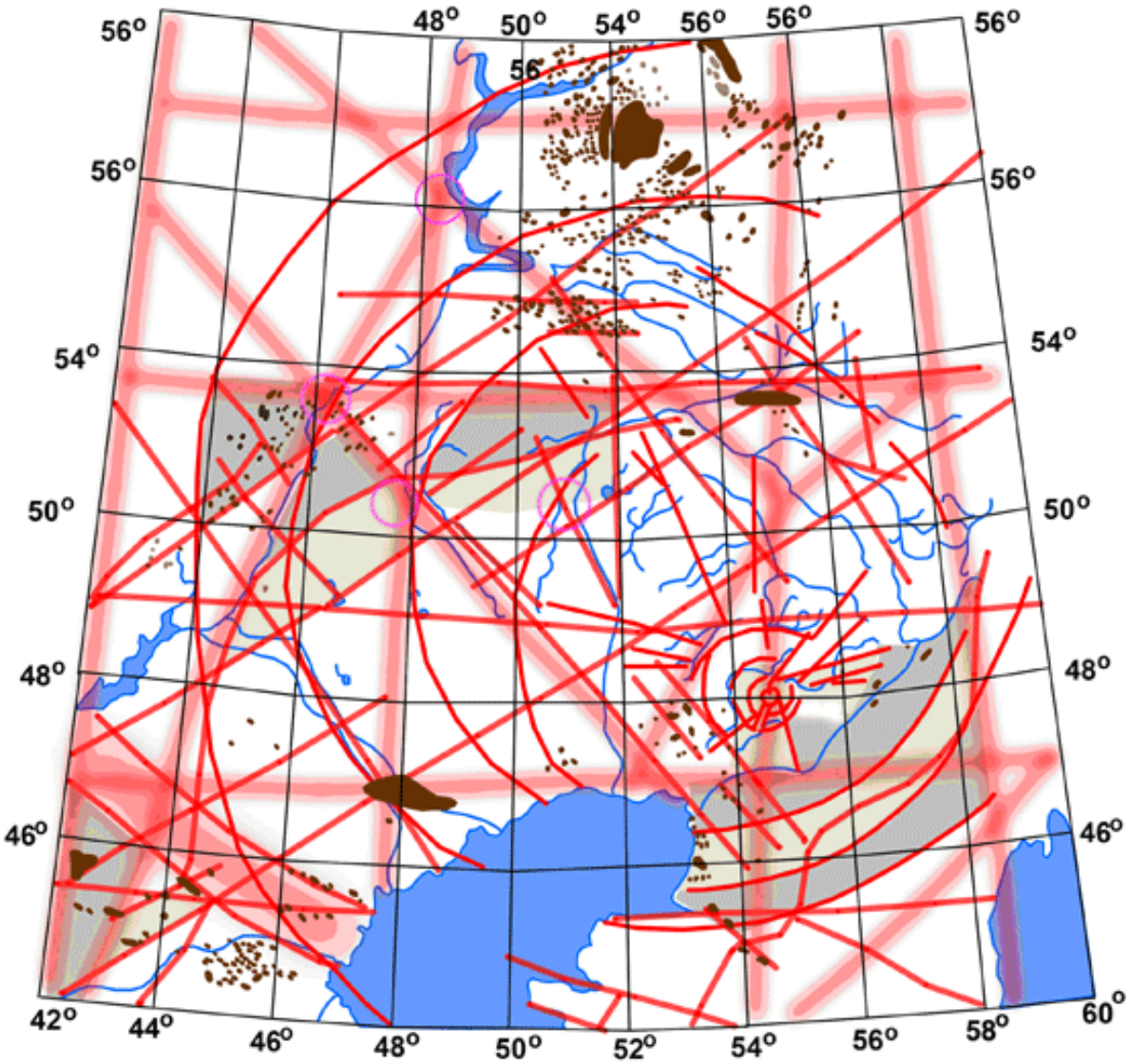


Рис. 18.51. Схема дешифрирования космических снимков Прикаспийской синеклизы и окрестностей

Кольцевые структуры, отражающие брахискладки, часто выделяются именно по такому признаку, причем над брахиантиклиналями рисунок гидросети часто центробежный (от общего центра в разные стороны к периферии), а над брахисинклиналями - наоборот, от периферии к одному центру. Особенно отчетливо этот эффект бывает

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

выражен в случаях, когда пликативные дислокации в древних структурах сопровождаются унаследованными неотектоническими движениями земной коры (рис.18.52).

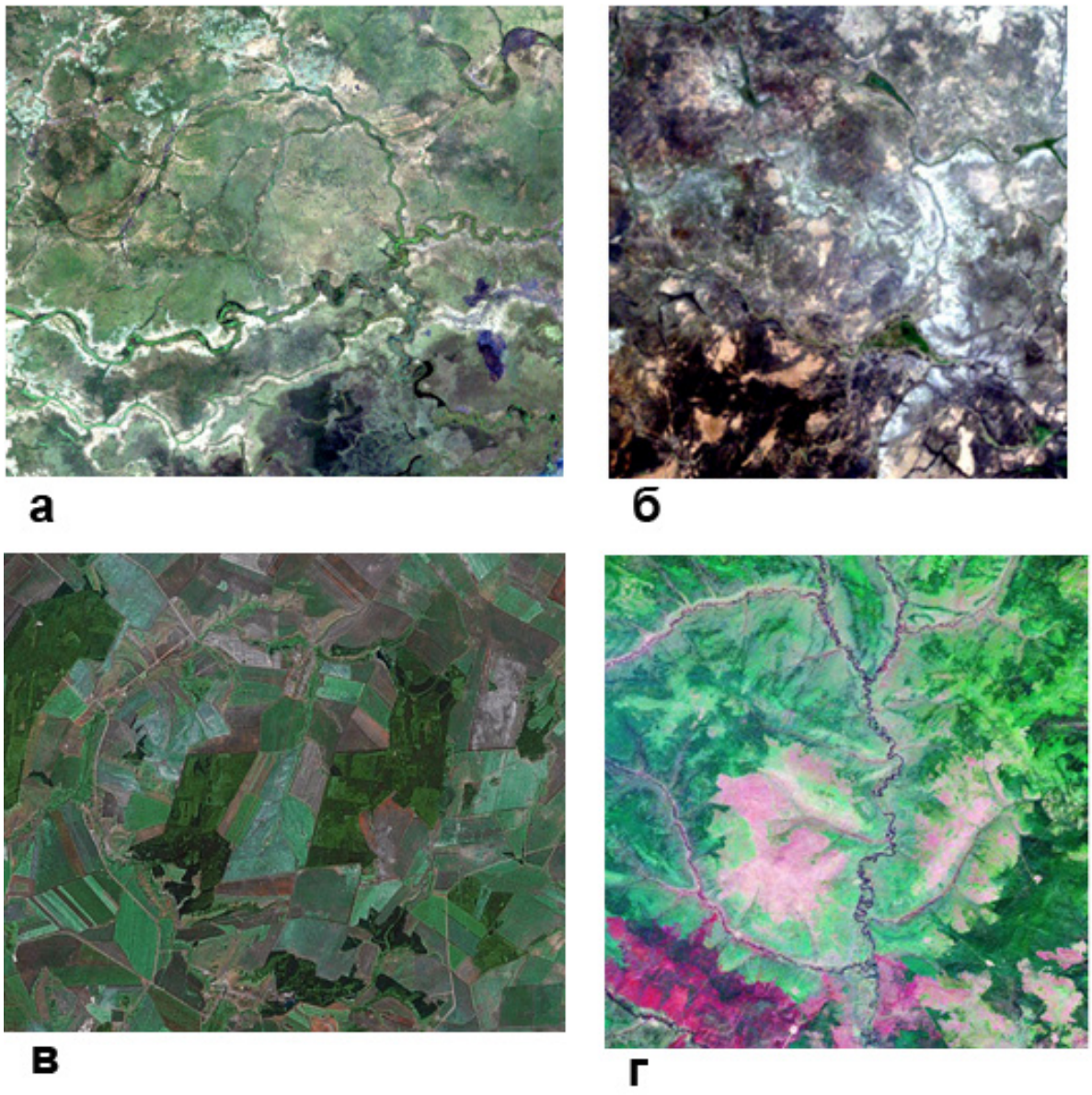
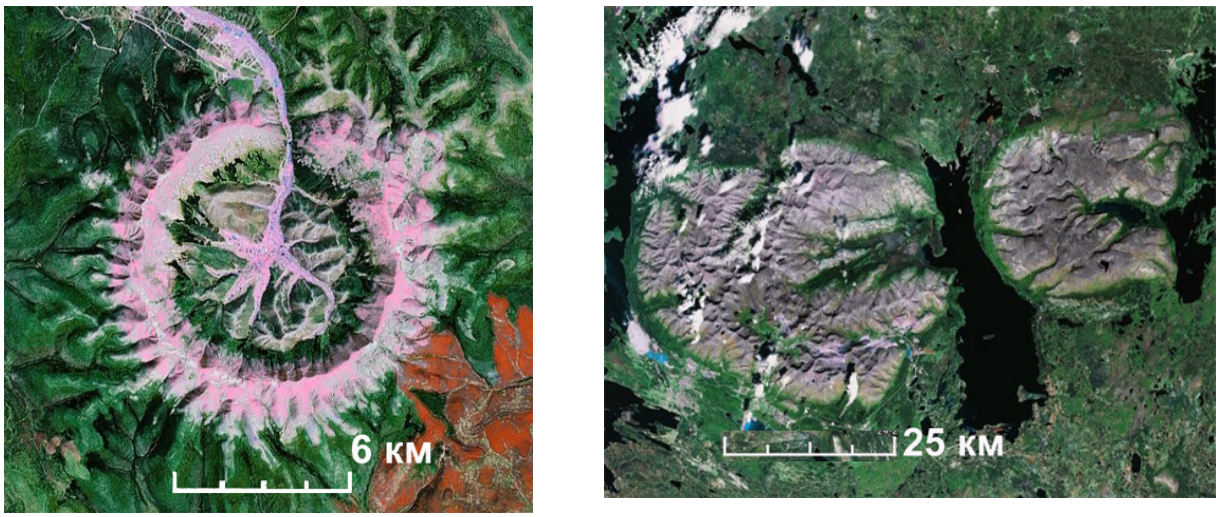


Рис. 18.52. Кольцевые структуры, обусловленные гидросетью а – Южный Судан, б - Южный Судан, месторождение нефти Южная река, в – северный склон Татарского свода, месторождение нефти Бухарское, г - Восточная Сибирь, Юрубченско-Тохомское месторождение

Широко распространены также плутогенные кольцевые структуры. Например, в России в Хабаровском крае известна кольцевая структура Кондер, связанная с массивом карбонатитов (рис. 18.53, а), и Хибинские массивы на Кольском полуострове (рис. 18.53, б).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

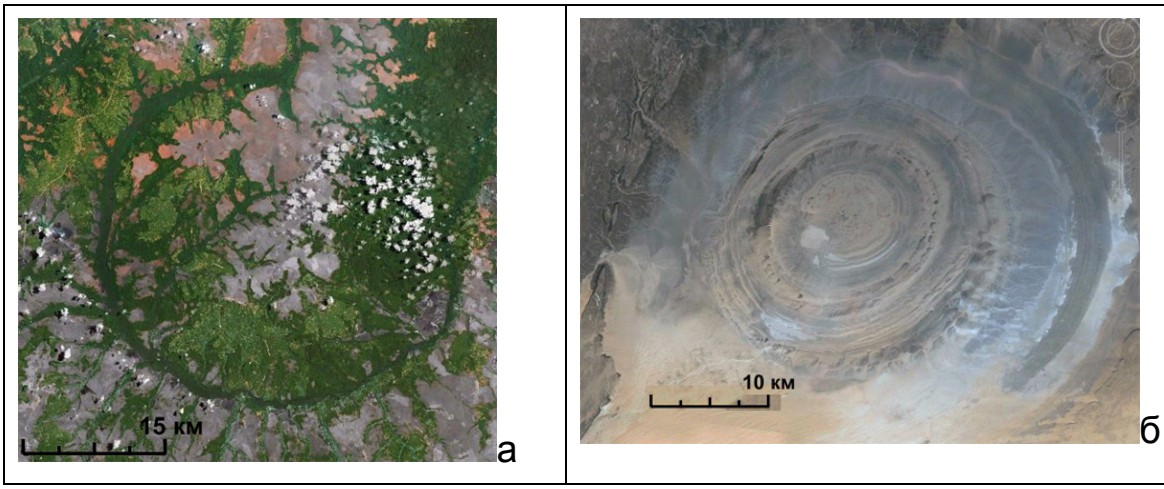
Однако нередко кольцевые структуры не обнаруживают непосредственной связи с известными геологическими структурами.



а б

Рис. 18.53. Плутогенные кольцевые структуры, в – кольцевая структура Кондер, г – кольцевые структуры Хибин

Так в центральной части Африки в точке с координатами 4°ю. ш. и 24°30’ в.д. можно видеть кольцевую структуру, образованную округлым очертанием русла реки (рис.18.54 а), происхождение которой точно не установлено – это может быть и астроблема, и погребенный вулкан. В Африке же в пустыне Сахара в Мавритании располагается знаменитая и одна из красивейших структур на Земле – структура Ришат, образованная концентрически залегающими слоями пород (рис. 18.54.б).



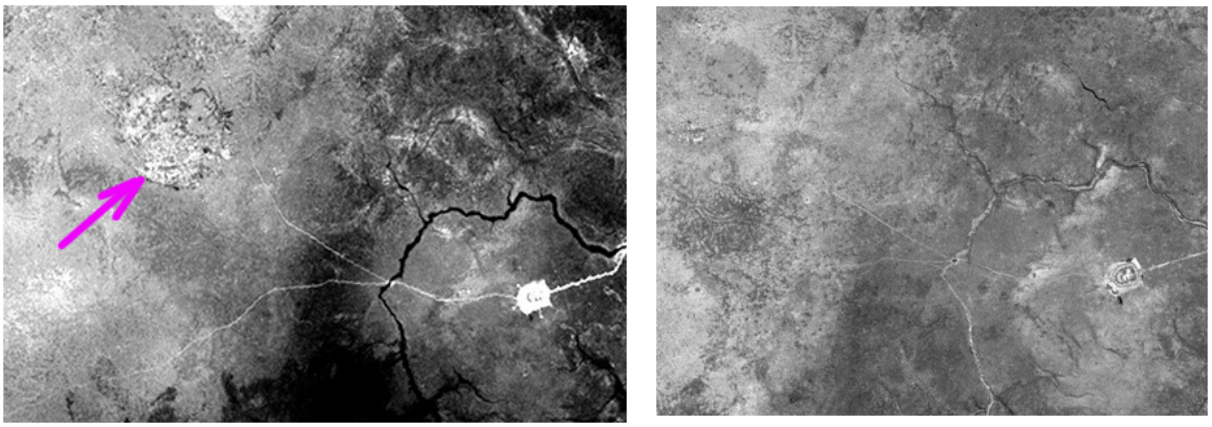
а б

Рис. 18.54 Кольцевые структуры: а – кольцевая структура неустановленной природы в центральной Африке, б – кольцевая структура Ришат,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Неясно, что заставило так концентрически «вздыбиться» осадочные породы в виде такой правильной практически круглой складки.

Кольцевые структуры не всегда выявляются однозначно. Например, в центральной Африке, на границе Судана и Южного Судана кольцевая структура (показано сиреневой стрелкой) отчетливо видна на космическом снимке, сделанном в ближней инфракрасной зоне спектра (рис.18.61.а), и не видна на снимках видимого диапазона (рис.18.55.б).



а б

Рис. 18.55. Кольцевая структура Южного Судана а – в ближней инфракрасной зоне спектра, б – в видимом диапазоне

На местности на этой территории также ничего не видно (рис. 18.56).



Рис. 18.56. Территория, показанная на рис. 18.55. Снимок с вертолета. Фото П.В. Флоренского

Контрольные вопросы к 18.4.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.4.2. Геологическое дешифрирование

Методики геологического дешифрирования чрезвычайно разнообразны. Из их арсенала исследователь выбирает ту систему, которая позволяет оптимально решать поставленные перед ним задачи. При этом дешифровщик, опираясь на внешнюю базу знаний (описания, разнообразные карты), а также собственный опыт, интуицию, проводит анализ и интерпретацию материалов дистанционного зондирования и создает *геологическую модель* сцены, которая и является формой регистрации решения поставленной задачи. Достоверность модели проверяется сопоставлением, или *идентификацией* модели и сцены.

При визуальном дешифрировании снимки или другие материалы, предназначенные для работы, воспринимаются и осмысляются непосредственно. Результатом является формирование профессиональной модели, которая в свою очередь, влияет на восприятие изображения, корректируя его. Модель регистрируется в той или иной форме (схемы, карты, описания и пр.), проверяется полевыми или иными методами и после соответствующей правки оформляется окончательно в виде материалов дешифрирования.

На рис. 18.57 показана принципиальная схема визуального геологического дешифрирования.

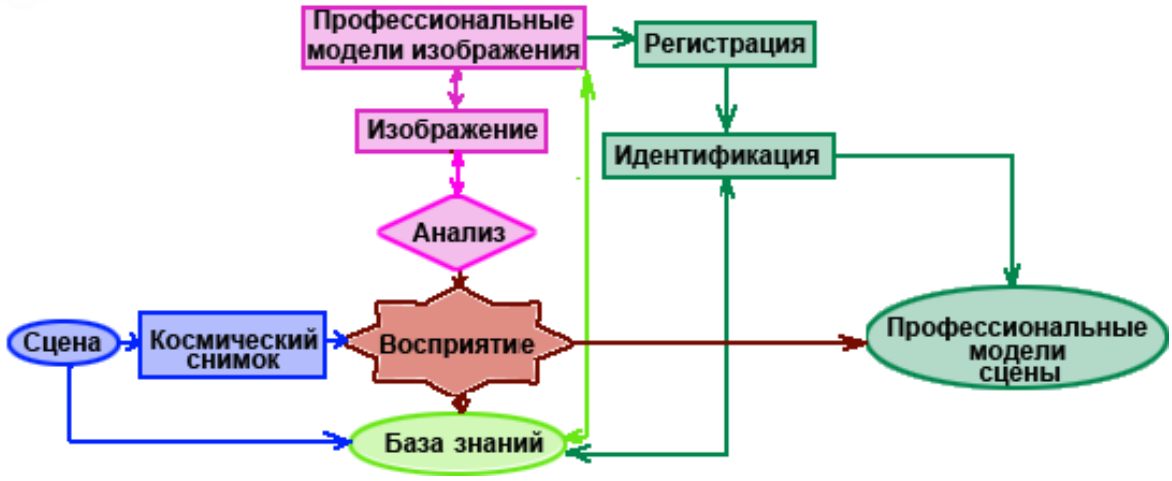


Рис. 18.57. Принципиальная схема визуального геологического дешифрирования (по А.В. Тевелеву с изменениями)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На входе системы находится космический снимок, который является формой представления данных сцены. Снимок воспринимается исследователем; восприятие предполагает непрерывное обращение к базе знаний. Результатом восприятия является космическое изображение. Затем дешифровщик либо узнает на снимке искомые объекты, либо анализирует изображение, осмысление которого на основе базы знаний приводит к формированию специфических моделей сцены. Полученная модель регистрируется в той или иной форме (схемы, карты, описания и пр.), и далее проверяется соответствие модели и сцены как полевыми, так и иными методами; после идентификации и соответствующей корректировки модель оформляется окончательно в виде материалов дешифрирования.

Распознавание космических изображений подобно обратным геофизическим задачам, в которых по данным, измерения физических полей требуется восстановить параметры возмущающих тел. Распознавание происходит путем сравнения выделенных особенностей космического изображения со знакомыми образами геологических объектов. Это сравнение может быть логическим, рассудочным, но может происходить и бессознательно. Анализ космических изображений осуществляется на основе базы знаний, главными элементами которой являются образы геологических, геоморфологических, ландшафтных и др. объектов, а также сведения об их пространственных и временных отношениях и причинных связях. Результатом анализа являются различные модели изображения

Результаты дешифрирования становятся информацией только после того, как они зарегистрированы – нарисованы, или записаны. Многие задачи дистанционного геологического зондирования являются многоуровневыми. В процессе работы необходимо регистрировать как исходные, так и промежуточные и конечные модели, так что визуальное дешифрирование сопровождается созданием целого ряда графических материалов.

При описании материалов дешифрирования обычно опираются на дешифрованные признаки объектов, т. е. те особенности фотоизображения, которые позволяют поставить его с теми или иными природными объектами.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Главным фактором дешифрирования, обеспечивающим распознавание на космическом изображении тех или иных объектов, является соотнесение космического изображения и представлений об образе, т. е. знания о том, как выглядит, изображается объект на космических снимках; это знание хранится либо в памяти исследователя и опирается на предыдущий опыт, либо во внешних по отношению к исследованию банках образов (например, каталогах космических снимков тех или иных геологических образований). В тех случаях, когда восприятие не позволяет произвести геологическую интерпретацию, используются внешние, не относящиеся к конкретному снимку знания о связях геологических объектов между собой и с различными элементами ландшафта, о внутреннем строении геологических и ландшафтных объектов, их временной эволюции, т. е. использования всего богатого теоретического аппарата геологии и смежных с ней областей знания.

Дешифровочная графика и описание представляют собой предварительные материалы анализа космических снимков. Далее, необходимо убедиться, что между отдешифрированными объектами и объектами, формирующими сцену, наблюдается соответствие, и выяснить характер этого соответствия. Этим целям служит идентификация. Методы идентификации можно подразделить на прямые и косвенные. Самый хороший способ выявления соответствия объектов дешифрирования и объектов сцены - то полевая проверка материалов дешифрирования. Прямая идентификация такого рода осуществима и необходима при решении многих задач геологического зондирования: при определении мест локализации полезных ископаемых, обнаружении новых элементов геологической структуры, выявлении оползней и обвалов при инженерно-геологических исследованиях и многих других, т. е. при зондировании, ориентированном на обнаружение конкретных, не слишком крупных объектов.

Соотнесение с данными независимых исследований. Этот метод является «облегченным» вариантом прямой полевой идентификации и предусматривает как частичную полевую проверку, так и сравнение с материалами других исследований. Например, «региональные линеаменты» могут пространственно соответствовать линейным градиентам геофизических полей, крупные нефтегазоперспективные зоны обычно проявляют себя в тепловых полях, «открытые» разломы практически всегда связаны с геохимическими аномалиями и т, д. Для

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

выбора независимых данных с целью идентификации объектов дешифрирования требуется знание методов геологических исследований и нестандартное мышление. Однако, совпадение результатов дешифрирования и независимых данных еще не гарантирует реальности существования объекта, так же как несовпадение не говорит о «выдуманности» объекта дешифрирования.

Многократное дешифрирование различных снимков. На изображение влияют даже небольшие изменения изучаемой поверхности (сезонные, погодные, условия освещенности и пр.), а также технические условия измерения, передачи и регистрации данных. Поэтому причины (зачастую случайные), которые обусловливают формирование образа при анализе одного космического снимка, могут отсутствовать при анализе другого. Дешифрирование предусматривает привлечение оптимального комплекта разнообразных снимков. При этом некоторые структуры земной коры регистрируются на единичных снимках. Излишне критическое сравнение такого снимка с другими может привести к потере важной информации.

Выявление системной упорядоченности объектов дешифрирования. Этот метод заключается в проверке моделей космических изображений на логическую прочность. Объекты дешифрирования должны составлять связную совокупность (систему), имеющую геологический смысл. При этом те особенности геологического строения, которые выявляются в результате анализа материалы дистанционного зондирования, должны входить в эту совокупность естественным образом, а не навязываться ей. Несовпадение этих условий вызывает недоверие к результатам дешифрирования.

По отдельности каждый из способов косвенной идентификации не гарантирует полного соответствия объектов дешифрирования и сцены (и не претендует на это), но примененные комплексно, они могут существенно повысить достоверность результатов дешифрирования.

Кроме визуального ***(экспертного, авторского)*** по способу работы с изображениями выделяют ***инструментальное (компьютерное, автоматизированное)*** дешифрирование.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Как визуальное, так и инструментальное дешифрирование может быть ***качественным*** или ***количественным (измерительным).*** При качественном дешифрировании на снимках выделяются предполагаемые геологические объекты. При количественном - измеряются их размеры и другие характеристики: спектральная яркость отдельных частей изображения или спектры его изменения. Спектральная яркость является числовым выражением фототона отдельного фрагмента снимка, а спектр – его фоторисунка.

По способу извлечения информации из изображений различают ***контрастно-аналоговое*** и ***ландшафтно-индикационное дешифрирование***. Первое обусловлено тем, что одинаковые объекты в сходных условиях выглядят на изображениях одинаково, а различные – по-разному. То есть при контрастно-аналоговом дешифрировании используются аналогии. При ландшафтно-индикационном дешифрировании выявляются ландшафтные индикаторы, указывающие на наличие на изображении искомого объекта.

При работе исследователь опирается на дешифровочные признаки, то есть те особенности изображения, которые позволяют сопоставить его с природными объектами. С точки зрения применения дешифровочные признаки делятся на прямые и косвенные.

Прямые признаки относятся непосредственно к выделяемому геологическому объекту, выражают в понятийной форме его образ. Например, прямыми дешифровочными признаками антиклинальной складки будут концентрический рисунок фотоизображения (соответствующий деформированным слоям) и определенная ориентировка пластовых треугольников; прямым признаком сдвига является смещенный по прямой линии параллельно-полосчатый рисунок фотоизображения, соответствующий слоистости; поверхность выравнивания может выглядеть на фотоизображении как область однородного фототона и т. д.

Прямые признаки относятся непосредственно к выделяемому геологическому объекту и отражают его образ. Например, прямым дешифровочным признаком поисковой площади является сеть сейсмических профилей (рис. 18.57), а месторождения – его наземная инфраструктура (рис. 18.58).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

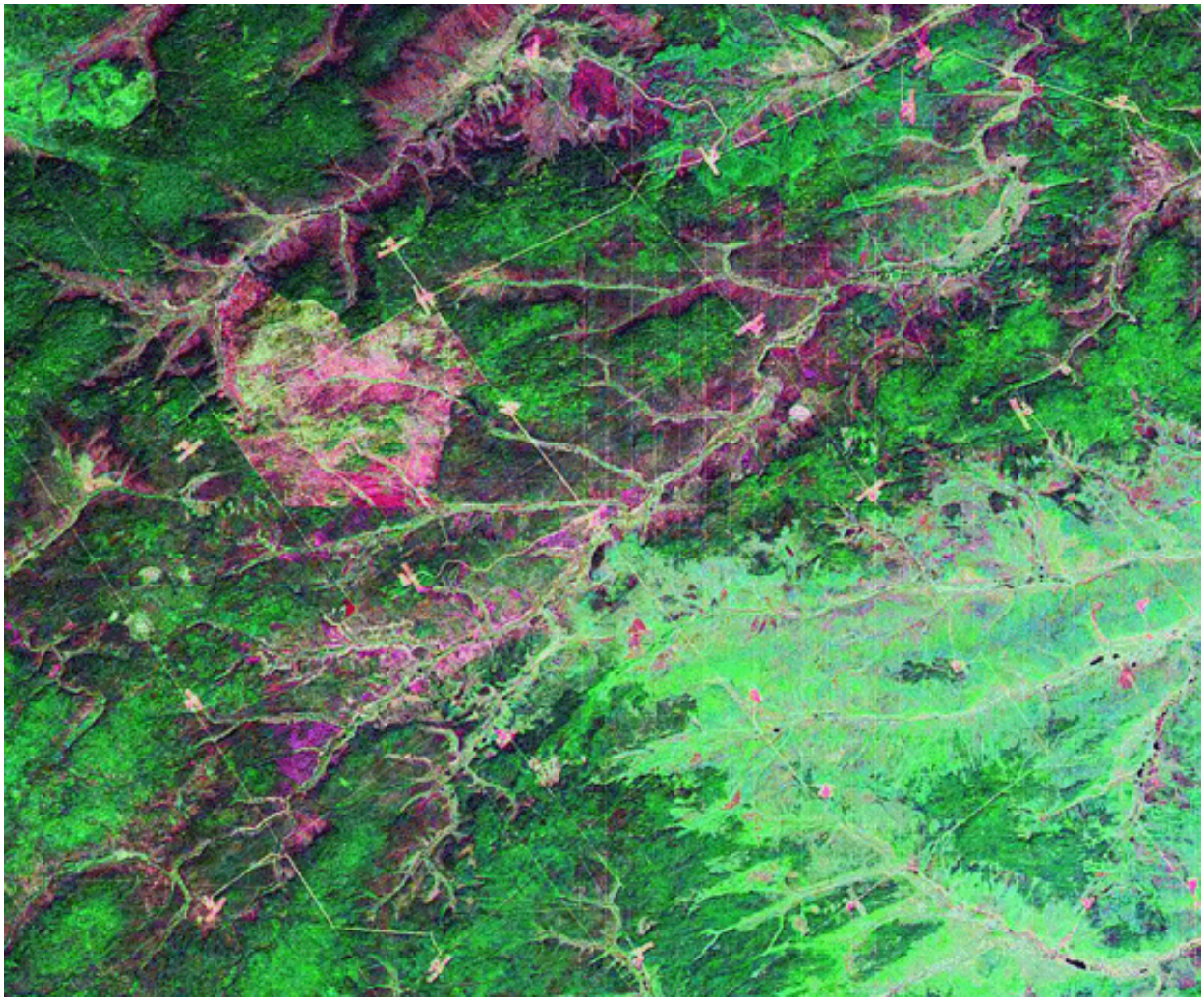


Рис. 18.57. Просеки под сейсмические профили - прямой дешифровочный признак поисковой площади. Фрагмент лицензионного участка в районе Верхней Чоны. Восточная Сибирь.

Косвенными дешифровочными признаками называются особенности изображения определенных элементов ландшафта, раскрывающие геологические объекты, не наблюдаемые непосредственно. Под косвенными дешифровочными признаками понимаются особенности изображения определенных элементов ландшафта, раскрывающие непосредственно не наблюдаемые геологические объекты.

Другими словами, косвенные признаки описывают переходы от тонально-геометрических и ландшафтных моделей к моделям геологическим. Например, косвенным признаком развивающегося локального поднятия, может быть изометричный участок повышенного

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

эрозионного расчленения. На космическом изображении такой участок проявляется как замкнутая область с упорядоченной линейной текстурой, окруженная площадью с однородным фототоном.

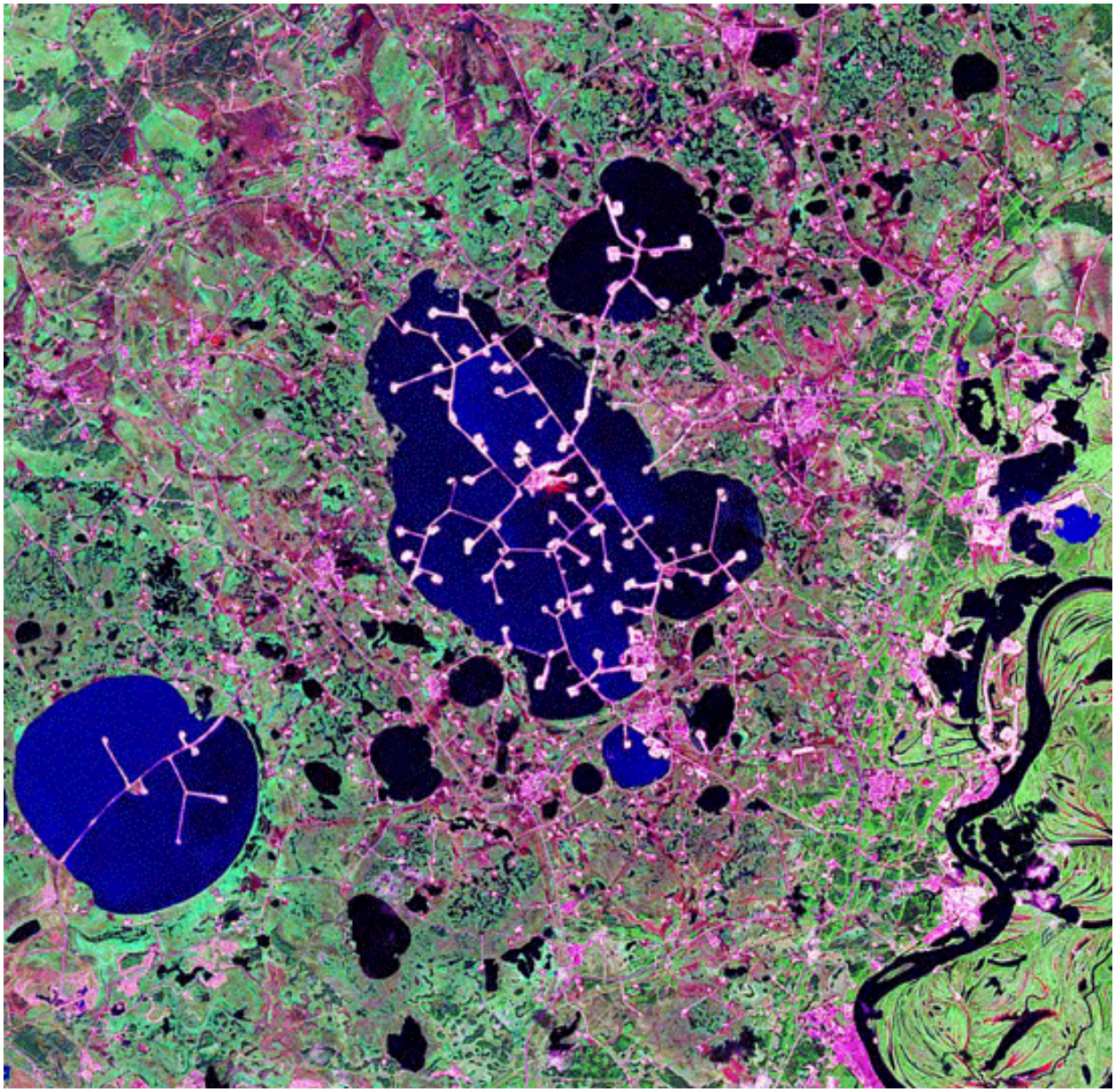


Рис. 18.58. Нефтяные скважины и межскважинные сооружения - прямые дешифровочные признаки месторождения нефти. Фрагмент изображения Самотлорского нефтяного месторождения.

Косвенный дешифровочный признак молодого разрыва - трассирующиеся по одной прямой линии эрозионные понижения (на космическом снимке это линейные фотоаномалии). Косвенным признаком сдвига служат эшелоны кулисных складок и т. д. Косвенный

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

дешифровочный признак разлома - трассирующиеся по одной прямой линии линейные фотоаномалии - линеаменты. Отнесение дешифровочных признаков к прямым или косвенным зависит от задачи дешифрирования.

Экспертные методы дешифрирования в значительной степени зависят от личностных качеств дешифровщика и его принадлежности к той, или иной научной школе. Поэтому при дешифрировании стараются по возможности, использовать ***компьютерные методы – инструментальное дешифрирование***.

Существуют различные подходы к автоматическому дешифрированию и различные способы её реализации в конкретных программах и программных комплексах. Все они сводятся к двум направлениям:

1. Распознавание объектов по их спектральным характеристикам. Направление основано на построении многомерного пространства откликов спектральных характеристик сцены в различных зонах спектра и сравнения множества точек с обучающими выборками. При применении этого подхода важно правильно выбрать достаточное число обучающих и контролирующих выборок, потому что фототон (спектральная характеристика) объекта, очень изменчивая характеристика.
2. Распознавание объектов по их пространственно-геометрическим характеристикам. Направление основано на построении формализованных (числовых или логических) моделей текстурных характеристик образов типичных объектов и выделение их из множества данных измерении сцены (или космического снимка). Здесь анализируется фоторисунок – значительно более устойчивая характеристика. Описание реализации такого подхода с помощью программы LESSA приведено в ***приложении 5.***

В настоящее время компьютерное и автоматическое дешифрирование обычно применяется совместно в интерактивном режиме.

По ***тематической полноте*** извлекаемой из изображения информации выделяется ***общее дешифрирование***, при котором из снимка извлекается вся доступная геологическая информация и ***специальное (тематическое) -*** при котором извлекается только та ее часть, которая определяется целями исследования. Обычно проводят ландшафтное, структурное, неотектоническое,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геоморфологическое дешифрирование, а также линеаментный анализ.

Ландшафтное дешифрирование обычно нацелено на поиск ландшафтных аномалий, предположительно обусловленных разницей в геологическом строении. При дешифрировании снимков равнинных районов с монотонным однообразным геоморфологическим строением, характеризующихся развитием единых по возрасту и генезису поверхностей, приходится обращаться мало выразительным, иногда едва намечающимся элементам ландшафта, относящимся к современным экзогенным процессам и развивающимся на фоне общих геоморфологических элементов.

При ***структурном дешифрировании*** диагностируются тектонические структуры разных рангов вплоть до локальных складок. Лучше всего видны на космических снимках разрывные нарушения – зоны дробления, сбросы, сдвиги, хуже – надвиги. Значительная часть наблюдаемых на космических снимках разрывных нарушений активизирована в новейшее время, и поэтому отражаются в различных элементах ландшафта: рельефе, гидрографической сети и т.д. Древние, не активизированные разломы, разделяющие породы различного литологического состава или разной степени дислоцированности, также могут четко отражаться на изображениях. На космических снимках выделяются также складчатые формы, иногда в форме кольцевых структур.

Особенно информативны космоснимки при изучении новейшего тектонического этапа. Локальные новейшие структуры дешифрируются по концентрическому расположению растительности, обусловленному характером увлажнения, появлением незакрепленных песков, распределением карстовых, термокарстовых и суффозионных просадок, изменением фаций, мощностей и физических свойств отложений (прежде всего, влажности) и другими дешифровочными признаками.

Чуткими и наиболее легко и понятно диагностируемыми индикаторами малейших изменений наклонов земной поверхности и новейших движений по разрывам служат водотоки. Центробежное и концентрическое развитие эрозионной сети (и особенно мелких промоин), оживление эрозионной деятельности, появление новых врезов и увеличение дробности, густоты эрозионного расчленения относятся к признакам развивающихся положительных структур. При пересечении поднятий водными потоками происходит сужение долин, уменьшение извилистого русла, исчезновение кос, впадение притоков

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

навстречу русла основной долины. По этим и другим индикаторам можно оконтурить растущую антиклиналь при общей невыраженности ее в рельефе. Изучение аэрофотоснимков этой территории позволило выявить связь между скоростью неотектонических движений, изменением уклонов рельефа, скоростью течения воды в болотах и рисунками фотоизображения. Были установлены связи между ландшафтными признаками течения воды болот и величиной уклона (рис. 18.59).

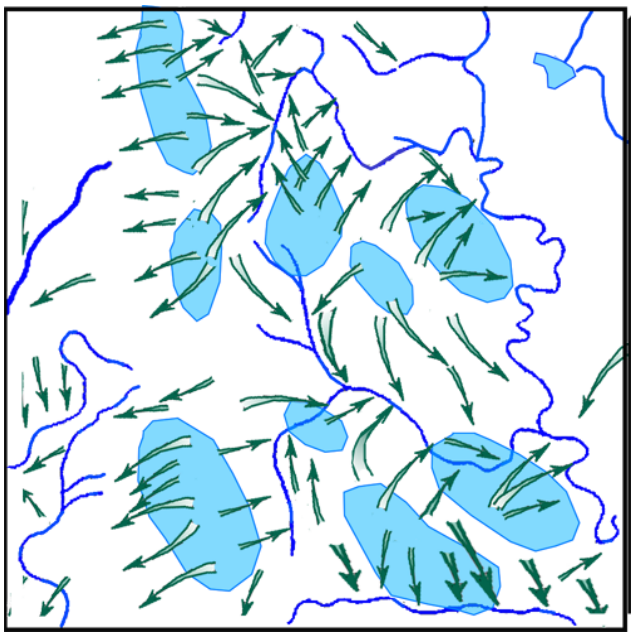


Рис. 18.59. Маркирование неотектонических поднятий течением воды в болотах (по О.С. Мартынову, 1981)

Например, топи каплевидной формы с направлением «хвоста» вниз по уклону соответствуют уклонам в 0,06', а прорывы толщи торфа цепочками озер, вытянутых по уклону, соответствуют, примерно 15'. Болота как бы «растекаются» от центральных частей неотектонических поднятий

Проявление разрывов подчеркивается гидросетью, процессами выветривания и линейными ограничениями растительных ассоциаций. По разрывам, как правило, происходит активная фильтрация грунтовых вод. Процессы выветривания и выщелачивания ведут к расширению этих полостей, особенно в приповерхностной их части. В результате над трещиной возникают небольшие борозды. Этот эффект усиливается, если имеется не единичная трещина, а зона их интенсивного развития, в частности трещин, оперяющих разломы, в таких случаях возникает суммарный эффект (рис. 18.60).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

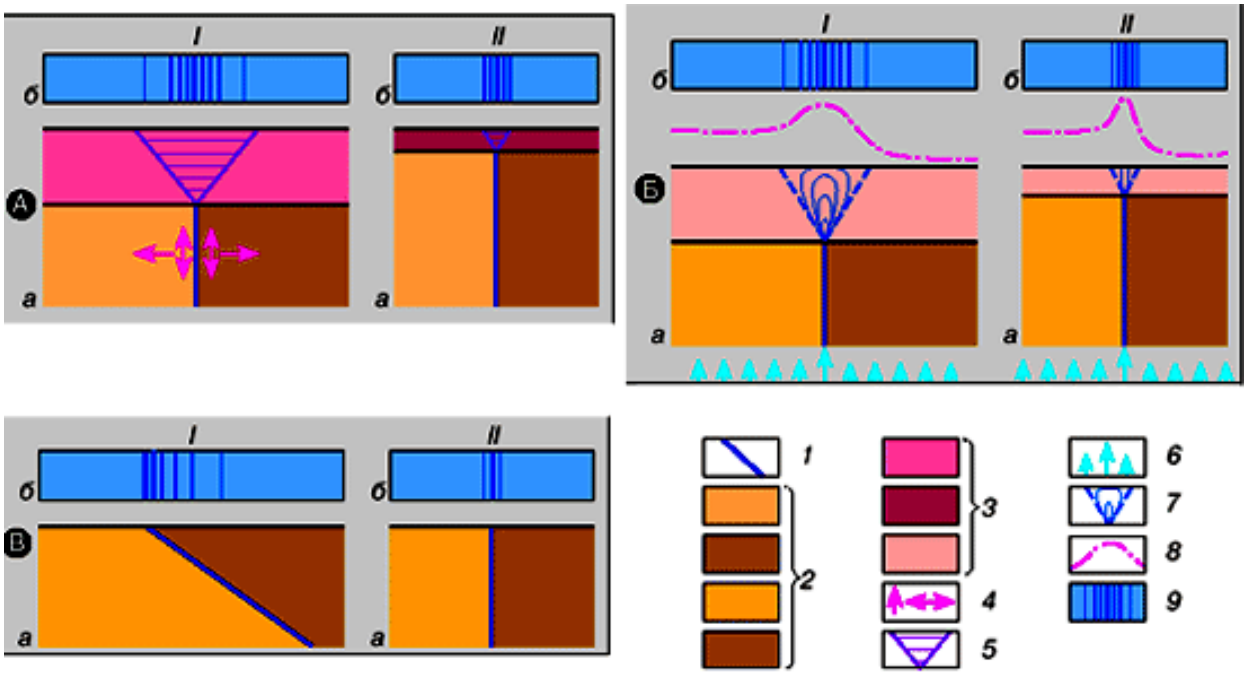


Рис. 18.60. Принципиальная схема отражение в ландшафте и космических изображениях разломов [по В.И. Макарову и Б.В. Сенину, 1983 с изменениями]: А, Б - скрытые разломы, затухающие на больших (/) или меньших (//) глубинах, в разрезе (*а*) и в плане (*б*); В - открытые разломы с наклонным (/) и вертикальным (//) сместителем, в разрезе (*а*) и в плане (*б*); 1 - разломы; 2 - блоки земной коры, разделяемые разломами; 3 - слои, не затронутые непосредственно разломами; 4 - возможные варианты механических смещений по разломам; 5 - зона рассеяния механических деформаций; 6 - неравномерный восходящий поток глубинных флюидов, газов, тепла; 7 - зона рассеяния потока флюидов, газов, тепла; 8 - условная кривая величины теплового потока над зоной разлома; 9 -условная интенсивность аномалий на дневной поверхности, связанных с разломами и определяющих фотогеничность разломов

Разрывы и трещинные зоны, в пределах которых сопротивление пород размыву ослаблено, резко искажают правильную форму меандр, что приводит к характерным спрямлениям и изломам русла. Таким образом, трещинные зоны и разрывы в большинстве случаев могут быть уверенно выделены на любом участке речной системы от ее верховьев - ложбины стока, прямолинейные притоки низких порядков - до низовьев - спрямленные отрезки русла, прямолинейные борта долин (рис. 18.38).

Потоки, развивающиеся по трещинным и разрывным зонам, попадают в благоприятные условия, поскольку из множества оврагов и балок, развивающихся под действием атмосферных осадков, только те достигают стадии речной долины, которые быстрее получают подземное питание. При поглощении поверхностных и грунтовых вод

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

над трещиноватыми зонами в рыхлых отложениях в результате минерализации могут возникать литологические неоднородности - ожелезненные, сцементированные участки, и тогда на поверхности возникают неровности, уступы, ложбины, промоины, овраги. В проявлении трещинно-разрывной сетки велико и значение растительности - благодаря особенностям развития растительных ассоциаций выявляются линеаменты, практически не отражающиеся в рельефе.

Это полосы растительности, спрямленные края лесов, линейная зональность болот и т. д. Болота являются очень тонкими индикаторами тектонических нарушений, поскольку по разрывам развиваются новые, отличные от прежних, растительные группировки; возникает характерная зональность болот (рис. 18.61). В случае резкого изменения содержания солей в воде (при возникновении молодых нарушений или при обновлении их) в аномальной зоне может наблюдаться массовая гибель растений [Использование… 1955].

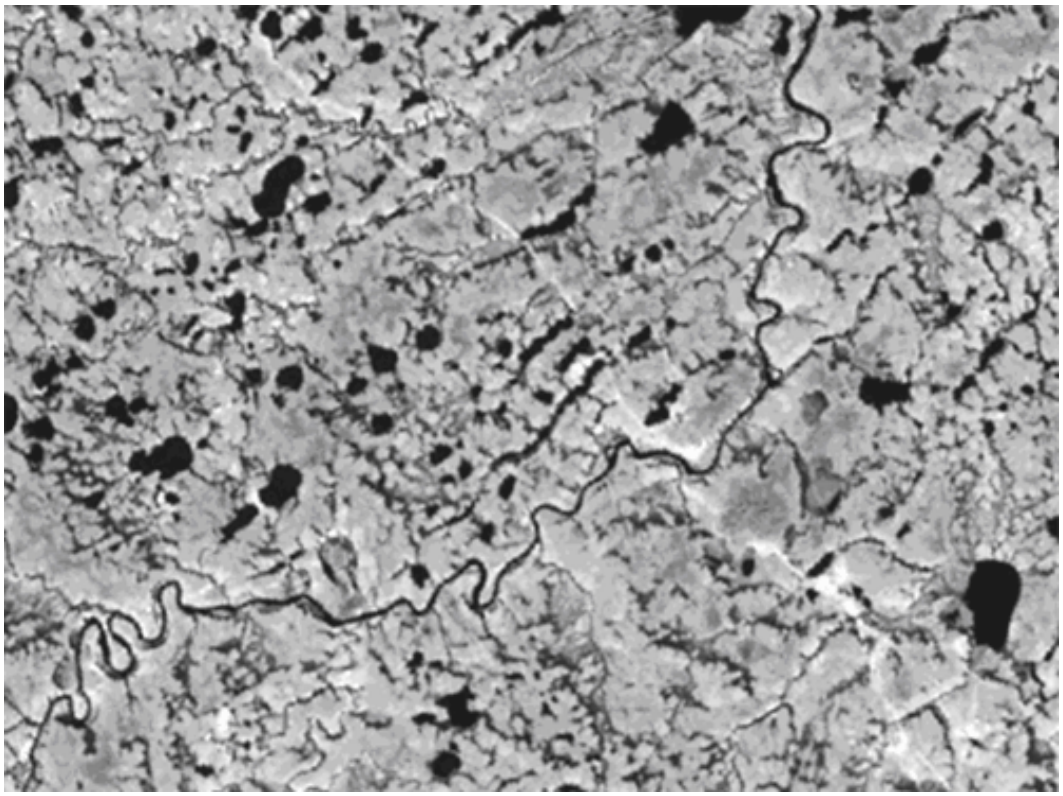


Рис. 18.61. Отражение разломов в линейной зональности болот. Север европейской России. Бассейн р. Лейкияга

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При изучении изображения одной и той же территории, с различным разрешением, дешифрирующаяся сеть линеаментов меняется - линии распадаются на отдельные фрагменты. Меняется расположение максимумов плотности, длина отдешифрированных линий и преимущественное их направление. Рассмотрение сетей линеаментов больших территорий демонстрирует периодичность в их ориентировке и расстояниях однонаправленных линеаментов. (рис.18.62).



Рис. 18.62. Ямал - пример линеаментов, рассекающих погружающуюся территорию при разных увеличениях. Прямоугольниками показаны фрагменты на изображениях более крупного масштаба: а – обзорный снимок, б – фрагмент, выделенный на обзорном снимке желтым прямоугольником, в – детальный снимок, выделенный на рис. 18.62, б сиреневым прямоугольником

Зачастую эти блоки перемещаются друг относительно друга, что можно наблюдать по разнице эрозионных врезов по разные стороны линеаментов (Западная Сибирь), по разной заозеренности площадей в тундре (Ямал), и различной увлажненности территории

Статистические характеристики линеаментов от крупных до самых мелких, формирующих фоторисунок – это та характеристика, которая воспроизводимо выделяется при компьютерном дешифрировании. Одна из наиболее популярных отечественных программ, разработанная для такого анализа – LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis). Программа по направлениям прямолинейных перепадов спектральной яркости выделяет мелкие линеаменты (штрихи – stripe) – и затем вычисляет их статистические характеристики, или формирует на их основе - «протяженные» линеаменты (рис. 18.63). Подробнее про программу LESSA и проведение с ее помощью компьютерного дешифрирования можно прочитать в ***приложении 5.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

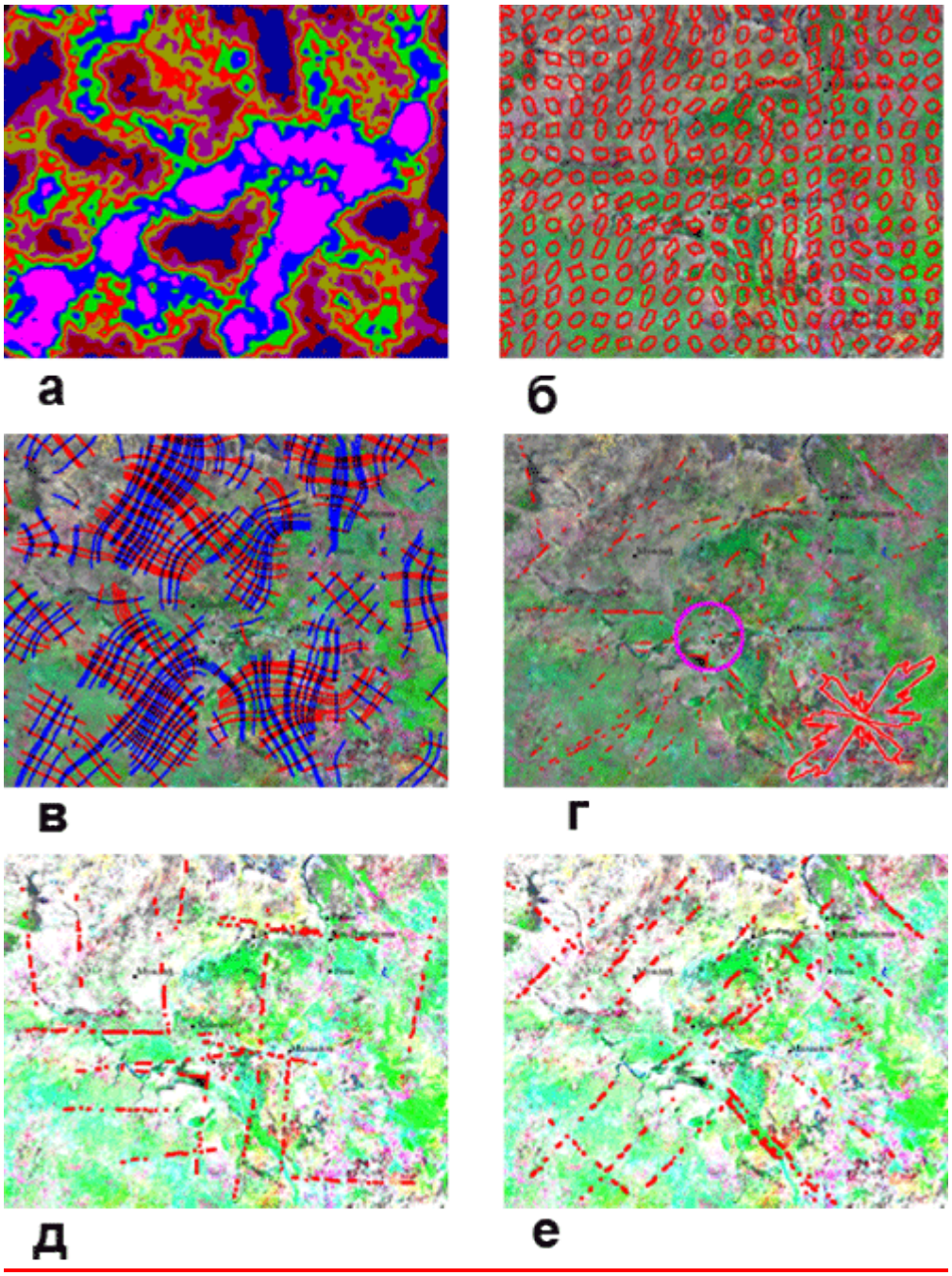


Рис. 18.63. Пример обработки изображения программой LESSA: а – плотность (интенсивность) линеаментов (штрихов), б - розы-диаграммы штрихов, в – линии удлинения роз-диаграмм и перпендикулярные им линии, в – линеаменты и их роза-диаграмма (сиреневым кружком показан узел линеаментов, к которому в данном районе приурочено богатое нефтяное месторождение Хейглик, д и е – ортогональная и диагональная системы планетарных направлений (отчетливо видна периодичность и эквидистантность линеаментов. Южный Судан

Контрольные вопросы к 18.4.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.4.3. Технология дешифрирования

Геологическое дешифрирование аэро- и космоснимков может быть самостоятельным видом работ, или входить в комплекс геологических исследований. Полнота, детальность и направленность геологического дешифрирования меняется соответственно целям и задачам работы. Иногда, например, при специальных методических работах, снимки служат только как обзорный материал для рекогносцировки и сведения воедино полученных результатов. В малоизученных районах снимки играют обычно сравнительно большую роль. Наибольшую пользу приносит дешифрирование, если оно постоянно сопровождает структурно-геологические работы.

Последовательность работы с изображениями обусловлена решаемой задачей, но распадается на вполне определенные этапы.

Подготовительный этап. Формулируется цель исследования; определяется район и масштаб работ; формулируются требования к отчетным материалам; составляется техническое задание на выполнение исследований.

Предварительный этап. Формируется предварительная ***база знаний***. Исполнители знакомятся с геологической, геофизической, геохимической и нефтегазогеологической (тематической) изученностью района, доступностью материалов предшествующего изучения территории; обеспеченностью территории космическими съемками и топографическими картами, результатами, методикой и технологией использования космических съемок в районе работ. Если геологические работы по данной территории не проводились, то подбирается(-ются) эталон(-ы) – аналог(-и) в сходных ландшафтно-геологических условиях. Обосновывается необходимый комплект материалов космической съемки, определяются оптимальные природные и технические параметры съемок – масштабы, виды, зоны спектра, сезоны и часы, составляются технические условия, заказываются необходимые материалы.

Требуемый ***масштаб изображения*** определяется масштабом выполняемых работ. В целом материалы космических съемок высокого разрешения характеризуются меньшей генерализацией и обзорностью, чем материалы среднего и низкого разрешения. Чтобы обеспечить оптимальное решение поставленных геологических задач, используют изображения нескольких уровней генерализации – обзорного для анализа общих закономерностей проявления изучаемого объекта или

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

процесса, рабочего, в котором собственно и производятся исследования, и детального, необходимого для уточнений в ряде сложных случаев. Разница масштабов изображений, на которой проявляется новая информация, зависит от разных причин, в среднем, это, как правило, 2,5 - 3, 5- кратная величина.

Подбор ***спектральных диапазонов*** зависит, в первую очередь, от решаемой задачи, физико-географических условий района работ и характера новейших тектонических движений. При любом выборе в комплект для дешифрирования обязательно должны быть включены изображения оптического диапазона для привязки изображения и ландшафтного контроля результата работ.

Так как излучение различной длины поглощается в атмосфере по-разному (рис. 18.64), съемочная аппаратура, предназначенная для изучения природных ресурсов, в основном создается для работы в «окнах прозрачности атмосферы»

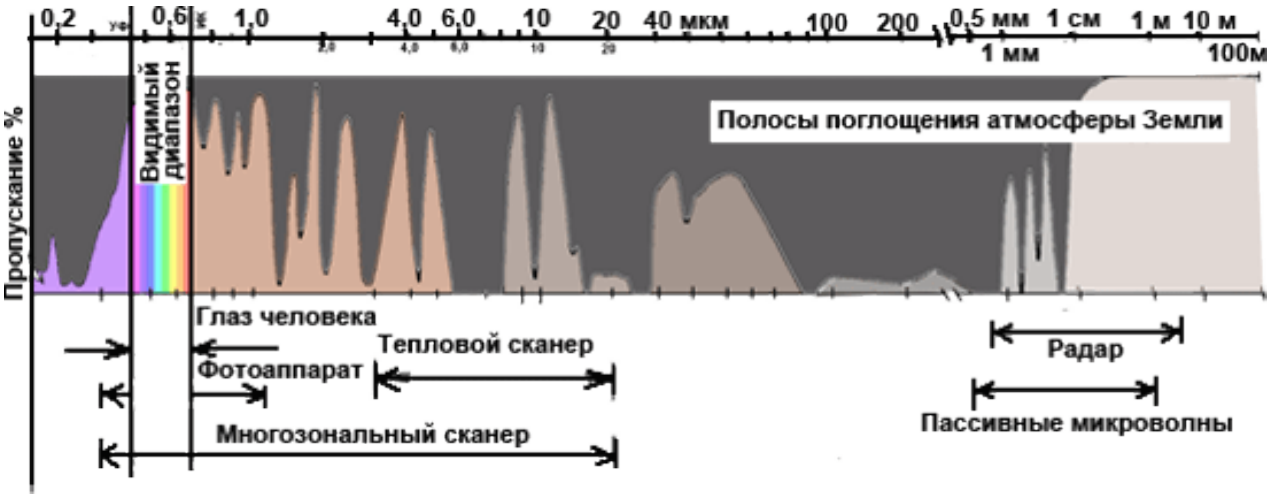


Рис. 18.64. Окна прозрачности атмосферы и применяемая аппаратура

В нефтегазовой геологии наиболее часто используются спектральные каналы, соответствующие видимому спектру и «окна прозрачности» инфракрасного диапазона (до 15 мкм). Широкое распространение получили также радиолокационные системы, использующие сантиметровый диапазон. Кроме того, для геологического дешифрирования применяют тепловую и радиолокационную съемки.

Ультрафиолетовая (люминесцентная) съемка. Так как углеводороды способны светиться при облучении ультрафиолетовым излучением, люминесцентная съемка используется для обнаружения техногенных загрязнений. Вследствие очень сильного поглощения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

атмосферой ультрафиолетового излучения, люминесцентную съемку применяют только с низковысотных аэроносителей, чаще всего – с вертолетов.

Съемка в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. Свойства ближнего инфракрасного (ИК) излучения очень близки к видимому спектру, они находятся в едином окне прозрачности атмосферы и их обычно рассматривают совместно. Съемку ведут в широкой полосе видимого и ближнего ИК спектра, или же в отдельных узких зонах. Число таких зон может достигать нескольких сотен (мультиспектральная, гиперспектральная съемка). Съемка в коротковолновой части спектра используется при работах на шельфе, так как это излучение проходит сквозь воду, а также в пустынных засушливых регионах. На изображениях, сделанных в ближней инфракрасной области спектра, структура территории выступает обычно наиболее выразительно. Изменения в горных породах наилучшим образом фиксируются в ближнем инфракрасном (0,7-0,9 мкм) и коротковолновом инфракрасном (1,6-1,7; 2 – 2,4 мкм) диапазонах. Углеводородное загрязнение и нарушение почвенного покрова – 2.27-2.46 мкм (фиксируется адсорбция углеводородов). В диапазоне 2,0-2,4 мкм наилучшим образом отражаются минералы, образующиеся под действием мигрирующих от залежей флюидов [Аэрокосмические… 2002].

Инфракрасная съемка фиксирует тепловое излучение поверхности Земли - как собственное, так и отраженное солнечное. Тепловым зондированием называют съемку в дальней области ИК-излучения в диапазоне 8-14 мкм, попадающую в окно прозрачности атмосферы в этом диапазоне волн. Современные технические средства обеспечивают измерения с чувствительностью 0,1°С и лучше. Съемка производится обычно в нескольких спектральных интервалах. Ближние из них (по отношению к видимому свету) удобны для ночной съемки, когда влияние тепловых помех, обусловленных солнечным нагревом, сведено к минимуму. Эти снимки позволяют выявлять наиболее мелкие элементы в структуре изображения. В дальних диапазонах располагается максимум собственного теплового излучения большинства геологических объектов. По изображениям, полученным в таких интервалах, устанавливают закономерности регионального характера.

Залежи углеводородов также проявляются в геотемпературном поле. Формирование тепловых аномалий над залежами углеводородов объясняется окислением мигрирующих к поверхности легких

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

углеводородов, а также жизнедеятельностью живущих в месторождении бактерий. Также различаются тепловые аномалии над газо-водяным и водо-нефтяным контактами.. [С.Г. Корниенко, 2002].

Важным применением тепловых снимков является контроль промышленных стоков, загрязнений акваторий; аварий на нефтепроводах, пожаров, незаконных факелов.

Радиолокационная съемка основана на способности геолого-геоморфологических объектов по-разному отражать направленные на них радиоимпульсы сантиметрового диапазона. Проникающая способность радиоимпульсов и очень четкое изображение рельефа даже при небольших превышениях используются для выявления структуры и состава горных пород под снегом, льдом, растительным покровом, маломощным чехлом рыхлых отложений, обнаружения неглубоко залегающих грунтовых вод и т.д. Глубина проникновения при радиолокационной съемке зависит, с одной стороны, от соотношения между длиной волны падающего сигнала и неровностями облучаемой поверхности, а с другой - от значения комплексной диэлектрической постоянной её материала. Как правило, проникающая способность микроволн возрастает с ростом длины волны. Радиолокационные сигналы проникают глубже в сухую почву, чем во влажную. В очень сухой песчаной почве волны L- диапазона могут проникать на первые метры. Поэтому их можно применять на площадях, покрытых песчаными наносами в пустыне, чтобы «увидеть» истинный рельеф территории. По облику рельефа, дешифрирующегося под наносами песка и речных отложений (аллювия) видно строение коренных пород, разломы и границы между различными породами.

В отличие от съемок в видимом спектре, радиолокационные съемки можно производить в любых метеоусловиях (за исключением грозы), в любое время суток и года.

Обработка по специальной методике *гиперспектральных* снимков в комплексе с радиолокационными и тепловыми изображениями позволяет выделить слабые спектральные аномалии, которые возникают в результате миграции углеводородов к дневной поверхности. [Н.Г. Безукладнов, 2000]. Однако к известным закономерностям изменения фототона над месторождениями надо подходить индивидуально. Например, иногда над месторождениями углеводородов фототон делается более белесым за счет обеднения почвы гумусом, а иногда – более темным за счет восстановительных реакций при окислении углеводорода. Но главное – техногенные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

изменения при геолого-разведочных работах так искажают тонкие взаимосвязи компонентов ландшафта, что увидеть их можно только на архивных изображениях, сделанных до открытия месторождения.

Оптимальные ***сезоны съемки*** выбирают в зависимости от конкретных природных зон. В тундровой и лесотундровой зонах определяющим фактором является отсутствие снежного покрова. В лесной зоне наиболее информативна съемка, выполненная весной и осенью, на материалах которой наилучшим образом отражаются различия в древесной растительности. В степных и лесостепных районах, занятых сельскохозяйственными угодьями, наиболее благоприятен весенний период, вскоре после распашки полей и до появления густого растительного покрова. В пустынных и полупустынных районах наиболее информативными считаются весенние и осенние снимки, полученные в период вегетации растительности. В общем, предпочтительны те сезоны, в которых ключевые компоненты ландшафта будут наиболее информативны (то есть иметь «пограничные» значения). Например, если исследователя интересуют тепловые аномалии над разломами в районах, в которых выпадает снег, необходимо выбирать весенние снимки, когда снежный покров растает только над тепловыми аномалиями. Если нас интересует угнетение растительности над месторождением, выбирают осенние снимки и изучают участки, где листва сильнее пожелтела, или опала, или весенние чтобы выделить территории, где ничего не расцвело, тогда как в других районах уже все распустилось (это очень тонкий способ, поэтому им редко пользуются).

Однако действительность может опровергнуть любые априорные догадки. Например, в центральной Африке в Сахаре наиболее благоприятны для дешифрирования изображения оптического диапазона, выполненные в августе, когда над этой территорией дуют влажные ветры с океана, относительная избирательная увлажненность в зонах разломах, на поверхностях напластования вызывает скоротечный период роста растительности и делает их максимально фотогеничными. Поскольку нефтегазоносные районы, как правило, являются равнинными, ***время суток***, в которое происходит съемка, надо выбирать в утренние и вечерние часы – при угле солнца над горизонтом в 10-20°, так как при этом повышаются контрасты слабо выраженных элементов рельефа.

Прогнозируются общие и частные (если это возможно) эталоны дешифрирования, общие и частные (если это возможно) ландшафтные индикаторы дешифрируемых объектов. К спектральным и

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ландшафтным характеристикам эталонов следует относиться осторожно. Территории эталонов – открытые месторождения, выявленные детальной геофизикой ловушки и другие объекты, как правило, несут на себе следы антропогенного преобразования местности. Поэтому ландшафтные характеристики эталонных территорий более правильно выявлять по архивным изображениям, сделанным до техногенного воздействия на ландшафт. Если же частные ландшафтные индикаторы выражены рисунком гидросети, типом рельефа и другими структурными характеристиками рельефа, обычно можно использовать и актуальные изображения.

Снимок, или их мозаика, ***приводится к масштабу и проекции,*** требуемые в техническом задании.

Предварительно дешифрируют снимки. Выделяются контуры, для которых предполагается геологическая природа, и составляется схема предварительного дешифрирования. При выделении контуров на снимках сначала выделяют крупные объекты, которые отражают основные черты геологического строения данной территории, а затем — все более мелкие, детализирующие это строение. В результате получается схема предварительного дешифрирования, составленная в терминах фотоизображения, особенностей фототона и фоторисунка.

Проводят ***совместную интерпретацию*** схемы предварительного дешифрирования и имеющихся геологических материалов. Эта схема сравнивается с имеющимися данными о геологическом строении территории по двум направлениям: выделенные контуры сравниваются с аналогичными контурами существующих геологических карт, карт геофизических полей и геофизических профилей; те особенности фотоизображения (дешифровочные признаки), по которым выделялись контуры, сопоставляются со сведениями о вещественном составе и тектоническом строении данной территории.

Территория изучается в контексте окружающего региона в обзорном масштабе. При этом определяется общая структура региона и целевого объекта дешифрирования.

При этом выявляется новая информация - контуры, не имеющие аналогов на существующих геологических картах. Основываясь на контрастно-аналоговом принципе дешифрирования, делают предположения о геологической природе новых выделенных контуров. В результате работы создается модель - ***схема(-ы)***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

предварительного дешифрирования, на которой как правило, показан разломно-структурный каркас территории, выделены целевые объекты, геологическая природа которых может определяться однозначно, предположительно, или не определяется совсем.

- При однозначном определении геологической природы объектов они описываются в легенде как конкретные геологические объекты и характеризуются дешифровочными признаками.

- При предположительном определении объекты характеризуются как вероятно геологические объекты, и описываются своими дешифровочными признаками, из которых должна следовать причина, по которой они отнесены к тому, или иному типу геологических объектов (сходство с известным эталоном, соответствие общим признакам и т.д.).

- Если геологические объекты не определяются, говорят, что их генезис не установлен, и они описываются в терминах изображения (тон, цвет, рисунок).

Выделяются участки, требующие детальной проверки. Составляется предварительная легенда (легенды) будущих отчетных материалов.

Основной этап. Схема предварительного дешифрирования сопоставляется с имеющимися эталонами и геофизическими материалами. Находится соответствие между фотоаномалиями и искомыми геологическими объектами и процессами. В процессе этого поиска в изображении выявляются элементы и компоненты ландшафта (дешифровочные признаки), которые, возможно, отражают целевые объекты. На этом этапе возможны аэровизуальные работы. Объекты, ранее неустановленного генезиса, теперь могут перейти в разряд установленных объектов. Создается макет отчетной карты, представляющий собой предварительный эскиз отчетной карты, или отчетная карта. Выборочно изучаются изображения детализационного масштаба.

Завершающий этап. Создаются результирующая карта (карты), отчет и другие предусмотренные техническим заданием материалы.

Проверочный этап. Достоверность результатов дешифрирования проверяется различными способами. Самый надежный - ***полевая проверка.*** Однако её не всегда возможно произвести за разумное время и она зачастую слишком дорога. Поэтому нередко прибегают к сравнению с данными ***независимых***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

исследований. Этот метод является упрощенным вариантом прямой полевой проверки. Например, линеаменты могут пространственно соответствовать линейным градиентам геофизических полей, нефтеперспективные структуры – геохимическим аномалиям и т.д. Однако, совпадение результатов дешифрирования и независимых данных еще не гарантирует реальности существования объекта, так же как несовпадение не говорит о "выдуманности" объекта дешифрирования.

Многократное дешифрирование. Дешифрирование различных материалов дистанционного зондирования. На изображение влияют даже небольшие изменения изучаемой поверхности (сезонные, погодные, условия освещенности и пр.), а также технические условия измерения, передачи и регистрации данных. Поэтому причины (зачастую случайные), которые обусловливают формирование образа при анализе одного космического снимка, могут отсутствовать при анализе другого. При этом некоторые структуры земной коры регистрируются на единичных снимках. Излишне критическое сравнение такого снимка с другими может привести к потере важной информации.

Дешифрирование в две, или три руки – заключается в изучении территории независимо несколькими исполнителями с последующим обсуждением результатов.

Дешифрирование контрольных участков в крупном масштабе. Обычно при этом удается распознать те ландшафтные индикаторы, которые формируют фоторисунок и фототон и сделать предметное и доказательное заключение о вещественной природе фотоаномалии.

Выявление системной упорядоченности объектов дешифрирования. Этот метод заключается в проверке моделей космических изображений на «логическую прочность». Объекты дешифрирования должны составлять связную совокупность (систему), имеющую геологический смысл.

Сопоставление с резервными геолого-геофизическими материалами (эталонами) - ретроспективный анализ.

По отдельности каждый из способов косвенной проверки не гарантирует полной достоверности результатов дешифрирования, и не претендует на это, но, примененные комплексно, они могут существенно повысить его надежность.

Контрольные вопросы к 18.4.3.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

18.4.4. Условия дешифрируемости

В зависимости от обнаженности территории делятся на открытые, полуоткрытые и закрытые.

Дешифрирование открытых территорий. Открытыми называются территории, на которых горные породы в значительной степени обнажаются непосредственно на поверхности Земли. Они обычно наиболее благоприятны для изучения. На снимках таких территорий, как правило, отчетливо и непрерывно видны отдельные слои пород, отличающиеся цветом или формами рельефа. Относительно более прочные породы часто образуют положительные формы рельефа, менее прочные - отрицательные. По расположению следов слоистости на таком снимке опознаются пликативные дислокации, по нарушению сплошности - дизъюнктивные (рис. 18.65).

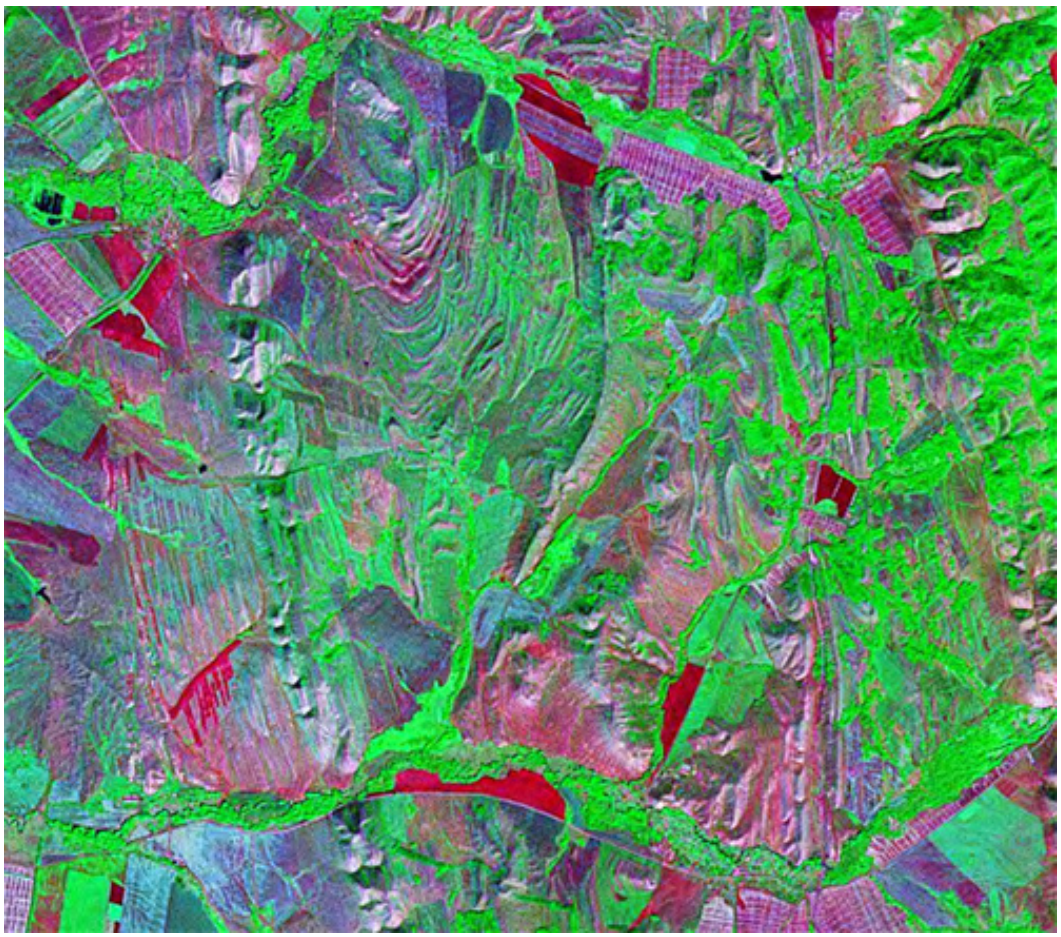


Рис. 18.65. Космическое изображение участка южного Предуралья. Фрагмент Космического снимка Landsat-7

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

По форме выходов и геометрическим соотношениям со слоистыми толщами, характеру трещиноватости (для крупномасштабных аэроснимков) дешифрируются интрузивные породы (рис. 18.66).

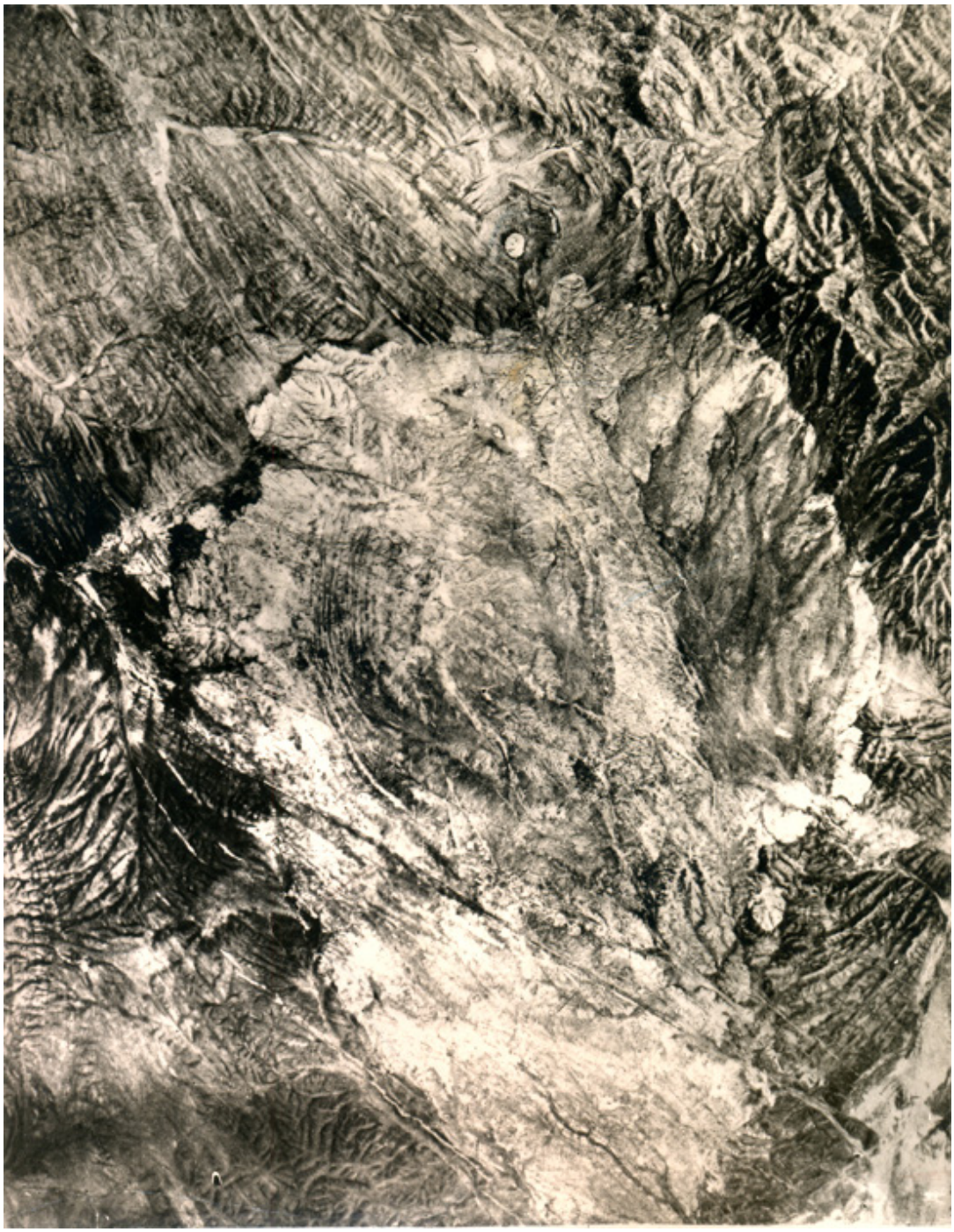


Рис. 18.66. Гранитный массив среди осадочных пород. АФС

Стереоскопическая модель местности в открытых районах может

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

служить объемной геологической картой, на которой не хватает только стратиграфических индексов и элементов залегания пород (которые определяются при инструментальном геологическом дешифрировании). При дешифрировании снимков мелкого масштаба отдельные маломощные слои исчезают для наблюдения, но становятся заметными однородные пачки слоев и свиты. На мелкомасштабных снимках различимы не мелкие дизъюнктивные дислокации, а большие разломы, не маленькие складки, а крупные, соразмерные масштабу изображения.

Дешифрирование полузакрытых территорий.

Полузакрытыми называются территории на которых обнажения горных пород разобщены современными осадками, растительностью или толстым слоем почвы. В этих условиях при дешифрировании в значительно большей степени приходится не просто опознавать геологические объекты, а анализировать фотоизображение. В полузакрытых районах обычно лучше обнажены гипсометрически приподнятые участки, которым отвечают либо выходы относительно более прочных, стойких к выветриванию пород (на аэроснимках), либо неотектонические поднятия (на космоснимках).

В полузакрытых районах опознавать геологические объекты приходится по отдельным фрагментам, мысленно воссоздавая их в целом. Очень важно при этом правильно протрассировать, протянуть выделенные на открытых участках геологические границы через закрытые участки. При таком прослеживании необходимо учитывать изменение рельефа, который является наиболее стойким дешифровочным признаком. При дешифрировании осадочных толщ в полузакрытых районах, важное значение имеют фотомаркирующие горизонты — слои или пачки пород, протягивающиеся на большие расстояния и хорошо выделяющиеся на снимке. Эти горизонты могут выделяться по микроформам рельефа, цвету, формам отдельности, стойкости к выветриванию и любым другим хорошо заметным признакам. Они должны легко отличаться от других горизонтов, расположенных выше и ниже по разрезу или в других фациальных зонах. Очевидно, что при дешифрировании крупномасштабных аэроснимков или мелкомасштабных космических снимков как фотомаркирующие горизонты выступают разные геологические объекты - отдельные слои на аэроснимках и пачки слоев на космоснимках.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Надежность дешифрирования дизъюнктивных дислокаций в полузакрытых районах различна: разрывы со смещением дешифрируются легче, чем без смещения (рис.18.67); сбросы дешифрируются лучше, чем взбросы.

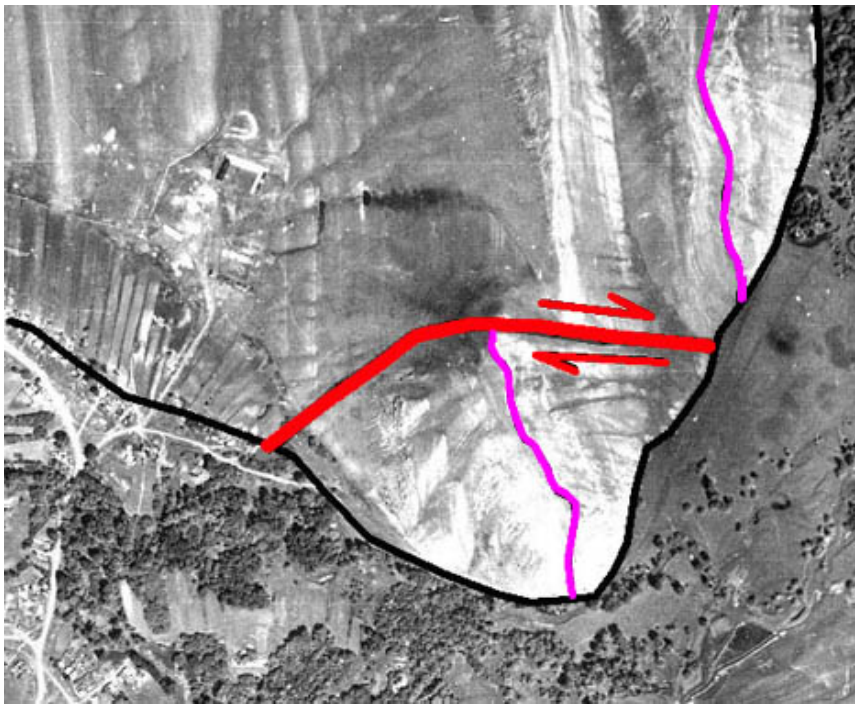


Рис. 18.67. Фрагмент аэрофотоснимка. Правый сдвиг. Южное Предуралье

Пликативные дислокации дешифрируются по изгибам слагающих их слоев. В этом случае важно не спутать видимый изгиб трассируемого моноклинально залегающего слоя при пересечении его со склоном, и истинный изгиб слоев, образовавшийся при пликативной дислокации этого слоя. При работе со стереомоделью отличить моноклинально залегающие слои от изогнутых обычно не составляет труда (рис. 18.68).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 18.68. Фрагмент аэрофотоснимка. Южное Предуралье

При геологическом дешифрировании снимков горных районов надо помнить, что одинаковые объекты будут выглядеть одинаково только на склонах, одинаково ориентированных по отношению к странам света, в одном и том же поясе вертикальной климатической зональности в одной климатической зоне и снятых в одинаковых условиях фотографирования (время, сезон).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Дешифрирование закрытых территорий. Закрытыми называются такие районы, на которых обнажения дочетвертичных горных пород практически отсутствуют, а земная поверхность полностью покрыта современными осадками, мощным слоем почвы, рыхлых осадков, растительностью. Дешифрирование закрытых территорий — процесс значительно более сложный, чем открытых и полузакрытых. Далеко не все геологические объекты здесь опознаются. Но все, что можно отдешифрировать в закрытых районах,— очень важно, потому что для получения геологической информации другими методами (геологическими, геофизическими, буровыми) требуются еще значительное время и средства. Опознавание литологии осадочных пород в таких районах обычно невозможно, кроме особо благоприятных случаев. Например, карстовые углубления в разного рода карбонатных породах часто проявляются в ландшафте большей увлажненностью и, следовательно, пятнами более темного фототона. Иногда, особенно в неблагоприятных для нее условиях, растительность является индикатором литологического состава. Например, в северной части таежной зоны на Сибирской платформе сосновые леса дешифрирующиеся по относительно более светлому фототону и формам теней одиночных деревьев, приурочены, в основном, к выходам песчаников, а еловые — к местам развития преимущественно глинистых пачек. Выходы карбонатных и ультраосновных пород, как правило, сопровождаются угнетением растительного покрова из-за избытка щелочей в почве и т.д.

В закрытых районах при дешифрировании аэро- и космоснимков приходится почти полностью полагаться на анализ связей между геологическим строением территории и теми особенностями ландшафта, которые могут отразиться па поверхности. Иногда это цепочка связанных друг с другом признаков, состоящая из нескольких логических звеньев. Например, в пустынях и полупустынях зоны дизъюнктивных дислокаций часто служат и зонами повышенной циркуляции воды, следовательно, отличаются большей увлажненностью. Вследствие этого, в таких зонах сильнее развита растительность, и на снимках они выражаются узкими полосками более темного фототона (рис. 18.69). Кроме того, область неотектонического поднятия характеризуется более интенсивной речной эрозией, следовательно, глубина врезов рек и ручьев относительно большая, и поэтому на мелкомасштабных космических снимках фоторисунок таких территорий выглядит более зернистым,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

чем окружающий.

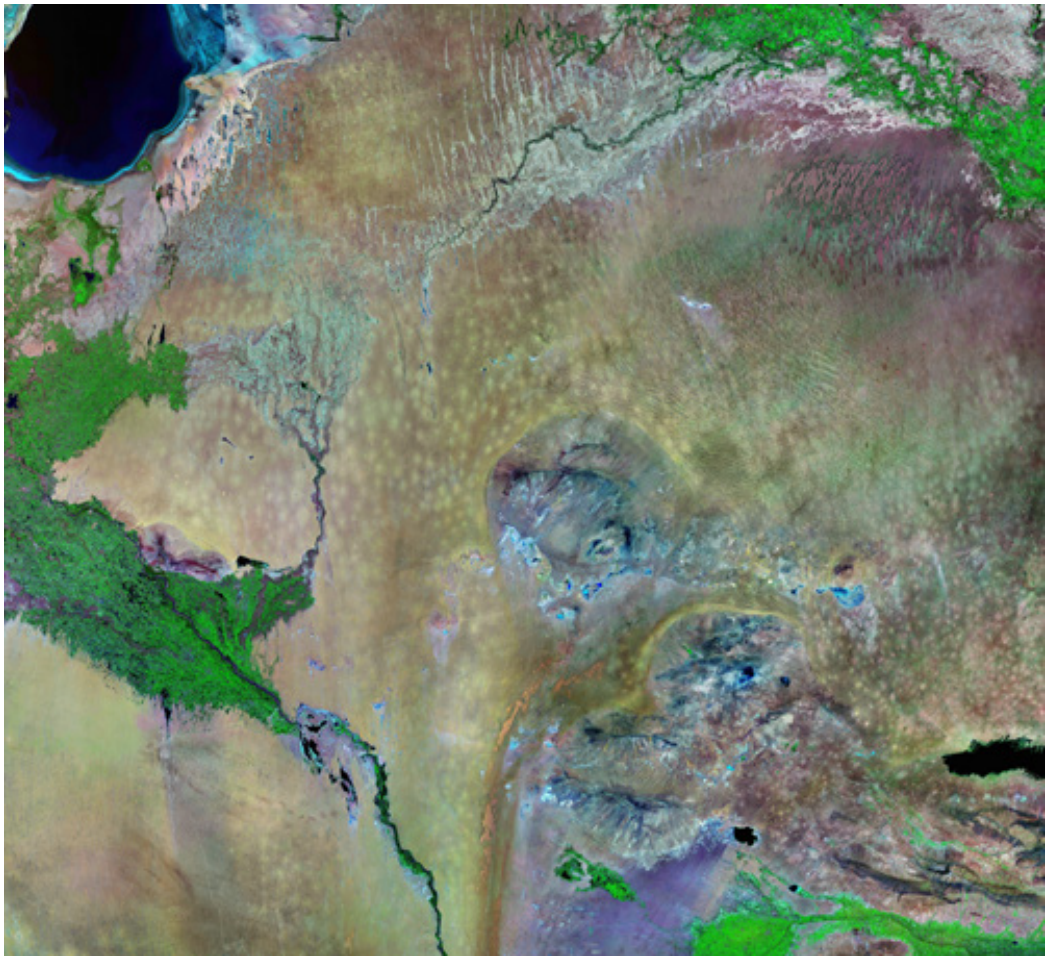


Рис. 18.69. Закрытая территория. Южное Приаралье. Космический снимок Landsat-7.

Общие закономерности связи геологического строения и особенностей фотоизображения имеют исключения. Например, для многих районов области прогибания, которые одновременно являются областями аккумуляции современных осадков, на космоснимках имеют относительно более светлый фототон, потому что осадки обычно светлее горных пород. Но на западной части Предкавказья фотоизображение, соответствующее современной молассе имеет относительно более темный цвет из-за большей увлажненности и, следовательно, более густой растительности.

Дешифрирование акваторий

Геологическое дешифрирование шельфа осуществляют, в основном, так же, как и на суше. Иногда можно распознать

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геологические объекты на аэроснимках до глубины в несколько десятков метров, а при космических съемках — до глубины в 100 - 150 м. Основным фактором, влияющим на глубинность дешифрирования, является прозрачность (чистота) воды. На морском дне, как и на суше, дислоцированные осадочные породы, состоящие из пластов различного вещественного состава, узнаются по полосчатому фоторисунку, отражающему переслаивание пород. Замыкания складок дешифрируются по дугообразному, изгибающемуся рисунку полос. Разломы фиксируются по отобразившимся в виде прямых линий трещинам, по обе стороны которых располагаются области с различным фототоном или фоторисунком.

Подводные грязевые вулканы, которые часто являются спутниками нефтепроявлений, распознаются по концентрическим формам фоторисунка и по выходам газов, отчетливо наблюдаемым на снимках (рис. 18.70).



Рис. 18.70. Подводные грязевые вулканы. Аэрофотоснимок

Одинаковые геологические объекты, отдешифрированные на морском дне, могут иметь различный облик. Как уже отмечалось, прямые линии на фотографиях морского дна часто фиксируют разломы. Иногда вдоль разломов образуются открытые трещины, которые в дальнейшем могут заполниться скоплениями ракушек светлого тона, и тогда на снимках эти линии отобразятся светлым

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

фототоном. Иногда трещины заполняются илом, зарастающим морской травой. Фототон такого разлома будет более темным, чем окружающий. Те же трещины, заполненные каким-либо устойчивым материалом, могут образовать положительные формы рельефа (нептунические дайки). Прямыми линиями на снимках могут отображаться не только разломы, но и, например, следы размывающего действия вихревых движений воды, вызванных вращением винтов судов на мелководьях. Эти следы также часто заполняются ракушками.

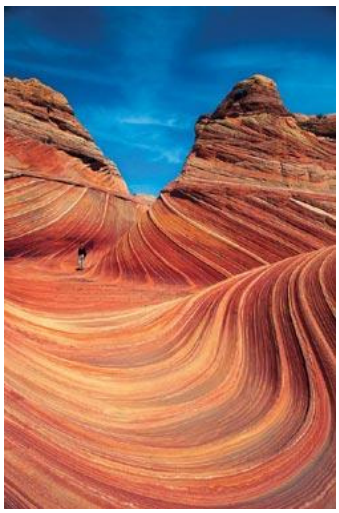
При дешифрировании геологического строения акваторий важно отличать изображение морского дна от объектов, расположенных в толще воды (скопления плавающих водорослей, планктона, продукты выброса подводных грязевых вулканов) или на поверхности воды (блики, нефтяные пятна, тени от облаков, полосы пены). Основным отличием служит то, что объекты на морском дне совершенно не видны при перспективной съемке, в отличие от объектов, расположенных на поверхности вод, Кроме того, эти объекты обычно подвижны, и уловить изменения их местоположения можно сравнивая разновременные снимки. Некоторые из этих объектов очень специфичны. Например, пятна (пленки) нефти на поверхности воды гасят волны, гребешки которых в этом случае не заостряются. Поэтому при сильном ветре участки моря, покрытые пленкой нефти, отличаются более сглаженной поверхностью, отсутствием барашков и часто — бликов. Наличие постоянных пятен нефти вне районов эксплуатируемых месторождений может указывать на нефтеносность пород, слагающих морское дно на данном участке.

На космических снимках шельфа в пределах первых десятков метров разными фототонами выделяются области различных глубин. Для ряда районов, например, Каспийского моря, установлено, что рельеф дна прямо отражает тектоническое строение территории. При глубинах порядка 100 м разломы (фотолинеаменты) — практически единственный поддающийся дешифрированию геологический объект. Контуры, дешифрирующиеся на морском дне, малоконтрастны, поэтому большую помощь при дешифрировании оказывает дополнительная обработка изображений.

Контрольные вопросы к 18.4.4.

Для закрепления материала перейдите в главу 15 и выполните задания и упражнения по геологическому дешифрированию.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 19. Образование и разрушение слоистых толщ

Образование слоистых толщ происходит под воздействием многих факторов. Важнейшими из них являются тектонические, физико-географические и эвстатические*.

19.1. Тектонические факторы образования слоистых толщ

Изменение состава и мощности отложений отражает процессы медленных поднятий и опусканий земной коры, ее колебательных движений. Мощность отложений, как правило, приблизительно отвечает амплитуде прогибаний земной коры. Например, на Русской равнине юрские отложения имеют мощность 300 м, а на северном склоне Кавказа их мощность достигает 3000 м. Это означает, что в течение юрского периода на Русской равнине земная кора прогнулась приблизительно на 300 м, а на Северном Кавказе – на 3 км. Эти числа соответствуют суммарным амплитудам многократных прогибаний, земной коры, когда осадки накапливались, и поднятий, когда они частично размывались.

Когда поверхность земной коры поднимается выше уровня моря и подвергается разрушению агентами денудации, продукты разрушения сносятся в соседние понижения, где они отлагаются зонами: более грубые – ближе к берегу, более тонкие – в отдалении от него. Так образуются зоны, характеризующиеся различным составом одновременных отложений. С изменением скорости поднятия суши и ее очертаний, с появлением новых участков суши и с исчезновением прежних, размещение зон различных по составу осадков меняется – там, где ранее накапливались тонкие осадки, теперь накапливаются грубые, меняется ширина распространения вокруг суши осадков того или иного состава. Эти процессы ведут к изменчивости состава осадочных пород, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Начальные стадии формирования осадочных толщ (ингрессия) и характерные для них формы залегания**.** Представим себе область осадконакопления – пониженный участок водоема, в который сносятся продукты разрушения возвышенной суши и который постепенно погружается. Сначала море (область осадконакопления) занимает пониженные участки рельефа, в первую очередь речные долины. Эта начальная стадия называется *ингрессивной*, а сам процесс – *ингрессией*. Для ингрессивной стадии характерна вложенность перекрывающих пород в понижения и заливы палеорельефа. При этом часто наблюдаются облекание.

Облекание представляет собой плащеобразное перекрытие пологих неровностей рельефа поверхности несогласия вышележащими породами. При этом мощность в понижениях рельефа обычно бывает больше, чем на возвышенностях и вверх по разрезу осадки постепенно выполаживаются и залегание становится горизонтальным. *Прилегание* характерно для крутых форм погребенного рельефа. Наиболее широко оно развито среди прибрежных морских отложений, а также среди аллювиальных образований, заполняющих долины рек и прилегающих к породам, слагающих берега реки. Прилегание может быть как параллельным, так и несогласным (рис.19.1).

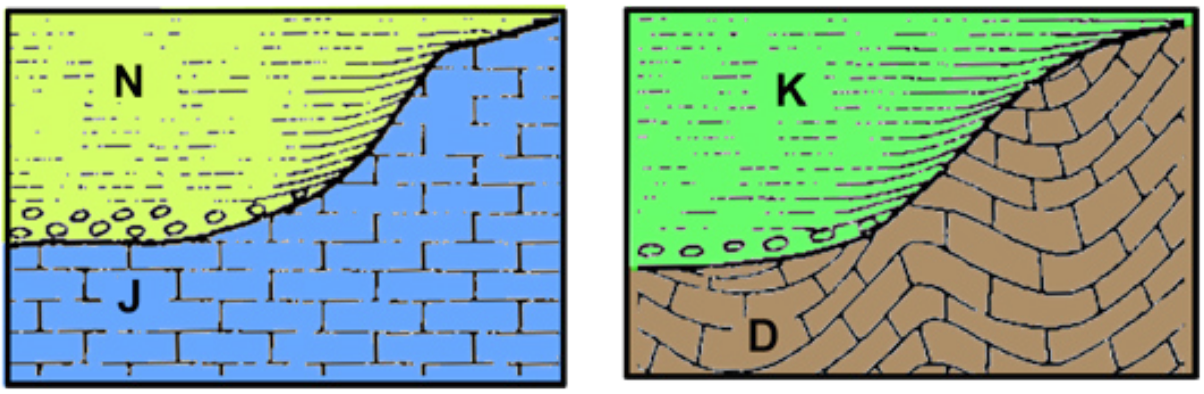


Рис. 19.1. Параллельное (согласное) (слева) и несогласное (справа) прилегания (по Г.Н. Сапфирову)

Трансгрессивное залегание. При дальнейшем погружении бассейна осадконакопления море заполняет все большие и большие пространства – то есть происходит его *трансгрессия,* наступление моря на сушу (рис. 19.2).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 19.2. Схема строения трансгрессивного комплекса. 1 – 5 последовательно накапливающиеся толщи (по М.В. Муратову с дополнениями)

При распространении трансгрессии практически в один и тот же интервал времени вблизи берега отложатся сравнительно грубые осадки – конгломераты, гравелиты. Далее от берега – алевролиты, затем – глины и, наконец, будут оседать известняки. Так формируется ***хронослой***, выделяемый по возрасту осадконакопления (но состоящий из разных по составу горных пород). В случае дальнейшего прогибания земной коры, а следовательно, увеличения области осадконакопления (наступления или трансгрессии моря) во время следующего условного эпизода осадконакопления отложения осадков и последовательность будет та же самая, и они расположатся уже над накопившимися ранее в морском бассейне (рис. 19.3).

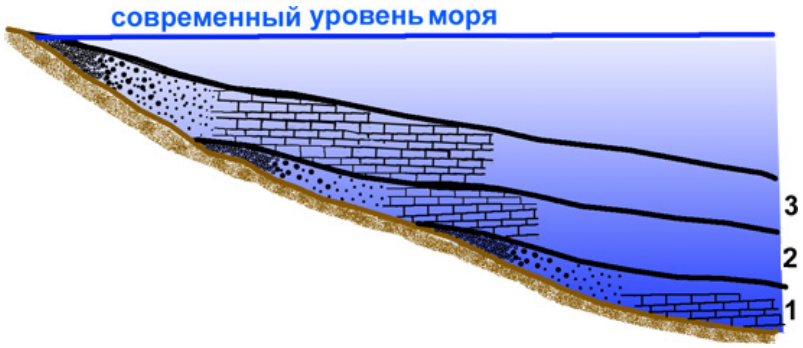


Рис. 19.3. Трансгрессивное залегание. 1 – 3 - хронослои

Таким образом, на поверхности несогласия окажется разновозрастный слой конгломератов, выше – песчаников и т.д. Так формируется ***литослой,*** выделяемый по **составу** пород. Из рисунка видно, что каждый из этих слоев на каждом последовательно взятом отрезке в направлении движения береговой линии будет иметь все более молодой возраст (рис. 19.4).

При этом в разрезе по вертикали будут соседствовать те же фации, что и по латерали, от более грубообломочных внизу к более тонким вверху. Такое залегание называют *трансгрессивным,* а прогибание бассейна осадконакопления - некомпенсированным.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 19.4. Схема размещения фациальных зон и образование слоёв при трансгрессии. Условные обозначения литологического состава пород – стандартные (по Г.Н. Сапфирову с упрощениями)

При трансгрессии (наступлении моря на сушу) равномерное постепенное понижение дна бассейна в результате однонаправленных колебательных движений земной коры приводит к образованию трансгрессивных серий осадочных толщ (рис. 4). Для этих толщ в вертикальном стратиграфическом разрезе характерна закономерная смена грубообломоных пород, залегающих в нижних частях разреза, тонкообломочными и хемогенными осадками в верхней части разреза. В плане развития трансгрессии более молодые осадки всегда занимают большую площадь, чем древние. В центральных частях прогибов (впадин) наблюдается последовательное наложение молодых слоев на древние, а по окраинам прогибов на древнее основание ложатся уже самые молодые породы.

Регрессивное залегание образуется в случае превышения скорости осадконакопления над скоростью прогибания. Береговая линия будет перемещаться в обратном направлении и область осадконакопления – сокращаться (рис. 19.5).

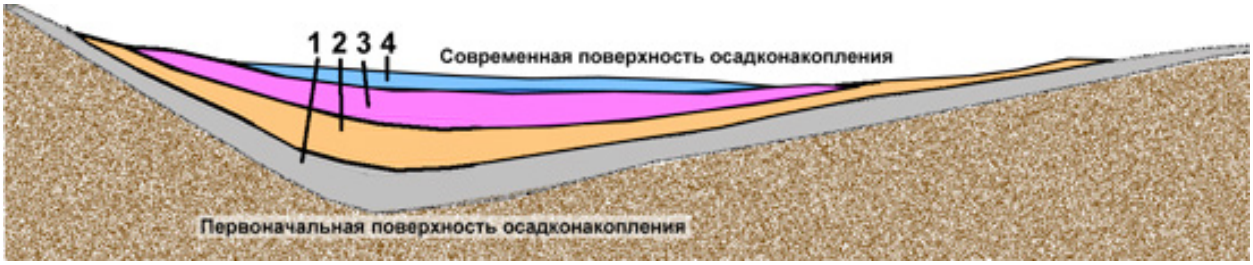


Рис. 19.5. Схема строения регрессивного комплекса. 1 – 4 последовательно накапливающиеся толщи (по М.В. Муратову с дополнениями)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При этом береговая линия будет перемещаться в обратном направлении, в море, последовательность слоев будет обратная (рис. 19.6). Глины перекроются – песками, пески – галечниками. Такое залегание называется *регрессивным*, а процесс отступления моря – регрессией, а в случае заполнения бассейна осадконакопления - перекомпенсированным.

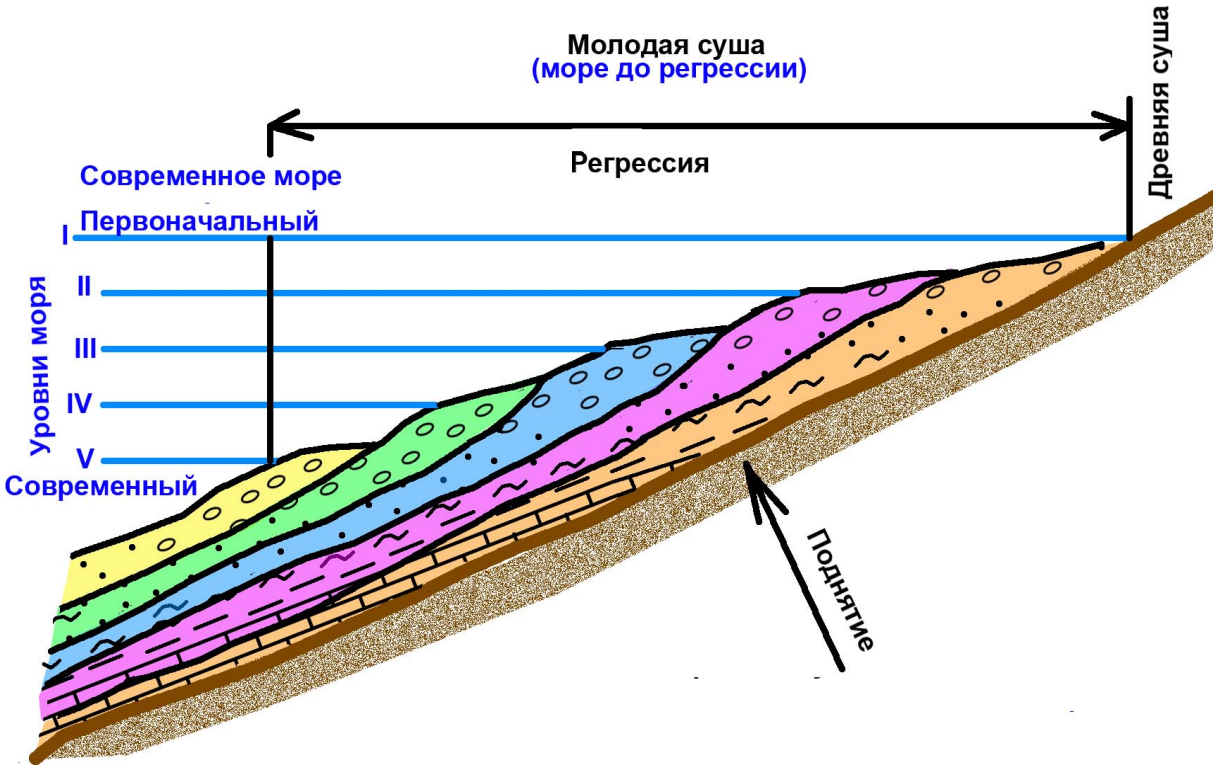


Рис. 19.6. Схема размещения фациальных зон и образование слоёв при регрессии. Условные обозначения литологического состава пород – стандартные (по Г.Н. Сапфирову с упрощениями)

При регрессии (отступления моря с суши) равномерное медленное повышение дна бассейна в связи с вертикальными колебательными движениями приводят к образованию регрессивных серий осадочных толщ. В вертикальном разрезе этих толщ наблюдается обратная последовательность расположения осадков: в низах разреза залегают хемогенные и тонкообломочные породы, а в верхних частях – грубообломочные.

В плане наблюдается последовательное сокращение площади, занимаемой более молодыми отложениями.

Закономерность в последовательной смене фаций была отмечена и изучалась в 60 - 70 годы XIX века Н.А. Головкинским, И. Вальтера, А.А. Иностранцевым. А.А. Иностранцев сформулировал эту закономерность следующим образом:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

«То, что мы видим вертикально напластованным, должно явиться нам с тем же характером в горизонтальном направлении и обратно».

Этот закон позволяет строить модели геологического строения территории при недостающих данных. Говорить о трансгрессивном, или регрессивном залегании можно только про последовательность напластования молодых отложений по отношению к древним.

Несовпадение литослоев и хронослоев – частое явление при трангрессии. Это явление называется *диагональной трансгрессией фаций во времени*. Величина диагональной трансгрессии определяется скоростью прогибания бассейна осадконакопления. На рис. 19.7 приведен разрез, характеризующий изменение возраста фосфоритовых отложений Поволжья с запада на восток и от келловея до кимериджа.

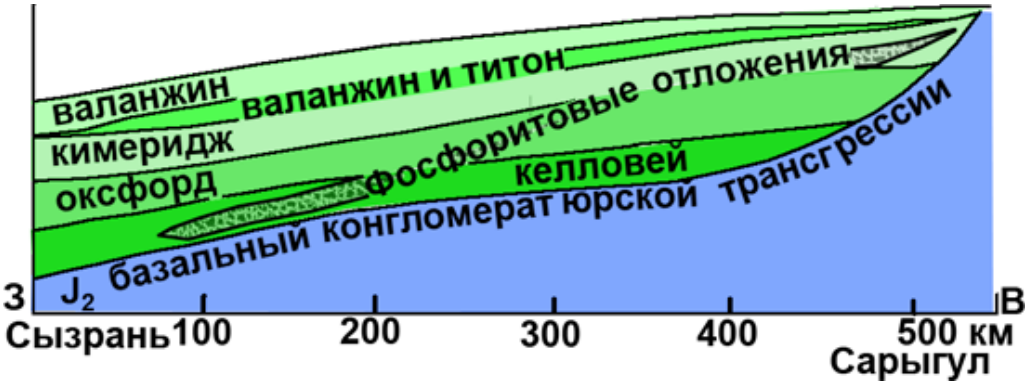


Рис. **19.7. Диагональная трансгрессия фаций.** Изменение возраста фосфоритовых отложений Поволжья (по Г.Д. Ажгирею)

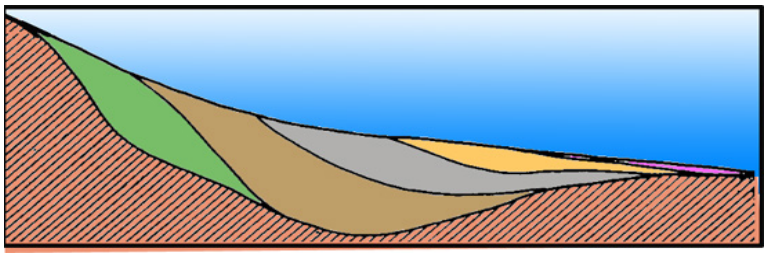
На рисунке видно соотношение хронологических (стратиграфических) и литологических (вещественных) слоев. Первые располагаются по горизонтали, объединяя различные по составу фации, имеющие один и тот же возраст, а вторые – по диагонали, объединяют разновозрастные части одного и того же состава, что обусловлено перемещением береговой линии.

При сопоставлении разрезов отложений в скважинах, очень важно устанавливать различия между хроно- и лито- слоями, и не отождествлять их без достаточных оснований. Очень часто из-за отсутствия возрастной характеристики пород, особенно вскрытых одиночными скважинами, различить петрографические и стратиграфические горизонты не удается, однако недостаточное внимание к диагональной миграции фаций может привести, к неверным выводам в определении стратиграфического положения осадочных толщ в разрезе. Поэтому сопоставление разрезов различных скважин только по литологическому составу, не

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

подтвержденному комплексом руководящих ископаемых, приводит к ошибкам. Опасность ошибиться тем более возрастает, что в настоящее время для стратиграфической корреляции все шире используется расчленение осадочных толщ по геофизическим данным – сейсмостратиграфия.

Миграционное залегание. Рассмотренные схемы являются наиболее простыми, если же прогибание бассейна осадконакопления смещается по латерали, то возникают более сложные соотношения, называемые *миграционными* (рис. 19.5).



19.8. Миграционное залегание (по А.Е. Михайлову)

Периодичность колебательных движений (медленное повышение или понижение дна бассейна) приводит к образованию ритмично чередующихся осадочных толщ.

В понятие ритмичности (по Н.В. Вассоевичу) вкладывается представление о закономерной повторяемости однородных явлений, каждый раз развивающихся в одном направлении. Ритм является мерой равномерной повторяемости одноименных элементов (или событий).

В случае равномерного порядка следований разноименных элементов (например, песчаник – аргиллит – алевролит) следует говорить о цикличности рассматриваемой последовательности.

Цикл – это совокупность закономерно следующих друг за другом различных элементов последовательности. Следует иметь в виду, что понятие цикличности подразумевает ту или иную направленность порядка следования событий, а не вовсе многократную повторяемость (виток спирали – это цикл, а шаг спирали –это ритм). Среди циклов различают двунаправленные и однонаправленные циклы, а также завершенные и незавершенные.

Таким образом, в зависимости от направленности тектонических движений формируются ритмичнослоистые трансгрессивные и регрессивные толщи.

Для закрепления материала перейдите в учебные геологические карты ***приложения 4***, проанализируйте стратиграфические колонки приведенных карт и определите трансгрессивные и регрессивные последовательности отложений.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

19.2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОБРАЗОВАНИЯ СЛОИСТЫХ ТОЛЩ

Накопление осадка зависит не только от положения береговой линии, но и от физико-географических факторов. Например, реки, выносящие огромное количество терригенного материала в морские бассейны, в паводок транспортируют более крупные частицы, чем в межень. Морские течения в еще большей степени влияют на сортировку и отложение терригенных частиц в различных участках морского дна, и смена их направлений будет приводить к изменению состава отлагающихся осадков. Д.В.Наливкин выделяет три типа морских бассейнов, в которых распределение осадков изменяется в зависимости от характера морских берегов и деятельности морских течений.

1. Бассейны со слабым прибоем и без течений, представляющие более или менее обособленные части моря - заливы, лиманы. Отсутствие прибоя связано с тем, что суша в прибрежной части представляет низменность, полого наклоненную в сторону моря и продолжающуюся под уровнем моря далеко (иногда на десятки и сотни километров) в сторону открытого океана. В таком широком мелкоморье, окружающем континент, разрушающая деятельность моря незначительна. Галечники отсутствуют. Зона песков, если и имеется, то крайне узкая и находится у самого берега. На дне моря, даже вблизи берегов, откладывается черный ил, нередко с большим содержанием сероводорода за счет гниения органических осадков и в связи с отсутствием обогащения кислородом протекающими водами. Эти прибрежные илы могут незаметно переходить в глубоководные и часто неотличимы между собой.

2. Бассейны с сильным прибоем и слабыми течениями обычно представляют области нормального распределения осадков, изображенного, описанного в предыдущем разделе.

3. Бассейны с сильными донными течениями. В них нормальное распределение осадков сильно нарушается. Среди площадей, занятых тонким илом, появляются участки, сложенные песками, или обломки ракушек.

Следовательно, в большинстве случаев только по составу пород нельзя определить точно глубину накопления осадков, необходимо учитывать и их мощность и сочетания.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

19.3. СЕКВЕНТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ

Метод изучения осадочных бассейнов и расчленения их разреза, основанный на анализе сейсмических исследований, ГИС, керна и обнажений горных пород и базирующийся на сейсмостратиграфии и циклов П.Р. Вейла (циклах подъёма и опускания уровня Мирового океана).

Анализ сейсмических профилей при изучении стратиграфии и пространственного распределения сейсмофаций (*сейсмостратиграфия*) лег в основу **секвентной стратиграфии секвенс-стратиграфии, сиквенс стратиграфии, (sequence stratigraphy)**. Основополагающую роль при этом сыграл анализ сейсмических профилей пассивных континентальных окраин, на которых видна реальная форма и строение осадочных геологических тел, до этого доступных для исследований лишь по данным буровых скважин и редким обнажениям. В настоящее время модели секвентной стратиграфии широко используются в геологических реконструкциях, часто в терминах, непосредственно заимствованных из английского языка. На русском языке понятия и методология секвентной стратиграфии подробно изложена в работе (Габдуллин и др., 2008).

Данные секвентной стратиграфии позволили реконструировать последовательность глобальных колебаний уровня Мирового океана, что открыло возможности корреляции разнофациальных толщ, расположенных на различных континентах и содержащих различные комплексы окаменелостей. Секвентная стратиграфия позволяет соединить хроно-, лито-, и биостратиграфические единицы. Она дает возможность также восстанавливать структурное положение и взаимоотношение осадочных толщ, их внутреннее строение в пространстве и во времени. В рамках регионального применения роль сиквенс-стратиграфии оказывается связанной с восстановлением литологических особенностей геологических тел, скрытых от непосредственного наблюдения. Подобного типа реконструкции особенно важны в нефтяной геологии.

С помощью секвентной стратиграфии можно расчленить осадочный сейсмический разрез хроностратиграфическими границами, что обеспечивает структурный каркас для корреляции и картирования отложений. Это важно для нефтегазовой геологии потому что зачастую эти границы являются препятствиями на пути

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

флюида. Кроме того, секвентная стратиграфия позволяет предсказать распределение фаций и облегчает детальную корреляцию и картирование отложений

Основной единицей секвентной стратиграфии является *седиментационный комплекс,* который представляет собой трехмерное геологическое тело (рис. 19.9), ограниченное согласными или несогласными поверхностями, генетически связанными с относительными изменениями уровня моря.

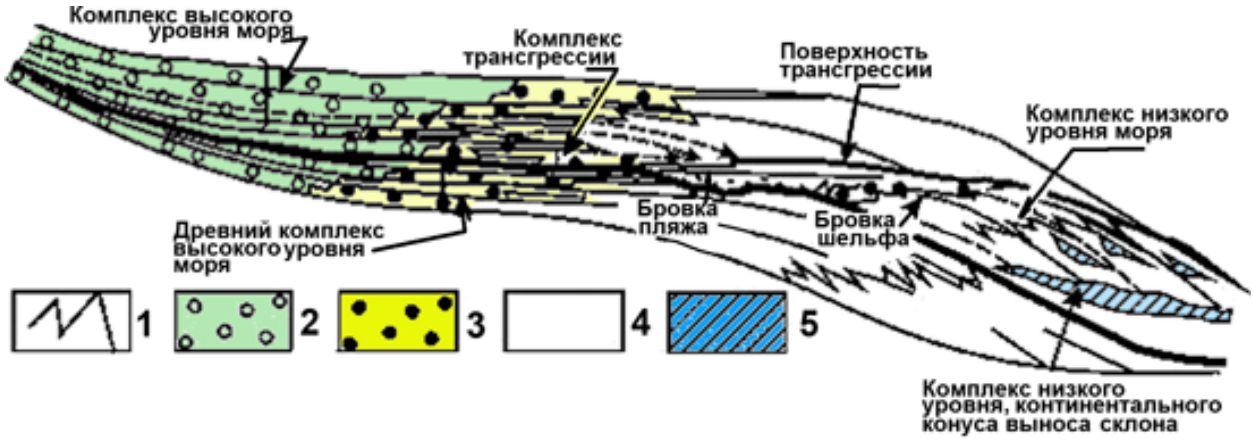


Рис. 19.9. Седиментационные комплексы. Условные обозначения: 1 - фациальные замещения, 2 – песчаники и аргиллиты прибрежной равнины, 3 – мелководно-морские песчаники, 4 - шельфовые и склоновые аргиллиты и тонкие слои песчаников, 5 – песчаники подводных конусов выноса

Осадочные комплексы (сиквенсы) соответствуют 3 - 4 циклам колебаний уровня Мирового океана - Циклам Вейла продолжительность которых составляет от 1 до 10 млн. лет. Их подошву и кровлю определяет регрессивное прибрежное залегание. В осадочном комплексе выделяются системы напластований с низким стоянием уровня моря, трансгрессии, и высокого стояния уровня моря. Кроме того, в седиментационных комплексах выделяются отдельные подкомплексы.

В зависимости от характера подошвы выделяются два типа осадочных комплексов. В первом - основу составляет субаэральная поверхность несогласия, во втором - подводная поверхность несогласия.

Осадочный комплекс второго типа слагают системы напластования внешнего палеошельфа, трансгрессии и высокого стояния уровня моря. Систему напластования низкого уровня стояния седиментационного комплекса первого типа составляют конусы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

выноса склона и котловины, клиноформы (наступающий клин) и заполнения врезанных долин. Система напластования внешнего шельфа седиментационного комплекса второго типа слагается клиноформами от слабодислоцированных до аградационных. Они характеризуются подошвенными налеганиями в сторону суши и моря. Трансгрессивная система напластования слагается конденсированными отложениями.

Таким образом, осадочный комплекс или сиквенс это стратиграфическая единица сложенная относительно согласной последовательностью слоев взаимосвязанных по генезису, ограниченная в кровле и подошве поверхностями несогласия или соответствующими им согласными поверхностями.

Секвентная стратиграфия, в которой анализируются взаимоотношения и формы геологических границ дополняет фациальный анализ, занимающийся породами, их составом и текстурами. В сиквенс-анализе строится модель в виде системы разделенной поверхностями. К главным поверхностям, ограничивающим и разделяющим осадочный разрез, обычно относят поверхность максимального затопления [MFS: maximum flooding surface], поверхность трансгрессии [TS: transgression surface], границы циклов [SB: sequence boundaries.]

Сиквенсы – это региональные стратиграфические единицы, которые охватывают весь бассейн седиментации или его части. Они отчетливо фиксируются в краевых участках осадочных бассейнов и с трудом различимы в его центральных, относительно глубоководных частях. Сиквенсы образуются в результате заполнения осадками определенного пространства [**бассейна осадконакопления**]. Периодическое изменение размеров этого пространства является отражением колебания относительного уровня моря [**relative sea-level**]. Эти колебания в свою очередь определяются эвстазией, тектоникой и объемом поступающей в бассейн массы осадочного материала. В каждом конкретном месте и в каждый конкретный временной отрезок роль этих факторов может быть различной.

Полный осадочный сиквенс состоит из трех частей, именуемых *трактами седиментационных систем* [**system tracts**]. Тракты представляют собой латеральные *фациальные ряды* [**depositional system**], образовавшиеся в различных обстановках седиментации. При этом особо важное значение имеет колебание относительного уровня моря и его положение относительно *бровки шельфа* [**shelf break**]. Каждый системный тракт представлен набором пород,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

связанных с осадочными процессами, которые были активны в различные фазы колебания уровня моря. Осадки этих систем могут быть рассмотрены как осадочные единицы, которые отлагались синхронно и которые могут быть изображены заключенными между непрерывными поверхностями, распространенными от субаэральных [**sub-aerial**] до субаквальных [**sub-aqueous**] условий (по материалам сайта http://sepmstrata.org).

Последовательности осадков (системные тракты) с стандартными обозначениями следующие (рис.19.10):

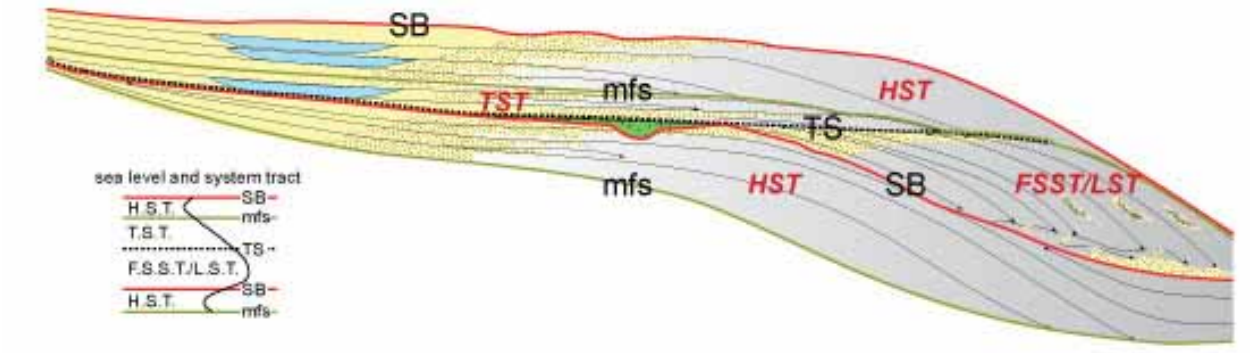


Рис.19.10. Сиквенсы и их некоторые стандартные обозначения

Ранняя фаза тракта низкого стояния [**Early Phase Lowstand System Tract/ EPLST**] характеризуется падением относительного уровня моря, вызванным быстрым эвстатическим понижением и/или тектоническим поднятием, опережающим изменения положения уровня моря (регрессия). Реки врезаются в дно бассейна осадконакопления с образованием несогласной границы или границы цикла, а основная часть осадков концентрируется на береговой линии. Принудительные регрессии **[Forced regressions]**, вызванные отсутствием свободного пространства, вызывающие последовательное отложение осадков вниз по разрезу с образованием проградационных клиноформ над поверхностью, образованной в течение предыдущего трансгрессивного тракта и тракта высокого стояния. Нестабильный склон, образованный быстрым отложением осадков из флювиальных систем [**fluvial system**]. Конусы выноса [**basin floor fans**] сформированы из осадков, перенесенных с границы шельфа, во время быстрой аккумуляции, согласной с принудительными регрессиями. Граница шельфа и склоновый конус выноса [**slope fan**] формируются, когда скорость седиментации и нестабильность склона соответственно замедляются и, таким образом, осадки не перемещаются далеко вниз по склону. Залегание осадков над проградированными (наращивающимися) клиноформами до окончания шельфа. Нижней ограничивающей поверхностью ранней фазы тракта низкого стояния является

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

несогласие и верхняя часть нижележащей части разреза. Эти поверхности формируются различными механизмами и в разное время. Верхняя часть нижезалегающей поверхности залегает непосредственно под проградированными клиноформами принудительной регрессии.

Верхняя часть ранней фазы тракта низкого стояния в теории отмечается начальным залеганием пород над эродированной поверхностью проградированных клиноформ принудительной регрессии.

Поздняя фаза низкого стояния [**Late Phase Lowstand Systems Tract/LPLST**] характеризуется медленным подъемом относительного уровня моря. Осадконакопление теперь отстает от увеличения пространства осадконакопления, в связи с чем, они залегают по краю бассейна. Профиль реки стабилизируется, долины заполняются осадками. Таким образом, тракт низкого стояния уровня моря [LST] формируется при падении уровня моря до наименьшего состояния и осушения шельфа. Основная седиментация происходит за счет быстрого транспорта обломочного материала в область подножья континентального склона (состояние систем трактов низкого раннего стояния **EPLST**). При этом осадконакопление осуществляется в глубоких частях бассейна, где формируются донный конус выноса. Его накопление связано с действием эрозионных каналов на склоне и врезанных долин на шельфе. Склоновый конус выноса **[slope fan**] представлен потоками с обломочным материалом, формирующимися в средней части или ближе к основанию склона. После максимума падения уровня моря, в условиях значительно осушенного шельфа крупномасштабный транспорт обломочного материала с суши приводит к засыпанию области континентального склона в виде *проградации* (продвижения вперед) клиноформных комплексов в основном в области континентального склона и его подножья (состояние систем трактов позднего низкого стояния **LPLST**).

Трансгрессивный тракт [**Transgressive Systems Tract/TST**] характеризуется быстрым подъемом уровня моря, что вызвано опережающим эвстатическием повышением уровня моря над тектоническим поднятием (трансгрессия). Отложившиеся осадки часто состоят из слоев богатых фауной. Характерны низкие скорости седиментации, большая часть территории морского дна подвержена осадконакоплению. Поверхность максимального затопления формируется когда накапливаются мелкозернистые трансгрессивные отложения. Трансгрессивная система трактов [TST] формируется при подъеме уровня моря над бровкой шельфа и условий общей трансгрессии. Осадочный материал откладывается на шельфе, и фронт седиментации движется в сторону континента в виде

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

трансгрессивной серии. TST представлена ретроградационным пакетом парасиквенсов, характеризующим трансгрессию как на шельф, так и на приморскую низменность. В зашельфовой области вследствие дефицита осадков образуется глинистый конденсированный разрез [**condensed-section deposits]**. Подошва этого фронта именуется ***трансгрессивной поверхностью*** [**transrgessive surface]**. Она представляет собой поверхность максимального затопления, которая маркирует начало трансгрессии, выражающейся в смещении береговой линии в сторону суши. Отложения TST характеризуются подошвенным налеганием на границу секвенции в направлении суши и формируют подошвенное прилегание к трансгрессивной поверхности в направлении бассейна.

Тракт высокого стояния [**Highstand Systems Tract/HST**].*HST:* характеризуется медленным ростом уровня моря, сопровождаемым медленным опусканием. Осадки накапливаются быстрее роста объема аккомодационного пространства. Стабилизируются речные профили. Речные долины располагаются вдоль в направлении от края шельфа в сторону суши. Проградированные клиноформы высокого стояния развиваются с аградированными вершинами, которые становятся тоньше вверх по разрезу. При плавном достижении высокого стояния уровня моря наступает состояние ***систем трактов высокого стояния*** [HST]. Море стабильно затопляет шельфы, которые перекрываются осадочным материалом. Основная масса обломочного материала перекрывает шельф и транспортируется к границе шельфа и континентального склона, где формируется система пологих клиноформ проградации шельфовых комплексов в сторону континентального склона.

Осадки максимального затопления шельфа и приморской низменности (*ингрессии*) и коррелятивный им глубоководный конденсированный разрез служат маркирующими горизонтами и реперами при составлении разрезов. Они присутствуют в любых типах сиквенсов, надежно выделяются на сейсмопрофилях и каротаже. Подошва HST является поверхностью максимального затопления территории [MFS]. Этот тракт может характеризоваться одним или более аггрaдационными пакетами парасеквенций, которые сменяются вверх по разрезу парасиквенсами с геометрией проградирующих клиноформ. Парасиквенсы внутри HST трансгрессивно налегают на границу сиквенсов в направлении суши и образуют подошвенное прилегание с кровлей TCT в направлении бассейна.

Существуют обстановки, в которых замедление скорости подъема относительного уровня моря и его стабилизация не сопровождаются осушением шельфа и перемещением осадочного

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

пространства в бассейновую часть. В связи с этим в сиквенсе может отсутствовать типичный тракт низкого стояния LST, а вместо него при наиболее низком положении уровня моря формируется *окраинно-шельфовый тракт* [**shelf-margin systems tract**]. Его формирование происходит в том случае, когда зона затопленного шельфа уже насыщена осадочным материалом, обломочный материал в основном транспортируется в зону континентального склона и к его подножью. Он представлен пакетом парасиквенсов от проградационной до аггрдационной последовательности. При этом его отличие от нижележащего тракта высокого стояния HST не всегда заметно и граница между ними не всегда отчетлива.

Тракт высокого стояния **[HST]** - это верхний элемент осадочного сиквенса, залегающий на подстилающих отложениях трансгрессивного тракта или (в прибрежных частях сиквенса) непосредственно на границе сиквенса. При этом море стабильно затопляет шельфы, которые перекрываются осадочным материалом, и основная масса его транспортируется к верхней границе континентального склона. Именно здесь начинается формирование проградационных систем, направленных в сторону бассейна. HST формируется при замедлении скорости повышения относительного уровня моря за счет того, что поступление осадочного материала с суши существенно превышает скорость приращения площади осадконакопления. HST отвечает высокому стоянию уровня моря и характеризуется регрессивным набором фаций

Кроме того, в секвентном анализе употребляются следующие термины, в общем аналогичные традиционным понятиям:

Парасиквенс [parasequence] - это последовательность слоев, ограниченную поверхностями морского затопления, указывающая на уменьшение глубины осадконакопления вверх [marine flooding surface/MFS]. Парасиквенс представляет собой регрессивную часть цикла.

Поверхность морского затопления [MFS] - это поверхность напластования, вдоль которой фиксируется резкое увеличение глубины бассейна.

Пакет парасиквенсов [parasequence set] - это последовательность парасиквенсов по вертикали, имеющих определенный тип напластования – проградационный, ретроградационный и аггрдационный. Проградационный пакет парасиквенсов направлен в сторону бассейна и носит регрессивный характер, ретроградационный направлен в противоположную сторону

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

и носит трансгрессивный характер, аггрдационный характеризуется стабильным положением береговой линии.

Несогласием [unconformity] в секвентной стратиграфии называется поверхность, разделяющая более древние и более молодые пласты, вдоль которой отмечаются признаки субаэрального эрозионного срезания (а в некоторых местах, коррелирующейся с ним субаквальной эрозии) или субаэральной экспозиции, сопровождающейся значительным перерывом в осадконакоплении, что не противоречит традиционному её пониманию.

В зависимости от характера геометрических соотношений у поверхности несогласия выделяются следующие типы подошвенных и кровельных несогласий, прослеживающиеся на сейсмических профилях:

Эрозионное срезание [erosional truncation] – слои в кровле сейсмофации ограничиваются поверхностью эрозии. Может встречаться в разных позициях в осадочной толще, но чаще всего связано с угловыми несогласиями.

Кровельное прилегание [toplap] – моноклинально залегающие слои в кровле ограничены поверхностью, выше которой слои залегают более полого. Поверхность называется *поверхностью утыкания* [**toplap surface**]. Кровельное прилегание обычно связано с эрозией или перерывом в седиментации.

Налегание или подошвенное налегание [onlap] – прилегание (прислонение) толщи горизонтально лежащих слоев к наклоненной поверхности. Эта поверхность называется *поверхностью прилегания* или *прислонения*. Может встречаться, например, прилегание к склоновой поверхности, прилегание к бортам эрозионных систем, налегание на интрузивное тело и так далее.

Прилегание или подошвенное прилегание [downlap] - несогласие, когда слоистая толща наклонена и книзу утыкается в более пологую поверхность. Эта поверхность называется *поверхностью прилегания* [**downlap surface**]. Прилегание характерно, например, для подошвы клиноформной серии.

Согласное залегание относительно поверхности несогласия [concordance] – такое залегание, при котором верхняя пачка слоев, параллельна нижним слоям.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

19.4. ФОРМАЦИИ, РАЗМЫВЫ И ПЕРЕРЫВЫ

На любом участке Земли каждому моменту времени соответствуют либо определенные горные породы, либо их отсутствие, обусловленное тем, что осадки в данном месте вообще не накапливались (перерывы), либо тем, что хотя и накапливались, но были впоследствии уничтожены (размывы). Осадконакопление и размыв осадков - две стороны одного процесса. П.Ф. Флоренский предлагает рассматривать и классифицировать их совместно, как породные формации и формации-фантомы. Состав, мощность и площадь распространения формаций, так же, как площадь распространения, глубина размыва и направление сноса разрушаемого вещества свидетельствуют о палеогеографических условиях рассматриваемой территории. Площадь распространения характеризует пространство формации и формации – фантомы, а мощность пород или глубина размыва, характеризуют их время.

Классификация формаций представлена на рис. 19.11. По горизонтальной оси (ось пространства) отложены площади распространения породных формаций - справа от нулевой точки, и формаций – фантомов (площади размыва и перерыва) - слева от нулевой точки. По вертикальной оси (ось времени) отложены вверх – прирост мощности стратистферы (мощности осадконакопления), вниз – ее уменьшение (глубина размыва).

На океанических платформах, удаленных от главного источника обломочного материала, накопление и размыв осадков будут очень малы (рис. 19.11, точка 1 и точка 1'). Пример такой породной формации - формация железно-никелевых конкреций. Ближе к континенту обломки разрушающейся суши достигают морского дна, и на океаническом склоне формируются маломощные глинистые формации (рис. 19.11, точка 2,). Мощность осадков еще больше на континентальном склоне (рис. 19.11, точка 3), а в интенсивно прогибающихся желобах мощность формаций может достигать 3-5 км (рис. 19.11, точка 4). Точки на графике образуют непрерывный ряд: от океанической коры к континентальной. Нередко вблизи растущих гор отлагаются мощные формации предгорных и межгорных прогибов (рис. 19.11, точка 5), называемые молассой. А на территориях, которые являются ныне обширными континентальными платформами в эпохи трансгрессий мощности формаций (например карбонатной каменноугольной формации Русской плиты) составляют лишь десятки метров (рис.19.11, точка 6).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В условиях континентальных низменностей размыв или совершенно отсутствует, или невелик (рис. 19.11, точка 7), достигая нескольких десятков метров. Размыв интенсивнее в приподнятых частях платформ (рис. 19.11, точка 8), а там где блоки платформ вовлечены в воздымание, как например в орогенном поясе в Евразии (Тибет, Гималаи), достигает нескольких километров (рис. 19.11, точка 9).

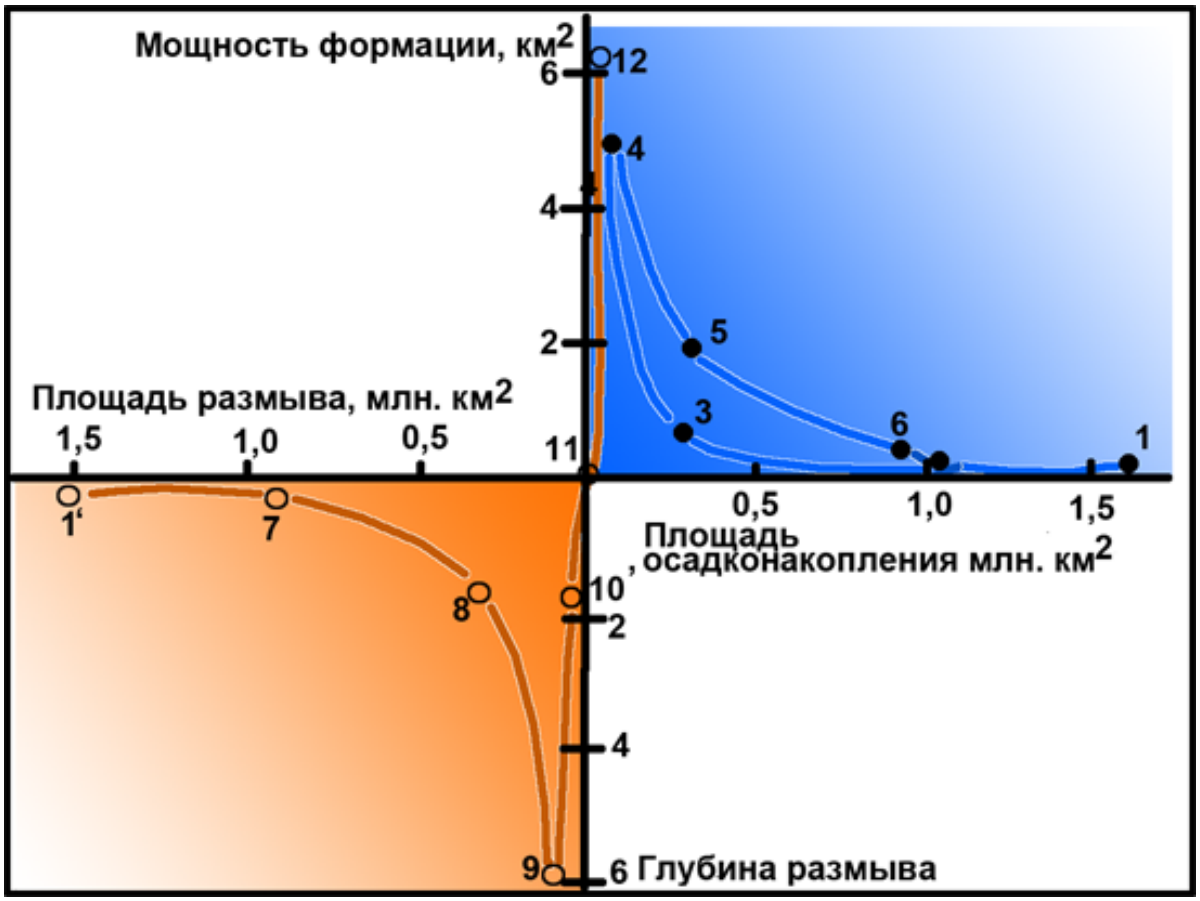


Рис. 19.11. Обобщенная классификация формаций и размывов (по П.В. Флоренскому, 1987) Формации породные: 1 – океанических платформ, 2 – океанического склона, 3 – континентального склона, 4 – впадин платформ и геосинклиналей, 5 – предгорных прогибов, 6 – континентальных платформ. Формации – фантомы: – 1' океанических платформ, 7 – равнинных континентальных платформ, 8 – всхолмленных равнин континентальных платформ, 9 – воздымающихся гор, , 10 и 10' – зон сжатия, 11 – зон сжатия, компенсируемых эрозией, 12 – зон сжатия надвигов и формирования олистостромовых формаций (пояснения в тексте)

Площадь размыва в складчатых областях, отсчитанная по смятой (при складкообразовании), или удвоенной (при надвигообразовании) поверхности, превышает площадь размываемой земной поверхности в 1,5 –2 раза. В районах развивающихся складок, или надвигов, при воздымании рельефа,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

при очень большой интенсивности размыва площадь его ничтожна, и мощность стратисферы остается неизменной, так как размыв компенсируется надвиганием (рис.19.11 точка 11). В геологической летописи от таких районов не останется ничего - ни следов размыва (он компенсируется надвиганием), ни следов надвига (он размоется).

Если размыв лишь частично компенсируется надвигом, то соответствующая такому режиму точка 10 окажется ниже пересечения осей. В районах, где размываются складчатые толщи, размыв в большей, или меньшей степени компенсируется увеличением мощности земной коры за счет смятых пластов. Площадь размыва , рассчитанная по дислоцированной поверхности, превышает площадь по горизонтальному срезу, поэтому соответствующая точка 10' окажется правее вертикальной оси, отражая "отрицательную" площадь размыва. Если формации увеличенной мощности стратисферы не будут уничтожаться размывом, накапливается олистростромовая формация, и соответствующая ей точка 12 окажется выше пересечения осей. В эту же область графика попадают и территории распространения вулканогенных пород.

Размыв и перенос пород в одних местах сопровождается их отложением в других - то, что разрушилось в одних районах, отложилось в других.

Контрольные вопросы 19.4.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 20. Ненарушенное и нарушенное залегание. Напряжения и деформации в горных породах

20.1. Понятие о ненарушенном и нарушенном залегании. Их относительность

Если горные породы с момента своего образования остались в первоначальном положении, не меняли своей формы, такое залегание называют *ненарушенным (первичным).* Если залегание изменялось – *нарушенным*. *Нарушением* или *дислокацией* (лат. dislocato – смещение, выведение из первоначального места) называется всякое отклонение горных пород от их первоначального (первичного, для осадочных пород чаще всего горизонтального) положения. Эти вторичные формы залегания также называются дислокациями или нарушениями (например, складчатое нарушение, пликативное нарушение*).*

Понятия ненарушенного и нарушенного залегания в значительной мере условны. Считаются ненарушенными породы, которые тектоническими движениями подняты со дна морского на дневную поверхность, но сохранили первичную горизонтальность. Ненарушенными также считаются структуры, образовавшиеся в результате процессов, произошедших в осадке в процессе его накопления до начала литификации.

Примерами являются:

Конволютная слоистость, возникающая при стремительном выносе массы осадочного материала в мутьевом (турбидитном) потоке. Конволютность выражается либо в виде мелких гребневидных складочек размером в сантиметры, либо в виде закручивания прослоев внутри слоя, или даже всего слоя целиком (рис. 20.1).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

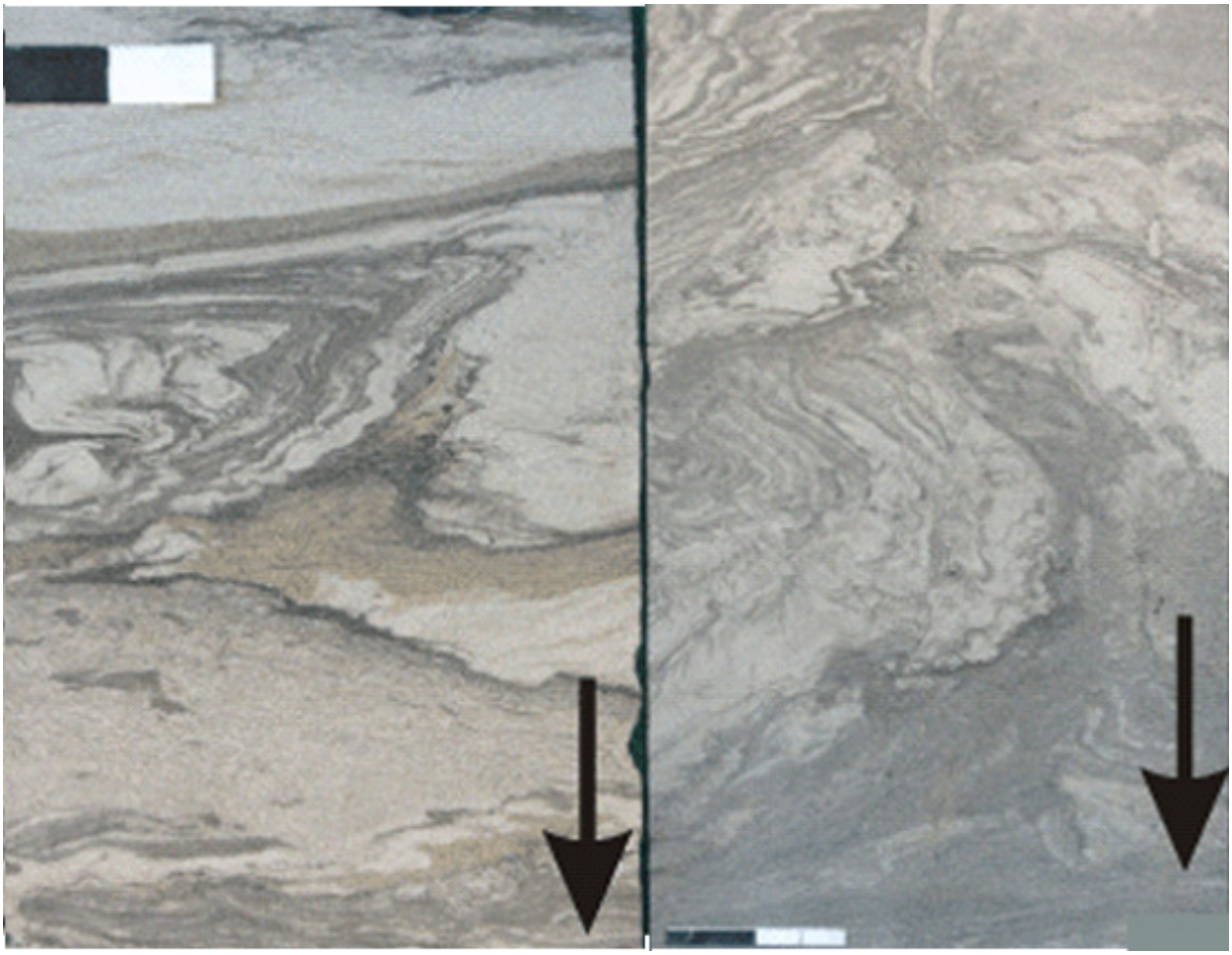


Рис. 20.1. Конволютная слоистость http://edu2.tsu.ru/html/

Адвекция между слоями, возникающая, когда только что образовавшийся слой, еще сохранивший свою текучесть, перекрывается другим слоем, сложенным более тяжелыми осадками, и на границе между слоями возникает *инверсия плотностей,* которая приводит к механической неустойчивости. В результате материал верхнего слоя отдельными «карманами» проваливается в нижний, а осадок между карманами всплывает или выдавливается вверх. В результате граница между слоями сначала становится волнистой, затем в нижнем слое образуются купола, или валы, которые постепенно вырастают и могут превратиться в штоки.

Нарушения могут быть вызваны как тектоническими причинами, так и процессами, происходящими в пластах, и иногда только размер

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

явления позволяет относить его к нарушенному. Так, например, когда адвекция между слоями затрагивает объемы сотни метров, или километры – тогда мы рассматриваем их как нарушенные, например, образование соляных куполов (рис. 20.2), подводное оползание, структуры уплотнения и др.

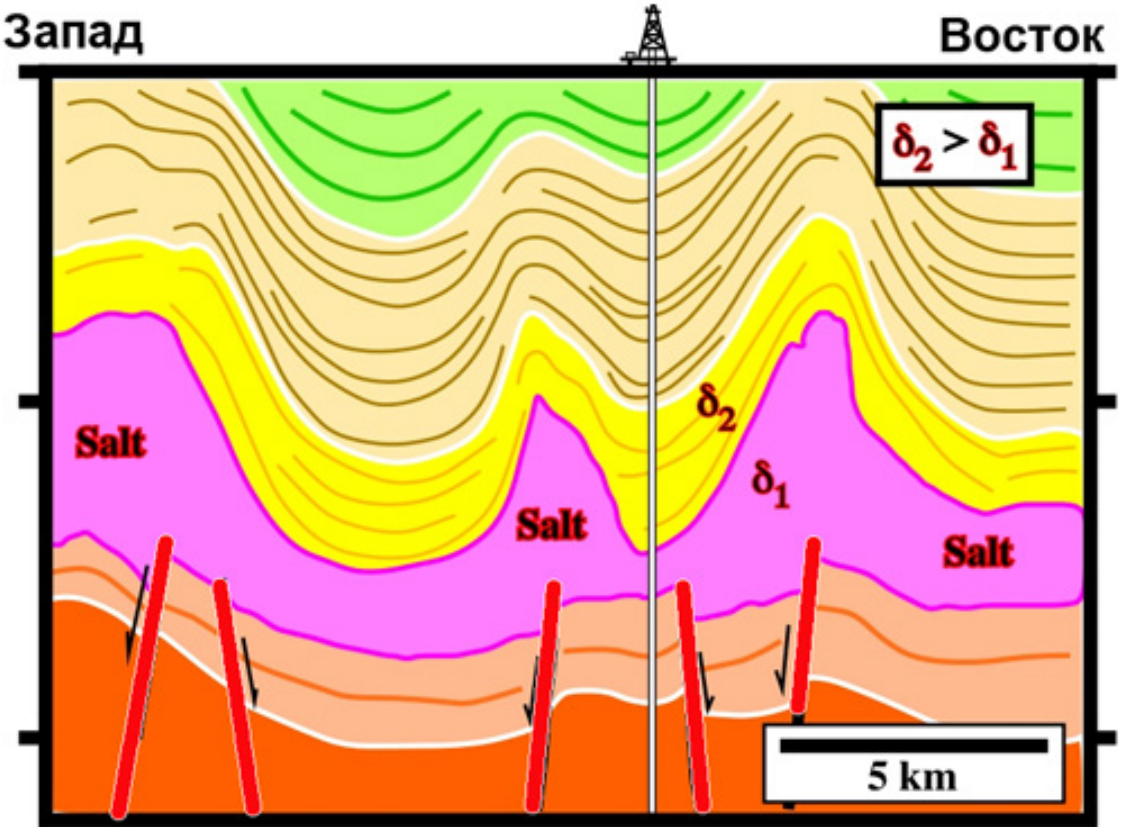


Рис. 20.2. Адвекция, вызванная инверсией плотностей. Плотность соли меньше, чем плотность перекрывающих пород. Участок в южной части Северного моря. http://homepage.ufp.pt/biblioteca/GlossarySaltTectonics/PlatesJPG/Fig.D007A-Density%20inversion.jpg

Подводные оползни, которые в текучих, насыщенных водой осадках образуются при ничтожных углах наклона. При оползании слои сминаются в мелкие сладки, в них образуются небольшие надвиги, слои раскалываются на куски, которые, скользя по склону, перемешиваются. Образовавшиеся впоследствии породы с такой формой залегания называются *олистостромами (рис. 20.3).*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 20.3. Олистостром. Корякское нагорье, долина р. Яканувеем. http://plate-tectonic.narod.ru/koryaknagorio.jpg

- *Структуры уплотнения*, образующиеся в результате неравномерного уплотнения пород. Так при уплотнении пески уменьшают толщину в полтора-два раза, глины – в 10-20, а торф при превращении в уголь – в сотни раз. При этом, в результате неравномерного уплотнения осадков при диагенезе над линзами песчаников среди глин, могут возникать антиклинальные складки (рис. 20.4).

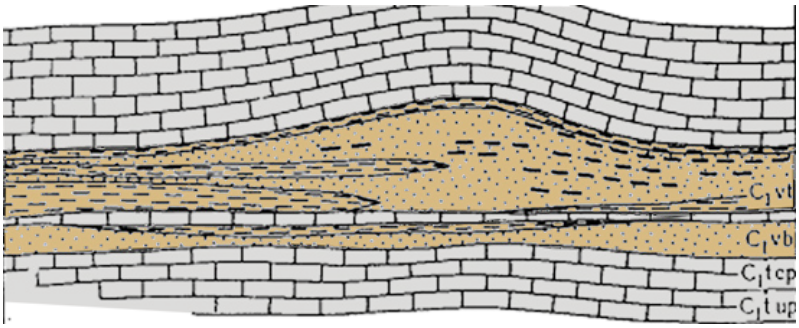


Рис. 20.4. Складка уплотнения в нижнекаменноугольных отложениях в Саратовском Поволжье (по Ю.П. Боброву); 1 - известняки, 2 - песчаники, 3 - глины, 4 - глинистые песчаники

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При клинообразном переслаивании торфа и песка впоследствие при уплотнении возникают структуры "рыбьего хвоста" в (рис. 20.5).

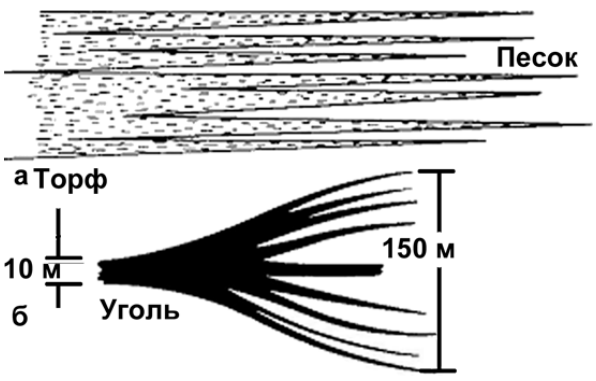


Рис. 20.5. Поперечный разрез расщепившегося угольного пласта Тен Ярд (Англия): а - первоначальное взаимное клинообразное переслаивание песка и торфа сформировавшееся у края болота; б - структура «Рыбьего хвоста» - результат дифференциального уплотнения отложений, подобных изображенным выше. Поперечный размер - 8 км (по Э У Спенсеру).

В структурной геологии для обозначения одновременности накопления осадка и деформации используется понятие *конседиментационных* **-** образующихся одновременно с накоплением осадка и преобразования его в горную породу- структур. Структуры, образовавшиеся после формирования породы называются *постседиментационными.*

Еще больше условностей возникает при выделении первичных и вторичных форм залегания в интрузивных породах. Застывание магмы происходит не сразу, она продолжает двигаться и кристаллизоваться, находясь в полутвердом состоянии, и возникающие деформации фиксируются во внутренней структуре кристаллического массива.

Еще одна условность связана с наклонным залеганием. Иногда его относят к ненарушенному (потому, что структура не меняет ни формы, ни размеров), иногда - к нарушенному (потому что породы изменили свое первоначальное положение) залеганию. Кроме того, наклонно залегающие слои, при рассмотрении их в более мелком масштабе, зачастую оказываются крылом либо флексуры, либо складки, либо они первоначально отложились на склоне.

Признаки ненарушенного залегания. Горизонтальная эта форма залегания является главным признаком при диагностике ненарушенного залегания осадочных пород. Но иногда встречается и *первично негоризонтальное залегание осадочных пород*. Они встречаются, например, среди речных

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

отложений на склонах долин. Первично негоризонтальное залегание образуется на краях рифовых массивов, формируя прилегание или при выравнивании неровностей рельефа дна бассейна осадконакопления, формируя облекание. Первичные наклоны обычно сохраняются в пределах очень ограниченных стратиграфических интервалов и на незначительной площади, и вверх по разрезу и по площади они быстро сменяются горизонтальным залеганием.

Другой признак – микроскопический. При первично негоризонтальном залегании плоские чешуйки минералов (главным образом слюды), ориентированы горизонтально. Тогда как при вторичном – параллельно поверхности напластования.

В результате нарушений развиваются складчатые и разрывные структуры. Складчатостью охвачена практически вся толща земной коры и лишь в верхней части платформенного чехла она на значительном пространстве может отсутствовать.

Основные процессы складкообразования связаны с напряжениями, вызываемыми эндогенными причинами; так формируется эндогенная складчатость. Изгибы в слоистых толщах самой верхней части коры, имеющие сходство с эндогенной складчатостью, образуются иногда и под воздействием экзогенных процессов; это экзогенная складчатость. Разрывные структуры в горных породах распространены значительно шире складчатых. Трещинами (разрывами без смещения, диаклазами) подвержены почти все горные породы, за исключением слабо уплотненных и сыпучих. Раньше считалось, что разрывы со смещениями (параклазы) развиты избирательно и сконцентрированы главным образом там, где присутствует интенсивная складчатость. Однако на космических а аэроснимках, как правило, можно видеть развитую практически повсеместно сеть разломов, разбивающих земную кору на систему блоков.

Иногда складки и разломы развиваются изолировано, но чаще они образуют взаимно связанные системы, а бывают случаи, когда на одном уровне изучения мы видим разрывы, а на другом – складки, в одних слоях – разрывы, в других складки в одной и той же толще.

Контрольные вопросы к 20.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

20.2. НАРУШЕНИЯ, ИХ ПРИЧИНЫ. ВИДЫ НЕТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Нарушения происходят под действием сил, приложенных к горной породе, – либо к поверхности некоторого ее объема (поверхностные силы), либо к каждой частице внутри породы (объемные силы). Объемными силами являются, например, сила тяжести, перепад давлений.

В большинстве случаев нарушения вызываются тектоническими движениями, и их называют тектоническими, или просто нарушениями. Если же нарушения вызваны другими причинами, происходящими на поверхности Земли – движениями масс ледника (гляциодислокации), оползнями (оползневые нарушения), прогибами слоев над карстовыми пустотами (провальные дислокации) или с процессами, происходящими внутри самой породы, их называют *нетектоническими*. При изучении происхождения конкретных структур, это разделение часто также бывает условным. Например, при переходе ангидрита в гипс объем увеличивается на 60%. Слой образовавшегося гипса, не помещаясь на прежней площади, сминается в складки (рис. 20.6). Увеличение объема и образование, в связи с этим, мелких складок и надвигов происходит и в глинах при их обводнении.

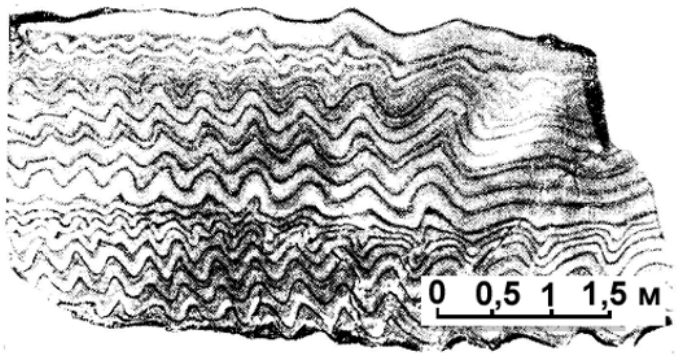


Рис. 20.6. Складки, образованные в результате увеличения объёма при переходе ангидрита в гипс. Пермские отложения. Штат Нью-Мексико, США (по Ф.Дж. Петтиджону)

Уменьшение объема магматических пород происходит при их остывании. Объем осадочных пород уменьшается при высыхании, диагенезе и растворении, в результате чего образуются первичные *трещины отдельности.* С уменьшением объема осадка при

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

диагенезе (рис.20.7), как полагают некоторые исследователи, связаны *стилолиты*. Но эта точка зрения не является общепризнанной.



Рис. 20.7. Стилолиты в известняках. Кавказ. http://www.ammonit.ru/upload/

Отдельную группу составляют нетектонические деформации, вызванные действием многолетней мерзлоты – *гидролакколиты* (мерзлотные бугры) и ледников *ледниковые отторженцы, гляциодислокации* (складки в слоях, подстилающих тело ледника) (рис. 20.8а).

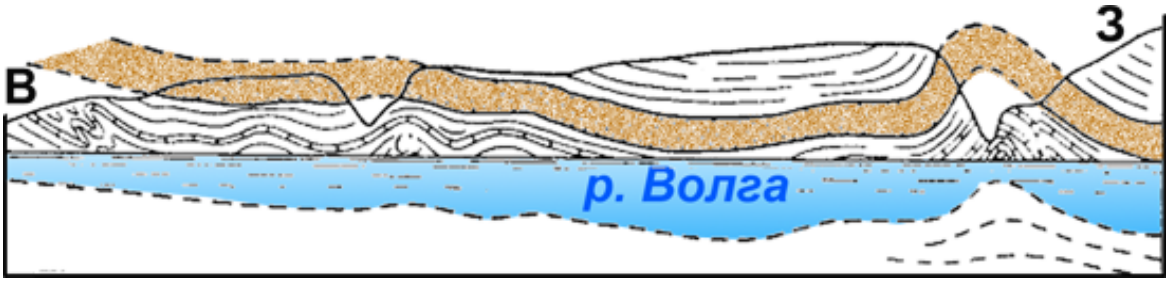


Рис. 20.8а. Гляциодислокации. Днепропетровская область. Гляциодислокации горы Калитвы. http://www.photoukraine.com/i/articles/Pridneprovskaya

Встречаются также складки, связанные с *неравномерной нагрузкой*. Такие хорошо выраженные крупные складки описаны в красных глинах пермского возраста, обнажающихся в разрезе правого берега Волги близ г. Чебоксары (рис. 20.8б). Эти складки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

приурочены к долинам и исчезают по направлению к водоразделам. Они являются результатом выжимания глин из-под водоразделов, где глины находятся под большой литостатической нагрузкой, в сторону долин, вдоль которых эрозия значительно уменьшила нагрузку.



20.8б. Поверхностные складки в пермских отложениях, образованные выжиманием пород в долины (по В.В. Бронгулееву).

Нетектонческие синклинальные складки и провальные дислокации образуются в результате проседания слоев над карстовыми воронками. Такие складки встречаются, например, на Южном Урале в карбонатно-гипсовых отложениях нижней перми (рис. 20.9).



Рис. 20.9. Синклинальная складка, образованная слоями гипса над карстовой воронкой. Башкортостан. Фото А.В. Мацеры

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Еще одним примером может служить изгибание крутопадающих слоев вниз по склону под действием оползающих почв (рис. 20.10).



Рис. 20.10. Загибание слоёв в результате их оползания вниз по склону. Пермские породы. Южное Предуралье.

К нетектоническим дислокациям относят также космогенные структуры - *астроблемы* (греч. астра - звезда, блема - болячка, рана) являющиеся следами падения метеоритов. Подробно о них рассказано в ***8.2.5 – астроблемы***. При этом надежно диагностируются только относительно недавние следы падения метеоритов, характерные особенности которых не разрушены эрозией. Предполагается, что в доархейскую эру, когда земная атмосфера была еще тонка, метеориты пробивали относительно непрочную земную кору, формируя так называемые «нуклеары» - крупные изометричные образования в видоизмененном виде дошедшие и до наших дней. Примерами могут служить Мексиканская и Прикаспийская синеклизы. Этот догеологический период в истории Земли иногда называют лунной стадией.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При инверсии плотностей возникают *диапировые складки*, которые обычно относят к тектоническим структурам, хотя их происхождение обусловлено не внешними по отношению к структуре тектоническими силами, а процесами, происходящими в самих слоях. Эти структуры уже рассматривались при описании складок адвекции.

Особую группу составляют *вулкано-тектонические структуры* – нарушения, возникающие в теле вулканического аппарата в результате изменения давления в магматическом очаге или магмовыводящих каналах, а также под влиянием избыточной нагрузки магмы, выведенной из вулканического очага. Разгрузка магматического резервуара приводит к проседанию кровли со всей вулканической постройкой. Так образуются кальдеры – округлые, овальные, угловатые впадины на вулканах.

Сейчас человек стал заметной геологической силой, совокупные действия которого на геологическую среду называются *техногенезом.* Структурно-геологические последствия техногенеза состоят в нарушении естественного геостатического поля в связи с проходкой горных выработок, извлечением больших объемов горных пород, нефти, газа и воды, изменения рельефа при строительстве инженерных сооружений. В результате над горными выработками происходят обрушения горных пород и образуются провалы и воронки, которые могут достигать глубины нескольких десятков метров. Региональные обширные опускания территории (до 10 м) возникают в результате снижения пластовых давлений при откачке из них флюидов и газов. Например, обширное проседание с амплитудой около 1 м отмечено в районе нефтедобычи в Техасе. В Калифорнии (Уилмингтон) проседание достигло 8 м, что привело в 1957 г. к разрушению зданий и мостов. Откачка подземных вод в г. Мехико привела к оседанию поверхности почти на 9 м, а в Москве - на 2 м. В результате интенсивного откачивания флюидов из недр происходят не только интенсивные локальные прогибания земной коры, достигающие 20 см в год, но и формируются разрывы и трещины, размером до сотен метров длиной [В.В. Ершов, с.305]. В результате мощных взрывов и закачки промышленных стоков в пласты, эксплуатации крупных водохранилищ и месторождений углеводородов могут возникать сейсмические сотрясения и разрывы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Наконец, накопленные в результате антропогенного воздействия на недра напряжения «разряжаются» при отдаленных землетрясениях. Так, например, землетрясение в Охотском море летом 2013 года привело в Кузбассе к сейсмическим толчкам силой в 1,5-2 балла и деформациям земной поверхности (рис. 20.11).



Рис. 20.11. Деформации и провалы в Кузбассе как «эхо» землетрясения в Охотском море лета 2013 года (http://www.kuzrab.ru/upload/medialibrary)

Нетектонические деформации проявляются в приповерхностном слое и, как правило, связаны с рельефом. Они обычно не захватывают глубинных горизонтов земной коры, поэтому непосредственно не связаны с длительной геологической историей территории. Чаще всего такие дислокации изучаются не структурной геологией, или тектоникой, а инженерной геологией, геокриолитологией и другими прикладными геологическими науками.

При отнесении деформаций к тектоническим, как указывал В.В. Белоусов, главное внимание следует уделять охвату того или иного объема земной коры данной деформацией, глубине ее проникновения, наличию связи с общими закономерностями развития структуры земной коры в данной области, длительностью развития.

Контрольные вопросы к 20.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

20.3. ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ

Все структурные формы земной коры, кроме первичного, ненарушенного залегания, образуются в результате остаточных деформаций.

Деформацией тела называется изменение его формы и размеров

При деформации тела происходит изменение взаимного положения слагающих его частиц. При этом геологические тела меняют форму и объем – они сжимаются, вытягиваются, изгибаются, или разламываются. Часто все это происходит одновременно. Деформация происходит в результате возникающих в любом теле, в том числе и в горной породе, напряжений.

Напряжения – это внутренние силы, уравновешивающие приложенные внешние силы (тектонические, гравитационные). Деформация проявляется при перемещении частиц среды друг относительно друга. Если геологическое тело находится в обстановке всестороннего равномерного сжатия или растяжения, оно не меняет своей формы, хотя в нем возникают объемные деформации, изучаемые в курсе геофизики. Значение для деформаций, изучаемых в структурной геологии, имеет исключительно векторная разность возникших в теле напряжений, называемая *стресс.*

При изучении любой структуры возникает вопрос о механизме ее образования и ориентировке в земной коре сил, вызвавших ее. И если сама деформация вызвана внешними силами, то характер протекания процесса деформирования и разрушения горной породы обусловлен внутренними силами, или напряжениями. Он зависит от физико-механических свойств массива пород, его строения и наличия в нем неоднородностей.

Деформации и разрушение горных пород – это частные случаи деформации и разрушения твердых тел, которые изучаются механикой сплошной среды. Сплошная среда – это упрощенная модель реального тела. В этой модели принимается, что вещество

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

однородно и изотропно, то есть непрерывно и равномерно распределено по объему. Такое представление о сплошной среде позволяет считать, что выделенный около произвольной точки сколь угодно малый объем содержит вещество, наделяемое средними физико-механическими свойствами, и одновременно позволяет следить за местоположением и перемещением данной точки в процессе деформации. Модель сплошной среды, строго говоря, не соответствует строению реальных геологических тел, которые состоят из кристаллов, зерен или глыб (в зависимости от масштаба рассмотрения). Например, описывая как сплошную среду песок, мы не принимаем во внимание его зернистое строение. Хотя методами механики сплошной среды нельзя описать движения отдельных песчинок при деформации массива песка, для объемов, содержащих большое число песчинок, эта модель оказывается пригодной. Такую модель можно использовать, если размеры тела значительно (не менее чем в 10 раз) превышают характерные размеры структурной неоднородности среды.

При любых однородных деформациях тела существуют такие три взаимно перпендикулярных оси, вдоль которых происходит только деформация удлинения или укорочения и угол между которыми в процессе деформации не меняется. Если представить себе все напряжения, возникающие в однородном теле (объеме) в виде радиус-векторов, то в совокупности эти векторы образуют поверхность, характеризующую полное напряженное состояние данного объема. В зависимости от характера напряжений это может быть шар (условия всестороннего давления), двух- или трехосный эллипсоид (рис. 20.12).

Взаимно перпендикулярные оси эллипсоида будут лежать в плоскостях, вдоль которых происходят только деформации удлинения - укорочения. Напряжения, действующие вдоль этих осей, называются главными нормальными, а оси эллипсоида – *осями главных нормальных напряжений*. Эти же направления являются главными осями деформаций. В отечественной литературе по тектонофизике растягивающие нормальные напряжения принято считать положительными (они вызывают увеличение длины), а

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

нормальные сжимающие - отрицательными. В зарубежной геологической литературе чаще за положительные принимают сжимающие напряжения. Поэтому во избежание недоразумений лучше говорить не о положительных или отрицательных а о сжимающих и растягивающих напряжениях. Ось наибольшего сжатия принято обозначать символом σ_3, ось наибольшего растяжения - символом σ_1, а перпендикулярную им ось промежуточных значений – символом σ_2.

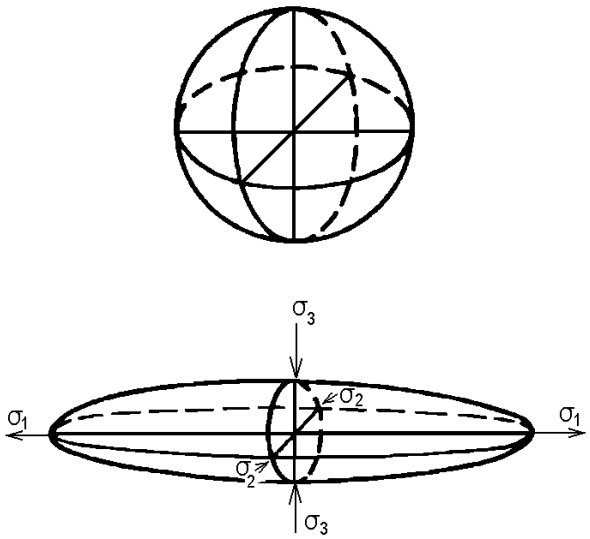


Рис. 20.12. Эллипсоид деформации. Первоначальная форма тела, изображенная в виде шара; эллипсоид, в который превратился шар после деформации. Оси эллипсоида - главные оси деформации (по В.В. Белоусову).

Напряжения сжатия и растяжения существуют в деформируемом теле одновременно и направлены в различные стороны. Поэтому нельзя говорить просто о структурах сжатия или растяжения. Всегда следует указывать ориентировку в земной коре соответствующих осей напряжений при формировании структурных форм.

В любой плоскости внутри эллипсоида деформаций, не совпадающей с плоскостями главных нормальных осей, напряжения разделяются на перпендикулярные к этой плоскости нормальные (σ) и тангенциальные, или касательные (τ), напряжения, направленные вдоль плоскости. В плоскостях, вдоль которых действуют главные нормальные напряжения, тангенциальные равны нулю. Наибольшими

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

тангенциальные напряжения будут вдоль двух взаимно перпендикулярных плоскостей, расположенных под углом 45° к осям σ_1 и σ_3 (рис. 20.13).

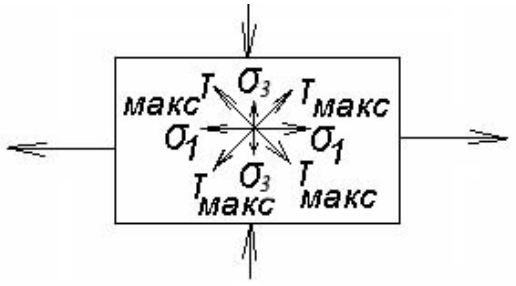


Рис. 20.13. Схема расположения максимальных нормальных и касательных напряжений при двуосном растяжении (по В.В. Белоусову)

Характер и ориентировка структур, возникающих в земной коре, в первую очередь, зависят от характера и ориентировки осей возникающего эллипсоида напряжений. При шарообразной поверхности напряжений (всестороннее сжатие или растяжение) структурные формы не образуются. Двухосный эллипсоид характеризует очень активное сжатие или растяжение и связанное с ними выжимание или нагнетание материала. Например, в таких механических условиях образуются диапировые структуры, происходит внедрение магмы и другие инъективные процессы. Трехосный эллипсоид напряжений характеризует наиболее частую ситуацию в земной коре и отвечает условиям формирования почти всех структур – разломов и складок. Характер и ориентировка этих структур однозначно зависят от ориентировки осей главных нормальных напряжений σ_1, σ_2 и σ_3.

По характеру и месту приложенных внешних сил все виды деформаций можно рассматривать как комбинации следующих простых видов – однородных – сжатие, растяжение и сдвиг (срез) и неоднородных – изгиб и кручение (рис. 20.14).

Иногда деформации сжатия и растяжения считают одной и той же деформацией, только с разными знаками.

В геологии мы практически всегда имеем дело только с неоднородными деформациями, самой обычной из которых является изгиб, приводящий к образованию всех видов пликативных дислокаций в слоистой среде.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

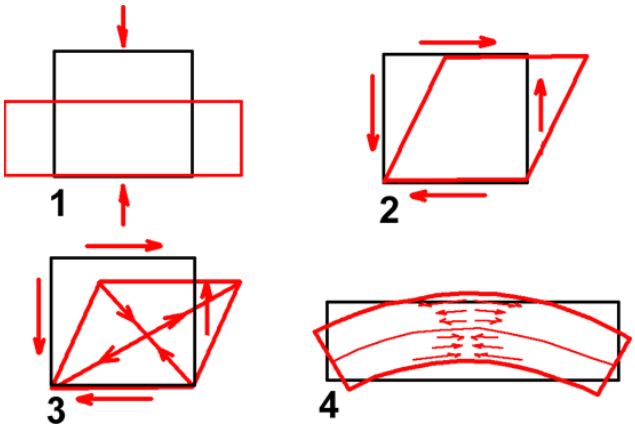


Рис. 20.14. Простые виды нагрузок и деформаций твердого тела. Однородные деформации: 1 - растяжение *и* - сжатие, *2* - простой сдвиг, *3* - чистый сдвиг, (внутренними стрелками показаны укорачивающиеся и удлиняющиеся диагонали первоначального квадрата). Неоднородная деформация *4*- изгиб (по В.В.Белоусову с упрощениями)

Из неоднородности деформации следует, что в различных частях тела ориентировка и величины деформаций различны, и результат анализа деформаций во многом зависит от того, с какой детальностью мы рассматриваем объект структурного исследования (рис. 20.15).

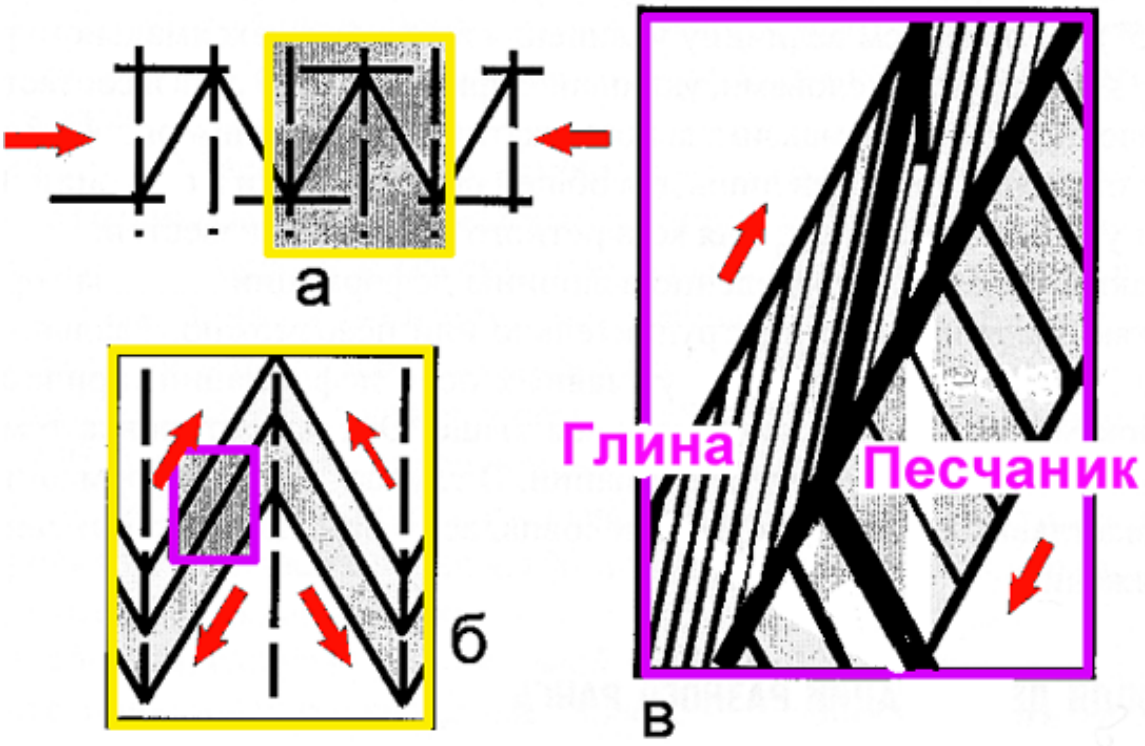


Рис. 20.15. Различия поля деформаций в геологических объектах разного ранга: однородные - а и б, неоднородные - в (по М.А. Гончарову и др., 2005)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При слабых воздействиях на геологические тела в них возникает упругая деформация, развивающаяся в соответствии с законом Гука. Предельно достигаемые упругие деформации в реальных геологических телах не превышают 0,1 %. Такие деформации невозможно заметить невооруженным глазом. Длительные или более сильные напряжения, вызывают пластическую деформацию – необратимое смещение слагающих твердое тело частиц. Когда напряжения возрастают еще сильнее, (превосходят предел прочности), тело разрушается, то есть происходит разрыв связей между его частями. Следовательно, пликативные и разрывные деформации взаимно связаны и являются проявлением единого процесса. Если напряжения ниже предела прочности, но приложены к телу в течение длительного времени, то оно также может испытать пластическую деформацию или деформацию разрыва. Такое свойство тел называется *ползучестью.* Ползучесть играет решающую роль в деформации горных пород, особенно пластических, потому что возникающие в осадочном чехле напряжения, обычно бывают ниже предела прочности осадочных горных пород, зато действуют в течение длительного (геологического) времени.

При пластической деформации тело меняет форму или объем, но не разрывается. В геологии такие деформации и связанные с ними структуры называются *пликативными, связными или складчатыми* (plico - по латыни – складка). Если тело разрушается (образуются разрывы, перемещаются разобщенные друг относительно друга блоки), говорят о *разрывных* или *дизъюнктивных* деформациях (дислокациях) и связанных с ними структурах.

Разрушение тел может происходить путем *отрыва* или *скалывания.* При отрыве разрыв образуется перпендикулярно главной оси растяжения. При скалывании развиваются две взаимно перпендикулярные трещины, ориентированные под углом 45° к направлениям максимальных сжимающих и растягивающих усилий (совпадающих с направлениями осей главных тангенциальных напряжений). Линия пересечения этих разрывов совпадает с

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

промежуточной осью главных нормальных напряжений (σ_2). (рис. 20.16).

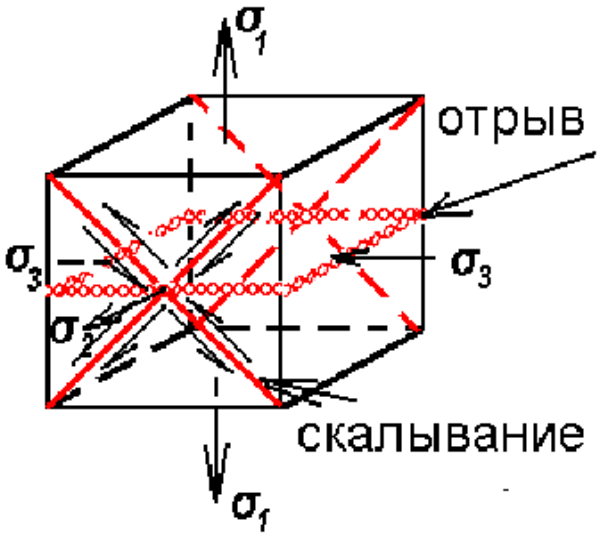


Рис. 20.16. Взаимная ориентировка главных осей напряжений, трещин отрыва и скола

Скалывание развивается в условиях, приближающихся к условиям пластических деформаций (его так и называют – пластическое разрушение), тогда как отрыв – в условиях хрупкого разрушения геологических тел.

Разрывы отрыва перпендикулярны оси максимального растяжения. По морфологии отрыв является открытым нарушением, раздвигом и в зависимости от размера, заполняется вторичными жилами кварца, кальцита, или дайками. Наличие таких геологических тел на карте позволяет предположить, что перпендикулярно их простиранию были ориентированы растягивающие напряжения. Два взаимно перпендикулярных разрыва скола возникают в плоскости действия осей напряжений, растяжения (σ_1) и сжатия (σ_3). Под углом 45˚ к ним, вдоль действия максимальных тангенциальных напряжений. В реальных природных условиях угол между осью сжатия (σ_3) и сколом несколько меньше 45˚ и, соответственно, больше 45˚ между трещинами скола и осью растяжения (σ_1). Величина отклонения зависит от свойств деформируемой породы. Возникшие при одних и тех же напряжениях сколы называются сопряженными. Линия их пересечения (сопряжения) совпадает с

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

направлением оси средних (промежуточных) напряжений (σ_2). Стенки сколов притерты друг к другу, вдоль них иногда заметны вытянутые в направлении перемещения борозды, валики, называемые зеркалами скольжения. Направления перемещений по сколам тоже однозначно связаны с направлениями осей. В квадранте (секторе) растяжения перемещение происходит по падению скола (сбросы), а в квадранте сжатия - по восстанию - взбросы. Таким образом, на основании анализа ориентировки разрывов и по их характеру можно восстановить ориентировку образовавших их напряжений. Так, наличие взбросов свидетельствует об условиях горизонтального сжатия, и, соответственно вертикального растяжения земной коры. Если и сжатие и растяжение ориентированы в земной коре горизонтально, возникают сопряженные сдвиги. Наличие сбросов свидетельствует об условиях горизонтального растяжения и вертикального сжатия земной коры (рис. 20.17).

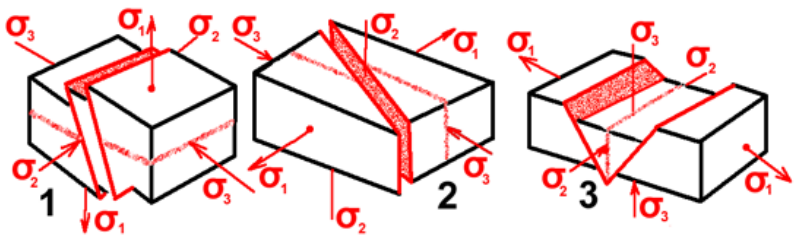


Рис. 20.17. Соотношения между ориентировкой главных нормальных напряжений и типами разломов в земной коре: 1 – взбросы, 2 – сдвиги, 3 - сбросы

Обычно считается, что тело разрушилось, когда оно разделилось на отдельные части. В геологических телах, особенно в глубинах земной коры «части» по-прежнему остаются плотно прижатыми друг к другу, или трещины в них залечиваются процессами кристаллизации и перекристаллизации. Отнесение деформаций к дизъюнктивным или пликативным зависит также от масштаба их рассмотрения. При образовании складок происходит смещение отдельных фрагментов слоев по поверхностям напластования, трещин, разрушение зерен горной породы и т.д. При детальном рассмотрении узкая зона, по которой произошло картируемое смещение соседних блоков (изображенное на карте как линия разрыва), может оказаться зоной, в пределах которой пластическая деформация всего лишь во много раз превышает деформацию в разделяемых ею блоках.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Все сказанное в предыдущих параграфах о последовательности развития деформаций применимо к однородным и изотропным физическим телам при напряжениях, развивающихся в течение сравнительно коротких промежутков времени, при относительно низких всесторонних давлениях и температурах. Среда, физико-механические свойства которой различны в разных ее частях, называется *неоднородной*. *Анизотропной* называется среда, в которой эти свойства меняются в разных направлениях. Анизотропия создается ориентировкой кристаллов или обломочных частиц, ориентировкой трещиноватости. Например, проницаемость глины, измеренная по слоистости в десятки раз больше, чем измеренная поперек слоистости (тело, свойства которого одинаковы по всем направлениям, называется изотропным). В реальных геологических телах (неоднородных и анизотропных) могут одновременно развиваться упругие, пластичные и разрывные деформации, а разрывы могут реализовываться как отрывом, так и скалыванием.

Как именно деформируются горные породы при геологических процессах, зависит от сочетания многих факторов: однородности и изотропности пород, их пластичности, насыщенности флюидами, давления, температуры, длительности напряженного состояния, величины напряжений и скорости их нарастания. Неоднородность геологических тел приводит к тому, что границы отдельных частей геологического тела являются точками концентрации напряжений и зарождения разрывов, по которым происходит перераспределение вещества в них. Анизотропность геологических тел приводит к искажению поля напряжений. В слоистых телах деформации часто реализуются проскальзыванием слоев друг относительно друга.

Изучение пликативных дислокаций на местности показало, что слагающие их породы могут деформироваться по-разному:

1. Изогнуться без заметного нарушения сплошности горных пород.
2. Разбиться на блоки. Каждый из блоков при этом разворачивается и в совокупности они образуют складку.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. Разделиться на мельчайшие, почти незаметные пластины, скользящие друг относительно друга по системе параллельных трещин (подвергнуться кливажу).

В структурах развиваются те процессы, которые обеспечивают наиболее быстрое перераспределение материала. Каждая реальная первичная форма залегания – слоистая или массивная, несет с собой определенное пространственное распределение неоднородностей, обусловленное тем или иным размещением материала с различными механическими свойствами, ориентацией поверхностей напластования и трещин между блоками, зернами пород и т.д. Такая неоднородность влияет на конечный результат деформации. Поэтому, например, при горизонтальном сжатии пачки горизонтально лежащих слоев с внедренным в них относительно однородным массивом, сминаются в складки, а он сплющивается. Это ведет к тому, что деформируясь одновременно и в одинаковых динамических условиях, массив и слои деформируются различно, и на поверхности их раздела возникает структурная дисгармония. В.В.Белоусов считает, что все особенности тектонических структур зависят от характера и распределения исходных неоднородностей разного порядка в материале земной коры.

В глубоких частях земных недр огромная длительность геологического времени, повышенное всестороннее давление и температура, наличие воды и другие факторы способствуют развитию пластических деформаций, а разрывные реализуются скалыванием. В приповерхностных частях земной коры преобладают разрывные деформации скалывания и отрыва.

В реальных геологических телах деформации возникают неоднократно и с различной ориентировкой главных осей. Поэтому на одной и той же поверхности разрыва можно видеть следы перемещений в разных направлениях. Оси и шарниры складок могут быть дополнительно изогнуты и представлять собой новые складки в другой плоскости.

Контрольные вопросы к 20.3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

20.4. БУДИНАЖ. КОМПЕТЕНТНЫЕ И НЕКОМПЕТЕНТНЫЕ ПОРОДЫ

Когда сравнительно хрупкие породы, заключенные между пластичными слоями, подвергаются сжатию перпендикулярно слоям, то сначала хрупкие слои превращаются в линзы (происходит их *разлинзование)*, а затем линзы облекаются породами пластичных слоев. Если различие в пластичности пород небольшое, разделение происходит по поверхностям максимальных касательных напряжений, в случае же значительной разницы, сравнительно хрупкие породы разделяются по поверхностям, перпендикулярным максимальным нормальным растяжениям. Такой процесс называется *будинаж*, а блоки относительно хрупких пород – *будины* (boudins). Проявления будинажа встречаются в масштабах от десятков метров (рис. 20.18) до сантиметров (рис.20.19).



Рис. 20.18. Будинаж. Дайки пород основного состава испытали хрупкие деформации с обособленbем блоковых будин, а мигматиты – пластические, с

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

образованием межбудинных складок.
http://geo.web.ru/geolab/travin/blmr/geol/boud.html

До сантиметров (рис. 20.19).

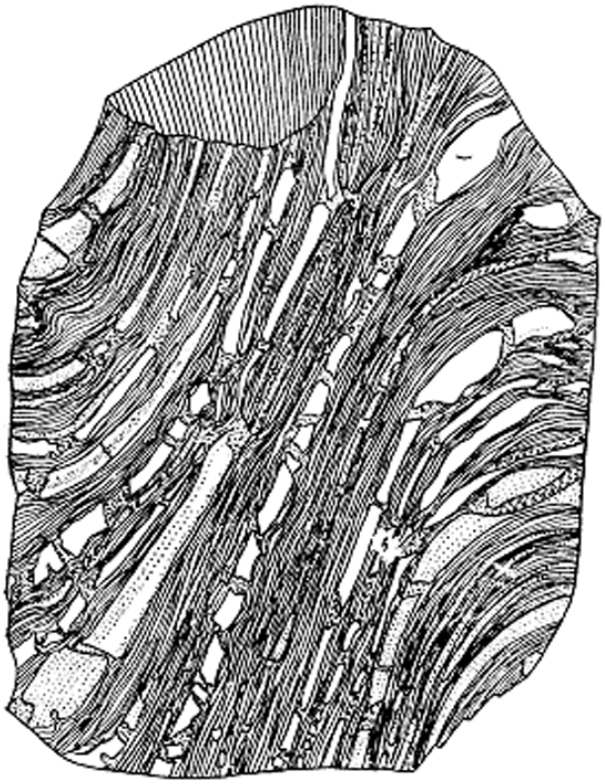


Рис. 20.19. Будинаж в слоях роговика среди глинистых сланцев. Кривой Рог (по Г.В. Тохтуеву)

В слоистой толще, состоящей из пород различной пластичности, хрупкие породы образуют твердый скелет скального массива, а пластичные становятся своеобразной «смазкой», по которой перемещаются непластичные части. Если к толще, состоящей, например, из переслаивающихся глин и песчаников, приложить сжатие в направлении, перпендикулярном слоистости, то слои песчаника разорвутся на отдельные части – будины, а слои глины утончатся и затекут в промежутки между будинами песчаника. В пластичных породах при этом внутри крупной складки образуется своя мелкая дисгармоничная складчатость течения (волочения) (рис. 20.20).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

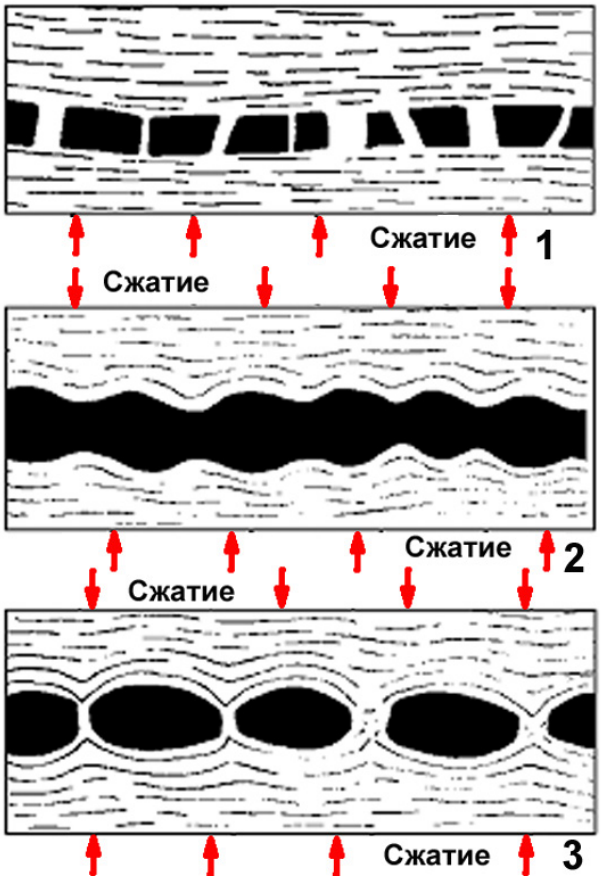


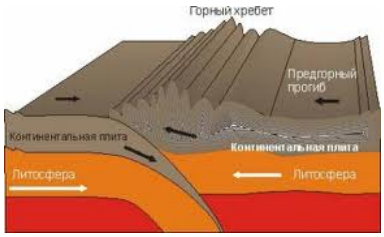
Рис. 20.20. Будинажная структура
1 - разбитый на угловатые глыбы пласт, достаточно прочный, по сравнению с вмещающей рассланцованной породой, 2 - пласт, подвергшийся вместе с вмещающей породой пластической деформации, но не настолько сильной, чтобы вмещающие породы разорвались, 3 - пласт в результате пластической деформации разбит на отдельные блоки (будины) (по Ф. Лахи).

Породы, менее пластичные в данной толще, деформирующиеся разрывами, называются *компетентными*, а пластичные, деформирующиеся пликативными нарушениями – *некомпетентными* породами. Одни и те же горные породы, в зависимости от своего окружения могут выступать как компетентные или как некомпетентные. Например, известняк будет компетентным при переслаивании с глинами и некомпетентным при переслаивании с туфопесчаниками.

Учитывать различную компетентность пород необходимо, так как при одном и том же напряжении порода коллектор может приобрести дополнительную трещиноватость и разрушиться, тогда как порода-покрышка, например, глина, или соль – изогнется без потери связности.

Контрольные вопросы к 20.4.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 21. Механизмы и причины складкообразования

21.1. Факторы, влияющие на складкообразование

Форма и размеры возникающих складок зависят от многих условий. Основное значение имеют физические (реологические) свойства пород, кинематическая и динамическая обстановка, характер возникающих в породе напряжений и влияние внешней среды. В процессе деформации происходит непрерывное перемещение материала, нередко его перекристаллизация, а также привнос нового вещества, что приводит к изменению реакции пород даже на одинаковый по величине и направлению стресс.

При прочих равных условиях интенсивность складчатости зависит от физических свойств пород, главным образом от их вязкости Чем ниже вязкость, тем сложнее и мельче складки и, наоборот, в породах с высокой вязкостью развивается крупная и простая по строению складчатость (рис. 21.1).

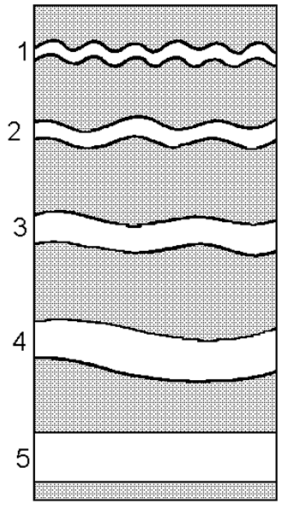


Рис. 21.1. Влияние вязкости на складчатость. Результат смятия путем продольного изгиба пачки слоев с разной вязкостью (1<2<3<4<5). Слои имели возможность однородного утолщения. Укорочение всех слоев одинаковое эксперимент. (По В.В. Белоусову)

Влияние всестороннего давления на развитие складчатости двоякое: с одной стороны, оно повышает сопротивление тела пластической деформации, а с другой - тот же фактор сильно понижает пределы упругости и прочности. В связи с этим породы, являющиеся хрупкими при нормальных условиях, например

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

известняки, мраморы, могут стать пластичными на глубине при высоком всестороннем давлении.

Большое значение имеет температура окружающей среды. Повышение температуры ведет к повышению пластичности. Поэтому даже такие хрупкие при обычной температуре тела, как дайки, плутоны интрузивных пород или кварцевые жилы, при температуре в сотни градусов становятся способными изгибаться в мелкие складки. Способность сминаться в достаточно мелкие и сложные складки наблюдается и в полуостывших массивах интрузивных пород и, тем более, в породах, подвергающихся воздействию регионального метаморфизма.

Скорость деформации - также один из основных факторов, влияющих на пластические свойства горных пород. Так, каменная соль, ведущая себя при быстром воздействии как хрупкое тело, при медленном действии даже малых напряжений медленно, но значительно деформируются.

Соприкосновение пород с растворами того же состава повышает их способность пластично деформироваться, но присутствие в порах жидкостей другого состава, например воды, создает внутрипоровое давление, снимающее внешнюю нагрузку, что понижает пластичные свойства пород и увеличивает их хрупкость.

Кроме перечисленных выше свойств горных пород большое влияние на образование складок оказывает ползучесть материалов, выражающаяся в способности всех без исключения горных пород пластично деформироваться при напряжениях ниже предела упругости, но при обязательном длительном действии напряжений. Благодаря ползучести деформация в теле при сохранении одинакового значения нагрузки непрерывно возрастает, причем нарастающая часть деформации будет остаточной. Ползучесть развивается при любых напряжениях и именно с ней связано образование многих складок в горных породах.

До сих пор не существует однозначно принятой модели, связывающей форму, механизмы и причины образования складок. Поэтому далее будут приведены описания наиболее распространенных и наименее противоречивых моделей.

Контрольные вопросы к 21.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.2. КИНЕМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СКЛАДОК (МЕХАНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СКЛАДОК)

21.2.1. Общие вопросы механических условий образования складок

Чаще всего мы не можем с уверенностью сказать, каким образом образовались те или иные, особенно крупные складки, и вынуждены пользоваться различными моделями, основанными на теоретических построениях и результатах физического моделирования. Поэтому одна и та же складка может быть названа по-разному, в зависимости от представления автора об ее образовании.

При рассмотрении механизмов складкообразования важно различать процессы и движения, происходящие и внутри слоя, как в обособленном геологическом теле, и со слоем, и во внешней к слою среде. Так, например, внутри слоя пластические деформации могут реализовываться перетоком материала из одних мест и в другие (рис. 21.2).



а б

Рис. 21.2. Нагнетание материала в своды антиклинальных складок: а – известняки верхнего карбона, Южное Предуралье, б – схема (по П.А. Фокину)

Так образуются гравитационные складки, складки волочения, диапировые, гребневидные и др. Складки могут также образоваться в результате перекристаллизации и разворота минеральных зерен, образующих слои. Слой, как геологическое тело может изогнуться или разломиться на многочисленные блоки, перемещающиеся друг относительно друга (рис. 21.3).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

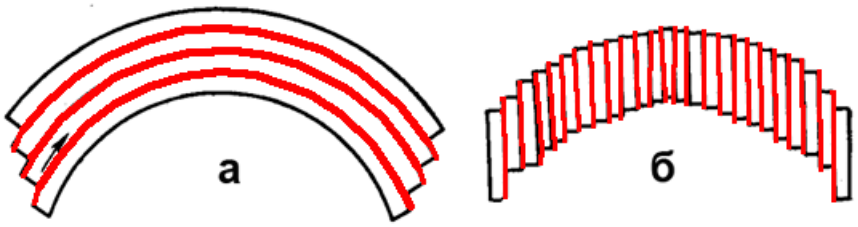


Рис. 21.3. Способы образования складок – а – проскальзыванием слоев друг относительно друга, б - перемещением фрагментов горной породы по трещинам

В слоистой толще слои могут изгибаться, проскальзывая друг относительно друга (складки изгиба); или же одни слои (компетентные) разламываются и смещаются, а промежутки между трещинами заполняет материал пластичных слоев. Конседиментационная складчатость образуется прогибанием или относительным воздыманием площади, на которой откладываются слои (синклинальные складки с увеличенными мощностями и антиклинальные - с уменьшенными мощностями в ядрах).

Если рассматривать складки с точки зрения ориентировки приложенных сил по отношению к слою, их можно разделить на складки продольного изгиба и складки поперечного изгиба. По способу перемещения вещества выделяют еще и складки течения. Последние играют важную роль при пластических деформациях, обеспечивая переток вещества из области повышенного в область пониженного давления.

Складки первого класса, возникающие в результате тангенциального сдавливания слоев, были названы складками коробления. Ранее они назывались альпинотипными, общего смятия. Складкам второго типа, образующимся в результате непосредственного воздействия на слоистую толщу тех или иных вертикально перемещающихся штампов, было дано название штамповых. Ранее они назывались германотипными, глыбовыми. Наконец, для третьего типа, обусловленного процессом течения слоистого материала, сохранили предложенное ранее название складки течения. Также они называются складками нагнетания.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.2.2. Складки продольного изгиба

Складки продольного изгиба вызываются силами, действующими вдоль слоистости. При этом происходит как проскальзывание отдельных слоев друг относительно друга, так и перемещение вещества, направленное параллельно поверхности наслоения. При проскальзывании вещества иногда можно найти зеркала скольжения на поверхностях напластования. При изгибе в слое происходит перераспределение вещества таким образом, что оно перемещается от изгибов с относительно малым радиусом кривизны к изгибам с большим радиусом кривизны.

Во всем объеме толщи, подвергшейся продольному изгибу, общее перемещение пород происходит в направлении, перпендикулярном к действию сжимающих усилий, - в участки с относительно малым давлением, что приводит к интенсивному росту складок вдоль осевых поверхностей. Благодаря этому при образовании складок продольного изгиба происходит общее сокращение площади, которую занимала слоистая толща до складкообразования. При однородном составе слоистых толщ скольжение рассредоточивается по всей массе пород, если же слои имеют различную пластичность (компетентность) оно концентрируется в наиболее пластичных породах. Малопластичные слои при этом разрываются и перемещаются в виде отдельных блоков. При скольжении вещество перераспределяется в пределах одной складки. Оно перемещается из областей повышенного давления в области пониженного давления, формируя дополнительные складки течения. Обычно складки продольного изгиба образуют симметричную линейную складчатость с ориентировкой оси наибольшего сжатия перпендикулярно длинным осям складок, ось наибольшего растяжения бывает ориентирована по амплитуде складок, а промежуточная ось – параллельно длине складок (рис. 21.4).

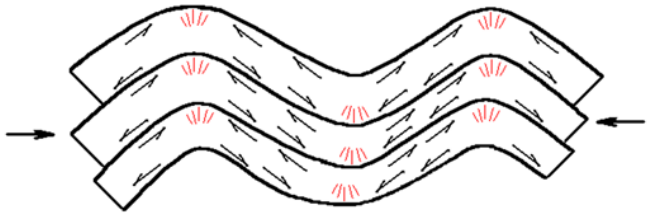


Рис. 21.4. Симметричная складка продольного изгиба (по А.Е. Михайлову)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В тех случаях, когда усилия направлены не строго по одной линии, образуются наклонные и опрокинутые складки (рис. 21.5).

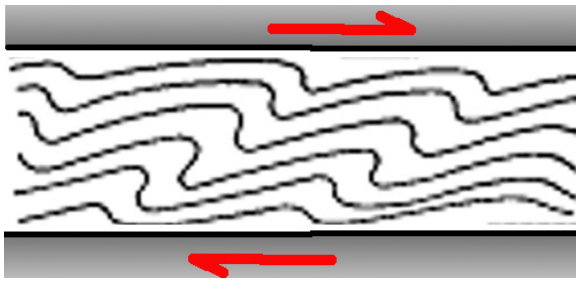


Рис. 21.5. Асимметричные складки продольного изгиба (по А.Е. Михайлову)

Опыты по моделированию показали, что размеры складок продольного изгиба увеличиваются с увеличением мощности слоев и вязкости пород. Х. Рамберг, экспериментально изучая влияние силы тяжести на складкообразование в однослойных и многослойных средах, пришел к заключению, что этим влиянием можно пренебречь, когда длина волны менее 100 м. При большей длине волны сила тяжести препятствует росту складок, а антиклинальные складки с длиной волны более 30 км вообще не могут формироваться, потому что сила тяжести раздавливает их.

Складки, возникающие при сдвиге, под воздействием противоположно направленных сил, обычно, наклонены в сторону действия активных сил. В плане они имеют кулисообразное строение, подходя к поверхности сдвига под углом, близким к 45° (рис. 21.6).

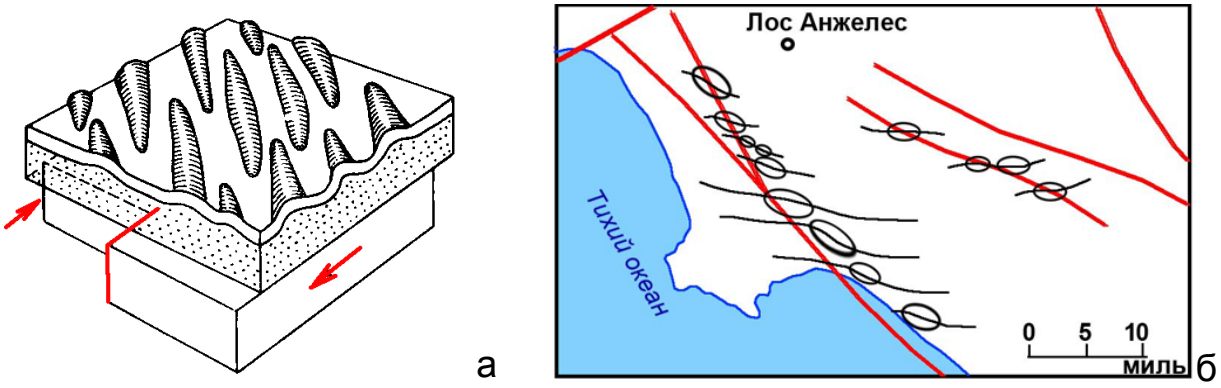


Рис. 21.6. Образование складок под действием пары сил, обусловленных сдвигом: а - механизм образования обусловленной перемещением по глубинному сдвигу (по В. Ярошевскому), б - антиклинали, образовавшиеся в связи со сдвиговыми перемещениями в Калифорнии. Двойные линии - сдвиги, одинарные - оси антиклиналей, овалы - нефтеносные антиклинали (по B.et R. Willis).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В общем, действующие силы в складчатости продольного изгиба - сжатие, а деформации, испытываемые телом - деформации сжатия, и каждый слой в отдельных частях испытывает в одних частях деформации растяжения, а в других - сжатия (рис. 21.7).

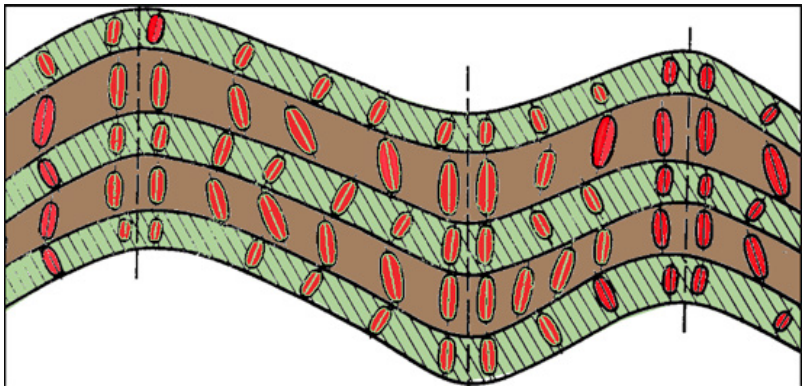


Рис. 21.7. Поле деформаций в слоях, изогнутых в складки продольного изгиба (по Т.М. Гептнер, МГУ)

Складки, образованные таким способом, нередко называют также *складками коробления* (buckling folds) или *складками продольного укорочения*. Они характеризуются сплошным заполнением пространства и линейной вытянутостью, параллельностью осевых поверхностей сходными формами и размерами сопряженных синклиналей и антиклиналей и относительным постоянством мощностей вдоль всего слоя. Такие складки преобладают в складчатых областях и в районах развития метаморфических комплексов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.2.3. Складки поперечного изгиба

Складки поперечного изгиба испытывают не сжатие, а неодинаковое по интенсивности растяжение (рис. 21.8).

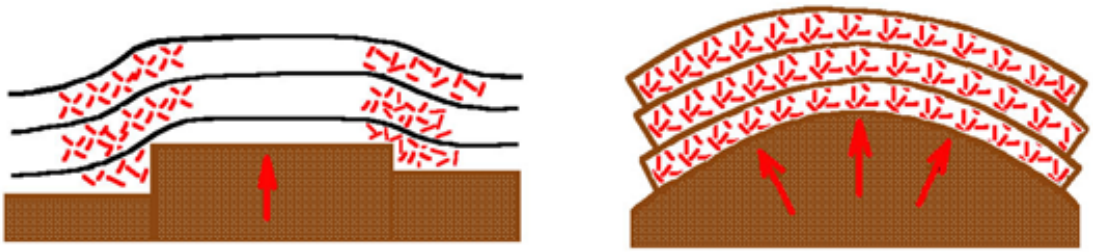


Рис. 21.8. Складки поперечного изгиба. Красными стрелками показаны направления действующих сил, одинарными - зоны перетока пластичного материала (по А.Е. Михайлову).

Поперечный изгиб характеризуется приложением усилий в направлении, перпендикулярном слоистости. Породы при этом испытывают большее или меньшее растяжение. Если силы, вызывающие образование складок поперечного изгиба сосредоточены вдоль определенных линий или точек, то участки с интенсивным растяжением локализуются вдоль них, если же распределены на значительной площади, то и растяжение рассредоточено на значительной площади. В складках поперечного изгиба ось наибольшего сжатия ориентирована, обычно, перпендикулярно слоистости, а ось наибольшего растяжения вдоль слоев. В вытянутых овальных складках растяжения максимальны в направлении вкрест простирания складки, а минимальны – вдоль оси ее простирания. В изометричных куполах и мульдах сжатие в вертикальном направлении сопровождается растяжением по всем радиусам. Складки поперечного изгиба часто имеют сундучную и куполовидную форму или форму мульд.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.2. 4. Складчатость течения

Складчатость течения в условиях сравнительно низких температур и давлений развиваются только в породах с низкой вязкостью: солях, гипсах, углях, глинах. При высоких температурах (сотни градусов) вязкость пород снижается, и способность образовывать складки течения приобретают даже такие породы, как мраморы, кварциты, гнейсы, амфиболиты и т.п. (рис. 21.9). При этом происходят перекристаллизация вещества и появление новых минералов.



Рис. 21.9. Складки течения в гнейсе (по http://zilant.kpfu.ru/kek/geotektonika/small)

При однородности физических свойств пород течение происходит рассредоточено; в разнородных толщах оно сосредоточивается в слоях с наименьшей вязкостью. Заметить поверхности скольжения, свойственные пластической деформации, почти никогда не удается из-за происходящей одновременно перекристаллизации пород.

Складки течения обладают наименее правильными формами, с многочисленными раздувами, утолщениями и пережимами слоев. Их

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

осевые поверхности могут быть ориентированы различным образом относительно первоначального положения слоев, но преимущественно в направлении течения.

Например, в пластичном ядре диапировой складки могут возникнуть складки продольного изгиба и складки течения, а вмещающие породы в это время будут испытывать поперечный изгиб, выгибаясь вверх. Тем не менее, каждому из видов складок присущ определенный характер перемещения вещества, что вместе с отмеченными выше морфологическими особенностями позволяет легко различать отдельные разновидности складок в природных условиях.

В каждом из описанных выше типов складок присутствуют деформации, свойственные и другим видам складок. Нередко образование двух или даже трех типов складок может происходить одновременно.

Контрольные вопросы к 21.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СКЛАДОК

21.3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СКЛАДОК

Несмотря на долгую историю изучения, до сих пор нет однозначно признанной исчерпывающей единой модели складкообразования и единой логически упорядоченной генетической классификации складчатости. Геологические обстановки, в которых происходит образование складок, весьма разнообразны. При классифицировании различные авторы обращали внимание на различные стороны геологических условий складкообразования, исходили из различных теоретических концепций, в результате чего под различными наименованиями зачастую выступают одни и те же складки. Основные типы складчатости представлены в табл. 21.1. В первых строчках таблицы помещаются типы складок, имеющие относительно большие размеры, в последующих – все меньшие.

Таблица 21.1. **Геологические условия образования складчатости** (по А.Е. Михайлову с изменениями)

Эндогенная (тектоническая)			**Экзогенная (нетектоническая)**
конседиментационная	**постседиментационная**		
	поверхностная	**глубинная**	
Погружения (складки трансгрессий) Связанная с неравномерными вертикальными движениями Складки ингрессий.	**Регионального сдавливания** (общего смятия), **Облекания** (глыбовая, отраженная, связанная с внедрением магмы). **Течения** (гравитационного течения и скольжения диапировые. **Приразрывные**	Вертикально-го течения Горизонталь-ного течения	Подводнооползневые складки Наземнооползневые складки Диагенетические Разгрузки Обрушений Гляциодислокации Структуры облекания Первичные наклоны, связанные с неровностями рельефа осадконакопления в осадочных и эффузивных толщах

По геологическим условиям образования складчатость, прежде всего, разделяется на эндогенную (тектоническую), образованную в результате собственно тектонических движений, и экзогенную или нетектоническую, образованную под действием гравитации и других процессов в земной коре и на земной поверхности, не связанных с тектоническими силами. Нетектонические складки были разобраны в разделе *нетектонические дислокации* и в этом разделе повторно рассматриваться не будут.

Приведенная классификация не лишена внутренних противоречий. Так, например, к тектоническим дислокациям отнесены диапировые складки, а также складки гравитационного скольжения, которые обусловлены гравитационными процессами.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3.2. Конседиментационная складчатость.

Среди эндогенной складчатости, прежде всего выделяются *конседиментационные* и *постседиментационные* структуры. Крупные конседиментационные складки образуются в результате тех же тектонических движений, которые создают условия для осадконакопления - то есть преимущественно вертикальными движениями земной коры. При образовании конседиментационной складчатости одновременно происходит накопление осадков, преобразование их в горную породу и деформация (смятие в складки). Поэтому в конседиментационных складках нередко наблюдаются изменения мощностей и фаций при переходе от крыльев к замкам от грубообломочных к мелкообломочным и глинистым, увеличение углов падения слоев вниз по разрезу.

Среди конседиментационных складок выделяются складки *погружений*, которые возникают при относительно равномерных погружениях области осадконакопления. Они обладают неправильными очертаниями в плане, повторяющими контуры бассейна осадконакопления. Размеры их достигают сотен километров и они представляют собой результат тектонических движений, относящихся к геологическим объектам рангом большим, чем сами складки. Как правило, при полевых наблюдениях такие складки непосредственно не наблюдаются, а могут быть выявлены только при структурно-геологических, тектонических, картографических работах. Складки погружения могут быть только синклинальными (рис. 21.10).

Складки, связанные с *неравномерными вертикальными движениями* земной коры бассейна осадконакопления, выявляются при более детальных исследованиях. Они характерны для ингрессивной стадии осадконакопления, а также возникают при различных скоростях и (или) знаков вертикальных движений отдельных участков дна бассейна. Следовательно, складки этого типа представляют собой структуры, осложняющие складки предыдущего типа, то есть являются структурами более высокого порядка. Их размеры обычно составляют десятки километров и километры. Как и в предыдущем случае, при полевых наблюдениях они не наблюдаются, а могут быть выявлены только при структурно-геологических, тектонических, картографических работах.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

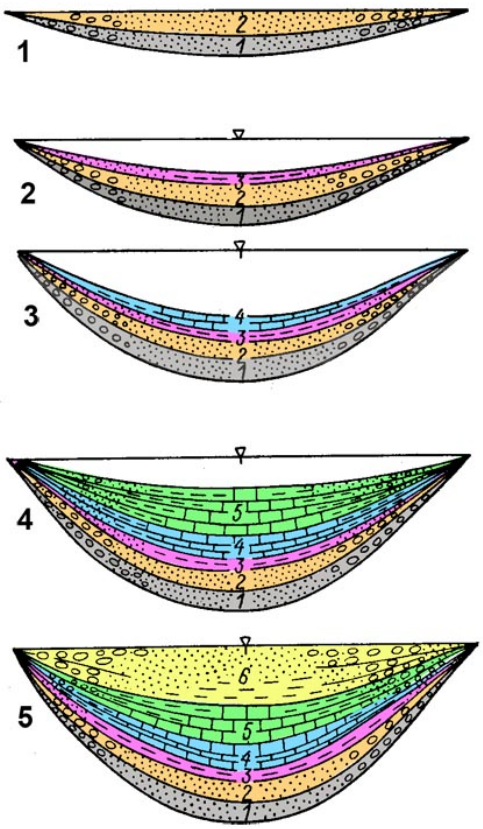


Рис. 21.10. Схема формирования конседиментационных синклинальных складок. Цифрами обозначены стадии процесса осадконакопления (по С.С. Шульцу)

Складки этого класса по морфологии отвечают синклиналям с увеличенными мощностями в замках и антиклиналям с уменьшенными мощностями в замках. Чаще всего на складчатость этого типа накладывается постседиментационная складчатость, осложняющая первичное залегание этих пород (рис. 21.11).

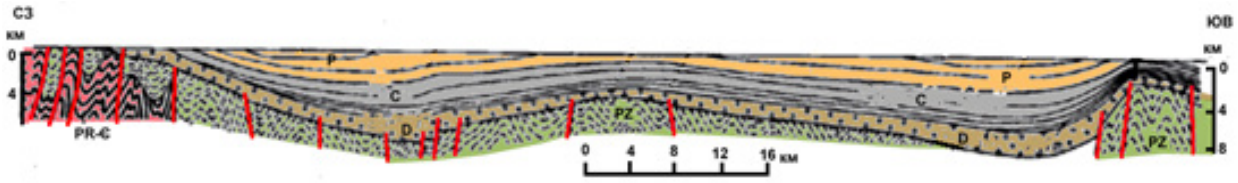


Рис. 21.11. Пример складок, связанных с неравномерными вертикальными движениями. Геологический разрез через Тенизскую впадину (по А.Е. Михайлову, с упрощениями)

Складки ингрессий – складки, возникающие при начальных стадиях трансгрессии, строго говоря, это нетектонические складки а случаи первично негоризонтального залегания осадочных горных пород – облекания и прилегания.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3.3. Постседиментационная складчатость – общая характеристика

Постседиментационная складчатость разделяется на два больших класса - поверхностную и глубинную.

Поверхностная складчатость развивается в осадочных горных породах в верхних частях земной коры и её формирование не сопровождается сколько-нибудь значительным метаморфизмом и перекристаллизацией исходных пород. Среди поверхностных складок выделяются:

Складки регионального сдавливания. Еще их называют складками регионального сжатия, складчатостью общего смятия, полной складчатостью, голоморфной складчатостью, складчатостью коробления. По кинематике – это складки продольного изгиба. Эти складки образуются под действием сил, внешних по отношению к складчатости, причем ось наибольшего сжатия ориентирована вдоль слоев, перпендикулярно простиранию длинных осей складок, в направлении длинных осей ориентирована промежуточная ось, а ось наименьшего сжатия ориентирована в направлении высоты (амплитуды) складок. Внутри самой складки ориентировка осей главных нормальных напряжений иная.

***Складки облекания (отраженные, прерывистые, глыбовые*)** по кинематике представляют собой складки поперечного изгиба. Как правило, они возникают в осадочном чехле платформ под влиянием блоковых движений фундамента, а также над растущими диапирами. Размеры их различны и могут достигать в длину 100 км. Складки облекания различны в складчатых областях и на платформах. В складчатых областях они, обычно, изометричные или брахиморфные, часто коробчатые. Гораздо реже такие складки бывают линейными, асимметричными, изредка - с подвернутыми крыльями Обычно эти складки изолированы друг от друга и беспорядочно расположены на площади.

Остальные виды складок выделяемые в данном классе, имеют гораздо меньшее распространение и их отнесение к тектоническим складкам не всегда однозначно, так как значительную роль в их формировании играют не тектонические силы, а гравитация, часто сопряженная с перетеканием вещества внутри слоя, что обусловлено

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

разностью давлений в различных частях недр. Вероятно, правильнее всего их объединить под общим названием «складки течения».

Они возникают под действием объемных сил, вызывающих перемещение тел вниз, под действием гравитации, или в других направлениях под действием перепада давлений. Источник давлений может быть разным – инверсия плотностей при осадконакоплении, выделение газов при разложении органического вещества, и другие процессы происходящие в земной коре при катагенезе и метаморфизме.

Складки течения в общем случае не угасают вверх по разрезу, тогда как вниз угасание их выражено резко, потому что снизу они экранируются той поверхностью, по которой и происходит течение образующих их слоистых толщ. Как правило, такие складки не захватывают широкий комплекс разновозрастных пород.

Глубинная складчатость образуется в глубинных условиях регионального метаморфизма. Такие складки встречаются преимущественно в докембрийских и нижнепалеозойских метаморфических толщах. Среди глубинных складок выделяются складки вертикального и горизонтального течения. Складки *вертикального течения* характеризуются резко выраженной линейностью, острыми замками, крутыми крыльями, примерно горизонтальным положением шарниров. Такие складки формируются при горизонтальной ориентировке оси наибольшего сжатия, и возможно на самом деле имеют форму «сосулек», описанную ранее.

Складки *горизонтального течения* наиболее характерны для гранито-гнейсовых куполов. Им свойственны плавные, изометричные очертания в плане, крутонаклоненные и вертикальные шарниры, крутые падения на крыльях. Складки горизонтального течения формируются при вертикальной ориентировке оси наибольшего сжатия. На геологических картах глубинные складки резко выделяются по мозаично-изогнутому фестончатому рисунку складок: волнистости и закрученности осей, зубчатости геологических границ между слоями, смятием в складки интрузивных пород, рассланцеванию пород вдоль осей складок.

Морфология складок горизонтального и вертикального течения подробно рассмотрена в ***8.2.2*** «Структуры пород регионального метаморфизма».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3.4. Постседиментационная складчатость общего смятия

Складчатость **общего смятия** (*регионального сдавливания, сжатия, полная, голоморфная)* по кинематике это складчатость продольного изгиба. Морфология их хорошо изучена как полевыми исследованиями, так и экспериментально. Для складок регионального сдавливания характерны линейные, реже брахиморфные симметричные и асимметричные структуры с общей ориентировкой длинных осей, которая, однако, может иметь дугообразные повороты, и петлеобразные изгибы. Примерами складок такого типа могут служить складчатые пояса Урала, Тянь-Шаня и др. Они имеют размеры от первых метров и собираются в сложные структуры до десятков и сотен километров длиной (рис. 21.12).

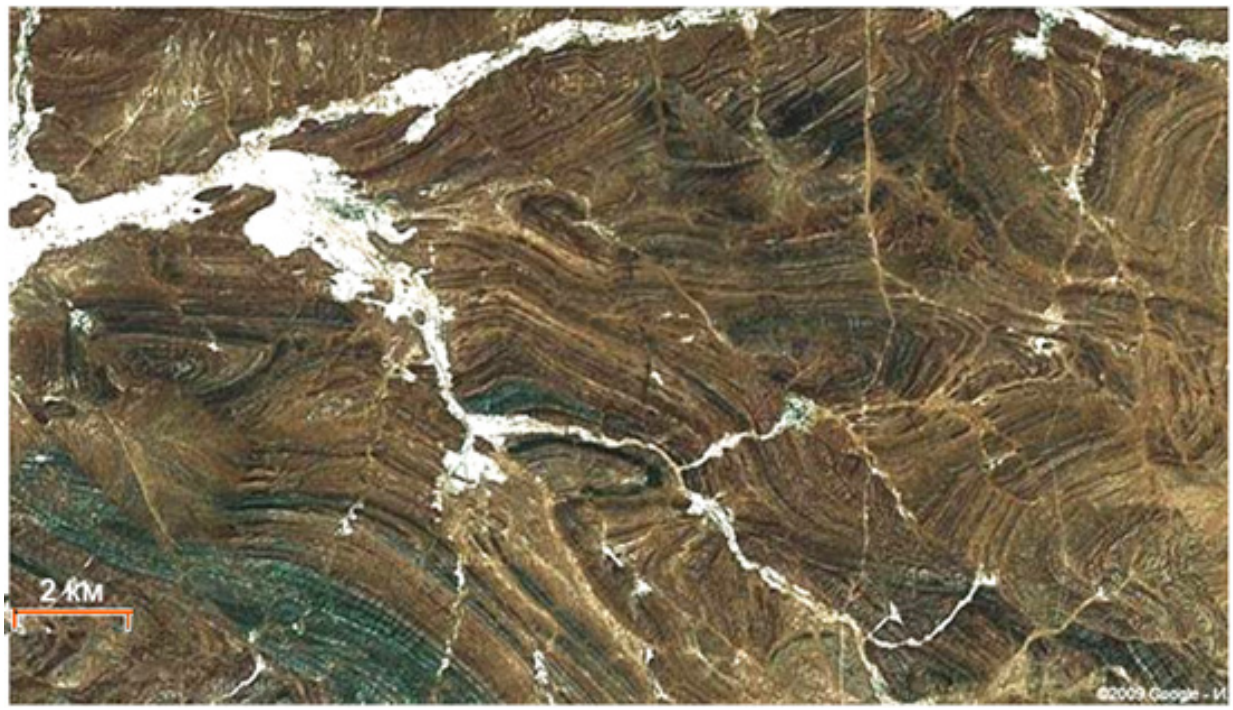


Рис. 21.12. Полная (голоморфная) складчатость. Северное Прибалхашье, Казахстан. Google. Планета Земля

Складки общего смятия характеризуются четко выраженной линейностью, выдержанной ориентировкой осей (рис. 21.13). Это главный тип складчатости, называемый еще альпинотипным. Равное по площади и по форме распространение антиклиналей и синклиналей, согласная ориентировка осей складок и выдержанная вергентность указывают на региональное воздействие сжимающих сил в направлении, перпендикулярном к осям складок, и неизбежное при этом сокращение площади, занимавшейся осадочными породами до складкообразования.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

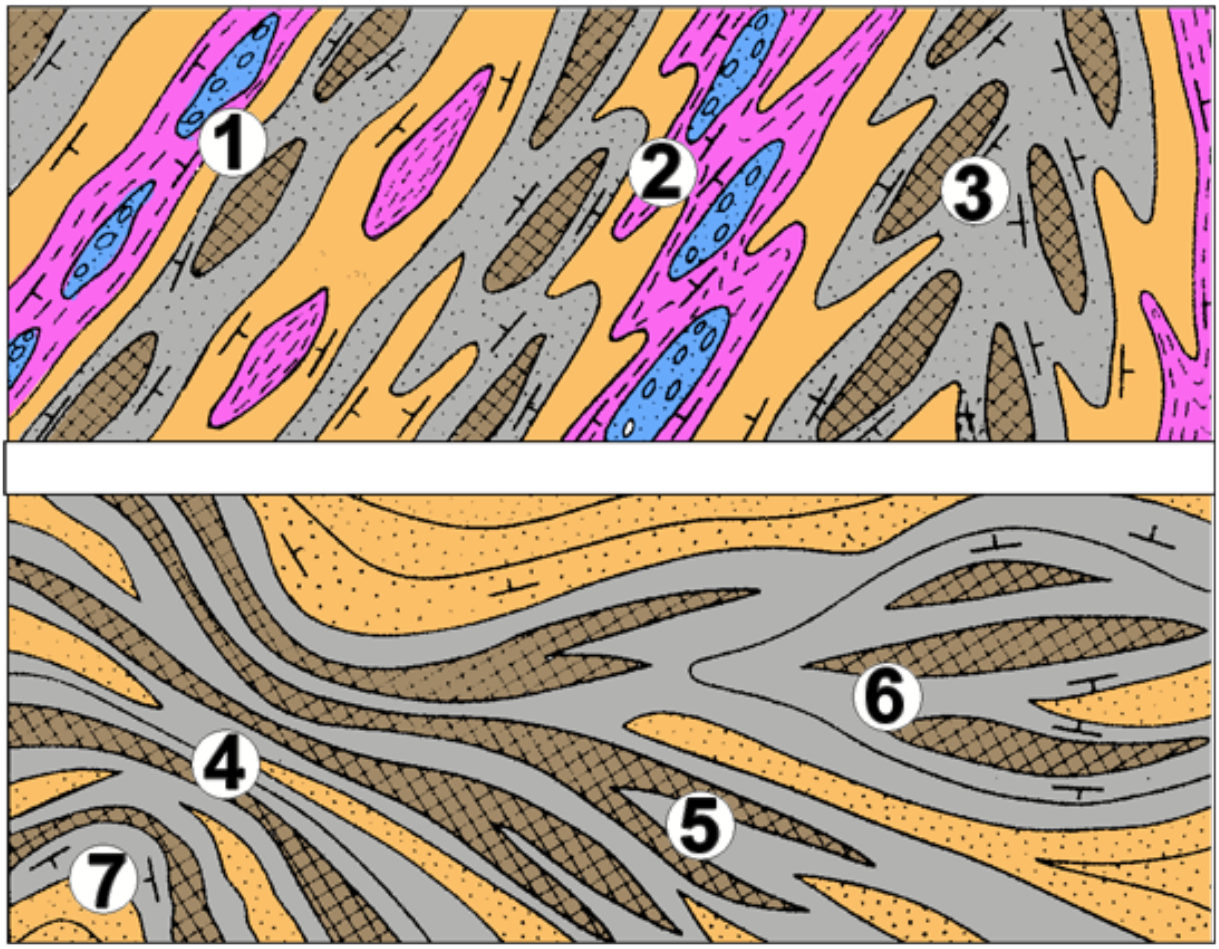


Рис. 21.13. Рисунки длинных осей складок: 1 - цепочечный, 2 - кулисный, 3 - перистый, 4 - скучивания, 4 - виргация, 5-7 - сигмоидальные пучки (по В.Н. Павлинову).

Для полной складчатости характерны также наклоны осевых поверхностей складок — *вергентность.* Примером могут служить складчатые комплексы Урала, Тянь-Шаня, Кавказа, Верхоянья (рис. 21.14).

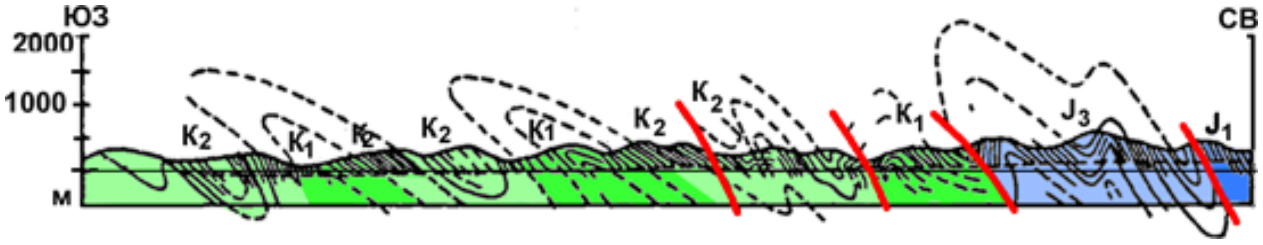


Рис. 21.14. Альпинотипная складчатость с южной вергентностью во флишевых отложениях Большого Кавказа, профиль по р. Алазань. По В.Н. Шолпо и др. (1993)http://avspir.narod.ru/geo/khain1995/hain_15_2.png)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Как указывается в работе [Хаина и Ломизе, 1995], главной причиной образования складок такого типа является сжатие в зонах конвергенции литосферных плит, т.е. их субдукции или коллизии. При этом протекание деформаций сжатия несколько различно в зонах субдукции океанских плит под островодужные или континентальные плиты, и в зонах поддвига континентальных плит (платформ) под складчатые сооружения.

В зонах субдукции осадки, поступающие в глубоководный желоб, если они не проскальзывают далее в глубину, подвергаются смятию и наращивают снизу висячее крыло, т.е. континентальный или островодужный склон, формируя аккреционный клин. В основании этого клина образуется базальная поверхность срыва, а над ней слои сминаются в складки с осевыми поверхностями, полого наклоненными параллельно этой поверхности.

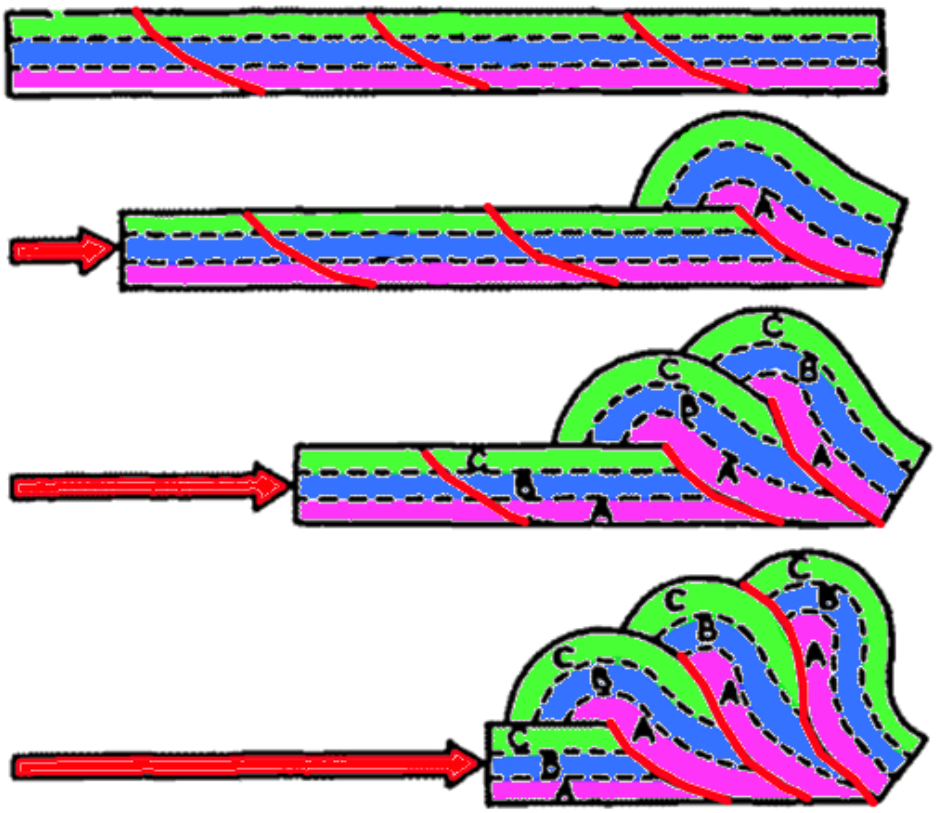


Рис. 21.15. Механизм формирования складчато-надвиговой структуры при срыве осадочных толщ с субдуцирующей океанской коры и образовании аккреционного клина. По Д. Сили и др., (1974http://avspir.narod.ru/geo/khain1995/hain)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Затем эта поверхность срыва перемещается вверх, под ней начинают снова накапливаться осадки, соскребаемые с пододвигающейся плиты, пока опять не образуется базальная поверхность срыва. Так последовательно формируются складчатые пакеты, ограниченные поверхностями надвигов.

Другая обстановка, предусматриваемая тектоникой плит, для развития складчато-надвиговых деформаций - это обстановка поддвига кристаллического фундамента платформ под осадочный чехол бывшей пассивной континентальной окраины (отложения шельфа и континентального склона и молассовое выполнение передовых прогибов). Ведущую роль в этом процессе играет пластовый срыв чехла по поверхности фундамента и отдельных частей разреза чехла и моласс по наиболее пластичным (глины, соли, гипсы) или водонасыщенным горизонтам. Встречая при этом упор, слои сминаются в складки, в дальнейшем нагромождающиеся одни на другие, образуя так называемые ***дуплексы***. Этот процесс был изучен в Скалистых горах Канады, а затем выявлен и на Северном и Приполярном Урале. Вероятно он свойствен, всем внешним зонам складчато-покровных сооружений и внутренним крыльям передовых прогибов, хорошо воспроизводится моделированием на ЭВМ и графическим построением сбалансированных профилей (разрезов), в которых соблюдается неизменность мощности и первоначальной длины слоев (рис. 21.16).

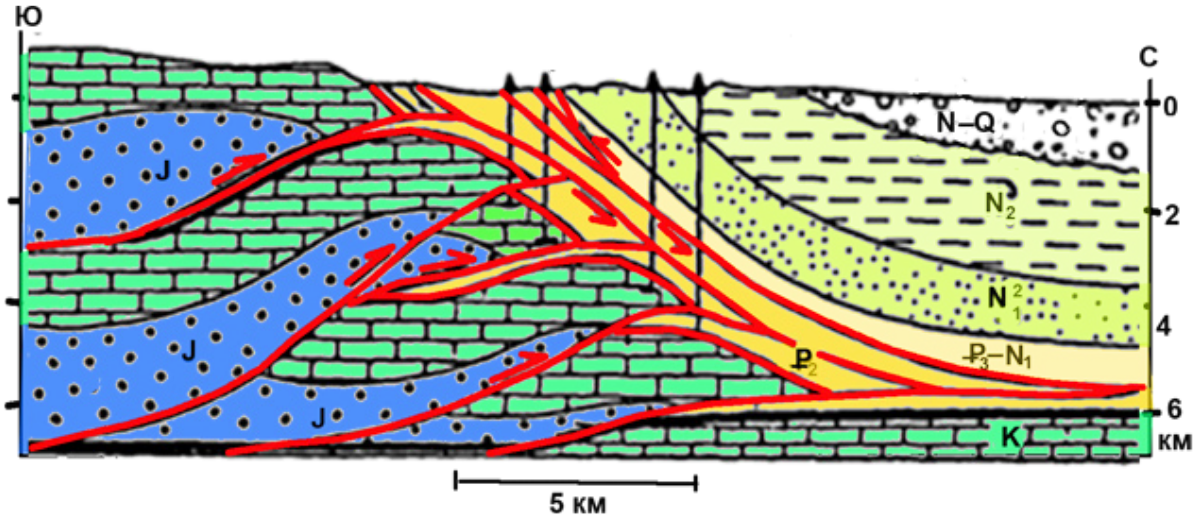


Рис. 21.16. Сбалансированный разрез Варандийской антиклинали на Северном Кавказе (по П. Джонсу, К.О. Соборнову, 1994)

С боковым сжатием, исходящим от смежных орогенов может быть связано также и формирование складок платформенного чехла.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Такое сжатие может распространяться на сотни километров от фронта орогена, вызывая инверсию авлакогенов, образование надвигов (Северо-Донецкий, Жигулевский надвиги Русской плиты, надвиги запада Туранской плиты) и складок. Существование горизонтального сжатия в теле платформ, направленного от орогенов, установлено в Северной Африке и Западной Европе. Образование платформенных складок за счет этого сжатия облегчается в случае присутствия среди пород осадочного чехла соленосной толщи или глинистых пачек, как в Ангаро-Ленской зоне дислокаций на юге Сибирской платформы, где соль имеет кембрийский возраст, или Юрских гор в Западной Европе с соленосным триасом в основании разреза. Соленосные девон, пермь, триас во многом обусловили и сложное строение внутрискладчатых (интракратонных) складчатых зон, возникших над авлакогенами (рис. 21.17).

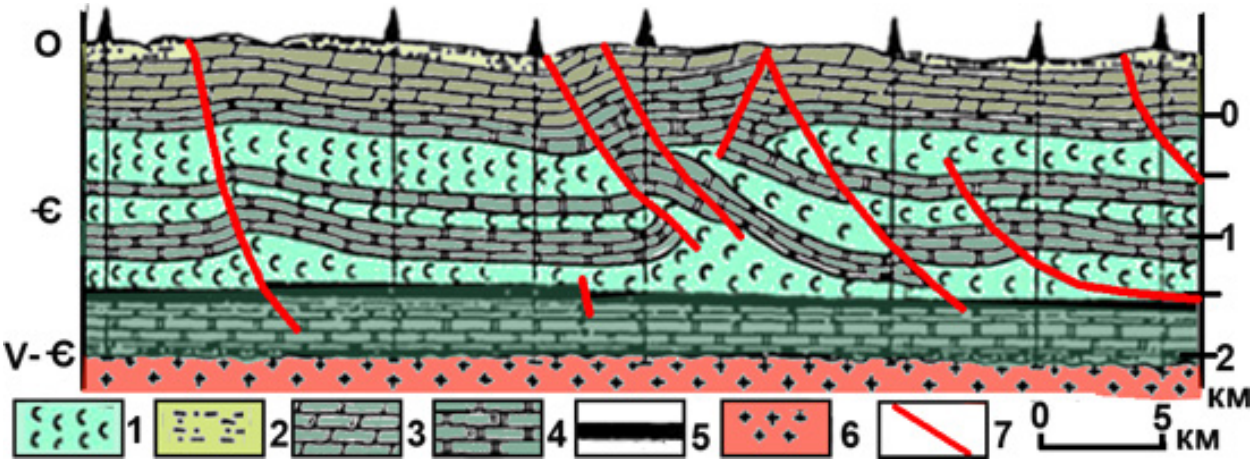


Рис. 21.17. Геологический разрез одного из участков Ангаро-Ленской зоны дислокаций, Сибирская платформа. По А.Э. Конторовичу, 1994:1-4 - осадочные породы: соли (1), терригенные (2), терригенно-карбонатные (3), карбонатные (4); 5 - силлы долеритов; 6 - кристаллический фундамент; 7 - разрывы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3.5. Складчатость облекания (отраженная)

Складчатость облекания (отраженная, прерывистая, глыбовая) по кинематике представляет собой складчатость поперечного изгиба. Как правило, такие складки возникают в осадочном чехле платформ под влиянием блоковых движений фундамента, а также над растущими диапирами. Размеры их различны и могут достигать в длину 100 км. Складки облекания различны в складчатых областях и на платформах. В складчатых областях они, обычно, изометричные или брахиморфные, часто коробчатые. Гораздо реже такие складки бывают линейными, асимметричными, изредка - с подвернутыми крыльями Обычно эти складки изолированы друг от друга и расположены на площади довольно беспорядочно

Иногда формирование их начинается на этапе осадконакопления. Складки облекания имеют изометричные, брахиформные или коробчатые формы, чаще с плавными очертаниями и реже – линейные асимметричные иногда с подвёрнутыми крыльями. Характер складок с глубиной меняется – от плавных и пологих к складкам с более крутыми крыльями. Неоднородные перемещения блоков фундамента могут приводить к образованию *горст-антиклиналей* и *грабен-синклиналей*. Наиболее крупные положительные и отрицательные структуры достигают в длину 100 км и более.

В результате вертикальных восходящих движений относительно изометричных блоков образуются *штамповые складки* и для них характерна сундучно-коробчатая форма (рис. 21.18).

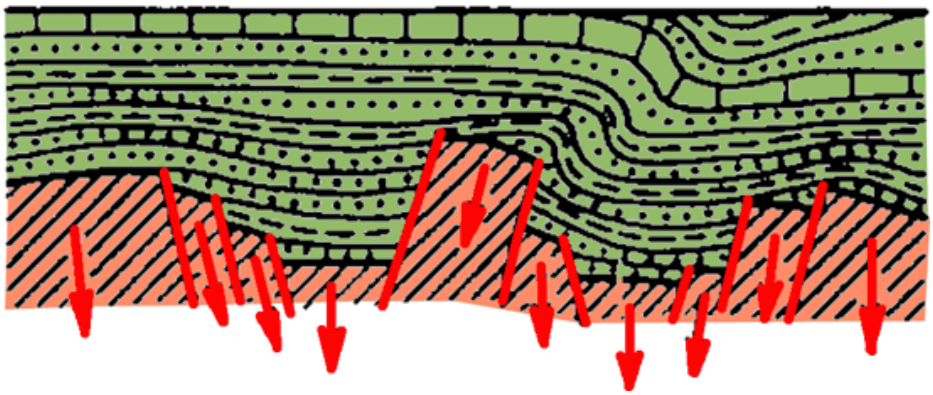


Рис**. 21.18. Схема образования складок облекания** при неравномерном опускании блоков фундамента (в разрезе)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Иногда они встречаются группами, образуя сложную мозаику куполовидных поднятий, сочетающихся с другими складками такого же типа, в том числе и с флексурами.

В платформенном чехле складки облекания характеризуются плавными очертаниями. Это тупые складки, с небольшими углами наклона (5-10˚) на крыльях, часто увеличивающимися с глубиной. Нередко плановые очертания таких складок различаются на разных стратиграфических уровнях. Высота складок - десятки метров, ширина - километры.

По выраженности в различных горизонтах чехла среди складок облекания выделяются различные типы, характеристика которых приведена в табл. 21.2.

Таблица. 21.2. **Виды складок облекания по выраженности в разных горизонтах чехла**

Название	Характеристика
1.Сквозные, непрерывного развития	Выражены во всех горизонтах, имеют убывающую вверх по разрезу амплитуду.
2. Сквозные, возрожденные	Снизу вверх амплитуда уменьшается до определенного уровня, а затем остается неизменной.
3. Погребенные, раннего развития	Рост структур начался с самого начала отложения осадков, а затем прекратился.
4. Новообразованные (бескорневые) позднего развития	Выражены, начиная с определенного стратиграфического горизонта и затухают с глубиной. Встречаются редко над молодыми активизированными разломами.
5. Комбинированные	Крупные купола по молодым отложениям и системы малых складок по более древним

Антиклинальные и синклинальные формы этого типа имеют в целом независимую ориентировку в пространстве, хотя в целом и располагаются в соответствии с общим направлением тех зон, в пределах которых они развиваются. Складки образуют цепочки поднятий или прогибов, расположенные, благодаря изгибам самих зон, кулисообразно. В связи с таким характером расположения некоторые антиклинали (антиклинальных зон) нередко сменяются по простиранию синклиналями (смежных синклинальных зон) и наоборот.

Являясь формами первого порядка, они определяют основные черты ее тектонического плана. Следует полагать, что они всегда должны присутствовать в любых геотектонических зонах, т. е. другими

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

словами, представлять собой чрезвычайно распространенный тип тектонических деформаций.

Процесс возникновения различных по масштабам штамповых складок в любых геотектонических условиях и в любых по своим физическим свойствам горных породах обусловлен местными поперечными растяжениями слоев под действием сил, приложенных к ним перпендикулярно. В случаях, когда речь идет об образовании штамповых антиклиналей, силы должны действовать на нижнюю поверхность деформируемого комплекса слоев (рис. 21.19а).

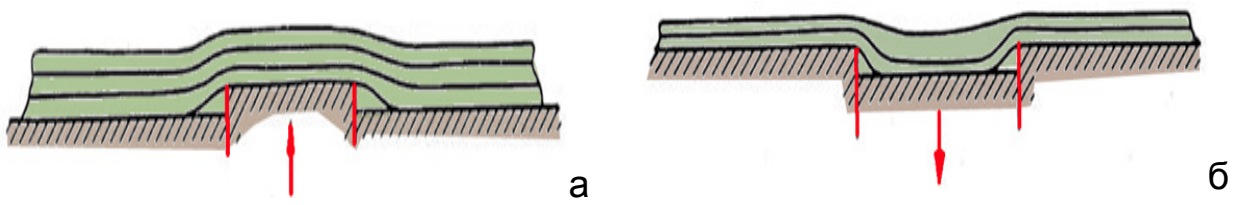


Рис. 21.19. Схема механизма образования штамповой складки в результате поперечного растяжения слоев под действием нормально ориентированных сил а – антиклинальной, б – синклинальной. Субстрат, образующий жесткий штамп заштрихован

По характеру приложения эти силы будут относиться к типу «поверхностных». Образование синклинальных форм того же кинематического типа будет вызываться действием гравитационных сил, т. е. уже сил «объемных» (рис. 21.19б).

Развитие как антиклинальных, так и синклинальных штамповых складок возможно при любых физических свойствах слоистых толщ. Размеры и конфигурация штамповых складок в плане во всех случаях будут всецело зависеть от соответствующих габаритов и формы штампов, приподнимающих слоистую толщу или опускающихся под нею. Эта особенность существенно отличает данные складки от любых других их типов, размеры и форма которых определяется физическими свойствами деформируемых пород.

В тех случаях, когда штампы окажутся «мягкими», формы возникающих под их воздействием антиклинальных складок определятся естественной формой пластических масс, т. е. в общем случае будут наиболее простыми (аркообразными). При действии «жестких» штампов формы складок могут оказаться более разнообразными. В случаях, когда будет перемещаться не единый штамп, а их система, формы образующихся над ними складок могут

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

оказаться весьма сложными. Крылья таких складок могут быть ступенчатыми или нарушаться иного типа деформациями.

Специфика механизма образования штамповых складок предопределяет, как правило, крутое или вертикальное расположение их осевых поверхностей. Вообще вертикальные перемещения жестких штампов должны происходить неравномерно в их разных частях, поэтому штамповые складки должны получаться асимметричными. Рассматриваемый процесс - это результат местных растяжений слоев. Общая поверхность их после деформации всегда должна увеличиваться. Вместе с тем неизбежно будет происходить сокращение мощности деформируемых слоев. В пределах слоистых толщ, испытывающих воздействие различных штампов, формирующиеся складки должны быть построены в целом гармонично. Они не «угаснут» на глубину (в слоях, расположенных над штампом), так как сам процесс их возникновения обусловливается силами, идущими именно от штампа (при образовании антиклиналей). Однако, возможны случаи, когда затухание деформаций произойдет вверх и складки «не дойдут» до каких-то более высоких слоев.

Так как рост штамповых складок обусловлен, главным образом вертикальным перемещением вещества пород, они сопровождаются возникновения сбросов и взбросов.

Формирование штамповых складок возможно только в тех случаях, когда размеры в плане поднимающихся или опускающихся участков земной коры являются меньшими по сравнению с общей площадью подвергающихся деформации растяжения пластов. Другими словами, этот процесс возможен лишь тогда, когда части слоистого комплекса, остающиеся за пределами формирующихся складок, способны сохранять свою целостность и неподвижность. Если же поднятия или опускания охватывают всю или большую часть площади слоистого комплекса, то в полном смысле слова штампования ожидать в этом случае нельзя. Здесь будет простое перемещение пластов с одного гипсометрического уровня на другой.

Иногда в локальных отраженных складках, возникают дополнительные дислокации, зависящие от существования возвратных (клавишных) движений, проникновения разломов, ограничивающих штамп в осадочный чехол и других причин (рис. 21.20). Именно с такими складками типа чаще всего связаны залежи

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

нефти и газа, поэтому для прогноза нефтегазоносности их морфологию необходимо изучать по всему разрезу.

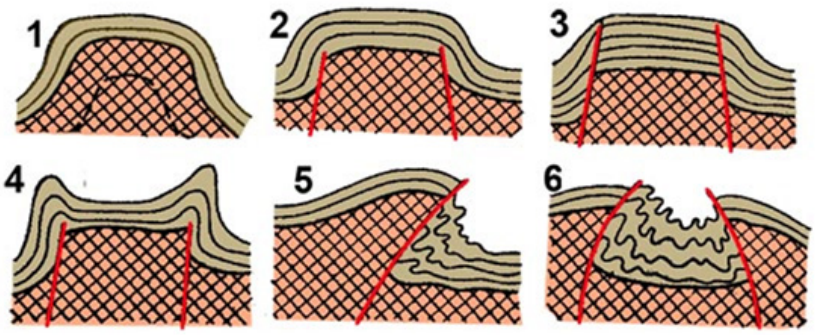


Рис. 21.20. Отраженные складки: 1 - унаследованная, 2 – штамповая, 3 – горст-антиклиналь, 4 – надразломные (шовные, рубцовые), 5 – приразломные, 6 – межразломные.

Сюда же, по-видимому, следует отнести и складки, связанные с внедрением магмы, которые встречаются вблизи контактов внедряющихся магматических тел и имеют обычно линейный или брахиморфный облик с длинными осями, ориентированными согласно контурам внедряющихся массивов. Площадь, затронутая складкообразованием такого рода, зависит от площади массива и не превышает нескольких километров. Примером складок такого типа являются антиклинали, развивающиеся вокруг малых интрузий в районе Кавказских минеральных вод. Синклинали - мульды возникают над вулканами, которые образуются в результате погружения (обрушения) вулканического аппарата в полости, прежде занятые магмой (рис. 21.21).

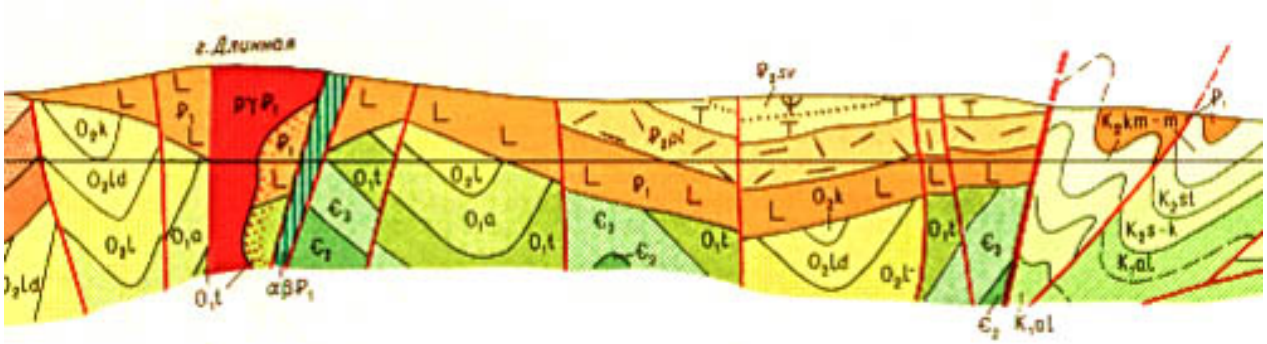


Рис. 21.21. Синклиналь (мульда) над вулканическим аппаратом. Фрагмент геологического разреза к учебной геологической карте № 26

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3.6. Складчатость гравитационного скольжения

Складки гравитационного скольжения **образуются на склонах** поднятий под действием силы тяжести. Эти складки отнесены к классу тектонических, хотя главные действующие силы в их образовании - гравитационные. Особенно благоприятные условия для развития таких складок возникают в условиях контрастного рельефа бассейна осадконакопления. Максимальные амплитуды перемещений при их образовании достигают первых десятков километров.

Гравитационному скольжению благоприятствуют слои пластичных пород (глин, солей). Складки гравитационного скольжения распространены в складчатых областях и предгорных прогибах. По кинематической характеристике - это складки продольного изгиба и складки течения. По морфологии - наклонные, лежачие, опрокинутые часто дисгармоничные складки, осложненные надвигами и сдвигами, при этом, ориентировка длинных осей складок обычно параллельна оси прогнутой части бассейна (рис. 21.22).

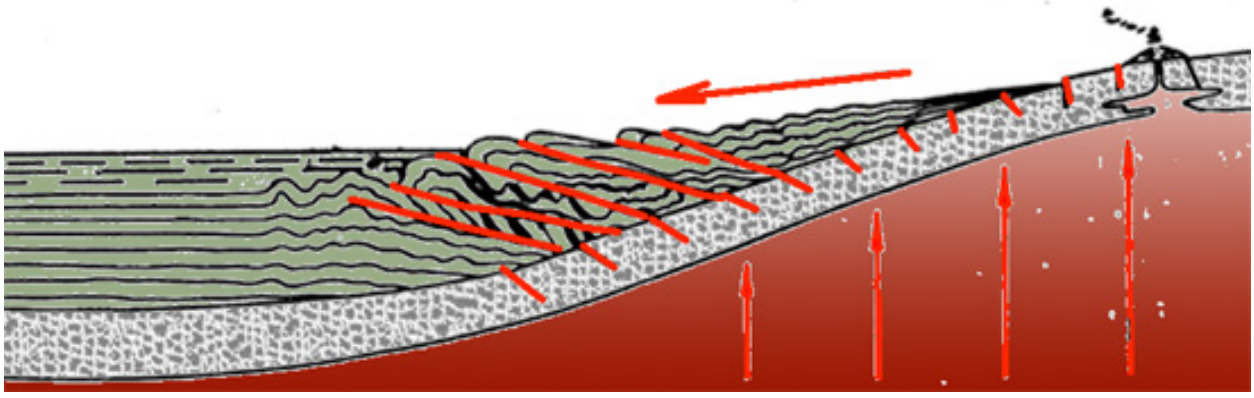


Рис. 21.22. Схема образования складок «свободного течения» в слоистых толщах под действием их веса (по Э. Хаарману с упрощениями)

Важной морфологической особенностью складок свободного течения является их аллохтонность. Механизм образования этих складок требует отрыва и перемещения определенных частей слоев на то или иное расстояние от первоначального их положения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Иногда мы можем воочию видеть такие складки, в виде соляного потока (рис. 21.23).

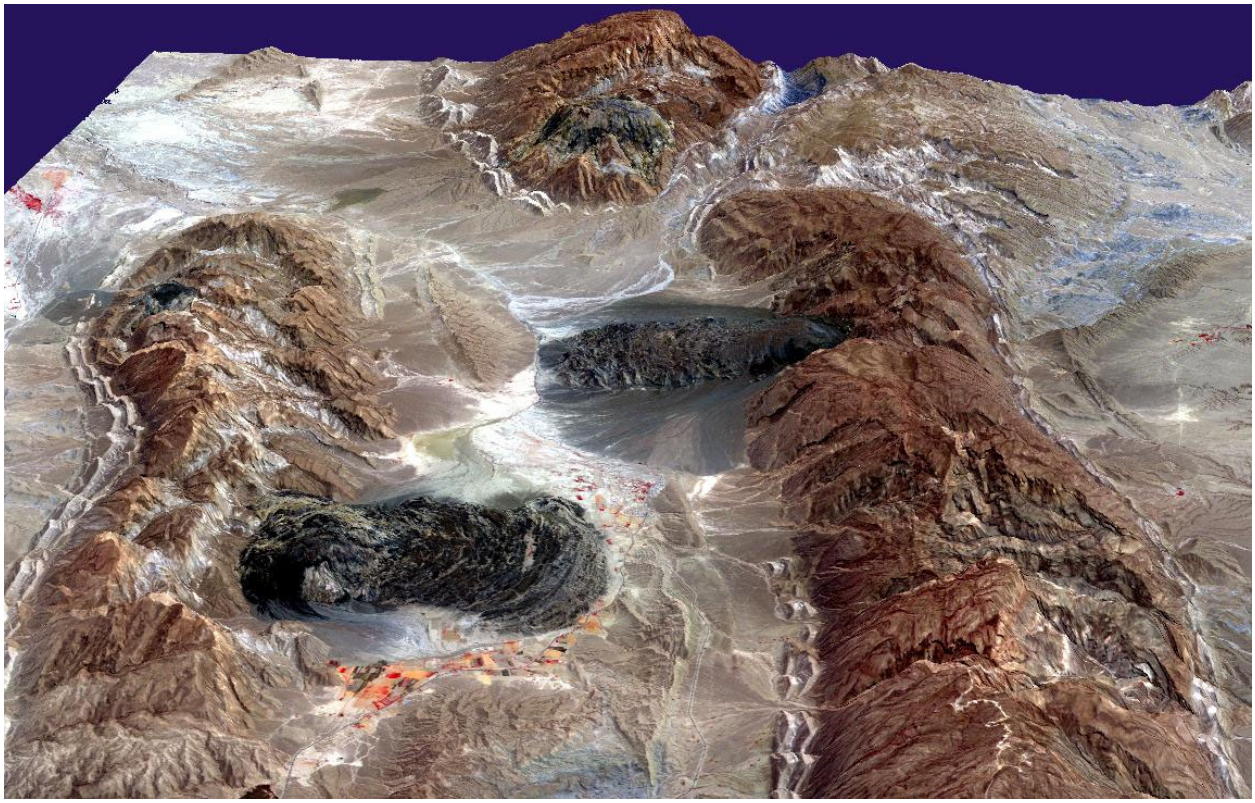


Рис. 21.23. Соляные глетчеры в загросском (Zagros Mountains) диапировом куполе (http://www.solarviews.com/raw/earth/saltglacier.jpg)

Эти складки нельзя, строго говоря, относить к постседиментационным, так как они образуются в еще полностью неконсолидированном осадке.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

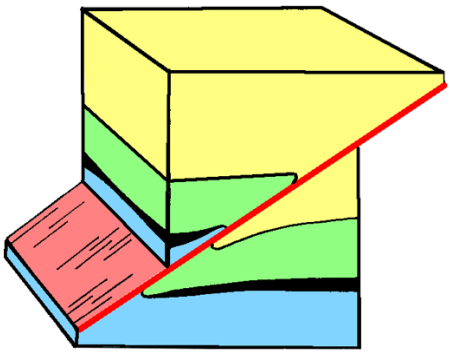
21.3.7. Приразрывная складчатость

Когда говорят о приразрывных складках, обычно имеют в виду три группы складок, совершенно различной природы и масштаба распространения.

Прежде всего, это сравнительно небольшие по размеру складки, которые возникают в относительно пластичных породах, на стадии пластической деформации, предшествующей разлому и примыкающих к нему (рис. 21.24).



а



б

Рис. 21.24. Приразрывные складки. Южное Предуралье. Образование приразрывной складки вблизи взброса (по В. Ярошевскому)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Нередко это единственный легко диагностируемый признак для определения характера разлома. Бывает, что таким образом формируются и флексуры. Иногда со складками такого типа бывают связаны месторождения нефти и газа.

Другой механизм образования приразрывных складок обусловлен уменьшением нагрузки на пластический слой в полосе, прилежащей к разломам. Каждый разрыв представляет собой зону нарушения сплошности пород той, или иной ширины. Плотность разрушенных пород меньше плотности тех же пород в цельном состоянии, поэтому нагрузка на пластичный слой под зоной разрыва и в самой зоне разрыва меньше, чем в стороне от нее. Это и вызывает перемещение пластичного материала из-под более нагруженных участков в сторону менее нагруженных зон. Пластичный материал внедряется на некоторую высоту в зону разрыва и подсасывается к ней. В плане такие структуры имеют форму гребневидных антиклиналей, вытянутых вдоль разрывов (рис.21.25).

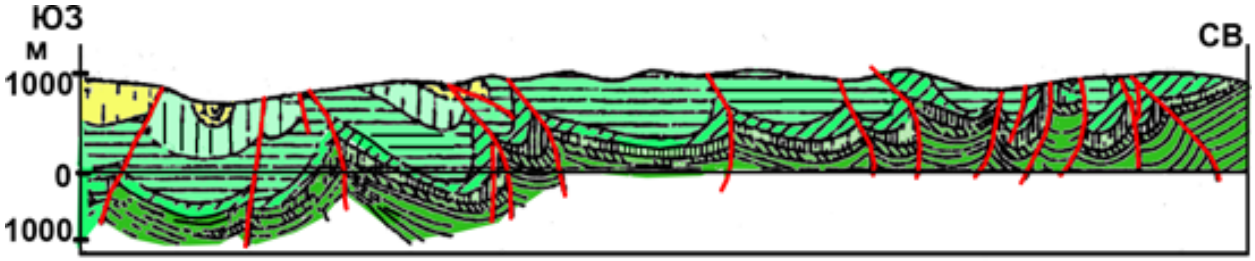


Рис. 21.25. Гребневидная складчатость нагнетания. Юго-Восточный Кавказ (по А.В. Вихерту и др., упрощенно)

Наконец, еще один вид складок, связанный с разломами, был описан в ***21.2.2***, как кулисообразные складки, возникающие над блоками основания, образующими сдвиг.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3.8. Диапировая складчатость

Диапировые складки (складки протыкания) развиваются в осадочном чехле и представляют собой антиклинальные структуры, образующиеся в слоистых толщах при внедрении в них пород, обладающих низкой вязкостью и низкой плотностью. Это соли, ангидрит, гипс, угли, глины, насыщенные водой, способные пластично деформироваться и течь в сторону меньшего давления или под влиянием собственного веса.

Наиболее широко среди них распространены соляные и глиняные диапиры.

В *соляных диапирах* различают ядро, сложенное пластичными породами, и окружающие ядро и прорванные им менее пластичные и более тяжелые толщи. Внутренняя структура ядра характеризуется исключительно сложным строением (рис. 21.26).



Рис. 21.26. Соляной купол в Клодове, Польша; в каменной соли, слагающей ядро, - сложная дисгармоничная складчатость течения (по М. Ксенжкевичу, Я. Самсоновичу, 1965)

Слагающие его пластичные породы смяты в типичные складки течения, направленные к земной поверхности, слои при этом растягиваются, образуют сложные изгибы, раздувы и нередко разрываются. Вмещающие толщи у границ с ядром выгнуты вверх, сильно раздроблены, часто запрокинуты, нарушены многочисленными разрывами и поверхностями скольжения, по которым отдельные пачки и пакеты слоев отрываются и перемещаются вслед за ядром на значительные расстояния.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таким образом, в диапировых структурах сочетаются два вида складок: в активном ядре развиваются складки течения, а окружающие ядро толщи подвергаются поперечному изгибу. В зависимости от того, обнажается ядро на поверхности или нет, соляные купола делятся на открытые (рис. 21.27) и закрытые.

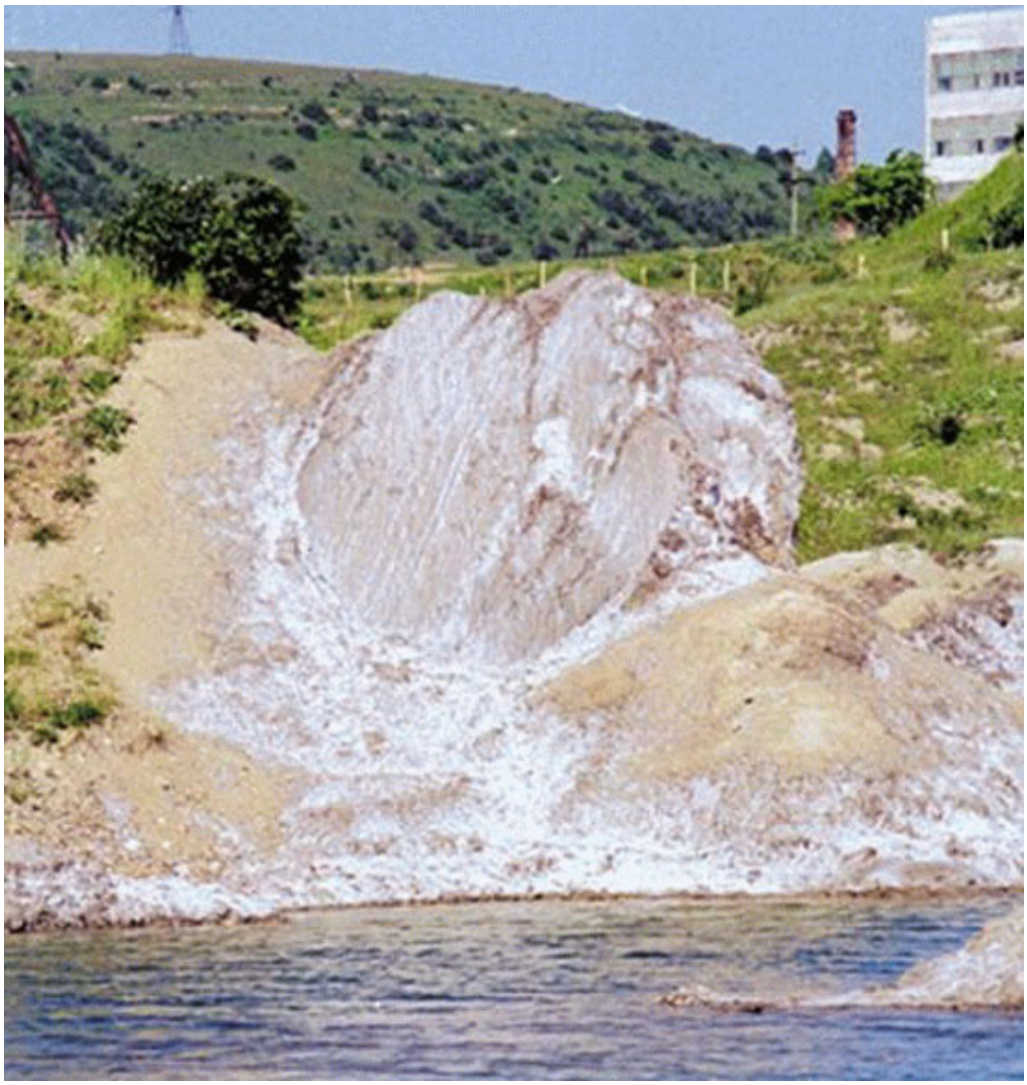


Рис. 21.27. Открытый соляной купол

На поверхности солей в открытых куполах развивается соляная шляпа (кепрок, *cap rock, кап-рок*), представляющая собой глинистую массу, вымытую из растворенных водой отложений. Он содержит обломки тех древних пород, которые прорывал диапир в своем пути наверх. Кроме того, попадая в поверхностные части земной коры, породы верхней части диапира размываются, при этом в первую очередь, растворяются каменные соли. В результате верхняя часть диапира обогащается глинами, песком и малорастворимыми солями.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Мощность кэпрока может достигать нескольких десятков метров. В сводах закрытых куполов нередко происходят проседание и дробление пород, покрывающих соляные массы, и купола в таких случаях принимают вид разбитой тарелки. На поверхности земли размытая верхняя часть ядра диапира часто сопровождается низинами, сильно заболоченными и закарстованными соляными озерами.

Над криптодиапирами вмещающие породы часто интенсивно раздроблены, принимая в плане довольно сложные очертания, напоминающие битую тарелку или панцирь черепахи (рис. 21.28).

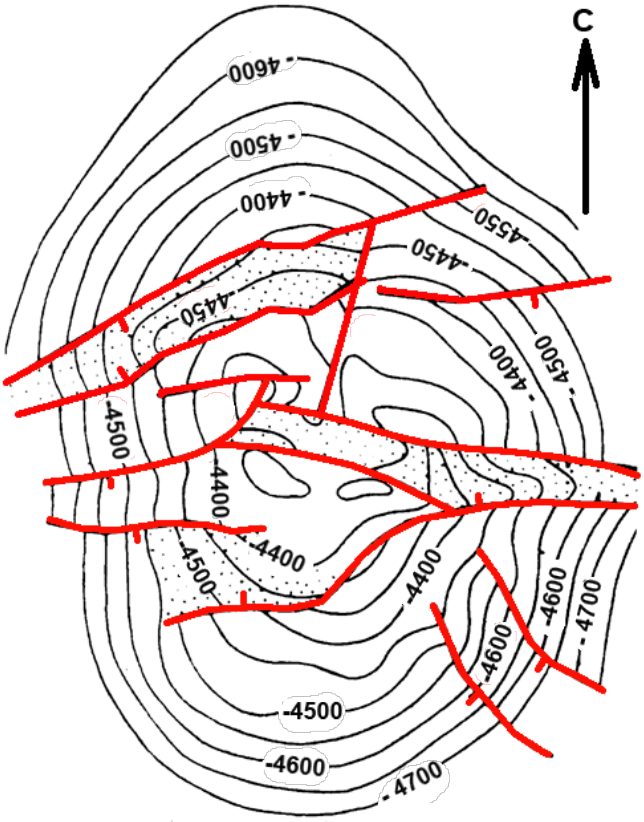


Рис. 21.28. Разбитая разломами антиклинальная складка над соляным куполом (Техас, по Э. Клоосу)

По очертаниям в плане соляные диапиры делятся на куполовидные и линейные. Куполовидные структуры имеют овальные и округлые очертания, поперечные размеры которых составляют 5 - 10 километров, например Индерский купол в Прикаспии, или линейные и изредка достигающие многих десятков и даже сотен километров (рис. 21.29).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

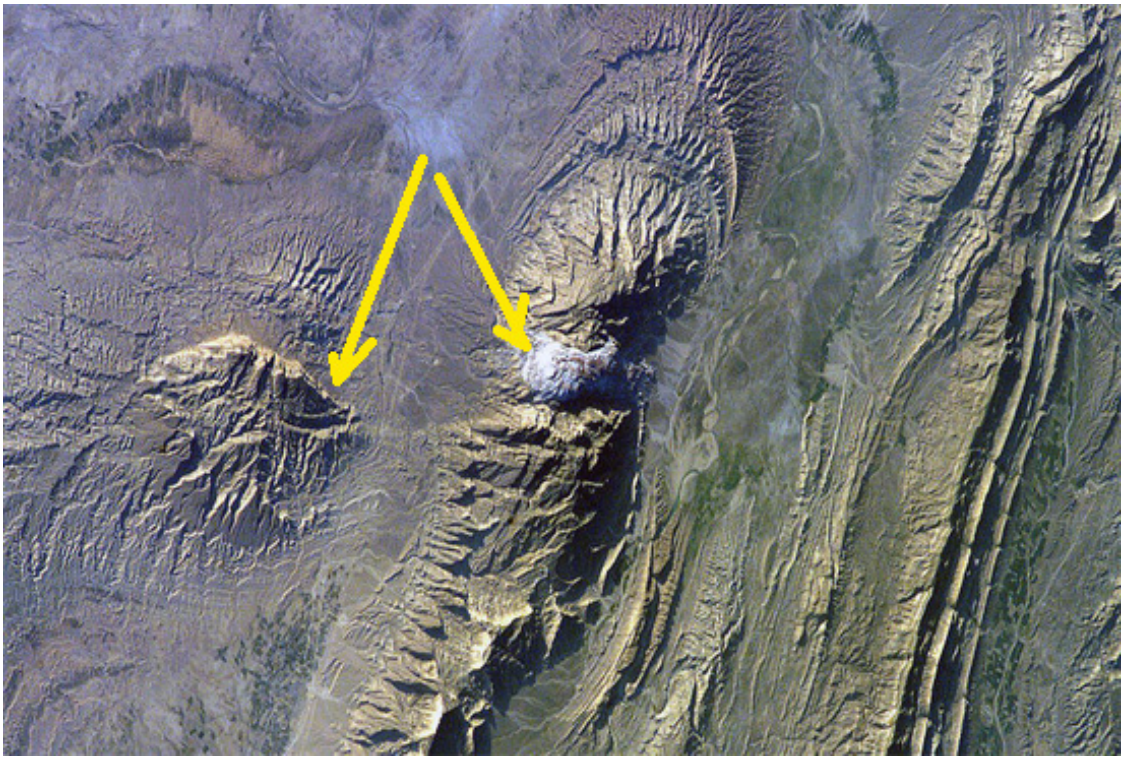


Рис. 21.29. Соляные купола и валы в Загросе. Космические снимки соляной тектоники. Google, «Планета Земля».

Типичные области солянокупольной тектоники - Прикаспийская и Мексиканская синеклизы. Здесь известны сотни куполов.

Линейные соляно-диапировые складки имеют иное строение: при относительно небольшой ширине они вытянуты в длину до 10 км и более. Такие складки развиты в ряде краевых прогибов, в частности на юге Предуральского прогиба, в Предкарпатском прогибе (где и были впервые установлены), а также в межгорных прогибах, рифтах и авлакогенах. Узкие антиклинали чередуются с широкими синклиналями, образуя типичную гребневидную складчатость. Линейные диапировые складки, как с соляными, так и с глиняными ядрами представляют, по существу, те же складки регионального сжатия, но усложненные проявлениями интенсивного перетекания пластичного материала.

Происхождение соляных куполов связывается с инверсией плотностей. Если соль, с плотностью (2,15 г/см^3) оказывается гипсометрически ниже, чем вмещающие породы, с плотностью (2,3 - 2,4 г/см^3), то она всплывает из под последних (рис. 21.30). d_1 и d_2 плотности верхнего и нижнего слоев, H - мощность верхнего слоя в ненарушенной части, h_1 - мощность того же слоя над зоной внедрения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

материала нижнего слоя, h_2 - высота внедрившейся в верхний слой части слоя. Если $d_1 > d_2$, то $h_1 d_1 + h_2 d_2 < h_1 d_1 + h_2 d_1$. Поэтому из точек A и A_1 материал нижнего слоя устремляется к точке B и внедряется в верхний слой

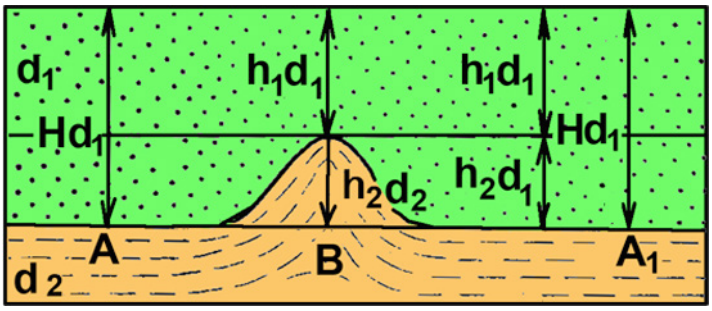


Рис. 21.30. Механизм нагнетания менее плотного материала в более плотный при инверсии плотностей. (по В.В. Белоусову)

Начальное условие соляного диапиризма - мощность соленосной толщи более 120 м и покрывающих отложений более 300 м. Эмбриональной формой соляного диапиризма являются «соляные подушки», раздувы соли без протыкания вышележащих слоев. При развитом диапиризме мощность соляных ядер может превышать 1 км.

Если инверсия плотностей охватывает площадь, значительно большую, чем толщина слоя, в нем образуется некоторое число центров (зон) всплывания. Эти зоны могут иметь различную форму:

- отдельных подушек, или куполов, или «игл», протыкающих километровые толщи пород,

- удлиненных валов, расположенных параллельно друг другу, на которых растут купола,

- шестигранную форму, причем всплывающие и опускающиеся зоны могут быть как на периферии, так и в центре такой шестигранной призмы.

Размеры куполов, валов, ячеек и расстояния между ними зависят от толщины слоя и колеблются от двухкратной до четырехкратной толщины слоя.

Наиболее благоприятные условия для соляного диапиризма устанавливаются на глубине 5-6 км. Однако, по мере того, как соль поднимается, она, приближаясь к поверхности Земли охлаждается, вязкость ее падает. Кроме того, разница с плотностью вмещающих пород уменьшается, и даже вообще исчезает и подъемная сила

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

купола уменьшается до нуля. Некоторое время глубокие части ядра продолжают еще давить снизу на верхушку диапирового ядра, которая, потеряв собственную подъемную силу, растекается между слоями в стороны. Ядро приобретает грибообразную форму. Наконец, весь процесс останавливается, заторможенный ростом вязкости и падением подъемной силы (рис. 21.31).

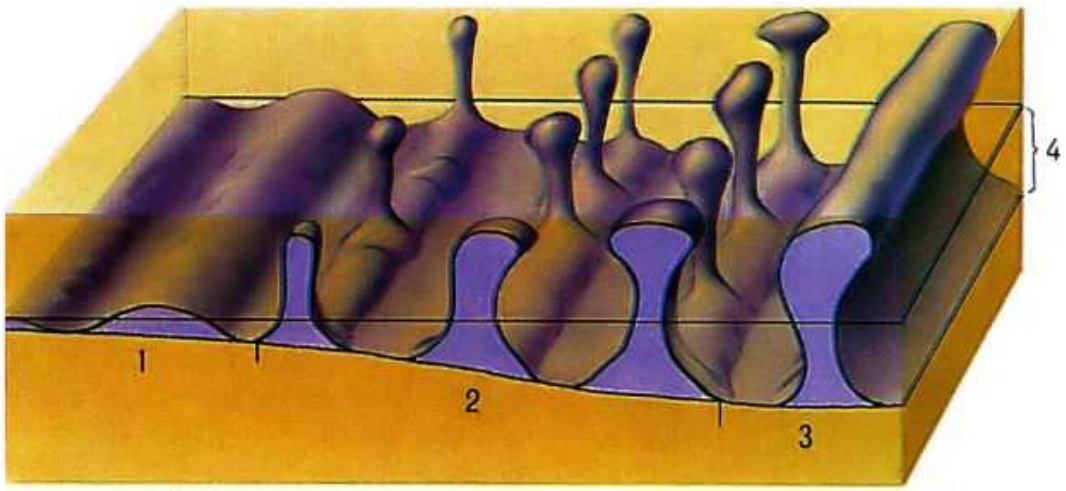


Рис. 21.31 Виды соляных структур и их зависимость от первоначальной мощности (модель соленосного комплекса Северо-Германской низменности. По Ф. Трусгейму) 1 – соляные подушки, 2 – соляные штоки, 3 – соляные валы, 4 – исходная толщина соляного слоя

Между диапирами питающий пластичный слой утоняется, а иногда полностью пережимается.

Соляные купола развиваются в течение веков, реже - эпох, часто одновременно с накоплением перекрывающих толщ, в результате чего в них обнаруживаются черты конседиментационных складок.

Вмещающие толщи также деформируются. Они приподнимаются в виде антиклиналей над криптодиапирами, образуя штамповые складки поперечного изгиба, задираются при протыкании как в складках, связанных с внедрением магмы, образуя ловушки для нефти и газа. Нередко, в придиапировых частях вмещающие породы имеют крутое залегание, часто стоят на головах или запрокинуты. В них наблюдаются разрывы и поверхности скольжения, по которым отдельные пачки отрываются и увлекаются вслед за диапиром. В целом, вмещающая диапир структура представляет собой складку

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

поперечного изгиба. В удлиненных диапирах эта складка принимает облик горст-антиклинали.

Соляные купола и формируемые ими дислокации очень важны для нефтяной геологии, так как с ними часто связаны залежи нефти и газа. Кроме того, сами соляные купола нередко используются как емкости для захоронения во вмещающих в них полостях техногенных загрязнений.

Другой широко распространенный вид диапиризма – глиняный, который зачастую сопровождается явлениями грязевого вулканизма. В настоящее время на Земле известно более 1700 надводных и подводных грязевулканических построек. Некоторые грязевые вулканы-гиганты, имеют высоту 400 - 450 м, площадь кратерной площадки 900 - 1000 м^2, а общий объем твердых выбросов в момент извержения в них превышает 2400 млн м^3. Обычная грязевулканическая деятельность четко распадается на два периода. Извержения начинаются со взрыва газов в кратере, разрушения кратерной пробки и поступления на поверхность потоков полужидких грязебрекчий (рис. 21.32). Иногда грязь изливается спокойно, а иногда взлетает вверх отдельными струями.



Рис. 21.32. Извержение грязевого вулкана
(http://images.yandex.ru/yandsearch?source)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Одновременно из жерла вулкана выбрасываются твердые обломки и глыбы пород, нередко происходит самовозгорание углеводородных газов и над кратером появляется горящее пламя. Его высота может достигать нескольких сотен метров (рис. 21.33).



Рис.21.33. Взрыв грязевого вулкана
(http://www.traveler.az/component/content/article/42-azer-monuments/)

Массы грязебрекчий, содержащих большие количества воды, нефти, сероводорода и рассеянных сульфидов, растекаясь на площади, надстраивают старый конус. При этом объемы твердых выбросов огромны. Извержение вулкана обычно длится несколько дней, сопровождается землетрясением, мощным подземным гулом и иногда распадается на отдельные фазы, в течение которых преобладают то одни, то другие продукты грязевулканической деятельности. Затем вулкан затихает. На кратерной площадке его появляются многочисленные сальзы и грифоны, непрерывно поставляющие на поверхность жидкую грязь, газ, воду, а иногда и нефть. Здесь у каждого источника, пробивающегося на поверхность, отлагается масса плотных глинистых корок, которые наращиваясь,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

превращаются в миниатюрное подобие вулкана. Такие сальзы, размерами не более 2 - 3 м высотой встречаются в кратерах в огромных количествах. Одновременно на склонах вулканического конуса начинается окисление и эрозия грязевулканических построек. Серые и зеленовато-серые глины, содержащие рассеянные сульфиды окисляются и превращаются в бурые, красновато-бурые породы, обогащенные гидроксидами железа и марганца. Склоны покрываются сетью глубоких оврагов (барранкосов), радиально расположенных по отношению к кратерной площадке; по ним перемещаются как глубинные воды вулканов, поступающие из грифонов и сальз, так и атмосферные осадки, временно скапливающиеся в неровностях рельефа (рис. 21.34).



Рис. 21.34. Грязевой вулкан (http://images.google.ru/url?sa)

Таким образом, в грязевых вулканах постоянно чередуются периоды извержении с периодами относительного покоя. Извержения различных грязевых вулканов происходят крайне неравномерно – от нескольких часов, до полувека.

На генезис грязевых вулканов имеются различные токи зрения. Наиболее популярны тектоническая и углеводородная точки зрения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Тектоническая связывает возникновение грязевых вулканов, с развитием диапировых складок, пологих надвигов или глубинных разломов.

Углеводородная связывает образование грязевых вулканов с формированием и разрушением месторождений нефти и газа. При этом, избыточное давление, возникающее в нефтяных залежах и обуславливающее прорыв грязебрекчий на поверхность через эруптивные каналы вулканов многие исследователи объясняли избыточным давлением углеводородных газов, сконцентрированных в недрах.

Форма построек грязевых вулканов весьма разнообразна. Выделяют четыре типа построек (рис. 21.35).

К первому типу относятся диапировые образования в виде крупных грязевых вулканов, в которых грязевулканическая брекчия отличается вязкой консистенцией и выдавливается из кратерного канала, образуя столбообразные некки.

Ко второму типу грязевых вулканов относятся постройки, возникающие за счет периодического поступления на поверхность полужидких масс грязебрекчий; во время очередного извержения они растекаются от кратера к периферии вулкана, надстраивая вулканическое сооружение и увеличивая, таким образом, объем концентрически построенного конуса. Кратерные площадки таких грязевых вулканов обычно осложнены многочисленными сальзами и грифонами, они постоянно выделяют воду, жидкую грязь, газовые пузыри и пленки нефти.

К третьему типу относят грязевые вулканы, в которых вместо грязевулканических сооружений образуются солончаки, заболоченные участки с лужами жидкой грязи, занимающие большие площади и практически не возвышающиеся над окружающим рельефом. Такое грязевое болото обычно бывает осложнено небольшими сальзами или грифонами, размеры которых не превышают нескольких метров в высоту; из них постоянно изливается жидкая грязь, вода, реже нефть. Характерно проседание отдельных участков грязевулканического поля. Нередко в пределах области развития грязевых брекчий образуются неглубокие озера и лужи, концентрирующие в себе поверхностные воды.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

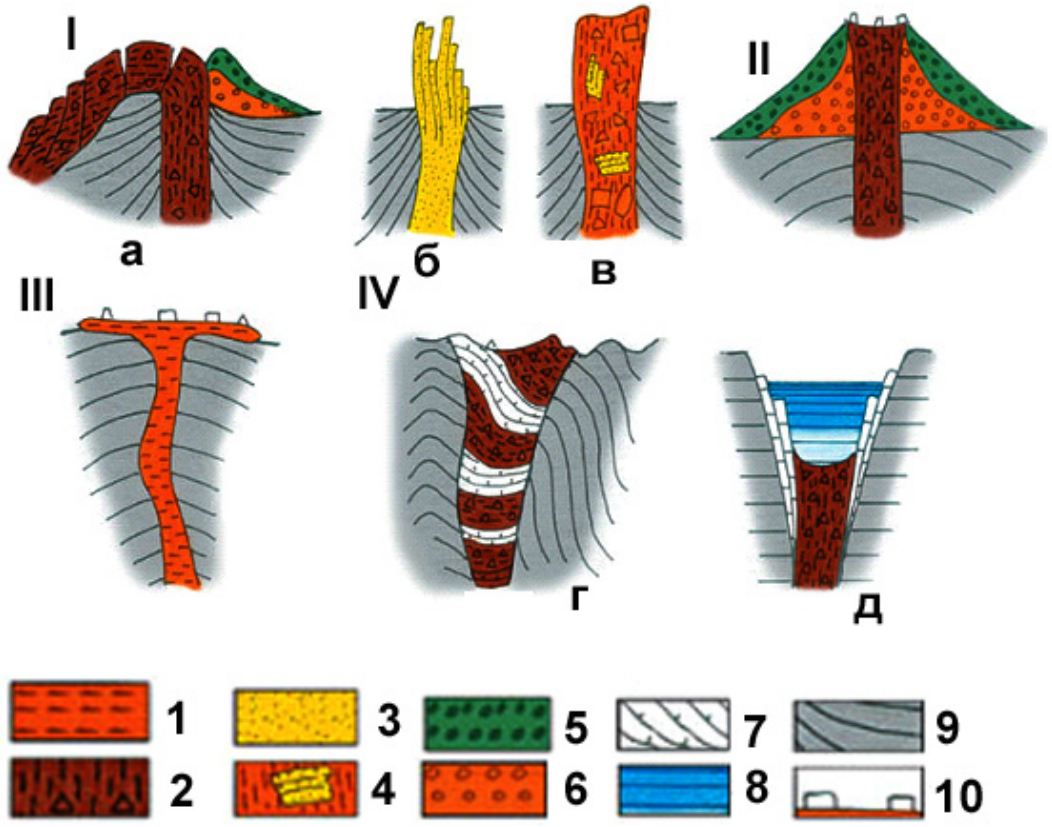


Рис. 21.35. Морфогенетические типы грязевых вулканов: I - диапиры: а - глинистый; б - песчаный; в - конгломератоглыбовый; II - конусовидные постройки из покровов грязебрекчий; III - вулканы, образующие полужидкий покров; IV - провал грязевулканической постройки; г - вдавленная синклиналь; д - кратерное озеро (по В.Н. Холодову). Условные знаки: 1 – разжиженная глина, 2 – глинистая грязебрекчия, 3 – песчаник, деформированный процессами течения, 4 – обломки песчаника, 5 – свежие грязебрекчии с рассеянными сульфидами, 6 – древние окисленные грязебрекчии, 7 - фрагменты пластов осадочных пород и железных руд, 8 – кратерные воды, 9 – слоистость осадочных отложений, 10 – сальзы и грифоны

Четвертый тип грязевых вулканов представлен вдавленными синклиналями, обычно осложняющими присводовую часть антиклинали. Здесь по разломам, ограничивающим жерло вулкана, осуществляется опускание части грязевулканической постройки, в которой чередуются сопочные брекчии и нормальные осадочные отложения. Грязевой вулканизм обеспечивает избыток массы грязебрекчий на поверхности и дефицит ее на глубине; вследствие чего формируются кольцевые разломы и грабены, вовлекающих в процесс опускания фрагменты нормально залегающих осадочных отложений, грязебрекчий и формирование оползней. Обычно это крупные и округлые впадины диаметром в 200 - 300 м и более,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

расположенные на относительно ровной поверхности и окруженные кольцевыми разломами. По разломам отдельные блоки пород опущены сверху вниз. Центральные части впадин заняты водой, которая местами пузырится от поступающих снизу газов.

Описанные типы грязевых вулканов одновременно можно рассматривать как разные стадии единого процесса, поскольку нередко в. результате очередного грязевулканического извержения на месте крупной грязевулканической постройки может образоваться озеро, а вместо крупного озера - возникнуть новый конус грязевулканической постройки.

Систему вертикальных и наклонных каналов, по которым на поверхность поступает масса грязебрекчий разной консистенции, воды, жидких и газообразных углеводородов, газов и др. компонентов в геологической литературе принято называть корнями грязевых вулканов. Глубина проникновения корней грязевых вулканов достигает 9 км. В составе газов грязевых вулканов, как правило, преобладает метан; количество азота и тяжелых углеводородных газов очень невелико, а инертные аргон, ксенон и криптон присутствуют лишь в долях процента. Только в некоторых вулканах Керченского региона и о-ва Сахалин, наряду с метаном, распространена углекислота.

Скопления грязевых вулканов тяготеют к нефтегазоносным впадинам альпийской зоны складчатости, в которых накапливаются терригенно-глинистые осадочные отложения и формируются мощные толщи глин со сверхвысокими пластовыми давлениями (СВПД) флюидов.

В ходе погружения глинистых толщ в глубь осадочного бассейна рост поровых давлений прекращается тогда, когда в область сверхвысоких поровых давлений (СВПД) попадает разлом, вертикальная зона трещиноватости или песчаный пласт-коллектор. Тогда поровые флюиды, накопленные в зоне разуплотнения, устремляются в поровые пространства песков или уходят по плоскости разломов, а поровые давления в глинах падают до обычных для данных глубин.

Очаг грязевого вулкана представляет собой тело, сложенное глинами, реже - песками, часто содержащими большое количество твердых обломков вмещающих пород и разжиженных гомогенизированными газоводными флюидами (вода, нефть, газы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

разного состава); оно формируется на больших глубинах за счет саморазвития элизионных систем и может при благоприятных обстоятельствах "питать" корни грязевулканических построек.

С геологической точки зрения очаги грязевулканической деятельности можно рассматривать как разжиженные и линзовидные слои-волноводы, залегающие примерно в соответствии с напластованием слоев, но местами пересекающие стратиграфические границы. В тех местах, где они пересекаются системой трещин и разломов в них образуются консеквентные ответвления - собственно корни грязевых вулканов. Выше эти образования (ответвления) сменяются жерловыми грязебрекчиями, а уже на поверхности - полями кратерных и сопочных грязебрекчий, нередко формирующими вулканические постройки.

Глиняные диапиры не всегда доходят до стадии вулкана (рис. 21.36).

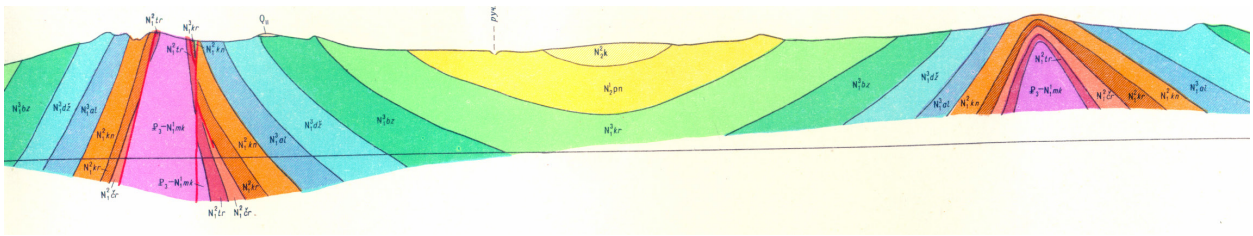


Рис. 21.36. Геологические структуры в области распространения глиняных диапиров. Фрагмент разреза к учебной геологической карте.

Кроме того, встречаются еще *серпентинитовые диапиры*, образующиеся за счет гидратации ультраосновных пород океанской литосферы в зонах субдукции. Древние диапиры такого типа именуются *протрузиями*; они также широко распространены.

Существует, также гидровулканизм, известный также под названием гидротектоника. Речь идет о поднятиях, осложненных густой сетью разрывов и трещин, созданных напором находящихся под аномально высоким давлением подземных вод. Примером такой структуры является Дарвазский купол.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.3.9. Диапиризм и нефтегазоносность

Связь между нефтегазоносностью и диапиризмом общепризнанна.

Во-первых, благодаря минимальной проницаемости пласты соли - лучшие покрышки нефтегазовых залежей. Эти функции выполняют не только соляные слои, но и небольшие нависающие козырьки диапиров. Субвертикальные же тела (особенно диапиры), в процессе своего образования создают разнообразные структурные ловушки (рис. 21.37).

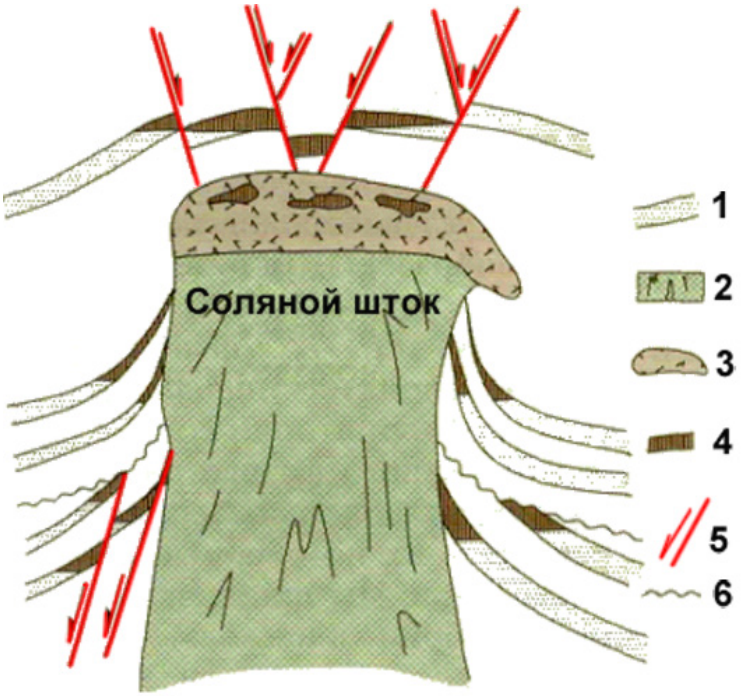


Рис. 21.37. Основные типы залежей углеводородов, характерные для ловушек, связанных с диапировыми структурами. 1 - коллекторские (нефтегазоносные) горизонты; 2 - соляной шток; 3 - кепрок; 4 - залежи углеводородов; 5 - тектонические нарушения, стрелками показаны направления смещений; 6 - поверхности несогласия (по А. Леворсену)

Нередко над соляными куполами располагаются многозалежные месторождения (рис. 21.38).

Миграция солей и углеводородов осуществляется в разных комбинациях и в разной последовательности, в том числе и в виде совместной восходящей миграции солей и углеводородов. Соль в своем диапировом восхождении как субстанция более плотная по сравнению с углеводородами сильнее нарушает целостность вмещающих слоистых толщ, формируя зоны повышенной проницаемости, куда и устремляются углеводороды (рис. 21.39).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

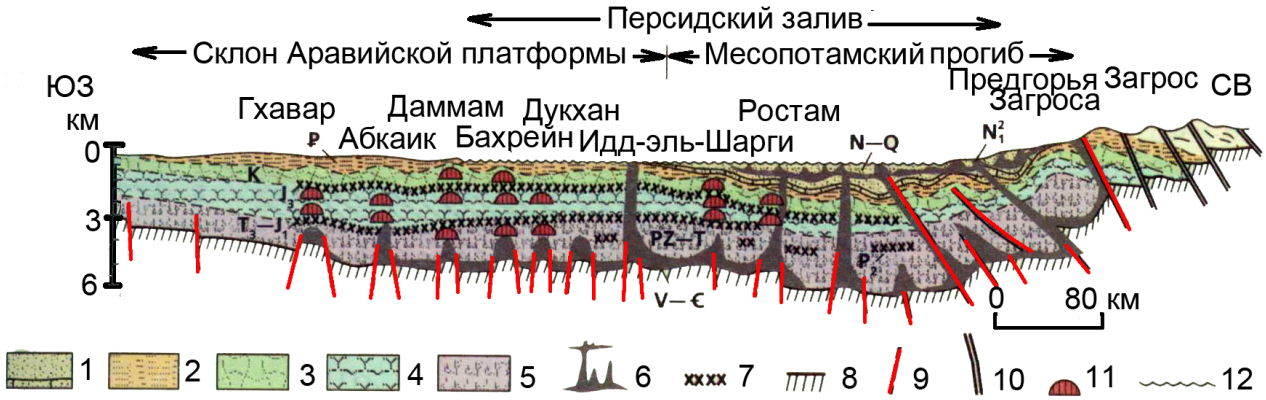


Рис. 21.38. Схематический геологический разрез солянокупольного бассейна Персидского залива. Моделирование по опубликованным источникам по Г.А. Беленицкой, 2013). 1 - 5 - комплексы отложений: 1 - неоген-четвертичных (а - известняки Асмари, ₽, - N^1_1); 2 — палеогеновых; 3 - меловых; 4 - юрских; 5 - палеозойско-триасовых; 6 - 7 - соли и солянокупольные образования: 6 - основные уровни: венд - кембрийский (V - Є, формация Ормуз) и миоценовый (N^2_1, нижний фарс); 7 - второстепенные уровни сульфато- и соленосности: верхнепермский (P_2), верхнетриасово - нижнеюрский (T_3 - J_1) и верхнеюрский (J_3); 8 - докембрийское основание; 9 - разломы; 10 - надвиги; 11 - залежи углеводородов; 12 - воды Персидского залива.

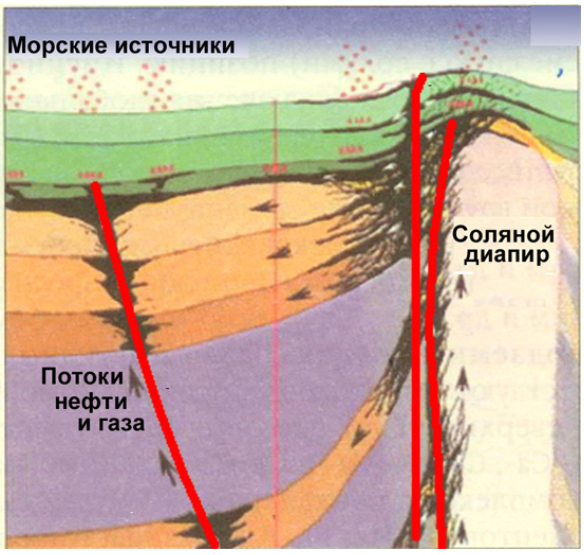


Рис. 21.39. Разрез нефтеносного соляного купола Мексиканского бассейна (по Б.К. Лим)

Соляные диапиры здесь выполняют роль «таранов» и «эвакуаторов», способствующих более интенсивной миграции углеводородов и, одновременно, тормозящих их восхождение - создавая на путях следования «заторы» в виде структурных ловушек. Важно, что и сами высоконапорные углеводороды, в свою очередь, изо всех сил «подталкивают» соли снизу [Г.А. Беленицкая, 2013].

Такие миграционные взаимосвязи углеводороды обнаруживают и с другими подвижными текучими породами, прежде всего с

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

глинистыми - главными участниками глиняного диапиризма и грязевого вулканизма.

Связи грязевого вулканизма и нефтегазоносности большое внимание уделял И.М. Губкин. Он считал, что грязевые вулканы возникают там, где к наиболее поднятым, раздробленным и измятым породам подходит подток воды, газа, и затем - нефти. В мощных толщах, насыщенные водой и органогенным илом глинах при быстром погружении начинает разлагаться и в них образуются значительные количества метана, сероводорода, двуокиси углерода, азота и др. В результате плотность этих слоев резко уменьшается, в них возникают аномально высокие давления (АВПД) газа и не успевшей отжаться воды. Если они прорываются к поверхности, то выходят в виде грязево-газово-жидких вулканов. Если происходит воспламенение горючих газов, создается впечатление настоящего вулкана с величиной огненного столба, достигающего иногда высоты 300 м. Размер таких структур достигает нескольких сотен метров, и они широко распространены на нефтегазоносных Апшеронском, Керченском и Таманском полуостровах.

Примером может служить давно известное и хорошо изученное месторождение нефти Биби-Эйбат (рис. 21.40).

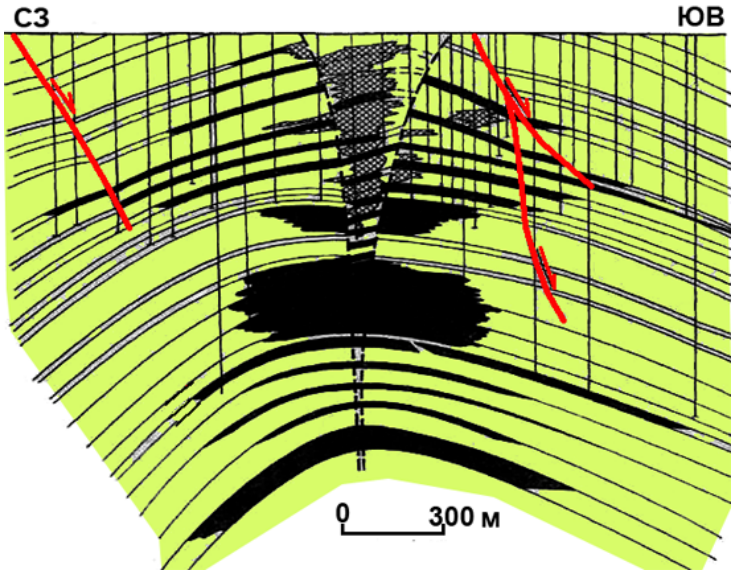


Рис. 21.40. Разрез через месторождение Биби-Эйбат. Азербайджан.

Верхняя часть месторождения прорвана древним грязевым вулканом (заштрихован). Это одно из многочисленных многопластовых месторождений района Баку. Структура представляет собой крупную вытянутую складку, разорванную небольшими тектоническими нарушениями. Залежи нефти показаны черным.

Контрольные вопросы к 21 3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

21.4. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СКЛАДЧАТОСТИ

Попытка связать между собой генетические типы и условия формирования складчатости и их морфологические характеристики была сделана в 70-е годы А.В. Вихертом. Для этого он использовал числовые индикаторы, которые характеризуют форму, размеры и особенности размещения складок в пространстве в обобщенном (осредненном) виде. Это *избыточная длина слоев (λ)* - отношение длины слоев, смятых в складки к длине горизонтальной проекции этих слоев (безразмерная величина). Избыточная длина слоев характеризует средний угол наклона пород в складчатом комплексе и среднюю величину складок - чем больше *λ*, тем больше наклон слоев и высота складок. С увеличением *λ* возрастает вертикальный масштаб складчатости, уменьшается подобие разномасштабных складчатых комплексов, возрастает деформация продольного сжатия и изгиба слоев. Другой параметр - *относительная частота антиклиналей (ν)* сокращенно - *частота складок* - отношение числа антиклиналей, сложенных слоями, к горизонтальной проекции тех же слоев, выраженное в километрах (размерность *км* $^{-1}$). Частота антиклиналей определяет среднюю ширину и высоту складок; чем больше ν, тем меньше ширина и высота частных форм. С увеличением *ν* уменьшается вертикальный размах складчатости, растет подобие разномасштабных складчатых комплексов, деформация продольного изгиба захватывает все более широкие зоны.

Совместно *λ* и *ν* устанавливают в относительных мерах вертикальный размах складчатости, подобие структуры составляющих складчатость разномасштабных складчатых комплексов и величину деформации продольного сжатия и изгиба слоев.

Значения описанных параметров изучались в 969 разрезах, на которых зафиксировано более 8000 антиклиналей, сложенных породами разного состава, описанных более чем ста авторами в разных масштабах (от 1:1 до 1:500 000). Оказалось, что в различных тектонических зонах значения λ и ν имеют вполне определенные величины (рис. 21.41).

Таким образом, установлена возможность формализовано выделять различные тектонические зоны.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

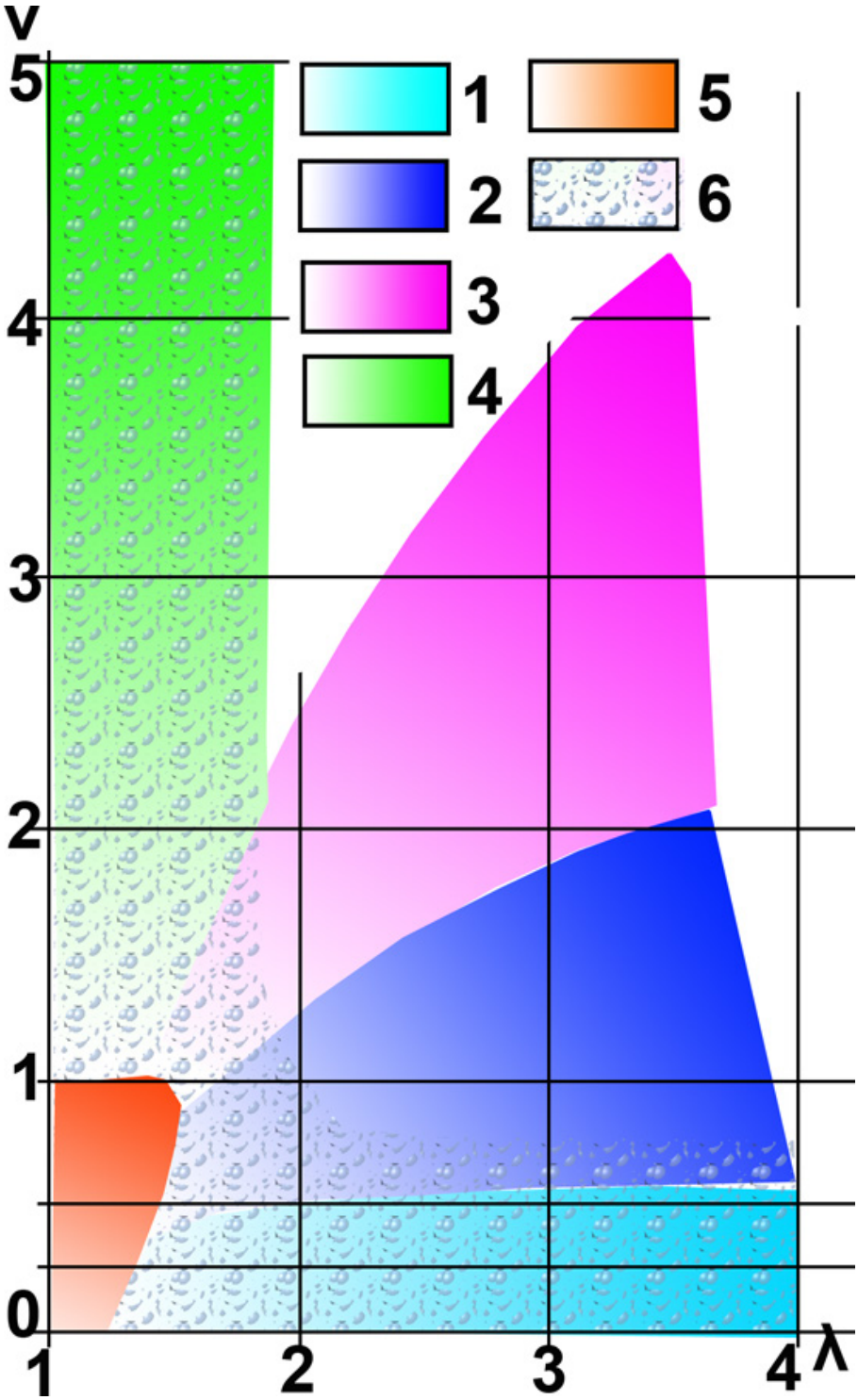
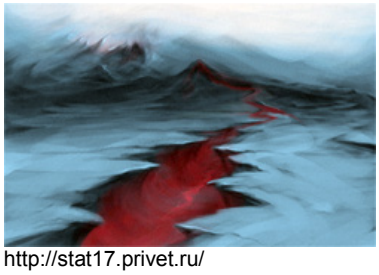


Рис. 21.41. Морфологическая классификация складчатости в значениях избыточной длины слоев λ, и относительной частоты антиклиналей v. 1 - солянокупольный, 2 - чешуйчатый, 3 - шарьяжный, 4 - полной, 5 - промежуточной, 6 - метаморфической. (по А.В. Вихерту с упрощениями)

Таким образом, по указанной статистической характеристике выделяются прерывистая, солянокупольная, чешуйчатая, шарьяжная, промежуточная и полная складчатость.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014


http://stat17.privet.ru/

Глава 22. Механизмы и причины образования разрывов

22.1. Общие сведения об образовании разрывов

Если напряжения в горной породе или в отдельном ее фрагменте превышают предел прочности, она разрушается, и в ней возникают *дизъюнктивные дислокации (разрывы)*, которые делятся на две большие группы – *диаклазы* (кливаж и трещины) *и параклазы*. К последним относятся сбросы и взбросы, надвиги и сдвиги, раздвиги, шарьяжи и другие формы. Разрывы могут образоваться в результате как быстрых, так и медленных движений, ориентированных в различных направлениях. Они образуют самостоятельные структурные формы, а также сопутствуют пластическим деформациям и внедрениям магмы.

При развитии деформаций, превосходящих предел прочности породы, в них образуются сначала микроскопические, затем - субмикроскопические, и, наконец - видимые разрывы. Микроскопические разрывы обычно образуются избирательно, ориентируясь в соответствии со структурно-текстурными особенностями породы. Микроскопические трещинки отрыва, расположенные кулисообразно, соединяются между собой, образуя более крупные, но скрытые, плохо заметные трещины, которые растут, сливаются и образуют магистральный разрыв (рис. 22.1).

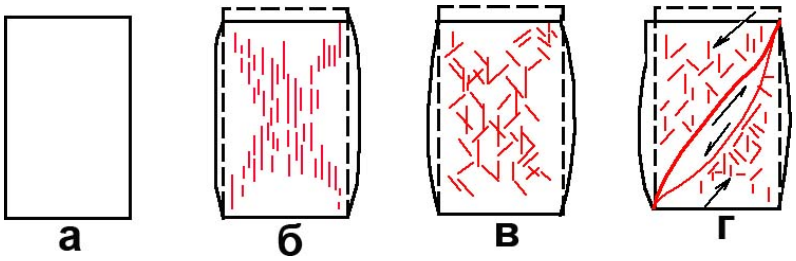


Рис. 22.1 Различные стадии деформации каменной соли: а – упругая деформация, б – стадия катаклаза – образование зародышевых трещин, в – возникновение зон скалывания и пластическое течение, г – возникновение единой трещины сдвига. Штриховой линией показана первоначальная форма образца (по И.С. Грамбергу)

Иногда первичные разрывы рассекают поперек крупные обломки терригенных пород, иногда - обходят зерна.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В хрупких породах величина предшествующей пластической деформации незначительна. В вязких же, прежде, чем тело разрушится она проявляется в значительной степени. С глубиной в земной коре пластичность всех горных пород повышается, они становятся более вязкими и деформация в них обуславливается вращением, скольжением, переориентировкой фрагментов породы. При вращательных усилиях главные оси деформации меняют свое положение, при изгибе и кручении главную роль начинают играть напряжения, связанные с растяжением на внешней выпуклой стороне изгибающихся слоев, и сжатием, сконцентрированных на их внутренней стороне.

В однородных средах разрывы образуются либо путем отрыва - в результате максимальных растягивающих нормальных напряжений, либо путем скалывания - в результате касательных напряжений. В земной коре в обоих случаях действует, кроме того, сила тяжести. Образование каждого разрыва всегда приводит к изменению поля напряжений, происходит его ослабление в одних местах и усиление в других (рис. 22.2).

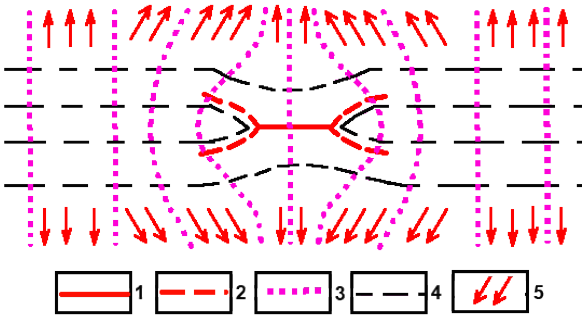


Рис. 22.2. Изменение поля напряжений около разрыва: 1 - разрыв, 2 - направления дальнейшего разрастания разрыва, 3 - траектория, 4 - траектории максимальных нормальных сжимающих напряжений, 5 - силы общего растяжения (по М.В. Гзовскому с упрощениями)

Меняется ориентировка полей напряжений, и новые разрывы возникают в соответствии с новым, искаженным полем напряжений, при неизменном воздействии внешних сил. Трещины скалывания при продолжении деформации меняют ориентировку, и, в конце концов, образуются трещины новых направлений (рис. 22.3).

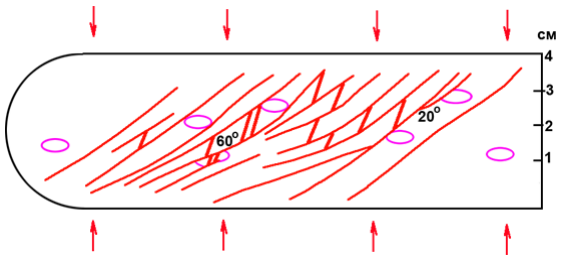


Рис. 22.3. Поворот трещин скалывания первой генерации (тонкие линии) и образование трещин скалывания второй генерации (толстые линии). Эллипсами показаны направление и размер сжатия. (По В.В. Белоусову, эксперимент Т.М. Гептнер)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22.2. ОБРАЗОВАНИЕ КЛИВАЖА

Считается (Гончаров М.А. 2005), что кливаж возникает при растворении компонентов породы под давлением (компрессионной ползучести). Физический смысл его заключается в том, что при однонаправленном сжатии пород с резко неоднородной зерновой структурой в них возникает неоднородное поле напряжений, вызывающее неоднородность деформаций. На контактах зерен, нормальных к оси сжатия, образуются области повышенного давления (концентраторы сжимающих напряжений, зоны компрессии), а на контактах, параллельных к этой оси - области пониженного давления (концентраторы растягивающих напряжений, «тени давления»). При этом породы испытывают деформацию укорочения в направлении оси сжатия.

В неоднородных по составу породах растворение под давлением осуществляется выборочно - растворяются лишь некоторые наиболее растворимые компоненты пород - кварц, кальцит, плагиоклазы, хлорит и некоторые другие, а практически нерастворимыми являются глинистые минералы, пылевидное рудное вещество, тонкодисперсная органика.

Растворенные в местах повышенного давления компоненты пород переносятся флюидом и переотлагаются в участках с пониженным давлением, например в «тенях давления» «жестких» элементов. На этих участках формируются различные микротрещины и микропустоты, а нерастворимые тонкодисперсные компоненты концентрируются в местах растворения, и их скопления образуют наблюдаемые под микроскопом тонкие нитевидные зоны (кливажные зоны). Таким образом, с генетической точки зрения кливажные зоны представляют собой плоскостные зоны, ориентированные нормально к оси максимального сжатия, в которых сконцентрирована вся деформация укорочения пород. Заключенные в них нерастворимые тонкодисперсные компоненты с одной стороны, подчеркивают наличие таких зон, а с другой – способствуют расщепляемости пород, в которых развит межзерновой кливаж (рис.22.4).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

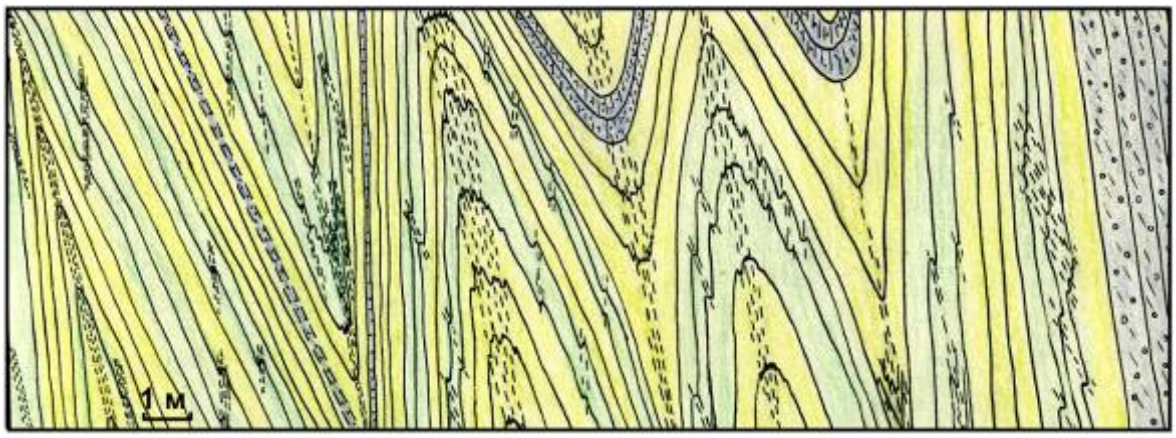


Рис. 22.4. Развитие кливажа вдоль осевых поверхностей складок (рисунок предоставлен Н.С.Фроловой)

Кливаж плойчатости развивается в породах, уже имевших анизотропное строение: это либо сланцеватость (чаще), либо межзерновой кливаж. В сланцеватой породе чередуются микрослойки слюдистых микрослоев и микрослоев, сложенных преимущественно такими минералами, как кварц, полевые шпаты и т.п. При деформации таких пород образуются микроскладки и происходит перераспределение напряжений на их крыльях (повышенное) и в замках (пониженное), куда и будет происходить вынос растворенного вещества.

Кливаж особенно хорошо заметен в так называемых кровельных сланцах — глинистых сланцах с толщиной пластин до доли миллиметра (рис. 22.5).



Рис. 22.5. Кровельный сланец – шифер (schiefer) (http://images.yandex.ru/yandsearch)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22.3. ОБРАЗОВАНИЕ ТРЕЩИН

По генезису выделяются первичные, тектонические планетарные и гипергенные трещины. Однажды возникнув, трещина (как и любой другой разрыв) искажает вокруг себя поле напряжений и новые по генезису трещины будут, по возможности, использовать уже существующие ослабленные зоны. У меня есть образец зеркала скольжения в известняке. В нем с одной стороны отчетливо видны борозды и следы перемещения в одном направлении, а с другой стороны - менее выраженные следы перемещения, ориентированные под углом в 60° к первому, а в третьем – еще под 60°.

Поэтому и тектонические, и планетарные, и гипергенные трещины обычно используют уже имеющуюся отдельность, образованную первичной трещиноватостью.

Первичные трещины образуются в кристаллизующемся расплаве или литифицирующемся осадке за счет сокращения их объема и возникновения всестороннего внутреннего сжатия (стяжения). Характерной особенностью таких трещин является то, что они обычно развиты в каждом слое отдельно. Первоначально они могут быть скрытыми, но если порода попадает в зону выветривания, трещины раскрываются и разделяют породу на хорошо выраженные блоки *отдельностей* - геометрически правильных штуфов горной породы. Их форма определяется взаимным расположением трещин. Нередко форма отдельности специфична для конкретного вида пород и служит хорошим полевым диагностическим признаком толщ. В осадочных горных породах развиваются следующие виды отдельности: прямоугольная, кубическая, параллелепипедальная, призматическая, плитчатая, шаровая и глыбовая. В метаморфических горных породах – плитчатая, пластинчатая, ребристая, в лавах – призматическая, столбчатая и др. И даже условные знаки некоторых горных пород символически изображают характерную для них отдельность - известняки, мергели, доломиты, песчаники (рис. 22.6).

Размеры отдельности зависят от толщины пластов степени дислоцированности породы и ее состава. Чаще всего встречаются размеры 3, 9, 20, 50 см. Изучением размеров отдельности с практическими целями занимаются специалисты по разработке отделочных и строительных материалов (гранит, известняк, мрамор), каменного угля. В этом случае отдельность выступает под названием «блочность». С научными целями закономерности размеров

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

отдельности изучалась академиком М.А. Садовским, где она фигурирует под названием "кусковатость".

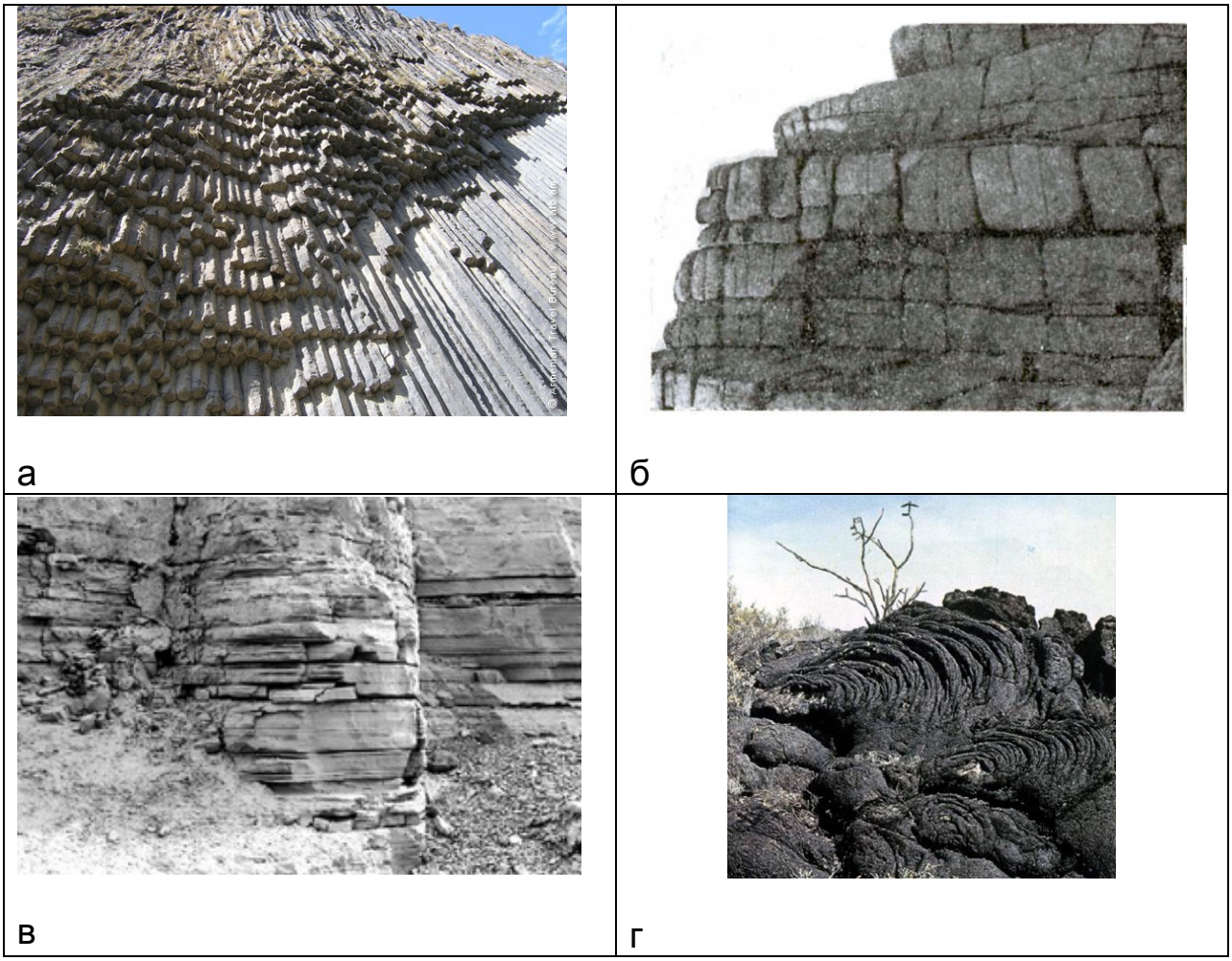


Рис. 22.6. Отдельность в различных горных породах а – столбчатая, б – прямоугольная, в – плитчатая, г - шаровая

Ориентировка первичных трещин закономерно связана с очертаниями бассейна осадконакопления, и, как указывают многочисленные исследователи, при достаточно большом числе замеров, преимущественными простираниями трещин являются трещины с азимутами 0°, 45°, 90°, 135°. Специфические первичные открытые трещины образуются в локальных объемах пород при диагенезе и катагенезе в результате неравномерного сокращения пород различного состава. Такая трещиноватость может играть значительную роль при миграции флюидов из нефтематеринских пород в коллекторы. К этому же типу можно отнести и трещины, обусловленные уменьшением объема пород при переходе гипса в ангидрит, а также известняка в доломит.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Тектонические трещины образуются в результате приложения к породе тектонических (эндогенных) сил. Такие трещины обычно сравнительно хорошо выдержаны по простиранию и падению и ориентированы по единому плану в разных по составу породах. Наблюдаемая длина трещин может достигать нескольких десятков метров, но, как правило, колеблется от десятков сантиметров до первых метров. Среди тектонических трещин выделяют трещины *отрыва* и трещины *скалывания*.

Трещины отрыва открытые, зерна, слагающие терригенную породу, при пересечении их трещиной отрыва иногда выпадают из породы, и поверхность сместителя становится неровной, с ямками. Трещины отрыва наблюдаются в осях линейных складок, на смыкающих крыльях флексур. Они, как правило, выдержаны по простиранию и падению на десятки и сотни метров. По ним часто вырабатывается овражно-балочная сеть, долины временных и постоянных водотоков. В изометрических куполах трещины отрыва развиваются по радиусам и концентрически. В овальных поднятиях развиваются два направления трещин отрыва – более раннее, параллельное длинной оси поднятия, и позднее, параллельное короткой.

Трещины скалывания - часто закрытые. По их сместителю иногда можно заметить следы перемещения. Гальки и крупные зерна, попавшие на линию разрыва, срезаются. Трещины скалывания обычно хорошо выдержаны по простиранию и падению. Трещины отрыва, как уже говорилось, перпендикулярны оси наибольшего растяжения и параллельны оси сжатия, а две взаимно перпендикулярные трещины скалывания ориентированы под углами примерно в 45˚ к осям, при этом линия пересечения трещин совпадает с осью промежуточных значений главных нормальных напряжений (рис. 22.7).

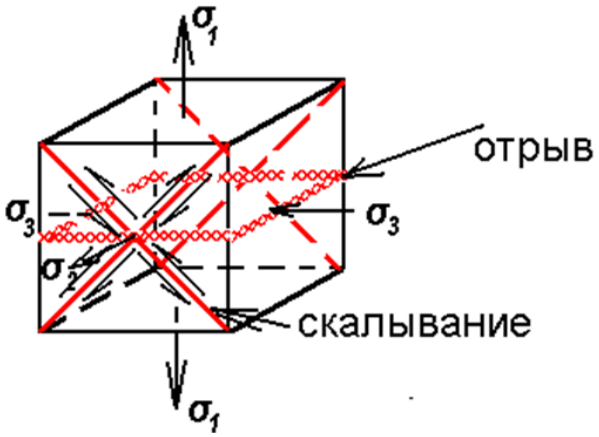


Рис. 22.7. Расположение тектонических трещин относительно направлений главных осей деформаций

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Следовательно, изучив ориентировку трещиноватости, можно восстановить ориентировку полей напряжений, сформировавших данную сеть трещин. Сложность заключается в том, что в природных условиях очень трудно отличить трещину отрыва от трещины скола и выявить пару трещин скола, образовавшихся одновременно в одном поле напряжений. Существующие методики пока не совершенны и требуют дальнейшей разработки.

Планетарная трещиноватость. Под этим термином понимают систему разрывов, выделенную при мелкомасштабных исследованиях структур регионального (платформы, складчатые пояса) и планетарного (Земля в целом) рангов. В основном они перпендикулярны поверхностям наслоения и ориентированные преимущественно в направлениях 0°, 45°, 90°, 135°. Считается, что такая ориентировка вызвана едиными для всей планеты причинами, например, изменениями скорости вращения Земли. На рис. 22.8, а приведена теоретическая схема размещения планетарных трещин земной коры, создаваемая вращательными силами, действующими на Землю совместно с силами гравитационного влияния Луны и Солнца, а на рис. 22.8, б - результат моделирования этой системы на примере каучукового шара, обмазанного парафином.

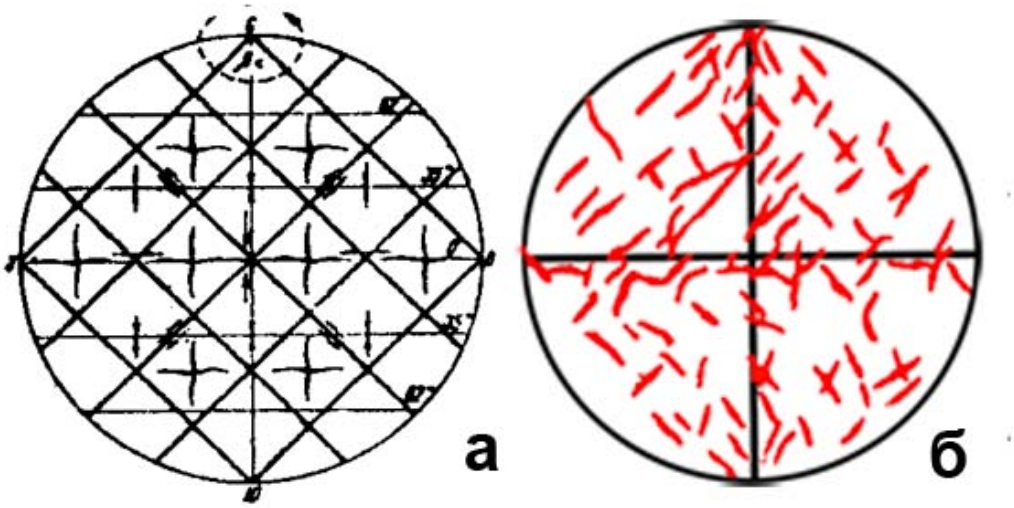


Рис. 22.8.а - теоретическая система планетарных трещин земной коры и направлений сдвиговых смещений по ним, возникающих под влиянием сил ротации (при ускорении вращения Земли, (по И.И. Чебаненко), б - схема размещения трещин на лабораторных моделях вращающейся Земли. Опыт лаборатории Вюрцбурского университета. Зарисовка по фотографии модели .

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

К планетарной трещиноватости относится совокупность трещин, связанная своей ориентировкой в пространстве не с местными, обычно тектоническими причинами, а с планетарными явлениями, хотя сами по себе трещины возникают под воздействием внутренних напряжений, действующих в самой породе, например, при литификации. К числу таких планетарных сил относятся ротационные, обусловленные изменением угловой скорости вращения и формы Земли, твердые приливы и т. д. Планетарные трещины имеют разный размер - от *глубинных разломов,* уходящих в мантию, определяющих формы материков, особенности геосинклинальных систем, магматизм и другие проявления, до небольших, секущих лишь один пласт и не переходящих в другие. С планетарной трещиноватостью разных размеров связывают закономерности пространственного расположения форм структуры земной коры и основные черты рельефа Земли.

Характерная особенность планетарной трещиноватости - ее регулярность. Поэтому, выявленная закономерность распределения трещиноватости позволяет прогнозировать местоположение ненаблюдаемых трещин. Таким образом, планетарная трещиноватость служит структурным выражением *делимости* земной коры - способности литосферы растрескиваться под действием механических усилий и, как следствие, расчленятся на отдельные сегменты, глыбы, блоки, и другие, меньшие по размерам составные элементы. Большую роль в изучении планетарной трещиноватости сыграл ***С.С. Шульц*.** Он говорил «Тектоника вышивает свои узоры по канве планетарной трещиноватости».

Гипергенные трещины **–** образуются в результате экзогенных процессов в приповерхностных частях горных пород**.** Эти трещины часто являются открытыми. Среди них выделяются:

трещины выветривания, которые образуются из-за раскрытия и расширения ранее существовавших трещин первичного или тектонического происхождения. По мере удаления от дневной поверхности частота трещин и величина их раскрытия резко уменьшается. Обычно трещины выветривания распространены на глубину не более 10 - 15 м;

трещины оползней, обвалов и провалов **–** встречаются в осевших блоках пород, на бортах оползней. Как правило, в верхней части оползня наблюдаются параллельные между собой трещины отрыва, а в нижней – как трещины отрыва, так и разнообразно

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ориентированные трещины скалывания, связанные со скучиванием оползающих масс;

трещины расширения пород при разгрузке (трещины отслаивания, бокового отпора, отседания и др.). По механической природе, это трещины отрыва, развивающиеся в горных породах вблизи горных выработок, глубоких ущелий, в шахтах параллельно поверхности. Эти трещины возникают потому, что горные породы находятся под действием литостатического давления. Когда с одной стороны это давление исчезает, то породы начинают “выдавливаться” в эту сторону, образуя трещины. Сила, с которой блоки пород выдавливаются, настолько велика, что они иногда “выстреливают” из стен шахт или “захватывают” буровой инструмент (рис. 22.9).

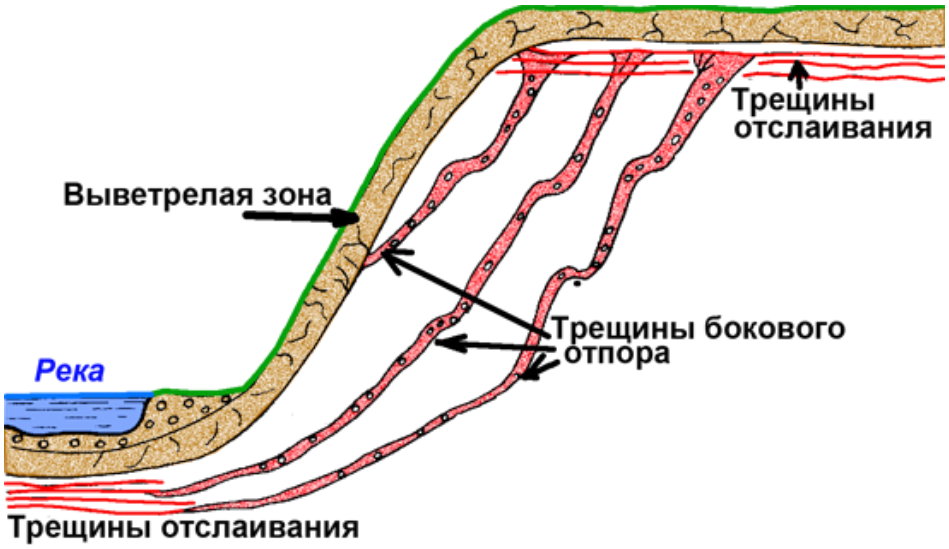


Рис. 22.9. Трещины бокового отпора и отслаивания (по А.Г. Лыкошину, упрощенно)

Существует еще много других разновидностей нетектонических трещин.

Контрольные вопросы к 22.3.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22.4. ГЕНЕЗИС РАЗЛОМОВ

Формирование разлома это, обычно, длительный процесс, происходящий в результате многократных подвижек его крыльев по поверхности сместителя. Образование разлома происходит по следующему сценарию (рис. 22.10, а).

1. Растрескивание породы. Ориентировка тектонических трещин диктуется ориентировкой главных нормальных напряжений, а их распределение характеризуется более, или менее равномерным характером. В силу неоднородности породы некоторые трещины оказываются более длинными и чаще расположенными.

2. Сгущение трещин и их слияние на отдельных участках, разделенных зонами повышенной трещиноватости и дробления.

3. Формирование зоны непрерывных связанных между собой однонаправленных разрывов, формирующих сместитель магистрального разлома. Субпараллельные трещины сливаются или непосредственно, или, через короткие оперяющие их более мелкие разрывчики перпендикулярных направлений (рис. 22.10, б).

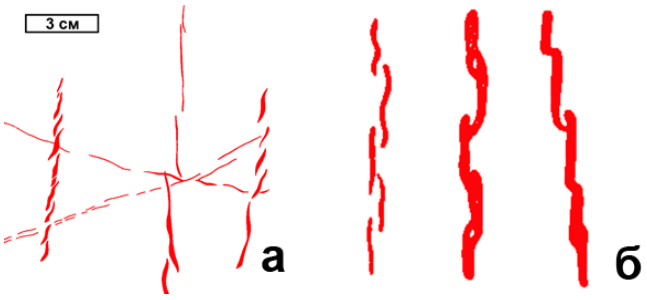


Рис. 22.10, а - ряды кулисообразных трещин, предшествующих образованию разрыва (по В. Ярошевскому); б - схема роста трещин отрыва – стадии процесса (по В.В. Белоусову)

Сместитель возникшего разлома это всегда ослабленная зона. Поэтому по ним часто развиваются гидросеть, зоны карста, внедряются дайки. К разломам часто приурочены вулканы. По уже существующим разломам разряжаются последующие тектонические напряжения, даже если последующая ориентировка главных осей напряжений отличается от предшествующих направлений. Поэтому тектонические движения по разломам обычно неоднократны и разнонаправленны. По разрывам часто поступают к поверхности глубинные воды, они могут становиться областями минерализации и образования зон полезных ископаемых, а также зонами питания рек.

Разломы различной кинематики имеют свои особенные черты строения и развития. Один из самых простых случаев, это раздвиги - разрывы, в которых перемещение крыльев происходит перпендикулярно к поверхности отрыва.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22.4.1. Образование сбросов

Сбросы – разломы со сместителем, наклоненным в сторону опущенного крыла, образуются при близких к горизонтальной ориентировке оси наибольшего растяжения (рис. 22.11).

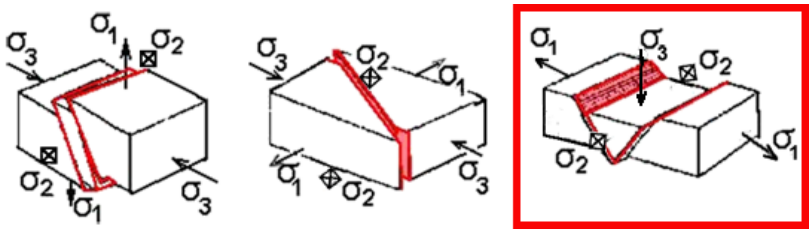


Рис. 22.11. Ориентировка осей главных нормальных напряжений при сбросе (выделено красным прямоугольником)

Как правило, крутонаклонные у поверхности земли сбросы с глубиной выполаживаются и становятся субгоризонтальными. Параллельно главному сбросу обычно протягивается серия боковых разрывов - ***синтетических (согласных)*** сбросов. Другая серия трещин, или сбросов, параллельного с ним простирания часто отличается падением, направленным к главному сбросу (рис. 22. 12).

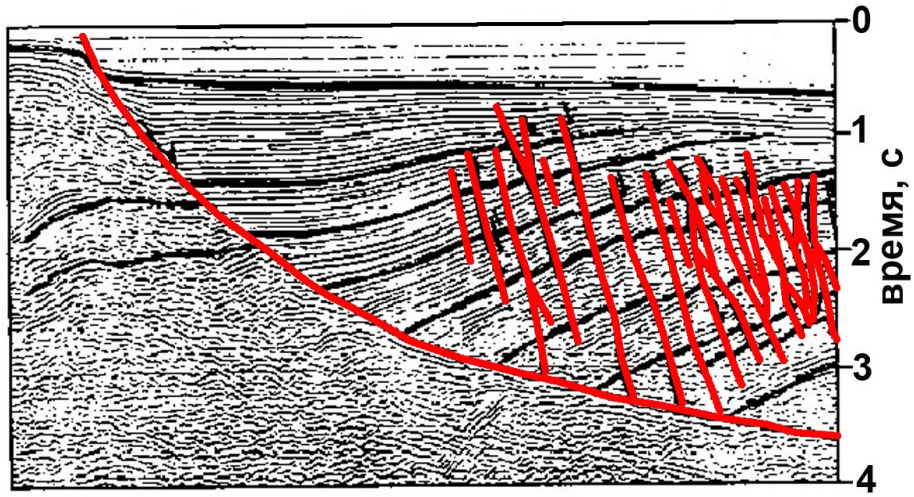


Рис. 22.12. Интерпретация залегания слоев и разломов по сейсмическому профилю (Twiss, Moores, 1992)

Сбросы, возникающие и развивающиеся одновременно с накоплением осадков, называются конседиментационными, а позже осадконакопления - постседиментационными. В конседиментационных сбросах на поднятых крыльях мощности пород сокращены и отдельные стратиграфические горизонты могут выпадать из разреза. В противоположность этому на опущенных крыльях мощность пород увеличивается, наблюдаются более полные стратиграфические разрезы и относительно более мелкообломочные и глубоководные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

фации. В постседиментационных сбросах мощности пород и фации в разных крыльях не обнаруживают различий.

В конседиментационных сбросах на поднятых крыльях мощности пород нередко оказываются сокращенными, и отдельные стратиграфические горизонты выпадают из разреза. При формировании сбросов их висячее крыло часто оказывается нарушенным серией дополнительных сбросов, направление падения которых совпадает с таковым главного разлома. Смещение по листрическому сбросу происходит в процессе продолжающегося осадконакопления. В результате этого происходит увеличение мощности синхронных отложений (выделены одинаковой штриховкой) в лежачем крыле. На глубине сброс становится параллельным слоистости пород лежачего крыла (рис. 22.13).

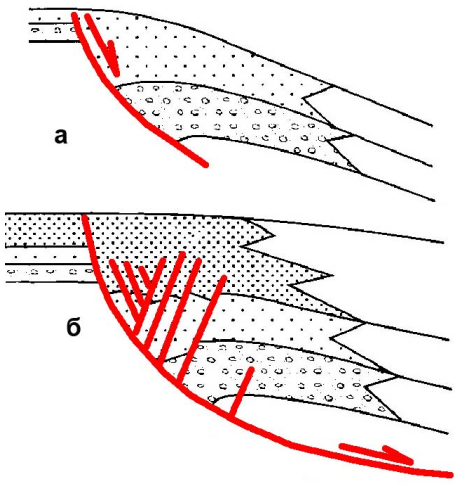


Рис. 22.13. Стадии формирования «растущих» конседиментационных сбросов (Twiss, Moores, 1992). А – нчальная стадия, б – последующая стадия. Различным крапом показаны различные горные породы

Блоковое сбросообразование происходит в различных частях земной коры. Сбросы, распространенные в районах, не затронутых орогенезом, встречаются над соляными куполами, во впадинах прогибания и на участках гравитационного скольжения. Сбросы развиваются на некоторых надвиговых покровах вдоль фронтов, где покров приобретает форму свода. Фронтальный край надвига испытывает растяжение в направлении, перпендикулярном направлению его перемещения, в результате чего образуются секущие надвиговый покров сбросы. Такие структуры можно наблюдать, например на Кураминском хребте Южного Предуралья (***15.6***). То есть то, что на одном масштабном уровне предстает как область сжатия (надвиг), на отдельной её части сопровождается областью растяжения (сброс).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При образовании сбросов в условиях хрупкого разрушения пород отрыв происходит практически мгновенно, но последующее смещение крыльев может продолжаться в течение значительного интервала времени - многие тысячи и миллионы лет. При этом происходит разрядка напряжений в прилегающих к разрыву породах, чем и обусловлены относительно большие расстояния между крупными разрывами. Действие растягивающих усилий на ранних стадиях вызывает развитие трещин отрыва, в зонах концентрации которых при дополнительном воздействии силы тяжести и происходит образование сбросов, нередко сопровождаемых раздроблением пород и брекчиями трения. Наиболее обычны условия в земной коре, при которых сбросы возникают под воздействием растягивающих усилий, ориентированных горизонтально, что приводит к вертикальному или крутому положению сместителей. При ином расположении направления растяжения сбросы могут быть и наклонными, что часто наблюдается у разрывов, оперяющих крупные нарушения.

Сбросы, образующиеся при вязком разрушении пород в условиях преобладающих растягивающих усилий, развиваются по одному из направлений максимальных касательных напряжений. Нарастание амплитуды смещения происходит постепенно и нередко при нагрузках ниже пределов прочности пород вследствие ползучести. Образующиеся разрывы могут быть сближенными и сопровождаться многочисленными параллельными трещинами скалывания, складчатыми деформациями и флексурами. В сместителях таких сбросов возникают не брекчии трения, а тонко растертые милониты. Реализация смещения по одному, а не по двум направлениям максимальных касательных напряжений объясняется влиянием анизотропии физических свойств пород, вызывающей приспособление ориентировки сместителя к текстурным особенностям, слоистости, сланцеватости или кливажу. При горизонтальной ориентировке растягивающих усилий большая часть сбросов, образующихся при вязком разрушении, наклонена под углом 45 - 60°, но при другом положении осей напряжений сбросы могут быть ориентированы иначе.

Помимо описанных разломов, на земной поверхности широко распространены сбросы, связанные с действием одной силы тяжести. Такие сбросы ограничивают оползни, обвалы и относятся к числу экзогенных дислокаций, ибо вызываются подмывом берегов рек, озер, морей.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22.4.2. Образование взбросов и надвигов

К взбросам относятся разрывные нарушения, в которых поверхность разрыва наклонена в сторону поднятых пород. Характерно перекрытие одного крыла другим, указывающее на сближение крыльев в обстановке сжатия и горизонтальное положение оси наибольшего сжатия (рис. 22.14).

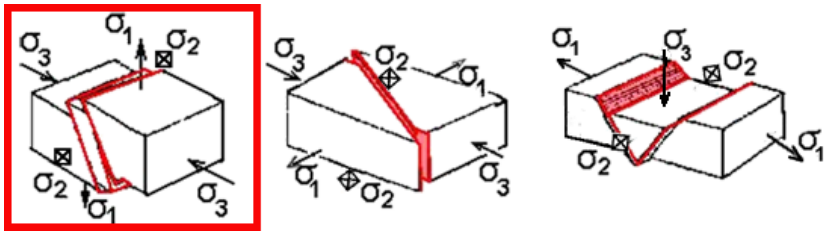


Рис. 22.14. Ориентировка осей главных нормальных напряжений при взбросе (выделено красным прямоугольником)

Взбросы представляют собой вязкие разрывы и ориентированы в направлении максимальных касательных напряжений, в связи с чем их сместители имеют преимущественно пологое положение. Если же силы, вызывающие сжатие, ориентированы не горизонтально, а под углом к горизонту, сместители могут иметь и иную ориентировку.

В зонах линейной складчатости взбросы развиваются по двум или реже одному направлению, под некоторым углом к ориентировке осей складок.

Наиболее интересной разновидностью взбросов являются надвиги и их ассоциации – надвиговые пояса.

Чаще всего надвигом называют пологие взбросы, развивающиеся из наклонных складок продольного сжатия (рис. 22.15).

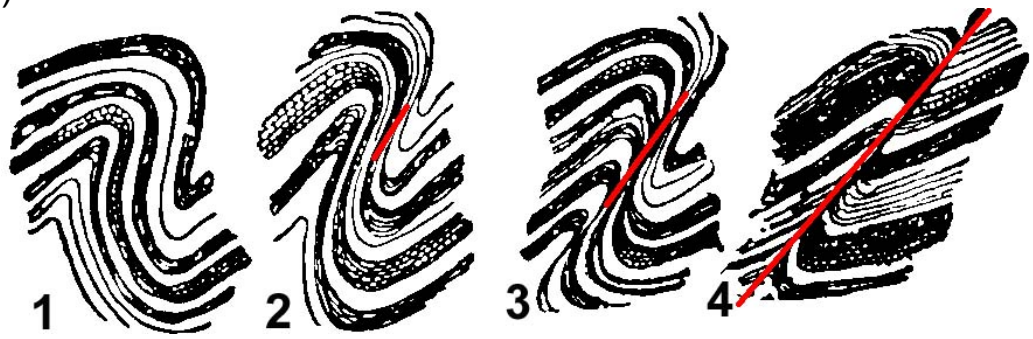


Рис. 22.15. Развитие надвига из опрокинутой складки (по Ф. Лахи)

Под ***надвиговым поясом*** понимается внешняя зона сочленения складчатой области и краевого прогиба. Надвиговые

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

пояса состоят из складчатых и осложненных надвигами миогеосинклинальных пород, которые субгоризонтально перемещены со стороны внутренней зоны орогенного пояса и перекрывают отложения краевых прогибов. Ширина надвиговых поясов изменяется от нескольких километров до первых сотен километров, обычно она составляет десятки километров. Надвиговые пояса могут быть как прямолинейными, так и изогнутыми. Изгибы, как правило, свидетельствуют о наличии выступов в кристаллическом фундаменте. Складчато-надвиговые пояса располагаются на той же континентальной коре, что и прилегающие платформы.

Надвиговые пояса имеют двухъярусное строение. Нижний ярус (автохтон) представляет собой недеформированное продолжение основания краевого прогиба под верхний надвиговый ярус (аллохтон), который именуется надвиговой системой (рис. 22.16).



Рис. 22.16. Разрез через Зилаирский синклинорий и Предуральский прогиб, Южный Урал. По Р.А. Исмагилову, 2006 с упрощениями

Погружение слоев автохтона происходит либо плавно (моноклинально), либо ступенчато (по системе листрических сбросов). Надвиговая система состоит из серии ***чешуй*** (пластин) различных порядков.

Развиты надвиги преимущественно в сильно сжатых наклонных или опрокинутых складках. Если складки сложены относительно однородными породами, надвиги возникают в их ядрах и ориентированы параллельно осевой поверхности. В неоднородных толщах они могут развиваться и в крыльях, по границам пластичных пород. Нередко отдельные надвиги объединяются, охватывая две или большее число складок.

Как показали опыты В.В. Белоусова, Е.И. Чертковой и В.В. Эза с пластическими материалами, надвиги и складки могут развиваться

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

одновременно. Появление поверхностей скалывания в моделируемых складках в большинстве случаев совпадает с образованием первых изгибов. Развитие складчатых и разрывных форм в дальнейшем протекает одновременно; растут число и амплитуда складок, возрастают количество разрывов и амплитуда смещения по ним. Ранее возникающие разрывы могут быть в дальнейшем изогнуты и искривлены.

Надвиги являются результатом скалывания по одному из направлений максимальных касательных напряжений, возникающих при общем продольном сжатии слоев, и в большинстве своем ориентированы полого. Однако, на их положение в складчатой структуре большое влияние оказывает состав пород, в частности присутствие слоев с малой вязкостью (например, аргиллитов или глинистых сланцев, к которым чаще и приурочены смещения. В опрокинутых складках роль таких ослабленных слоев могут играть породы с высоким поровым давлением воды, способным почти полностью снять гравитационную нагрузку.

В процессе смещения надвига аллохтон часто распадается на отдельные пластины - дигитации, что приводит к появлению параллельных поверхностей смещения или расщеплению основной поверхности срыва. Совмещение в одном вертикальном разрезе нескольких покровов, нередко состоящих из пакетов разновозрастных пластин, придает всей покровной структуре крайне сложное строение.

Вдоль поверхностей смещения при движении аллохтона образуются тектонические брекчии, мощность которых может быть значительной - до десятков и даже сотен метров, но известны покровы, отделенные от автохтона узкими, едва заметными поверхностями трения. В тектонических брекчиях могут оказаться линзы и крупные отторженцы пород, слагающих аллохтон или автохтон, и перемещенные издалека, совершенно чужеродные образования. Нередко поверхности смещения возникают вдоль серпентинизированных ультраосновных пород, обладающих малой вязкостью, но возможен и другой процесс - последующее внедрение в холодном состоянии - протрузии серпентинитов вдоль поверхностей смещения. Складчатые комплексы, вовлеченные в покровы, также испытывают усложнения: среди них появляются наклонные, опрокинутые, лежачие или ныряющие складки; широко развиваются надвиги, разбивающие пластины на отдельные чешуи.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Породы верхней части автохтона, в сущности, никогда не остаются на месте и часто оказываются передвинутыми на то или иное расстояние, сохраняя при этом вещественные и пространственные связи с подлинным автохтоном. Такие перемещенные на небольшие расстояния части автохтона в основании дигитации носят название паравтохтона.

Перемещение аллохтона сопровождается интенсивным разрушением его фронтальной, лобовой, части и образованием тектонического месива - меланжа (франц. melange - мешанина, смесь). Меланж представляет собой хаотическое образование, отличающееся от сходных седиментационных комплексов - олистостромов, образующихся при подводно-оползневых или при подводно-обвальных процессах, с явными следами тектонического воздействия и появлением дислокационных текстур. Но меланж может образоваться по олистострому, а олистостром - за счет меланжа. В тектоническом меланже крупные блоки относительно жестких пород автохтона или аллохтона (известняки, песчаники, кремнистые, вулканические, интрузивные породы и др.) перемешиваются с мелкими обломками таких же пород, а также с более пластичным материалом, образующим базис меланжа. Последним могут быть серпентинизированные ультраосновные породы (в серпентинитовом меланже), а также аргиллиты, гипсы, ангидриты и другие высокопластичные породы. Меланж, особенно глинистый, может иметь тиллитоподобную текстуру или оказаться растертым до состояния катаклазитов и милонитов.

При благоприятных условиях развитию надвигов может способствовать ползучесть всей массы пород по слоям с низкой вязкостью, особенно в условиях медленного свободного гравитационного скольжения.

Тектонический покров представляет собой горизонтальный, пологий или волнистый крупный надвиг с перемещением до многих десятков или даже сотен километров. Покровы называются также шарьяжами (франц. charriage - наволок). Покров может быть также образован опрокинутым крылом крупной лежачей складки. Область, откуда начинаются перемещения покрова, называется его ***корнями***. Фронтальные части покрова, утратившие вследствие эрозии непосредственную связь с аллохтоном, образуют экзотические останцы, или **клиппы**. Участки автохтона, вскрытые среди аллохтона

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

в результате эрозии, называются ***тектоническими,*** или ***эрозионными, окнами***.

Покровы возникают и развиваются в основном в подвижных геосинклинальных поясах и распространены практически во всех геосинклинальных складчатых системах. Евразии такие покровы установлены в Карпатах, на Кавказе, в Верхоянской складчатой области, в Тянь-Шане, Саянах, на Урале, в Корякском нагорье, на Камчатке, Сахалине и во многих других районах. Смещения охватывают целые складчатые комплексы, нередко не по одной, а по нескольким параллельным поверхностям срыва.

Глубина захвата покровами земной коры различна. Для тех из них, которые развиты только в осадочно-вулканогенных толщах употребляется термин «*покровы чехла»;* покровы, в строение которых вовлечен и гранитогнейсовый слой, получили название «*покровы основания»,* т.е. фундамента. В третий, тип выделяются *офиолитовые покровы,* охватывающие кору и верхи мантии океанов и окраинных морей.

По времени образования относительно складчатости покровы могут быть доскладчатыми, соскладчатыми и послескладчатыми.

Доскладчатые покровы возникают на ранних этапах развития геосинклиналей одновременно с накоплением осадков (конседиментационные покровы). Появление пород с малой вязкостью (серпентинитов, глин, эвапоритов) создает гравитационную неустойчивость в осадках, накапливающихся на склонах поднятий или на крыльях конседиментационных складок, возникновение срывов осадочного чехла по поверхностям пластичных пород с образованием согласных со слоистостью покровов, перемещенных в направлении уклона морского дна. Наклон поверхностей срыва пологий, если только он не изменен последующими деформациями и соответствует углам наклона морского дна или крыльев конседиментационой складки.

Доскладчатые покровы, вовлеченные затем в линейную складчатость, могут подвергаться значительным усложнениям. В условиях горизонтального сдавливания серпентинизированные ультраосновные породы, разделяющие пластины покровов, перемещаются в участки минимального давления, а затем выжимаются вверх по ослабенным зонам, образуя на поверхности

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

мощные пояса серпентинитового меланжа с включениями отторженцев вмещающих пород. По отношению к линейной складчатости эти пояса могут быть согласными или секущими, а их положение в разрезах вертикальное или крутое - такое же, как у большинства осевых поверхностей линейных складок.

Соскладчатые покровы образуют одну из наиболее распространенных групп покровов, характерную для внутренних зон складчатых систем. Они возникают в результате преобразования вертикального потока в горизонтальный, устремляющийся к периферии складчатого сооружения. Здесь эти покровы могут лечь на еще не дислоцированные слои автохтона и затем, как и доскладчатые, подвергнуться смятию вместе с последними.

Послескладчатые покровы также широко распространены; к ним относятся покровы, возникающие из лежачих складок. Это покровы, развившиеся при срыве верхнего крыла лежачих складок, перемещенного по субгоризонтальной, нередко волнистой поверхности. Слои автохтона, слагающие подвернутое крыло складки и примыкающие к поверхности смещения, обычно находятся в опрокинутом залегании, тогда как разрез аллохтона имеет нормальное строение. При приближении к корневой зоне залегание слоев становится более крутым или даже вертикальным. В смещение могут быть вовлечены и древние метаморфические толщи ядер складок. Образование покровов из лежачих складок связывают с общим сжатием, сопровождающимся глубинным раздавливанием и выжиманием пластичных масс чехла.

Покровы скалывания, или покровы второго рода, представляют собой наиболее распространенную группу, отличающуюся захватом больших площадей и наиболее значительными амплитудами горизонтального смещения, достигающими 150 - 200 км и, возможно, больше. Поверхность срыва покровов скалывания срезает под большим углом не только складки автохтона или прилегающего покрова, но нередко и складки в самом теле покрова. Покровы скалывания развиваются преимущественно во внешних зонах геосинклинальных систем, главным образом в раннеорогенную стадию.

По происхождению покровы делятся на две категории: гравитационные и компрессионные (сжатия).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Гравитационные покровы это, по существу, громадные оползни. Они образуются в орогенах в условиях расчлененного тектонического рельефа и чаще всего предстают в виде огромных пластин, подстилаемых слабонаклонной от оси складчатого сооружения поверхностью срыва (у своего фронта вследствие сопротивления она может приобрести и обратный наклон), и нередко осложнены каскадом гравитационных складок.

Гравитационные покровы могут сначала перемещаться по дневной поверхности - это так называемые постэрозионные покровы, а затем спускаться в водоемы краевых прогибов, где распадаются на отдельные фрагменты и, в конечном счете, превращаются в олистостромы. Провести четкую грань между покровами и олистостромами в подобной ситуации очень трудно, особенно между останцами шарьяжей - клиппами и крупными сплошными пластинами известняков - *олистоплаками.* Окончания гравитационных покровов к тому же оказываются погребенными внутри молассовых толщ, т.е. представляют конседиментационное образование. *Компрессионные* покровы имеют общее происхождение со складчатостью регионального сжатия и течения. Во внутренних зонах это покровы, возникающие из пакета лежачих складок с редуцированными нижними крыльями антиклиналей и с ядрами из глубоко метаморфизованнн пород комплекса основания. Нередко они выражены в виде опрокинутых и растянутых гранитогнейсовых валов. Во внешних зонах преобладают покровы скалывания.

Корни покровов основания представлены теми же породами, но залегающими вертикально и сильно переработанными; такая картина наблюдается в тылу Пеннинской зоны Альп, где на поверхность выведены низы континентальной коры. В офиолитовых покровах, в их нижней, перидотитовой части, развиты складки трения, вероятно, продукты их расплющивания в процессе перемещения. Во внешних зонах преобладают покровы скалывания, позникающие уже в более поверхностных условиях при более низких температуре и давлении.

В образовании покровов большое значение придается внутрипоровому давлению воды или минеральных растворов, уравновешивающему вертикальную нагрузку и способному удержать пластины покровов в полувзвешенном состоянии, что в значительной степени облегчает их горизонтальное скольжение. По мнению И.И. Белостоцкого, гравитационное смещение аллохтона при таких

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

условиях может осуществляться в условиях незначительного бокового давления при углах наклона всего 1 - 3°.

Полагают, что максимальная глубина образования покровов соизмерима с мощностью океанской коры и даже литосферы в срединных хребтах, а также с мощностью, по крайней мере, верхней части континентальной коры, включая весь гранитогнейсовый слой. Минимальная глубина образования покровов, исходя из вязкости пород, геостатического давления и внутрипорового давления породы, противодействующего геостатической нагрузке, не может быть менее 1,5-2 км.

При движении аллохтона поверхности смещения стремятся перейти на более высокий уровень, в связи с чем по мере приближения к земной поверхности они все более и более отклоняются от горизонтального положения и становятся крутыми, переходя в надвиги и взбросы. Переход смещения с одного уровня на другой обычно совершается вдоль пачек высокопластичных или водонасыщенных пород, что придает им ступенчатый характер, причем, чем ближе к периферии складчатой системы, тем выше располагаются поверхности срыва.

Скорости движения покровов могут быть рассчитаны лишь приблизительно. Большинство исследователей (Д.Н. Андрусов, И.И. Белостоцкий) дают цифры от 6 до 24 мм в год. При этом подчеркивается, что смещение аллохтона происходит не плавно, а отдельными скачками.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22.4.3. Образование сдвигов

К сдвигам относятся разрывы, смещение по которым происходит в горизонтальном направлении по простиранию сместителя. Оси наибольшего сжатия и растяжения горизонтальны, промежуточная ось вертикальна. Различают правые и левые сдвиги (рис. 22. 17).

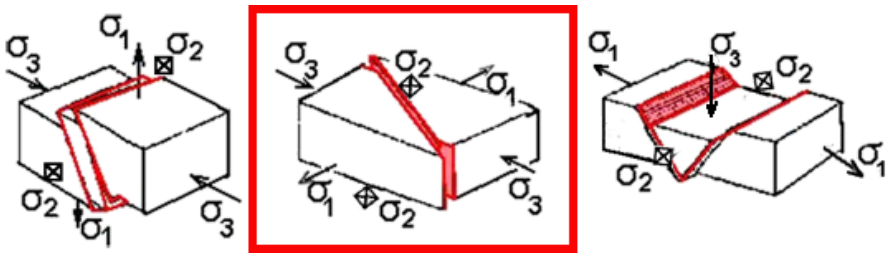


Рис. 22.17. Ориентировка осей главных нормальных напряжений при сдвиге (выделено красным прямоугольником)

Уменьшение амплитуды сдвига в горизонтальном направлении обычно происходит путем его расщепления на мелкие сдвиги и сбросы или другие компенсационные разрывы, создающие структуры типа «конского хвоста». Также сдвиги могут заканчиваться у поперечных к ним надвигов, с которыми они образуют сопряженные пары - *динамопары*. Очень часто смещение крыльев в разрывах происходит не строго вверх или вниз по поверхности сместителя и не в горизонтальном направлении, а косо по отношению к горизонту. В разрывах появляются как сдвиговая, так и сбросовая или взбросовая составляющие и разрывы относятся к *сбросо-сдвигам* и *взбросо-сдвигам*. Очевидно, что сбросо-сдвиги образуются в условиях сочетания деформаций скалывания и растяжения, а взбросо-сдвиги - скалывания и сжатия. Первый случай в англоязычной литературе именуется *транстенсией* (transtension), второй - *транспрессией* (transpression). И те, и другие структуры весьма распространены.

Образование сдвигов вызывается воздействием на горные породы противоположно направленных сил, а сам разрыв может быть хрупким или вязким. Хрупкие сдвиги широко развиты в чехле платформ, а вязкие - в складчатых областях как поперек, так и под углом к простиранию складок. Для складчатых систем очень характерно развитие сопряженных систем диагональных правых и левых сдвигов, в широтных системах северо-западной и северо-восточной ориентировки, однозначно указывающих на обстановку регионального сжатия в направлении, поперечном к простиранию системы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вязкие сдвиги широко распространены, преимущественно в областях, затронутых региональным метаморфизмом. Эти сдвиги характеризуются большой шириной затронутой ими зоны, отсутствием единой плоскости разлома, вместо которой наблюдается ряд параллельных, сопряженных друг с другом смещений, отсутствием брекчий трения и милонитов. Иногда вдоль таких сдвигов картируются гранитные тела.

Особенно сложное строение имеют региональные сдвиги, развитые в осадочном чехле под влиянием горизонтальных перемещений в фундаменте. В чехле над глубинными сдвигами появляются складки и мелкие разрывы, сдвиги и раздвиги, расположенные кулисообразно к их общей ориентировке (рис. 22.18).

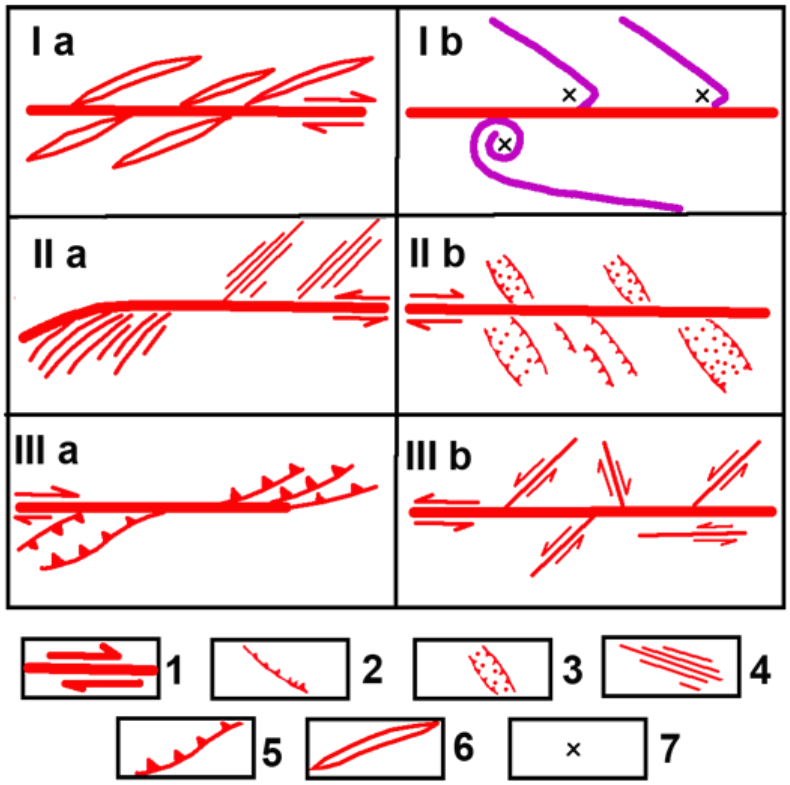


Рис. 22.18. Характерные деформации на крыльях сдвига (для случая правостороннего смещения). По М. Г. Ломизе (1990). I - складки волочения: эшелонированные (кулисные) системы складок с горизонтальным шарниром (Id) и складки с вертикальным шарниром, в том числе структуры закручивания (Iб); II - структуры растяжения: дайки и жилы по трещинам отрыва, в том числе системы типа «конского хвоста> (IIa), оперяющие сбросы и грабены (IIб); III - вторичные структуры скола - оперяющие взбросы и взбросо-надвиги, в том числе системы типа «конского хвоста» (IIIa), оперяющие сдвиги (IIIб). 1 - сдвиги; 2 - сбросы; 3 - грабены; 4 - дайки и жилы; 5 - взбросы и взбросо-надвиги; 6 - ось линейной складки в плане, 7 - то же, в поперечном сечении.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

При развитии сдвига, большое значение имеют часто встречающиеся изгибы сместителя. Они подразделяются на *свободные изгибы*, которые не препятствуют перемещению крыла, и *ограничивающие* изгибы, которые ориентированы как бы поперек движения крыла сдвига. Здесь возникает сжатие вследствие нагнетания образований крыла сдвига на вмещающие породы.

В пределах сдвиговой зоны развиваются более мелкие разрывы, которые, пересекаясь, образуют блоки, похожие в плане на ромбы. При продолжающейся деформации эти ромбы соединяются между собой и ограничиваются плоскостями главного сдвига, образуя структуру конского хвоста. Внутренняя структура таких образований представляет собой один или серию блоков, испытавших вращение при сдвиговых подвижках и разделенных второстепенными сдвигами. Подобное образование называется *дуплексом.* Присдвиговым дуплексом называется тектоническая структура, обычно ограниченная двумя главными, круто ориентированными сдвиговыми зонами или двумя зонами повышенной трещиноватости пород. Между этими зонами располагаются более мелкомасштабные, располагающиеся кулисообразно сдвиги, имеющие, как правило, комбинированную сдвиго-взбросовую (*транспрессионный дуплекс сжатия*) или сдвиго-сбросовую (*транстенсионный дуплекс растяжения*) кинематику. Дуплекс сжатия образуется в том случае, если ромбовидные блоки формируются со стороны ограничивающего изгиба или уступа, испытывающих сжатие. В этом случае дуплекс будет представлять собой горстообразное поднятие, каждый блок которого ограничен взбросом или надвигом со сдвиговой компонентой перемещения. Дуплекс растяжения образуется тогда, когда ромбовидные блоки формируются со стороны свободного изгиба или уступа, испытывающих растяжение. В этом случае дуплекс будет представлять собой грабенообразное опускание, или провал, каждый блок которого ограничен сбросом со сдвиговой компонентой перемещения. Такие структуры присдвигового опускания называются структурами ***пулл-апарт*** и являются очень часто бассейнами осадконакопления. По латерали и вертикали все второстепенные разломы дуплекса сливаются с плоскостями главных сдвигов, образуя в разрезе характерные структуры ***цветка, пальмы, веера*** (рис. 22.19). При изменении (изломе) простирания сдвига происходит как бы его расщепление с образованием в промежутке впадины. Такие впадины нередко достигают значительных размеров и в англоязычной литературе получили название pull-apart basin (*сдвигово-раздвиговая впадина*).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

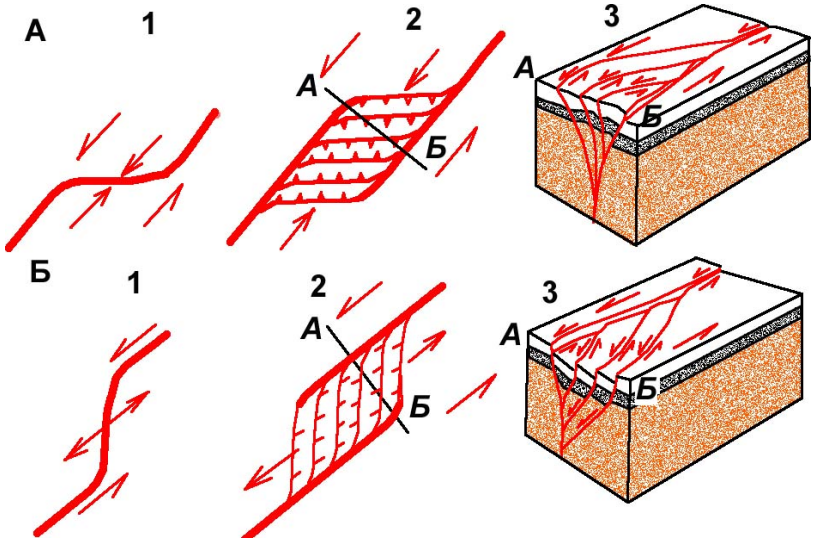


Рис. 22.19. Формирование дуплекса сжатия (А) и дуплекса растяжения (Б) в зоне левого сдвига (R.J. Twiss, E.M. Moores, 1992). Длинные стрелки – направление главных движений по разломам, короткие стрелки – направление сдвиговых перемещений по второстепенным разломам внутри дуплекса, 1 – начальная стадия формирования левого сдвига, 2 – развитие дуплекса при продолжающемся левосдвиговом перемещении, 3 – блок-диаграмма. Торцевая часть блока-диаграммы соответствует разрезу по линии АБ

В зависимости от характера напряжений вдоль сдвиговой зоны формируются структуры цветка, пальмы, или веера. При преобладании сжатия образуются положительные присдвиговые структуры, а при растяжении – отрицательные. В первом случае в зоне сдвига наблюдается веер надвигов со сдвиговой компонентой перемещения, во втором – веер сбросов.

В реальности такие геологические структуры закартированы во многих местах, например в Северо-Восточном Иране, зоне разлома Дашт-Э-Бааз (рис. 22.20).

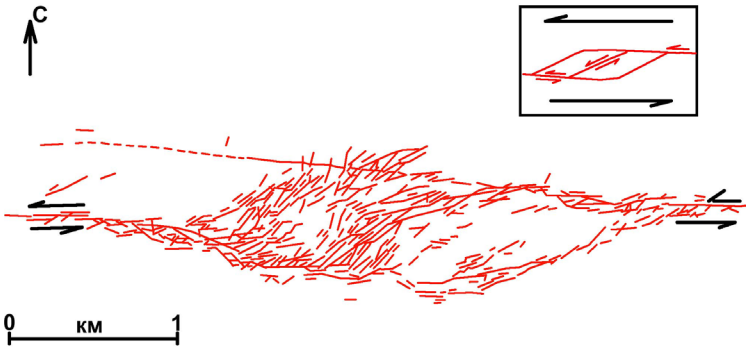


Рис. 22.20. Присдвиговый дуплекс растяжения (структура «пулл-апарт») в зоне разлома Дашт-Э-Бааз (Северо-Восточный Иран) (R.J. Twiss, E.M. Moores,, 1992)

Контрольные вопросы к 22.4.3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22.5. ПАРАГЕНЕЗИСЫ РАЗЛОМОВ. ТЕКТОНОФАЦИИ

Разломы невозможно рассматривать как что-то изолированное. В земной коре любой разлом – элемент системы и одновременно сам является сложным геологическим телом, состоящим из закономерно сочетающихся разрывов, включая трещиноватость и кливаж, характерных типов пластических деформаций, а также литологических разностей пород. ***Структурные парагенезы*** – закономерные сочетания разновеликих структурных форм, сформированных под воздействием единой причины (под воздействием единого поля напряжений, в результате формирования единой крупной структуры, в единой механической обстановке).

Так, в обстановке горизонтального растяжения (раздвига) могут развиваться структурные парагенезы грабенов и горстов, полуграбенов, сопровождающиеся складками поперечного изгиба, в том числе конседиментационными, складками волочения, зеркалами скольжения, магматическими образованиями (дайками) и т.д.

В обстановке горизонтального сжатия образуются рампы и горсты, складки продольного изгиба, кливаж, рассланцевание, складки волочения, зеркала скольжения, структуры будинажа, муллион-структуры* и т.д. В складках продольного изгиба происходят срывы вдоль осевых поверхностей, вследствие чего образуются взбросы и надвиги. Надвиги редко бывают одиночными, обычно они образуют динамопары*, или структуры типа «конский хвост» (рис. 22.21).

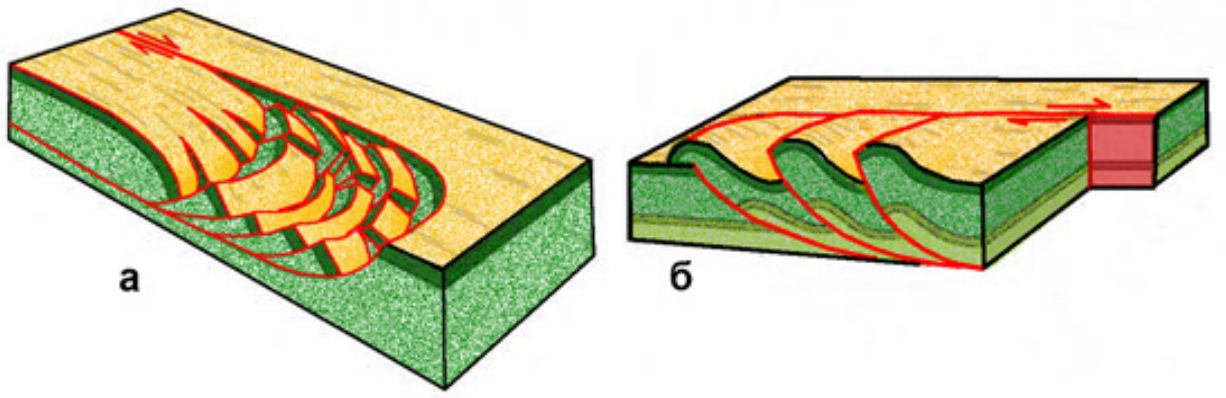


Рис. 22.21. Присдвиговые структуры типа конский хвост. Формирование пар а - сдвиг- сброс и б – сдвиг - надвиг (по R.J. Twiss, E.M. Moores, 2000)

Кроме того, разрывы группируются в пакеты, в которых каждый надвиг имеет линзовидную в разрезе форму и ограничен сверху и снизу поверхностями сместителей: одной своей и одной чужой –

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

верхнего надвига. Такая структура называется «дуплексом сжатия». Структурный парагенезис обстановки горизонтального сжатия включает пакет надвиговых пластин, серию опрокинутых складок с длинными осями, ориентированными параллельно промежуточной оси, серпентинитовый меланж, приразломные зоны рассланцевания, зеркала скольжения (рис. 22.22).

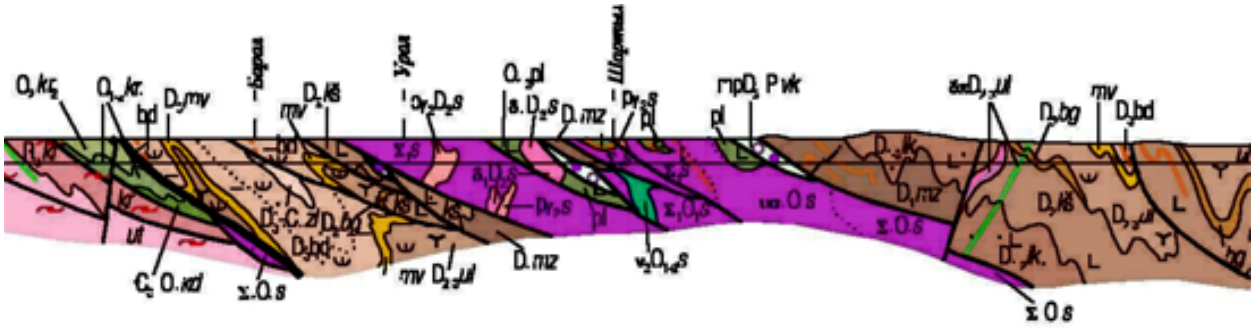


Рис. 22.22. Восточно-магнитогорская зона, Южный Урал (по А.В. Жданову, 2004). Условные обозначения – стандартные. Если Вы хотите рассмотреть разрез подробнее – ***щелкните здесь***

В обстановке сдвига развивается парагенез, включающий следующие структуры: серии параллельных сдвигов, раздвиги, сбросы, надвиги, системы кулисообразных складок. На меньшем масштабном уровне в этой обстановке можно ожидать встретить кливаж, рассланцевание, складки волочения, зеркала скольжения, будинаж, муллион-структуры*, кинк-зоны* (рис. 22.23), породы динамометаморфизма всех видов.

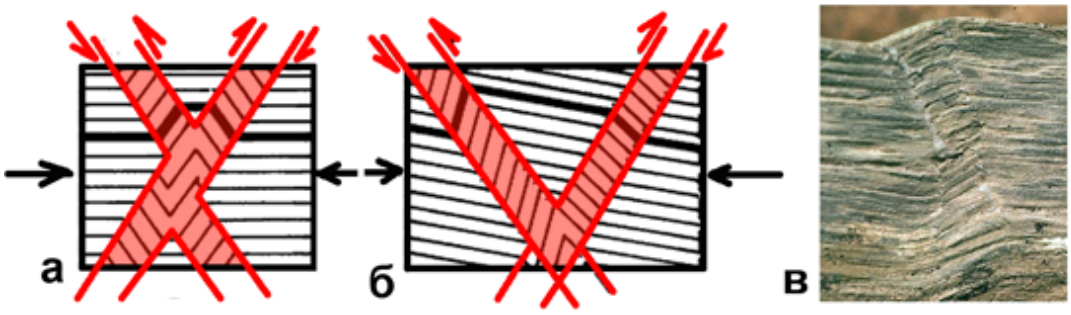


Рис. 22.23. Кинк–зоны (кинкбанды) – а – ось сжатия параллельна слоистости, б – ось сжатия под углом к слоистости, в – фотография кинкбанда (http://geol-alp.obs.ujf-grenoble.fr/)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Интенсивность и характер (стиль) складчато-разрывных дислокаций закономерно повышается как с глубиной их формирования, так и по мере перехода от платформ к передовым прогибам и складчато-покровным сооружениям, а в пределах последних - к их осевым зонам. Для описания и характеристики этого явления было введено понятие ***тектонофация*** - группа слоев, отличающаяся от смежных одновозрастных слоев по тектоническим особенностям. Другой термин, используемый для описания этого явления – вещественно-структурный комплекс.

Тектонофации характеризуются (по Е.И. Паталахе) сочетанием типов складок, разломов и кливажа – главной структурной триадой.

Вертикальная зональность дислокаций связывается с изменением термодинамических условий. По этому параметру выделяются эпизональная, мезозональная и катазональная тектоника.

Эпизона дислокаций характеризуется тем, что участвующие в ней породы не затронуты метаморфизмом. К ней относятся отложения платформенных чехлов, молассового выполнения передовых и межгорных прогибов, внешних зон и областей погружения (периклиналей) складчато-покровных сооружений (в большей их части); сюда же входит океанская кора. Интенсивность деформаций в этой зоне и морфология дислокаций здесь в значительной зависит от литологического состава пород, от глубины их залегания и величины деформирующих напряжений. В число типов складчатости, формирующихся в эпизоне, включается также и поверхностно-гравитационная, складчатость. Сюда же относится соляная и глиняная диапировая тектоника, Наиболее типичны для эпизоны складки продольного и отчасти поперечного (отраженная складчатость платформ, диапиры) изгибов и хрупкие разрывы. Дислокации в общем малоупорядочены в плане и разрезе; исключение составляют дислокации внешних зон орогенов и прилегающих крыльев молассовых прогибов. Встречаются зоны меланжа - в подошве тектонических покровов, в зонах крупных сдвигов.

Мезозона дислокаций охватывает породы, затронутые начальным и зеленосланцевым метаморфизмом. Мезотектоника проявляется в основном в осевых зонах складчатых сооружений, распространяясь на прилегающие подзоны их внешних зон, т.е. на отложения континентального склона и подножия (пример - западный склон Урала). Для мезозоны типична упорядоченная, в смысле выдержанной линейности и вергентности, складчатость,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

преимущественно складки продольного изгиба и скалывания, разломы от хрупких в верхах до вязких в низах зоны.

В катазоне породы метаморфизованы. Складчатость и в плане и в разрезе носит чрезвычайно сложный, многопорядковый и даже причудливый характер. Разрывы исключительно вязкие; очень характерны крупные зоны вязких сдвигов, а также будинаж и муллион-структуры. Все деформации выражаются интенсивным течением пород, вязкость которых резко снижается в условиях высоких температур.

Латеральная зональность дислокаций, определяется различными тектонофациями. Выделяется десять классов тектонофаций, разделенных на три группы, характеризующихся по интенсивности деформаций. Низшая группа включает четыре класса, средняя – три класса и высшая - 3 класса. При выделении тектонофаций учитывается целый комплекс признаков: морфология складчатости, характер трещин и разрывов, их густота, кливаж, его соотношение со складчатостью, развитие будинажных и муллион-структур, тектонитов (всего 22 признака).

Для анализа условий образования разномасштабных тектонических дислокаций требуется разложить их на разноранговые тектонодинамические системы и раздельного изучения. Этот подход называется *тектонодинамический анализ.*

Контрольные вопросы к 22.5

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Со временем слова меняют свои значения, поэтому в них возникают новые смыслы и слова переосмысливаются.

С. В. Чудов

ЧАСТЬ IV. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Знание, хотя бы в общих чертах, истории развития структурной геологии необходимо не только для правильного понимания современного ее состояния, истоков проблем, решаемых ею, но и для того, чтобы уметь разобраться в терминологии и понятиях, многие из которых несут на себе следы эволюционного развития науки. Структурная геология появилась еще в 20 - 30 годы и сформировалась в 80 - 90-е годы XIX столетия. До этого она была разделом общей геологии.

Представление о структурных формах, истории их формирования и причинах их вызывающих, не возникли сразу в законченном виде, а представляют собой результат долгого и часто противоречивого научного поиска. Многие вопросы, поставленные еще на заре возникновения науки, не решены до сих пор. Отдельные этапы развития структурной геологии остались в названиях структурных форм как вехи ее истории.

Хотя структурная геология, как самостоятельная научная дисциплина, сформировалась всего лишь чуть более ста лет назад, ее становлению предшествовала длительная предыстория. Когда мы говорим о геологии древних времен, мы искусственно выделяем из общей суммы знаний и представлений о природе те, которые отвечают современному объему этой науки. Сам термин *«геология»* был впервые употреблен в современном его значении в середине XVII века Альдровандусом. До этого слово «геология» означало земные науки или науку о Земле в отличие от «теологии» – божественной науки или науки о Боге.

Профессиональные геологи в Европе появились только в XVIII веке. До этого геологией занимались художники (Леонардо да Винчи - автор понятия «слой» и идеи о непостоянстве уровня моря), философы, математики (Декарт, Лейбниц), медики (Агрикола, Стено), монахи (Кирхер), физики и химики (Бойль, Гук)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

и представители многих других специальностей. Особая роль в развитии структурной геологии принадлежит и любителям-дилетантам.

История любой науки - это история накопления фактов, создания методов и теоретических концепций. Когда мы рассматриваем историю структурной геологии, то видим, что в те времена, когда в теоретической геологии господствовали умозрительные, часто фантастические и впоследствии отброшенные идеи, рудознатцы, шахтеры, рудокопы, наблюдая естественные сочетания слоев полезных ископаемых, делали первые описания структурных форм и выводили правила геометризации недр.

В истории структурной геологии выделяется два крупных периода – донаучный, охватывающий хронологический диапазон от начала развития человеческой цивилизации до середины XIII века, и научный. Переход от одного периода к другому не был мгновенным. Его продолжительность заняла несколько десятилетий, приходящихся на вторую половину XIII столетия. В пределах каждого из этих периодов выделяются отдельные этапы, связанные, как правило, со сменой теоретических концепций, которые, в свою очередь, обусловлены накоплением фактов, не укладывающихся в старую систему понятий. Активизация накопления фактов в той или иной области обычно определяется либо усилением экономического интереса к тому или иному классу полезных ископаемых (каменный уголь, нефть, газ) и, следовательно, более углубленному изучению тех или иных связанных с ними регионов, либо появлением нового метода, внедрение которого позволяет познавать прежние геологические объекты на новом уровне (метод стратоизогипс, биостратиграфический, структурный, аэрокосмический, сейсмический и т.д.).

Науку создают люди. Поэтому раздел состоит из двух глав – истории идей и знаний и истории людей, которые создавали эти знания. В раздел «Персоналия» фамилии отобраны субъективно. Это истории геологов, внесших большой вклад в историю структурной геологии и геологического картирования, в развитие методов исследований и получение конкретных знаний. Но главное – это люди, которые беззаветно следовали своему призванию во славу науки.

Подробнее об истории геологии можно прочитать в капитальном труде Д.И. Гордеева [Гордеев, 1972], а также в В.Е. Хаина и А.Г. Рябухина [Хаин, 1997], и в труде В.В. Белоусова [Белоусов, 1993].

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 23. Основные этапы развития структурной геологии

23.1. Донаучный этап

23.1.1. От древнего мира до средних веков

Время от древнего мира до средних веков - это этап гениальных догадок и несистематизированных наблюдений. Из-за недостатка фактического материала ученые тех времен вынуждены были делать заключения на основе единичных наблюдений. С этим этапом, в первую очередь, связано имя *Аристотеля* (рис. 23.1), догадавшегося о непостоянстве положения земной тверди при наблюдении поверхности Земли.



Рис. 23.1. Аристотель

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

«То, что сейчас суша – когда-то было морем и наоборот». Он писал «…Одни и те же места не всегда остаются покрытыми водой либо сушей, но изменяются в связи с появлением или исчезновением текучих вод; вот почему происходят изменения в расположении суши и моря, и то суша, то море не остаются таковыми на протяжении времен, и мы находим море там, где будет суша. И надо думать, что это происходит согласно определенному порядку и определенной периодичности…».

Аристотель понимал необыкновенную длительность геологического времени.

«…Так как всякая физическая эволюция на Земле происходит постепенно и в течение времени, очень длительного, по сравнению с нашей жизнью, эти изменения остаются незамеченными нами, и разрушение и превращение в руины целых рас имеют место раньше, чем они могут проследить эти изменения от их начала до их конца…».

Однако древние мыслители еще не выделяли такие понятия, как слои, складки. Процессы на Земле, по их мнению – циклические, периодические, и, в общем – неизменные.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.1.2. Средние века.

Средние века совпали с расцветом науки на Востоке - в Арабском Халифате. Таджикский ученый Абу Али ибн Сина, врач и философ, известный в Европе, как Авицена (980-1037), в сочинении «Природа» впервые высказал мысль об осадконакоплении. Он писал: «каждый раз, когда суша осушается вследствие отступления моря, оно оставляет после себя слой (осадков), и мы видим, что некоторые горы кажутся нагромождениями слоя за слоем; поэтому правдоподобно, что грязь, из которой они состоят, в свое время была отложена слоями…» Отмечается, что последовательность слоев отражает последовательность времени их накопления (рис. 23.2).



Рис. 23.2. Ибн Сина, Абу Али Хусейн ибн Абдаллах (латинизированное – **Авиценна)**

В средние века в Европе, несмотря на застой научных теоретических взглядов, экспериментальные данные и практические приемы прослеживания рудных тел и других полезных ископаемых на участках, недоступных непосредственному наблюдению, продолжали накапливаться. К этому же времени относятся первые изображения земной поверхности в масштабе и первые изображения соотношений геологических тел.

Мы не знаем, какими были в это время геологические знания в Америке, Африке, Индии, Китае. Однако известно, что в древнем Китае с помощью бамбуковых труб бурились скважины на воду. Это означает, что развитие науки в Китае позволяло прогнозировать недоступные непосредственному наблюдению проявления подземных вод.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.1.3. Эпоха Возрождения

Самым великим представителем этой эпохи был замечательный художник и механик ***Леонардо да Винчи (1452 - 1519).*** В его сочинениях есть высказывания и на геологические темы, основанные на наблюдениях над строительством каналов. Леонардо да Винчи впервые подметил и зарисовал, как эрозия расчленяет слои, которые ранее непрерывно протягивались через речные долины. Именно он ввел в европейскую науку понятие слоя.

Другой замечательный ученый – немецкий врач и металлург Георг Бауэр, более известный под именем Агриколы, долго жил в центре рудной промышленности в Чехии. Важным событием в развитии методов структурной геологии явилось опубликование в 1556 году его научного труда «О горном деле и металлургии». Им был обобщен опыт Германии по горному делу, дано решение ряда геометрических задач, возникающих при разработке месторождений. Именно Агрикола ввел правильные представления о геометрии пересечения жил с неровной поверхностью Земли. Он же выделяет различные формы залегания рудных тел, введя понятие «жилы», «штоки», «линзы», «пластовые залежи», иллюстрируя свои взгляды схематическими картами и разрезами (рис. 23.3).



а б

Рис. 23.3. Агрикола (Георг Бауэр) (а), рисунок из его книги «О горном деле и металлургии», иллюстрирующий соотношение рельефа и крутопадающей рудной жилы (б)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Другой выдающийся ученый, родоначальник методологии опытной науки английский ученый и политический деятель Ф. Бэкон (1561 - 1626) в своем знаменитом труде "Новый Органон, или истинные указания для истолкования природы" 1620 г. впервые обратил внимание на удивительное сходство очертаний береговой линии Америки и Африки (рис. 23.4).



Рис. 23.4. Френсис Бэкон

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.1.4. Зарождение структурной геологии, как науки (вторая половина XVII века – первая половина XVIII века)

С этим временем связана деятельность флорентийского ученого датского происхождения, медика по образованию ***Николауса Стено*** (Нильса Стенона). Он сформулировал принципы, заложившие основы тектоники и, в основном, применяемые до настоящего времени при воссоздании истории геологического развития территории. Стено исходил из того, что «…принимая, что некое тело обладает некоторой формой и образовалось согласно законам природы, надо обнаружить в самом теле свидетельства места и способа его образования…». Именно таким образом, по его мнению, можно раскрыть проблему происхождения «твердого, заключенного в твердом» – то есть раскрыть взаимоотношения геологических тел. Им была построена серия из 6 знаменитых профилей, восстанавливающих историю геологического развития Тосканы (рис. 23.5). Это первые палеогеологические разрезы.

Стенон пишет, что в «...теле определенной формы, созданном согласно законам природы, в самом этом теле находим доказательства, раскрывающие место и способ его создания». Прошлое Тосканы он пытается восстановить, рассматривая изменение ее поверхности «восходя от новейших к наиболее древним». Образование гор (неровностей) он приписывает обрушению в пустоты. Таким образом, Стенон вводит представление о сбросовых горах. Это положение иллюстрируется им шестью схемами, на которых видно значение углового несогласия.

«То, что индуктивно доказано для Тосканы... я утверждаю и в отношении всей Земли, исходя из описаний различных местностей у разных авторов.»

Наиболее важными выводами, сделанными Стеноном при наблюдениях над геологическим строением в окрестностях Тосканы, были следующие:

1. Осадочные породы первоначально накапливаются горизонтальными слоями; их наклонное, или изогнутое залегание является результатом последующих нарушений.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Если на наклонном слое залегает слой горизонтальный (или более слабонаклонный), это значит, что наклон первого слоя произошел до отложения второго.
3. Горы не представляют постоянной величины.

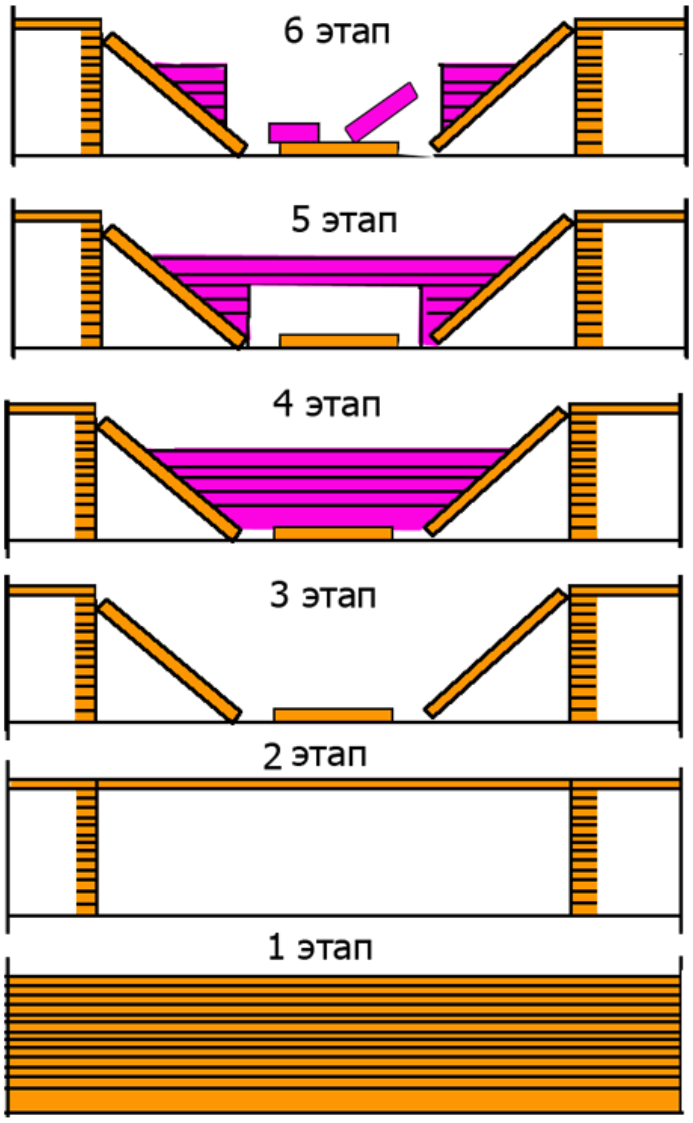


Рис.23.5. Тектоническое развитие Тосканы, по Н. Стенону (1669). I — VI — этапы развития

Рис. 23.5. Тектоническое развитие Тосканы, по Н. Стенону (1669). I — VI — этапы развития

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.1.5. Возникновение геологической науки в России (вторая половина XVII века)

Становление структурной геологии, как науки в России связано с именем великого русского ученого ***М.В. Ломоносова***. Из ста двадцати его научных трудов двадцать посвящены непосредственно геологических вопросам, и один их них «О слоях земных», опубликованный в 1763 году, оказал огромное влияние на развитие геологии в России. Наклонное положение слоев («флецов»), формирование гор М.В. Ломоносов связывает с движениями Земли, введя понятие о первичном и вторичном (нарушенном) залегании. «…Наклонное положение камней диких к горизонту показывает, что оные слои сворочены с прежнего своего положения, которое по механическим и гидростатическим правилам должно быть горизонтально… Итак, когда горы со дна морского восходили, побуждаемые внутренней силой, неотменно долженствовали составляющие их камни выпучиваться, трескаться, производить расщелины, наклонные положения, стремнины, пропасти разной величины и фигуры отменной…».

Среди тектонических движений М.В. Ломоносов выделял «дрожания» (землетрясения), медленные волнообразные, ответственные за наступление и отступление моря (эпейрогенические), быстрые, ответственные за формирование горных сооружений (орогенические). Он правильно установил методику определения взаимного возраста интрузивных и осадочных пород. М.В. Ломоносов пишет: «…общую продолжительность геологических процессов трудно оценить, но слои образовались не одновременно, а последовательно, один за другим в разных условиях... Рудная гора (интрузия) моложе прилегающих к ней пластов осадочных пород (флецов), если она приподняла их. Также более поздним событием, чем образование пластов, являются их разрывы».

Этот период характеризуется также широкой практической деятельностью по региональному изучению недр. Эпоха Петра I, характеризовалась бурным развитием горно-заводского дела. В связи с этим в 1737 году был создан горно-заводской устав, согласно которому составлялись плоские разрезные чертежи каждой рудокопи. Эти чертежи, составленные по правилам особой инструкции Академии наук, затем представлялись в неё.

Контрольные вопросы к 23.1.5.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.2. НАУЧНЫЙ ЭТАП

23.2.1. СТАНОВЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ (вторая половина XVIII века – первая четверть XIX века)

В течение XVIII века были достигнуты значительные успехи в изучении морфологии конкретных геологических структур. В результате обширных региональных исследований, проводившихся с целью поиска полезных ископаемых, были сделаны детальные описания строения многих областей и появились первые карты и разрезы, показывающие распространение горных пород.

Еще в начале XVIII века англичанин Стречей (1671-1743) детально описал геологический разрез угольных месторождений в Сомерсетшире, в котором он последовательно перечислил слои, дал детальное определение пород и точно вычислил их мощность и элементы залегания (автор указывает, что все слои имеют наклон 22 дюйма на сажень). В это же время были сделаны первые зарисовки с натуры сложного складчатого строения Альп.

В 1764 году вышел из печати труд английского ученого Дж. Митчела (1724-1793), в котором была описана последовательность осадочных пород от Иоркшира до Ла-Манша. Дж.Митчел создал общую схему расположения слоев и впервые закартировал складчатые структуры, объясняя полосовой рисунок выходов слоев эрозией смятых в складки осадочных пород.

Геологические достижения последующих нескольких десятков лет были связаны со стратиграфией, составлением геогностических (литолого-стратиграфических) карт, и попытками расчленить породы по их происхождению. Появляется учение о формациях. Мысли геологов занимала дискуссия между нептунистами и плутонистами.

Нептунисты - А.Г. Вернер (рис. 23.6а) и его ученики усовершенствовали методы изучения осадочных горных пород. Геологические наблюдения Вернера ограничивались пределами Саксонии, главным образом окрестностями Фрайберга. Он считал, что стратиграфическая последовательность напластований горных пород в изученном им районе является общей для всего земного шара. Вернер — лидер нептунизма своего времени, предполагал, что все горные породы, в том числе изверженные и рудные жилы, отложились

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

из «первичного океана», вода которого по своему составу резко отличалась от современной морской воды. По возрасту он выделил геологические «формации» (снизу вверх) - первозданную, переходную, вторичную, наносную и вулканическую. Вернер допускал движения земной коры только в виде её провалов в подземные пустоты. Вернер обратил внимание на слоистые породы и сделал много наблюдений над характером их залегания. Он указал на важность падения и простирания слоев и стал различать согласное и несогласное напластование. Все это не было, безусловно, новостью: многие из таких исследований производились и раньше, но Вернер далеко двинул их вперед и ввел во всеобщее употребление.

Плутонисты, во главе с Д. Геттоном (рис. 23.6б) улучшили методику геологических исследований и картирования магматических образований.



Рис. 23.6а. Абрам Готлоб Вернер – лидер научной школы нептунистов



Рис. 23.6б. Джеймс Геттон (Хаттон) – лидер плутонизма и один основоположников униформизма

Геттон, кроме того, был основоположником идей униформизма. Он утверждал, что нынешний облик Земли можно объяснить воздействием этих процессов в течение длительного периода. Во

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

времена, когда почти все поголовно считали, что прошлое планеты объясняется ее божественным созданием и такими событиями, как Всемирный потоп, эта идея была революционной. Вокруг нее быстро собрались сторонники, а Геттон и его последователи находили все новые и новые доказательства для ее подтверждения.

С середины XVIII века во всем мире, в том числе и в России организовывались геологические экспедиции. Так, российский исследователь П.И. Рычков (1712 - 1777 г.), установил в Эмбенком районе «нефтяные ключи» и характерную штоковую форму сольилецкой залежи. ***П.С. Паллас*** (1741 - 1811) описал горизонтальное, наклонное и вертикальное залегание, складчатые формы. И.И. Георги охарактеризовал озеро Байкал, как грабен. В 1854-1855 г. Н.И. Меглицкий и А.И. Антипов, изучая Южный Урал впервые применили геоморфологические методы для расшифровки его тектонического строения.

Уже в начале XVIII века в горнорудных регионах России начали создаваться горные школы, в которых преподавалась горная геология, горное искусство и другие дисциплины. В 1774 году было открыто первое высшее горное училище в Петербурге, впоследствии преобразованное в Горный институт. Для его студентов в 1839 году проф. Д.И.Соколов издал трехтомный «Курс геогнозии». С 1825 года начал издаваться Горный журнал.

До конца XVIII века основными полезными ископаемыми были металлы, и поэтому внимание практических геологов сосредотачивалось на изучении рудных жил и магматических тел, с которыми они были связаны. Расчленение же разрезов проводилось лишь на основе литологии, степени изменений, частоты встречаемости органических остатков. Для дальнейшего развития структурной геологии не хватало метода, позволяющего надежно определить относительный возраст горных пород и провести их межрегиональную корреляцию. Такой надежный метод был найден лишь в следующем веке.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.2.2. Создание биостратиграфического метода. Героический период в истории геологии (начало XX века)

Самым ярким событием в геологии в начале XIX века явилось открытие биостратиграфии. Оно принадлежит землемеру-самоучке В. Смиту, который сначала работал в угольных копях г. Бата, а затем участвовал в проектировании и сооружении Соммерсетского угольного карьера. Увлекшись собиранием органических остатков, он обнаружил, что смежные слои обычно содержат сходные, а далеко отстоящие в разрезах слои – различные окаменелости. Руководствуясь данной идеей, Смит отправился в путешествие по Англии, с целью собрать как можно больше данных и образцов. Результатом его деятельности и стала первая в мире геологическая карта Англии, опубликованная в 1815 году.

В.Смит нанес распространение слоев (с содержащимися в них окаменелостями) на топографическую карту основы окрестностей г. Бата в масштабе 1:42 000, и графства Соммерсет (1:63 340) и получил первые биостратиграфические карты.

В.Смит долго не публиковал свои наблюдения и только в 1799 году составил рукописный вариант «Таблицы последовательности слоев и заключенных в них органических остатков в окрестностях г. Бата». В 1815 году откорректированный вариант этой таблицы был опубликован в качестве стратиграфической колонки к «Геологической карте слоев Англии и Уэльса».

Затем В. Смит составил целую серию геологических карт «Нового геологического атласа Англии и Уэльса». Работы В. Смита сделали геологическое картирование основным методом геологических исследований. Кроме того, его работами была заложена основа стратиграфической (геохронологической) шкалы, в результате чего появилась логическая база для региональных структурных исследований (рис. 23.8).

Следующие годы европейской геологии посвящены расчленению осадочных толщ фанерозоя на основе биостратиграфического метода. Были описаны стратотипические разрезы и выделены системы для всего фанерозоя. Отдельные системы разделены на отделы и объединены в три группы - палеозой, мезозой и кайнозой.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 23.8. а. Первая геологическая карта Англии, б – Вильям Смит. Если хотите рассмотреть карту подробнее – щелкните ***здесь.***

Биостратиграфический метод дал мощный толчок развитию геологического картирования, а последний – развитию тектоники и структурной геологии. По всему миру описывались стратиграфические разрезы, сопоставлялись со стратотипами и строились мелкомасштабные геологические карты. Геологические карты, в свою очередь, позволили увидеть геологическое строение обширных регионов. В результате появилась возможность сделать первое по-настоящему научное обобщение, основанное не только на гениальных догадках, построенных на разобщенных фактах, но и на систематизированных обширных наблюдениях. Поэтому описанный период известен как

«Героический период развития геологии».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.3.3. Гипотеза кратеров поднятий

Еще задолго до появления биостратиграфического метода геологи выделяли различные типы горных сооружений. В первой половине XIX века два выпускника Фрайберской горной академии – Леопольд фон Бух (1774-1853) и Александр фон Гумбольдт (1769-1859) (рис. 23.9 а, б) на материалах геологических наблюдений, сделанных в обоих полушариях, сформулировали гипотезу кратеров поднятия.



а



б

Рис. 23.8 а Леопольд фон Бух, б – Александр фон Гумбольдт

Ее суть заключается в том, что вследствие локального увеличения количества газов и паров в магме возрастает ее объем, магма поднимается из глубины, внедряется в осадочные толщи, раздвигая их. Осадочные породы, расположенные между двумя поднятиями, деформируются (рис. 23.9). Периоды интенсивного горообразования занимают короткие промежутки времени и носят катастрофический характер. В других местах море затопляет большие промежутки суши. Времена горообразования и трансгрессий сменяются эпохами покоя. А. Гумбольт, кроме того, обратил внимание на линейное расположение вулканов и высказал мысль о связи этого явления с разломами земной коры, проникающими в глубокие недра. Таким образом, по гипотезе кратеров поднятия, в ядре горного сооружения формируется

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

кристаллический массив, который окаймляется осадочными толщами, естественно наклоненными к периферии массива. В процессе внедрения магма раздвигает горные породы, которые при этом сминаются в складки.

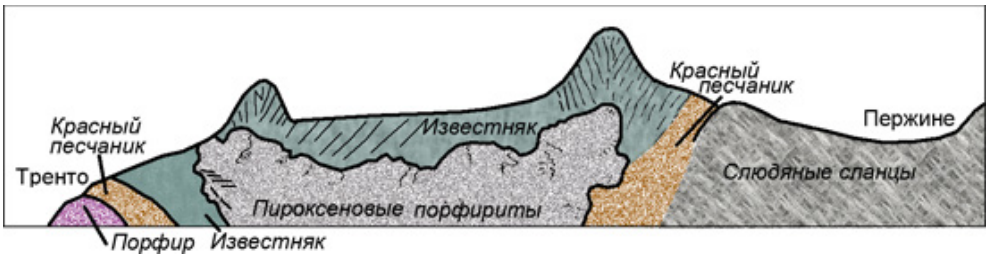


Рис. 23.9. Схема образования горных сооружений по гипотезе кратеров поднятия по Л.фон Буху

Следующей крупной вехой в истории геологии, которая лишь косвенно затронула структурную геологию, был спор катастрофистов и эволюционистов и знаменитый труд Ч. Ляйеля – «Основы геологии», в котором он сформулировал принцип актуализма. Интерес к структуре слоистых толщ усилился в связи с тем, что в конце XVIII – начале XIX веков большое практическое значение приобрел каменный уголь, залегающий в осадочных породах. Для поисков угля составлялись детальные карты, изображающие структурные формы (например, серия карт Донбасса (рис.23.11), выполненная под руководством Л.И. Лутугина) (рис. 23.12).

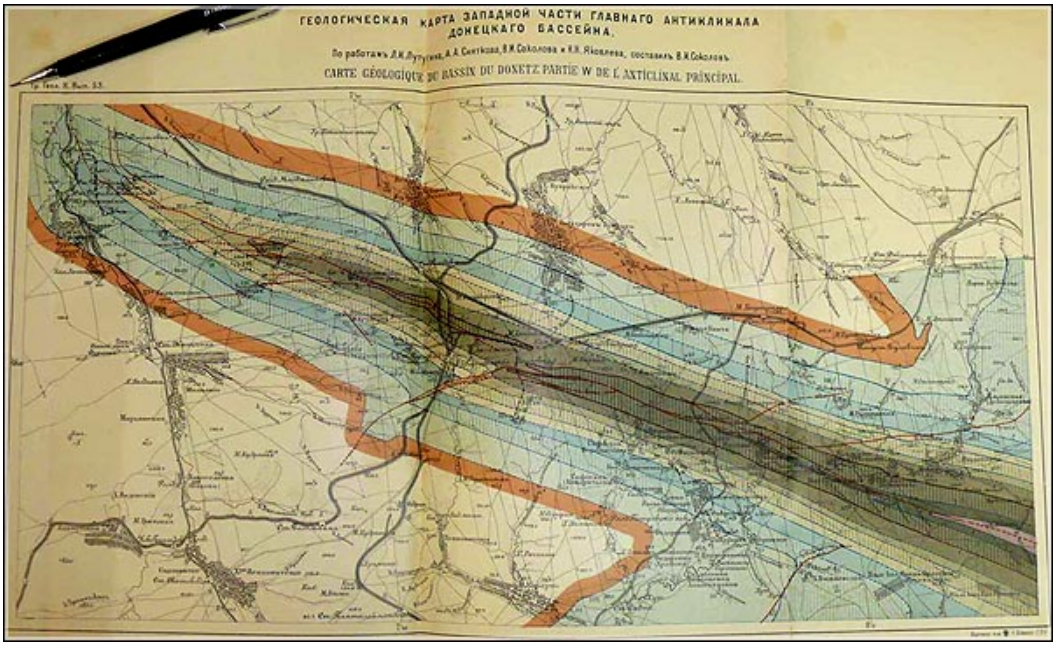


Рис. 23.11. Геологическая карта Западной Части Главного Антиклинала Донецкого Бассейна. По работам Л.И. Лутугина, А.А.Сняткова, В.И. Соколова, и Н.Н.Яковлева составил В.И. Соколов http://www.g-to-g.com/picts/user/memory_book/l/lutugin/bukinist43pre.jpg

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 23.12. Л.И. Лутугин

В первой половине XIX века все больший интерес вызывает геометрия дислокаций горных пород. В это время геологи пришли к убеждению, что основной формой залегания слоев горных пород является складка, и тщательное изучение их распространения стало на многие десятилетия основной их заботой при региональных геологических исследованиях. В результате стало ясно, что на Земле существуют области, образованные не просто разрозненными складками, а их системами, состоящими из более или менее правильных, вытянутых параллельно друг другу длинных непрерывно чередующихся на площади складок. Как оказалось позднее, складчатые пояса протягиваются через континенты.

XIX век, начавшийся с гениальной догадки В. Смита, продолжившейся во времена героического периода, породил возможность и необходимость в крупных согласованных коллективных работах по изучению геологического строения всей поверхности Земли. Для этого создаются международные и национальные геологические общества (например, в 1805 г. - Московское общество испытателей природы, в 1807 - Лондонское геологическое общество, в 1817 Минералогическое общество России, в 1830 г. - Французское геологическое общество). Формируются также национальные геологические службы (в 1835 г. - английская, в 1849 г. – австрийская, в 1853 г. – канадская и французская, в 1858 г. – шведская, в 1867 г. – американская, в 1879 г. – японская и в 1882 г. – российская.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.2.4. Классический период развития структурной геологии

Этот период начинается с опубликования геологических наблюдений Ч. Дарвина, известного в мире основоположника эволюционной теории (1842 г.). Главным его успехом в геологии считается теория образования коралловых рифов, основанная на гипотезе медленного опускания морского дна и разрастания кораллового рифа. Он был первым, кто попытался восстановить структурные формы океанического дна. На основании картирования современных рифов Ч. Дарвин воссоздал сложную картину тектонических движений дна Тихого океана.

Широкая география геологических исследований этого периода позволила увидеть линейный характер складчатости во многих горных областях и разные возрастные соотношения между интрузиями и вмещающими их осадочными породами. Это привело к формированию гипотезы контракции, связанной с именем французского геолога Л. Эли де Бомона (1798 - 1874).

Причиной образования гор и складок, по мнению Э. де Бомона, служит «…вековое охлаждение нашей планеты. Ибо весь земной шар, за исключением тонкой оболочки, которая относительно тоньше яичной скорлупы, состоит из расплавленной массы, находящейся в жидком состоянии от действия теплоты, но постоянно охлаждающейся и сжимающейся в своих размерах. Наружная кора не сжимается постепенно и не приноравливается из века в век к сжимающемуся ядру, оседая каждый раз, как только произойдет малейшая недостаточность поддержки, но держится сама собой в течение целых геологических периодов, частью отделившись от ядра, пока наконец вдруг не обрушится, трескаясь и падая по определенным линиям раскола. Во время такого кризиса горные породы подвергаются сильному боковому давлению: из них трудно поддающиеся разламываются, а гибкие пласты сгибаются и плотнее укладываются на меньшем пространстве за неимением прежнего простора для своего горизонтального распределения. В то же время большая часть массы вытесняется вверх, потому что излишек в величине оболочки, сравнительно со сжавшимся ядром, может найти себе исход для помещения только по направлению вверх. Этот излишек производит одну или несколько из тех складок или морщин на земной коре, которые мы называем горными цепями» (рис. 23.13).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

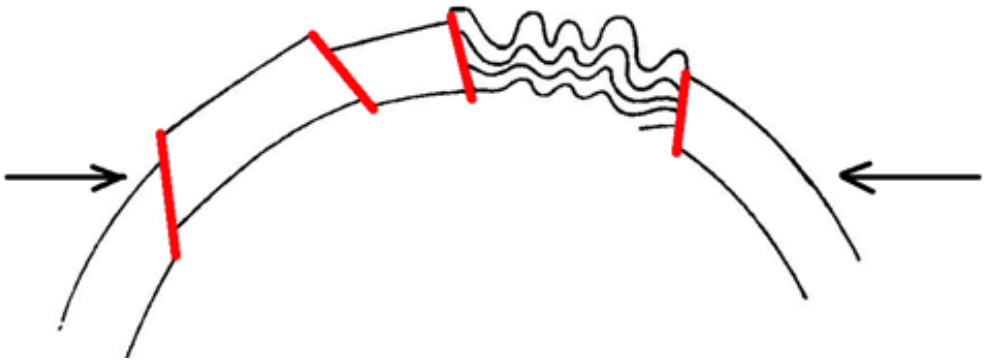


Рис. 23.13. Схема образования горных цепей. Гипотеза контракции по Эли де Бомону

Гипотеза контракции успешно объясняла неравномерный характер складчатости, линейные складки (то, что сейчас мы называем складчатостью продольного изгиба), опрокинутые залегания и надвиги. Эли де Бомон обратил внимание на упорядоченность структурного плана Земли. Она реализовалась в идее о наличии регматической сети разломов, закономерно рассекающих земную кору, выявленную Р. Зондером и впоследствии подтвержденную многочисленными наблюдениями.

Завершающим этапом развития контракционной теории было опубликование обобщающей сводки геологического строения по всей территории в мире «Лик Земли» австрийского геолога Э. Зюсса (рис. 23.14) (1831-1914). Начало публикации относится к 1883 году, а его завершение – к 1909 г.

К 1900 году относится возникновение «геометрии недр» - дисциплины, тесно связанной со структурной геологией, занимающейся способами графического изображения форм залегания слоев.

В середине XIX века появилось учение о геосинклиналях. Идея об особом типе зон, впоследствии названных геосинклиналями, принадлежит американскому геологу Джеймсу Холлу (1811-1898) (рис. 23.15), который обратил внимание на то, что в складчатых областях мощность осадочных толщ больше, чем там, где слои лежат горизонтально. Холл предположил, что у берега континента, где накапливается много обломочного материала, земная кора под тяжестью этого материала прогибается, и поэтому здесь могут накапливаться осадки большой мощности. Эти же участки оказываются наиболее податливыми для смятия в складки. В это время были описаны основные виды складок и разрывов и созданы их классификации.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 23.14. Эдуард Зюсс



Рис. 23.15. Джеймс Холл

Понимание глубоко различной природы складчатых и платформенных территорий в геологию внес замечательный французский геолог Гюстав Эмиль Ог (1861-1927) который в 1900 году опубликовал работу – «Геосинклинали и континентальные площади», где четко изложил учение о геосинклиналях, противопоставив их континентальным площадям – платформам. В своей работе Г.Э. Ог положил начало составлению палеотектонических карт с выделением на них геосинклинальных и «эпиконтинентальных» (платформенных) морей. Опубликование работы Г.Э. Ога привело к признанию учения о геосинклиналях большинством научных геологических школ в Мире.

Учение о платформах с самого начала активно развивалось русскими геологами Д.И. Соколовым (1788 – 1852) в Предуралье (рис. 23.16), Г.П. Гельмерсеном (1803 – 1885) (рис. 23.17) – первым директором Российского геологического комитета. А.П.Карпинским (1847 – 1936), А.П.Павловым (1854 – 1939), А.Д. Архангельским (1879 – 1940) и другими.

Григорий Петрович (Георг фон) Гельмерсен родился в семье лифляндского барона на русской службе фон Гельмерсена в 1803 году в Эстляндии. Высшее образование получил в Дерптском университете и в 1830 году был командирован за границу, где

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

занимался изучением геологии и горного дела в Берлине, Гейдельберге, Бонне и Фрейберге, а также посетил горную часть Германии, Австрии и Северной Италии. По возвращении в Россию в был зачислен в Корпус горных инженеров, а через несколько месяцев командирован на Урал.



Рис. 23.16. Дмитрий Иванович Соколов

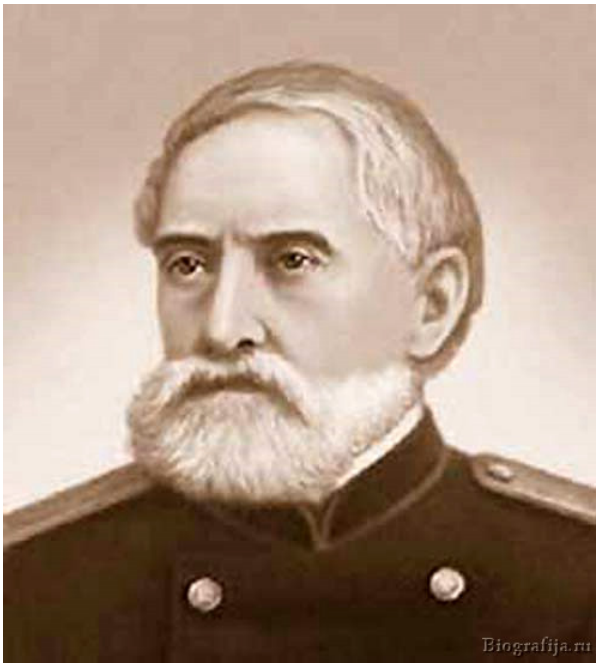


Рис. 23.17. Григорий Петрович Гельмерсен

С этого времени начинается непрерывный ряд его путешествий с целью исследования геологического строения и полезных ископаемых России и зарубежья. К этому же времени относится начало его преподавательской деятельности. В 1841 году Г. Гельмерсен создал первую геологическую карту европейской части России. С 1838 года читал свои лекции в Горном институте одновременно являясь инспектором (1840 год), и с 1849 года являясь управляющим музеем. С 1856 по 1872 год он работает директором Горного института. В 1882 году Гельмерсен был назначен директором Императорского Геологического комитета, в организации которого он принимал самое деятельное участие.

Имя Гельмерсена связано с изучением каменноугольных месторождений Московского, Донецкого и Домбровского бассейнов. Им были описаны торфяники Курляндской губернии, буроугольные месторождения Киевской, Херсонской, Гродненской и привислянских губерний, месторождения железных и медных руд Подмосковного края, Донецкого бассейна, Олонецкой и Санкт-Петербургской

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

губерний. Соляные озера, грязевые вулканы и источники нефти Таманского и Керченского полуостровов; месторождения янтаря на побережье Балтийского моря, Псковского озеро и реки Нарова. Его исследования привели к устройству первого в Санкт-Петербурге артезианского колодца. В 1842 году ему была присуждена Демидовская премия Академии наук за составление первой геологической карты всей Европейской части России.

Большую роль в изучении структуры платформенных областей сыграл А.П. Карпинский (рис. 23.18), создавший основы методики реконструкции истории геологического развития платформенных областей на основе изучения фаций. Им же были заложены основы учения о колебательных движениях земной коры. Он первый занялся всесторонним тектоническим изучением платформ, рассматривая их не как пассивные глыбы, а как развивающиеся геоструктурные элементы. В 1880 году в работе «Замечания об осадочных образованиях Европейской России» он описывает двухъярусное строение платформ, различая «гранитный базис» и «осадочный покров».



Рис. 23.17. Александр Петрович Карпинский

А.П. Карпинский считается одним из основателей русской геологической школы и еще при жизни носил почетный титул «отца русской геологии». Он участвовал в составлении геологической карты Европы и в унификации графических изображений в геологии. Им были составлены сводные геологические карты Урала и Европейской части СССР. Он впервые раскрыл основные черты тектонического строения Русской платформы, указав (в 1880) на наличие в её

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структуре кристаллического складчатого основания и осадочного покрова, выделив (в 1883) полосу дислоцированных осадочных пород юга России. Общегеологические работы А.П. Карпинского, в частности его геологические и палеогеографические карты, послужили основой широких практических прогнозов для поисков полезных ископаемых. А.П. Карпинский был постоянным представителем русской геологической науки на международных геологических конгрессах (начиная со 2-й сессии конгресса в Болонье в 1881); участвовал в составлении геологической карты Европы и в унификации графических изображений в геологии. Был председателем Организационного комитета и президентом 7-й сессии Международного геологического конгресса (1897, Петербург). Отдельную серию работ составляют исследования А. П. Карпинского по истории развития обширной территории Русской платформы, очертания древних морей, некогда заливавших почти всю ее территорию. Они позволили А.П. Карпинскому предсказать восточное продолжение Донецкого кряжа на территорию Прикаспия. Этот погребенный горный хребет получил название кряжа Карпинского.

Почти одновременно с работами А.П.Карпинского появились труды А.П.Павлова, посвященные геологическому строению Поволжья. Им была описана структура Жигулей и установлено существование на платформах пологих тектонических прогибов, которым было дано название «синеклизы». Он же предсказал наличие залежей нефти на средней Волге (рис. 23.19).

Алексей Петрович Павлов - один из крупнейших русских геологов конца XIX и начала XX веков, на протяжении 45 лет возглавлявший кафедру геологии Московского университета, родился в Москве 28 ноября 1854 года в семье подпоручика П. А. Павлова. В 1874 г. по окончании 2-й Московской классической гимназии он поступил на естественное отделение физико-математического факультета Московского университета. Под влиянием профессора геологии Г. Е. Щуровского А. П. Павлов выбрал геологию своей специальностью.

Годы, когда Алексей Петрович учился в университете, были годами победы дарвинизма и создания эволюционной палеонтологии, основы которой заложил В. О. Ковалевский. Вместе с тем это было время развития теории контракции, сыгравшей большую роль в геологии, и эпоха зарождения палеогеографии - науки, восстанавливающей физико-географические условия прошедших периодов истории Земли.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 23.19. Алексей Петрович Павлов



Рис. 23.20. Андрей Дмитриевич Архангельский

Осенью 1880 г. А. П. Павлов был приглашён в Московский университет на место хранителя геологического кабинета. После блестящей защиты диссертации летом 1884 г. А. П. Павлов совершил свою первую поездку за границу. Летом 1885 г. Геологический комитет предложил А. П. Павлову продолжать работы в Поволжье и заняться составлением 10-вёрстной геологической карты 91-го и части смежного с ним 110-го листа общей геологической карты России. В той области Поволжья, к изучению которой А. П. Павлов приступил в 1883 г. и где он продолжал работать в последующие годы, развиты отложения всех систем, начиная с верхнего отдела каменноугольной системы. Прежде чем приступить к составлению геологической карты, А. П. Павлов, поэтому сначала разработал стратиграфию. Кроме того, в это лето А. П. Павлов указал на существование большой дислокации - сброса - по северной окраине Жигулей. Это было первое указание на существование дислокаций в пределах русской равнины, где в те годы предполагалось повсеместно ненарушенное залегание пластов. Андрей Дмитриевич Архангельский (рис. 23.20) родился в 1879 году в Рязани. Окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета и работал там на кафедре геологии, а после защиты докторской диссертации в 1912 году работал в Геологическом комитете. Впоследствии стал директором

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Геологического института АН СССР и организатором комплексной экспедиции АН СССР по изучению Европейской части СССР.

А.Д. Архангельский описал тектонические дислокации Русской платформы, наметил особенности их распределения по площади, происхождение и историю развития отдельных тектонических структур, а также разработал их терминологию. Установил ряд тектонических закономерностей, присущих земной коре в целом, и показал, что для всех геосинклиналей земного шара характерны большие мощности, различный диапазон интенсивности движений земной коры и обильный вулканизм; выяснил, что деление на геосинклинали и платформы уже имело место в верхнем докембрии. В 1933 г. А.Д. Архангельский совместно с ***Н.С. Шатским*** предпринял первую попытку составления мелкомасштабной тектонической карты обширной территории, предложив принцип выделения эпох завершения этапов складчатости. А.Д. Архангельский наметил связь между аномалиями силы тяжести, магнитометрическими данными и геологическим строением, а также разработал применяющуюся ныне методику интерпретации геофизических данных.

А.Д. Архангельский изучал нефтеносные свиты северо-западного Кавказа, железные руды Курской магнитной аномалии (КМА). Изучая дислокацию и геологическое строение Самарской луки, он указал на вероятную нефтеносность этого района и необходимость разведок на нефть. Его прогноз блестяще оправдался открытием "Второго Баку" советскими геологами.

* * *

К концу XIX – началу XX века в связи с развитием геологического картирования накопился обширный фактический материал о различных структурах земной коры, который постепенно обобщался и систематизировался. Главный результат этого этапа - формирование классической геосинклинальной теории, основные положения, термины и понятия которой наполняют литературу по структурной геологии.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.2. 5. Строение континентов по теории геосинклиналей.

Строение геосинклиналей. *Геосинклинали* - обширные линейные области земной коры, чрезвычайно подвижные и проницаемые, подверженные интенсивным и многообразным тектоническим движениям. Главные особенности геосинклиналей следующие.

1. Большие скорости, амплитуда и контрастность вертикальных движений земной коры, их глыбово-волновой характер, при котором разделенные разломами соседние зоны движутся во встречном направлении.
2. Интенсивное проявление складчатых и разрывных тектонических деформаций - развитие линейной складчатости, надвигов и шарьяжей.
3. Землетрясения.
4. Большая (15-20 км) мощность осадочных пород, накопленных в прогибах, высокая изменчивость их фациального состава вкрест простирания геосинклинали.
5. Широкое развитие магматических и метаморфических пород.
6. Повышенный геотермический градиент.

В развитии геосинклиналей выделяется несколько стадий:

1. *Геосинклинальная (ортогеосинклинальная)* - характеризуется тем, что в определенных участках возникают вытянутые зоны, обладающие всеми перечисленными выше свойствами. Эти зоны разделяются на области прогибов (*интрагеосинклинали*) и поднятий *(интрагеоантиклинали*). Сначала наиболее интенсивно прогибается центральная зона, затем прогибание (трансгрессия) распространяется на периферию. В глубоких (сотни метров) прогибах, часто ограниченных сбросами, накапливаются специфические для этой стадии развития земной коры толщи - *флиши*, представляющие собой выдержанное тонкое (0,5- 3 см) ритмичное чередование песчаников, глин (аргиллитов), мергелей. Иногда, при участии мутьевых потоков и придонных течений образуются незакономерные толщи этих отложений, в которых огромные глыбы флиша закатаны в флишевую же толщу (***дикий флиш****) осадки. Общая мощность осадков, накапливающихся в эту стадию достигает нескольких километров.

В менее глубоких прогибах, обычно расположенных в краевых частях геосинклинальной области, накапливаются карбонатные. Для этой стадии характерен основной и ультраосновной магматизм, подводные излияния лав, образование вулканогенно-осадочных толщ, в меньшей степени - внедрение интрузий.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. *Стадия инверсии* - после накопления мощных (8 - 15 км) толщ тенденция к погружению сменяется общим постепенным воздыманием. Первоначально поднятия зарождаются в осевых центральных частях прогибов, затем они распространяются, постепенно захватывая всю геосинклинальную область. Геосинклиналь «выворачивается наизнанку», превращаясь в *геоантиклиналь*. Скорость воздымания отдельных зон, блоков непостоянна и может меняться в ходе инверсии. В прогибах, где сохраняются моря, накапливаются, в основном, все более тонкообломочные осадки, при диагенезе которых образуются глины, алевролитовые песчаники (в морских и лагунных условиях). В зависимости от климата, эти отложения могут быть угленосными или соленосными. Толщи горных пород подвергаются деформациям - сминаются в складки, разрываются, образуя складки преимущественно линейного типа и надвиги. Эффузивный магматизм сменяется интрузивным все более глубинным и кислым.

Глубокие части геосинклинального бассейна подвергаются интенсивному региональному метаморфизму, вплоть до гранитизации. Гранитная магма, в виде гранитных диапиров проникает в вышележащие толщи. На верхних частях бассейнов и в краевых частях бассейнов метаморфизм проявляется менее интенсивно или может быть не выраженным совершенно.

3. *Заключительная (орогенная)* - начинается с общего воздымания территории, которая становится сушей. Тектонические движения становятся блоковыми. Продукты денудации горноскладчатого сооружения накапливаются в межгорных впадинах горноскладчатых сооружений и выносятся за его пределы. Во впадинах накапливаются преимущественно обломочные породы мощностью 8-10 км (моласса). Магматизм становится эффузивным (центрального типа) среднего и кислого состава.

По мере замедления вертикального движения, горные хребты срезаются денудацией и снижаются. В конце - концов горноскладчатое сооружение может быть срезано до подошвы, и на поверхность Земли оказываются выведенными комплексы пород, образовавшиеся в глубоких зонах метаморфизма и ультраметаморфизма (рис. 23.20 которые впоследствии превращаются в фундамент платформы. Основными структурными элементами геосинклинальных областей являются: *антиклинории* и *синклинории,* группирующиеся в антиклинорные и синклинорные зоны, которые, в свою очередь, объединяются в *мегантиклинории* (Урал, Большой Кавказ) и в *мегасинклинории*.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

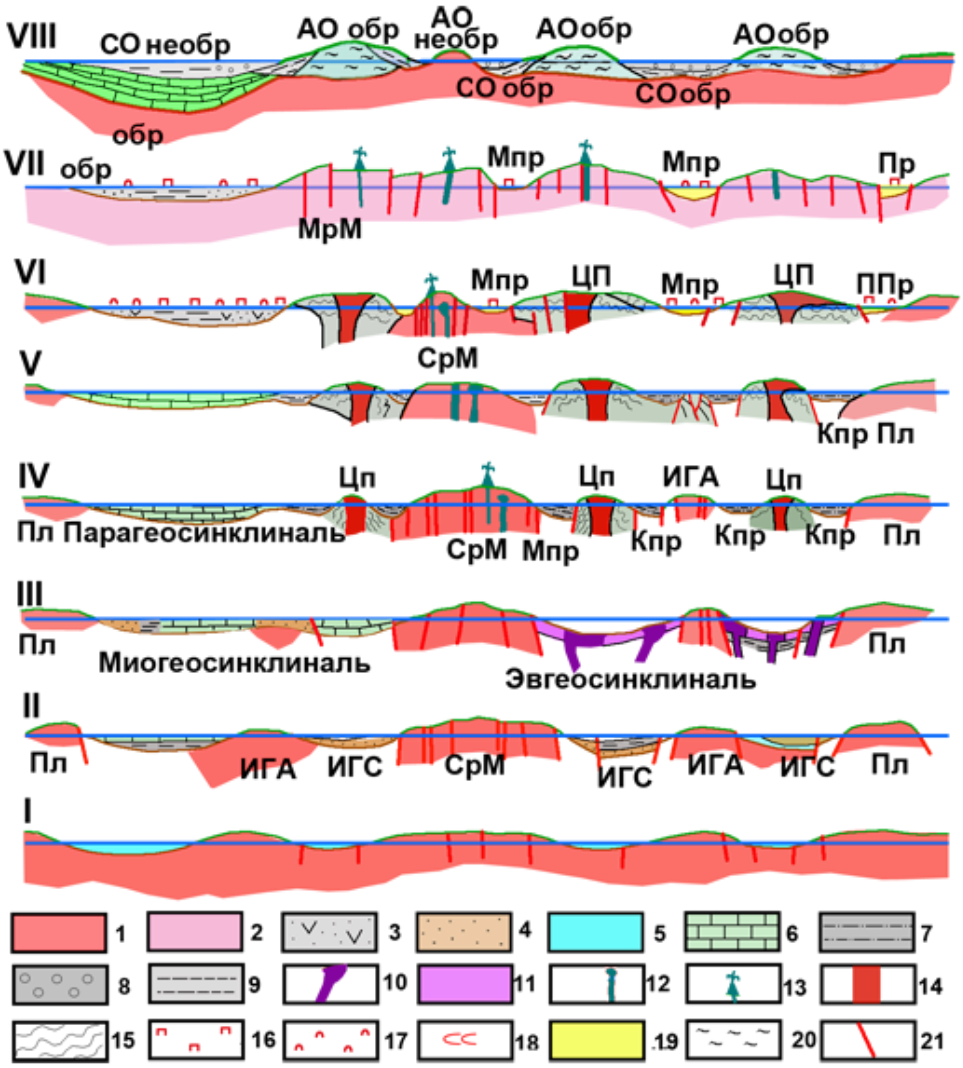


Рис. 23.20. Схема развития геосинклинали (составил В.В. Белоусов). 1 – формации предыдущих циклов (фундамент геосинклинали); 2 – доорогенные формации; 3 – континентальные и лагунные отложения; 4 – песчаники; 5 – глины, сланцы; 6 – известняки; 7 – флиш; 8 – нижняя моласса; 9 – верхняя моласса; 10 – спилит-диабазовая и офиолитовая формация (преимущественно основные интрузивы и эффузивы); 11 - кремнистые осадки; 12 – кислые, средние и щелочные интрузии; 13 – эффузивы разнообразного состава; 14 – области регионального метаморфизма и гранитизации; 15 – полная складчатость; 16 – глыбовая складчатость; 17 – складчатость нагнетания; 18 – гравитационный шарьяж; 19 – комплекс доинверсионных формаций; 21 – разрывы. I - IV – стадии развития геосинклинали (I – предгеосинклинальная, II, III – доинверсионная, IV, V – частной инверсии, VI – послеинверсионная,, общая инверсия), VII – орогеническая зона на месте закончившей развитие геосинклинали, VIII – схема расположения осадочных формаций к концу развития геосинклинали. Пл – платформа, ИГС – интрагеосинклиналь, ИГА – интрагеоантиклиналь, ЦП – центральное поднятие, СрМ – срединный массив, Кпр. – краевой прогиб, АО необр. – антиклинорий необращенный, АО обр. – антиклинорий обращенный, СО обр. – синклинорий обращенный, СО необр. – синклинорий необращенный

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Все эти крупные комплексные образования, состоящие из единичных складок разнообразной формы, в общем, имеют облик синклинали или антиклинали. Во внутренних частях геосинклинальных областей иногда встречаются устойчивые жесткие массивы, оставшиеся от более древних периодов развития геосинклиналей, которые сохранились без изменения при последующих эпохах складчатости. Они называются «*срединными массивами*». Среди геосинклиналей выделяются *эвгеосинклинали*, обладающие всеми чертами, характерными для геосинклиналей, *и миогеосинклинали*, для которых магматизм не характерен.

Участок земной коры, прошедший все три стадии геосинклинального развития, теряет способность к интенсивным прогибаниям, поднятиям и становится жесткой монолитной глыбой - *платформой*. Основание (*цоколь*) платформы представляет собой эродированное складчатое сооружение, возникшее в геосинклинальный этап развития данного региона. Он сложен сильно дислоцированными и метаморфизованными горными породами, осложненными многочисленными разрывными нарушениями. Верхний структурный этаж, называемый *платформенным чехлом*, сложен полого залегающими и почти не дислоцированными осадочными или эффузивными породами. Платформенный чехол формируется в платформенный этап развития региона.

Для платформ характерны следующие общие черты:

1. Относительно медленные и слабоконтрастные колебательные движения земной коры, с которыми связаны морские трансгрессии и регрессии. Это приводит к формированию сравнительно небольшой мощности пород осадочного чехла (от сотен метров до первых километров). Однако, как оказалось впоследствии, о медленных и слабоконтрастных движениях можно говорить только имея ввиду осредненные значения амплитуд колебательных движений. Если рассматривать колебательные движения за более короткие промежутки времени, амплитуды возрастают на порядок (рис. 23.21). Тот же эффект мы видим и при изучении современных движений.

2. В общем горизонтальное или почти горизонтальное залегание осадочной толщи, осложненное прерывистой сравнительно малоамплитудной складчатостью.

3. Изометрическое расположение сети разломов без явно выраженных преимущественных направлений. В результате межразломная матрица образует блоковое строение.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

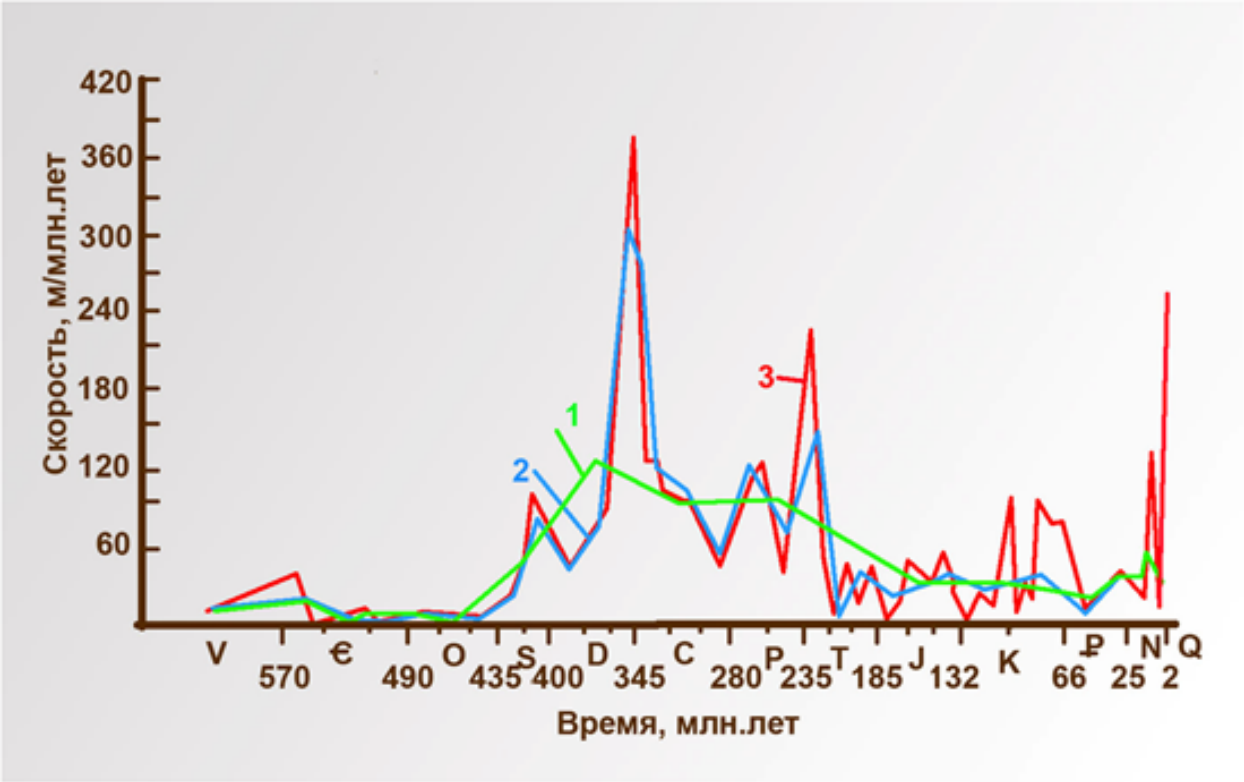


Рис. 23.21. Порядки колебательных движений - максимальные скорости погружения областей осадконакопления Восточно-Европейской платформы по периодам (1), эпохам (2) и векам (3) (по А.М. Сычевой-Михайловой, 1981)

Платформы принято называть по возрасту формирования их фундамента с приставкой «*эпи*», что, в переводе с греческого, значит после, над-. Например, эпипалеозойская, эпигерцинская и т.д. Платформы, фундамент которых сформировался в докембрийское время, называются *древними*, остальные - *молодыми*.

Таким образом, с точки зрения геосинклинальной теории, на континентах выделяются *древние платформы*, составляющие ядро материков, и молодые, имеющие все признаки платформы, в том числе и двухъярусное строение. Их складчатое основание сформировано в палеозойское время (каледонскую и герцинскую эпохи тектогенеза), поэтому платформы называются *эпикаледонскими и эпигерцинскими.* Кроме того, существуют территории, перешедшие к платформенному развитию в послемезозойское время. Рельеф их довольно сильно расчленен, осадочный чехол маломощен, а часто и вовсе отсутствует. Поэтому такие территориии обычно называют не эпимезозойскими платформами, а *мезозойскими горноскладчатыми сооружениями* или *мезозоидами*.

Строение платформенных областей. Территория, на которой фундамент платформы выходит на дневную поверхность или перекрыт

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

осадочным чехлом незначительной мощности (первые десятки метров), называется *щит,* или*массив (глыба),* если речь идет о древней платформе, и *каледонидами* (каледонскими горноскладчатыми сооружениями) или *герцинидами* (герцинскими горноскладчатыми сооружениями), если описывается эпикаледонская или эпигерцинская платформы. Опущенный участок фундамента платформы, перекрытый осадочным чехлом значительной мощности называется *плитой*. В пределах плит выделяются *антеклизы* - территории сравнительно приподнятого залегания фундамента, перекрытые сравнительно маломощным осадочным чехлом и имеющие в целом выгнутую форму, и *синеклизы* **-** впадины, заполненные мощным осадочным чехлом. Узкие, протяженные (до 200 км) и глубокие тектонические рвы в фундаменте платформы, заложенные над глубинными разломами, называются *авлакогены* (по гречески «авлакан» - борозда). Они заполненны мощными толщами пород осадочного чехла. Платформы граничат с геосинклинальными областями одним их трех способов:

1. *Краевой шов* - представляет собой узкую зону глубинных разломов и встречается при высоком (щит, антеклиза) положении фундамента платформы.

2. *Краевой прогиб* - возникает при глубоком положении фундамента платформы на границе с геосинклинальной областью (синеклиза). Он представляет собой асимметричный прогиб со сравнительно пологими элементами залегания на краю, примыкающем к платформе, и более смятыми в складки толщами, примыкающими к геосинклинали.

3. *Вулканическй пояс* - закладываются на краевых частях молодых платформ и окаймляющих их геосинклиналей, находящихся в начальной стадии ее развития.

Области возрожденной *тектонической активности* возникают тогда, когда территория, утратившая тектоническую активность, вновь испытывает интенсивные тектонические движения и по разломам в виде отдельных блоков поднимается на разную высоту - иногда до 8000 м (Тянь-Шань). Если возрожденная активность настигла платформу, такая территория называется *эпиплатформенным орогеном,* или *активизированной платформой*.

Таким образом, с точки зрения геосинклинальной теории, материки состоят из блоков, сформировавшихся в различные эпохи тектогенеза и находящихся на различных стадиях своего развития. Эти блоки построены из более мелких структурных форм, образованных в результате пликативных и дизъюнктивных движений земной коры.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.2.6. Возникновение современной структурной геологии

Экономическое развитие многих стран во второй половине XIX столетия в значительной степени определялось наличием тех или иных полезных ископаемых. Горная промышленность стимулировала геологические исследования. Геологические службы многих стран стали заниматься разработкой критериев поисков, изучением условий образования месторождений. Результаты исследований предоставили геологам огромный материал по геологии месторождений руд, угля, торфа, нефти.

Мощный стимул развитию структурной геологии дала добыча нефти. Первоначально ее добывали преимущественно из колодцев. Первые нефтяные скважины были пробурены в окрестностях г. Баку в 1848 году. В 1859 г. были пробурены первые скважины и в США (Пенсильвания). Постепенно в ходе освоения нефтяных месторождений возникали представления о закономерностях размещения ее скоплений. Одной из первых была так называемая «сбросовая теория», предполагавшая приуроченность скоплений нефти к зонам дробления и повышенной трещиноватости горных пород. Начиная с 1885 года, стала завоевывать признание «антиклинальная теория», изложенная в работах американского геолога И. Уайта (1848-1927) и австрийца Г. Гейфера (1823-1924). В 1899 г. были открыты месторождения на Эмбе, а в 1901 г. – на берегу Мексиканского залива в США, приуроченные к солянокупольным структурам. Эти открытия стимулировали геологическое изучение платформенных территорий. Появились геофизические методы изучения земных недр. Исторически первым геофизическим методом была магнитометрия. В России магнитная съемка проводилась в конце XIX столетия на Урале в районах Магнитогорска и Тагила. В ходе этих работ были выявлены крупные месторождения железа. Еще более крупная магнитная аномалия в районе Курска - была описана в 1783 году академиком Петербургской Академии наук П.Б. Иноходцевым (рис. 23.21). Однако месторождение здесь было открыто только в 20-х годах XX века. На Курской Магнитной Аномалии начинал свою деятельность в качестве геолога И.М. Губкин.

Другой геофизический метод, получивший применение еще в XIX веке был гравиметрический, с помощью которого было открыто явление ***изостазии**. Еще один метод, появившийся еще в XIX веке, и играющий все более и более важную роль в структурно геологических исследованиях – сейсмический.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 23.21 Петр Борисович Иноходцев – открыватель Курской магнитной аномалии

Одновременно с очевидными успехами практической структурной геологии, теоретическая тектоника в это время претерпела глубокий кризис. В результате накопления новых знаний, геологам пришлось отказаться от контракционной теории, а предлагавшиеся ей взамен многочисленные и разнообразные модели, включая современную тектонику плит, не могут ни удовлетворительно объяснить все имеющиеся на сегодняшний день геологические данные, ни надежно предсказывать новые явления.

Тем не менее, методы структурной геологии продолжали развиваться. В начале XX века это развитие связано с именами П.М. Леонтовского, В.И. Баумана и П.К. Соболевского.

П.М. Леонтовский впервые изложил геометрическую классификацию разрывных нарушений угольных пластов. Он же автор и других работ по горной геометрии. В.И. Бауман предложил способ подсчета запасов угольных пластов с помощью изогипс. Им предложена классификация разрывов угольных пластов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

П.К. Соболевский (рис. 23.23) в 1901 году составил пластовую карту района Нижняя Кринка в Донбассе, на которой поверхность подошвы пласта впервые была изображена в изогипсах, а характер залегания кровли – в линиях равных глубин.



Рис. 23.22 Петр Константинович Соболевский - основоположник учения о геометрии недр

Этим самым П.К.Соболевский доказал широкую возможность метода изолиний применительно к геометрическому анализу недр для изображения геологических структур на планах и картах. К началу века на платформах были выделены составляющие их элементы – плиты, синеклизы, антеклизы, валы (А.П. Павлов, А.Д. Архангельский, А.Н. Мазарович), авлакогены (***Н.С. Шатский***).

Статистика распределения угловых несогласий показала, что тектонические деформации происходят в земной коре хотя и непрерывно, но неравномерно, и что в них различаются определенные кульминации. Так были выделены эпохи складчатости – каледонская, герцинская, альпийская. Последняя кульминация принадлежит неоген-четвертичному времени – эпохе интенсивного горо- и складкообразования, формирования основных черт современного рельефа. В 1948 г. В.А. Обручев (рис. 23.24) для обозначения движений и деформаций этой эпохи ввел термин «неотектоника», а сами движения получили название новейших. Однако для складчатых горных сооружений новейшего тектонического этапа развития Земли одновременно применяется введенный ранее термин «альпийская складчатость».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 23.23. Владимир Афанасьевич Обручев

В 1960 году под редакцией Н.И.Николаева (рис. 23.24) и С.С.Шульца была издана первая карта новейшей тектоники СССР. Сергей Сергеевич ***Шульц*** был также основоположником учения о планетарной трещиноватости.



Рис. 23.24. Николай Иванович Николаев – один из основателей новейшей тектоники

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Изучению новейших тектонических движений для выявления перспективных для поисков нефти и газа структур, способствовали также проводившиеся по инициативе ***И.О. Брода*** структурно-геоморфологические исследования, развернувшиеся на равнинных территориях СССР.

В 30-40 годы появились первые учебники по структурной геологии (Б.и Р. Уиллисы, Ч. Лизс, М.А. Усов (рис.23.25).



Рис. 23.25. Михаил Антонович Усов – автор первого российского учебника структурной геологии

В 40-е годы особое значение в структурной геологии получило учение о глубинных разломах, как важнейших планетарных структурообразующих разрывных нарушениях в земной коре. Большое значение разломов этого типа отмечалось уже в начале XX века, а в 1911 году американский геолог У. Хоббс в связи с глубинными разломами ввел в литературу понятие *линеамент,* под которым он понимал гигантские, выраженные в рельефе прямолинейные структуры Земли. В настоящее время под термином «линеамент» нередко понимают просто прямолинейные структуры земной коры.

В 1915 году в Германии был издан знаменитый труд немецкого профессора Альфреда Лотара ***Вегенера*** «Происхождение континентов и океанов», в которой впервые была дана геолого-геофизическая

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

интерпретация гипсографической кривой земного рельефа научно обоснована на обширном фактическом материале (в том числе геологическом, палеонтологическом, палеоклимаическом) возможность больших горизонтальных перемещений материковых плит по поверхности Земли (рис.23.26).

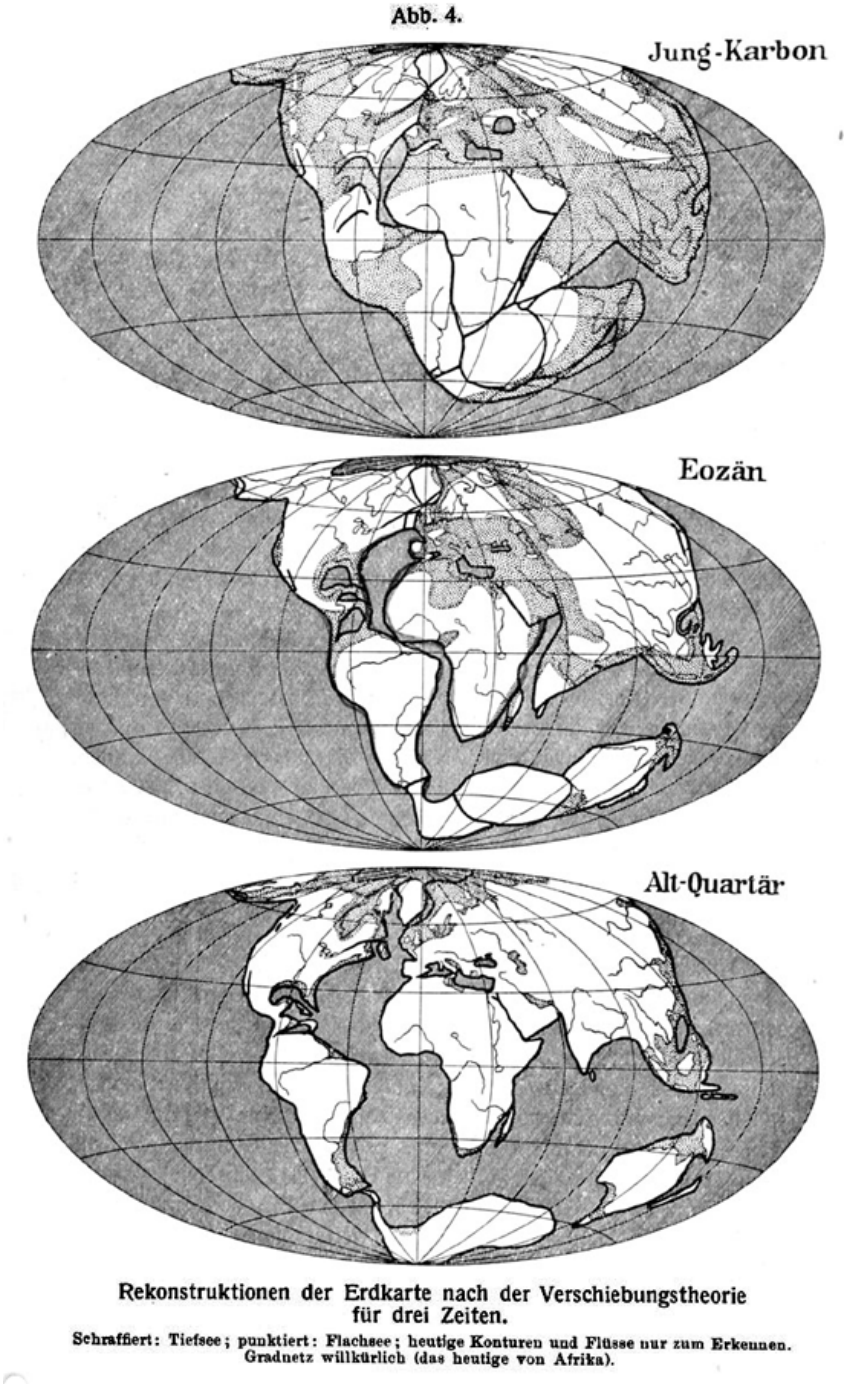


Рис. 23.26. Палеотектонические реконструкции Пангеи (гипотеза дрейфа континентов) (по Вегенеру, 1912)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В 50-е годы в нашей стране зародилась новая наука – тектонофизика. Работы по воспроизведению природных деформаций геологических тел с использованием принципа подобия, получили наибольшее развитие в Швеции в Упсале (Г. Рамберг) и в МГУ (***В.В. Белоусов,*** М.В. Гзовский (рис. 23.27).



Рис. 23.27. Михаил Владимирович Гзовский – один из создателей тектонофизики

Экспериментальная тектоника дала новый толчок развитию структурной геологии. Теперь она получила возможность не только описывать и картировать структурные формы, но и моделировать механизмы их формирования и изучать их с точки зрения тех физических и тектонических условий, в которых эти структурные формы зарождались и развивались.

Мощный стимул развитию структурной геологии дал прогресс нефтяного дела, связанного с неуклонным ростом добычи нефти, расширению географии месторождений и открытию новых типов залежей. Уже к началу XX века стало ясно, что залежи углеводородов никогда не

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

встречаются поодиночке, и что они связаны с определенными структурными формами. Стала очевидной ограниченность антиклинальной теории. Были обнаружены залежи, связанные с выклиниванием и фациальным замещением, с рифовыми массивами. Выявилась роль трещиноватости для формирования коллекторских свойств пород.

В России были найдены гигантские залежи в Волго-Уральской области, Западной Сибири, в чем огромная заслуга принадлежит И.М. Губкину. Крупнейшим нефтегазовым районом стали окрестности Персидского залива. Это послужило основанием для появления точки зрения, что наибольшие скопления углеводородов связаны с глубокими погружениями платформенных территорий (***И.О. Брод,*** М.И. Варенцев, В.В. Вебер (рис.23.28), ***В.Е. Хаин***, Л.Г. Уикс).

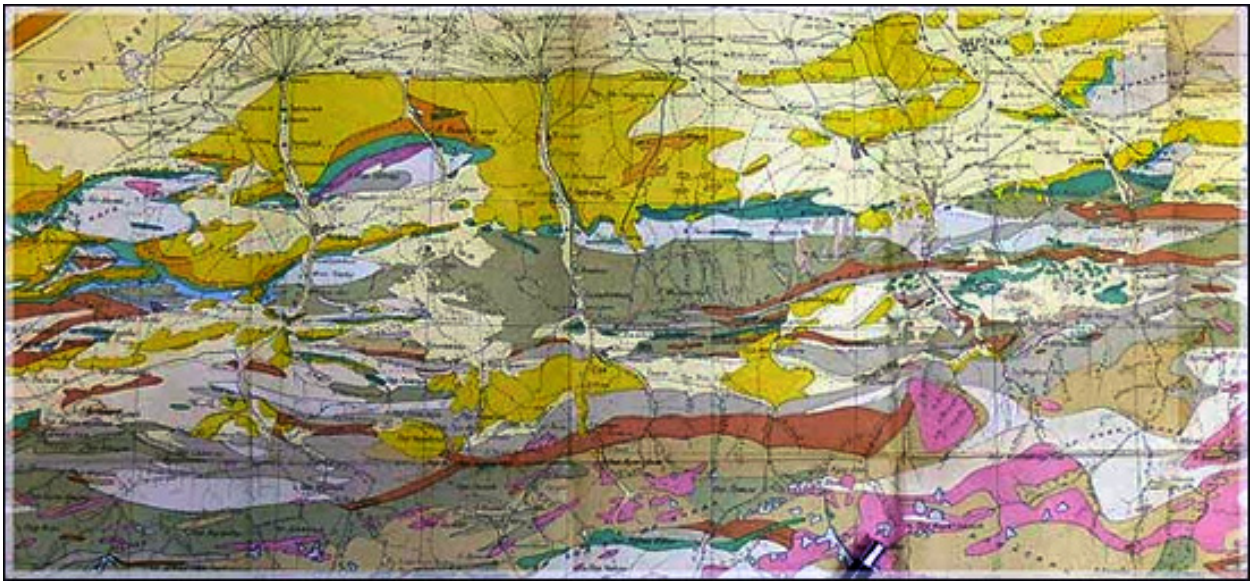


Рис. 23.28. Вебер В.Н. Геологическая карта Средней Азии. Лист VII - 6 (Исфара), северная половина. Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения НКТП СССР. Выпуск 194. Москва - Ленинград. 1934 г. 278 стр. 110 рис., схем, карт (http://www.g-to-g.com). Он же - автор первого учебника полевой геологии

Усовершенствование методик структурной геологии связано с микроструктурным и петроструктурным анализом, с анализом трещин и напряжений в земной коре, с методами геометризации недр и построением геологических разрезов и разнообразных карт в изолиниях.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

23.2.7. Тектоника плит. Современное состояние структурной геологии (вторая половина XX века)

В 60-е годы структурная геология пережила бурное развитие, в результате которого она перешла от науки чисто описательного вида к ее современному состоянию.

Во-первых, в область структурно-геологического изучения наконец был вовлечен океан, занимающий 2/3 поверхности Земли. В океане была открыта глобальная система срединно-океанических хребтов и связанных с ними рифтами и трансформными разломами, а также глубоководными желобами по периферии Тихого океана. Были открыты полосовые аномалии магнитного поля. В связи с этим, начала бурно развиваться тектоника плит, которая, в настоящее время почти полностью вытеснила геосинклинальную теорию.

Модель тектоники литосферных плит схематически можно изложить следующим образом:

1. Литосфера состоит из нескольких монолитных устойчивых тел, разделенных тектонически и сейсмически активными поясами.

2. Литосферные плиты раздвигаются от оси рифтовых долин Мирового океана.

3. Расширение океанического дна компенсируется погружением («всасыванием») океанической коры под континенты в зонах глубоководных желобов - зонах субдукции (рис. 23.29).

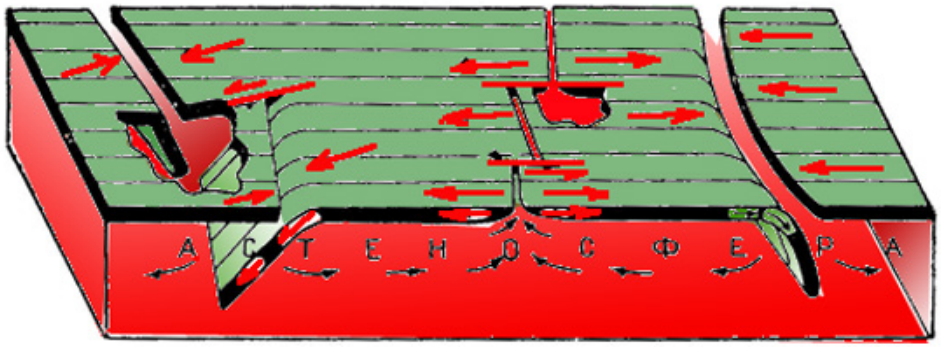


Рис. 23.29. Блок-диаграмма Б. Айзека, Дж. Оливера и Л.Сайкса (1968), иллюстрирующая относительное движение жестких литосферных плит, формирующихся в зонах спрединга и поглощаемых в зонах субдукции

Для сегодняшнего состояния структурной геологии характерны попытки пересмотреть и переименовать континентальные структуры в термины тектоники плит. В соответствии с ней, литосфера Земли разделена на ограниченное число крупных и среднего размера литосферных плит, на границах которых сосредоточена основная тектоническая активность. Выделяют четыре класса границ между

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

плитами 1) дивергентные, где осуществляется спрединг – плиты раздвигаются, например, Срединно-океанический хребет; 2) конвергентные, где осуществляется субдукция – плиты пододвигаются одна под другую, например, в Японии, 3) коллизия, где плиты сталкиваются, например, Гималаи, и 4) трансформные, где плиты смещаются друг относительно друга в горизонтальном направлении по вертикальным разломам, например, Калифорния.

Дивергентные границы зарождаются в пределах континентальных частей литосферных плит в виде рифтовых систем – глубоких щелей, все больше раскрывающихся под действием растяжения и подъема с глубины астеносферного выступа – мантийного диапира. (Байкал). Над рифтами образуются впадины, в которых начинают накапливаться сначала континентальные (речные, озерные), затем – морские отложения. В основании рифтов происходит утонение коры и всей литосферы, подъем нижележащей подплавленной астеносферы и частичное внедрение в литосферу выделевшейся из нее базальтовой магмы. В дальнейшем остывание астеносферного выступа и внедрившихся в литосферу магматитов ведет к расширению и ускоренному опусканию надрифтовой впадины. Опусканию дна способствует давление накопившейся толщи осадков. Так образуется один из типов нефтегазоносных осадочных бассейнов – внутриплитный, наиболее крупный представитель которого - Западно-Сибирский.

При более интенсивном растяжении континентальный рифтинг сопровождается разрывом континентальной коры и переходит в спрединг, то есть заполнение образовавшегося раздвига новообразованной, выделившейся из астеносферы океанской корой с постепенным расширением занятого ею пространства и превращением его в ложе океана. При этом плечи континентального рифта превращаются в пассивные, асейсмичные, невулканические окраины континентов, обрамляющие новорожденный океан. Они становятся главной областью накопления осадков, сносимых с континента, особенно в дельтах крупных рек, впадающих в океан. Это область лавинной седиментации, и мощность осадков здесь достигает 15-20 км. Так возникли Волго-Уральская и Тимано-Печорская нефтегазоносная провинции.

Когда в пределах смежной части океана возникают складчатые горные сооружения, они надвигаются на край такого бассейна, который испытывает дополнительное интенсивное погружение и превращается в дополнительный предгорный прогиб этого сооружения. Таковы Предуральский, Предкавказский, Предкарпатский

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

и другие подобные прогибы, представляющие собой особый тип нефтегазоносных провинций.

Активные окраины в ходе своего развития испытывают сжатие, благодаря которому возникают островные дуги, впоследствие сливающиеся друг с другом и, в конечном счете, образующие горные сооружения, надвигающиеся на соседний континент. Однако между соседними горными сооружениями возникают впадины-волны, подобно Куринской, Паннонской (между Карпатами и Динарскими горами), которые тоже заполняются мощными осадками, и становятся межгорными нефтегазоносными бассейнами.

Сжатие, проявляющееся на конвергентных границах плит и ведущее к образованию сложно построенных горных сооружений, подобных Кавказу, Альпам или Гималаям, часто распространяется далеко вглубь континентов, в области, которые давно утратили тектоническую активность, покрылись практически ненарушенным осадочным чехлом и представляли собой платформы. При этом кора таких платформ начинает коробится, испытывая поднятия и погружения с образованием горных сооружений и межгорных впадин, последние опять-таки являются нефтегазоносными осадочными бассейнами. Этот процесс внутриконтинентального орогенеза наиболее ярко проявился в центральной Азии (Ферганский, Таджикский, Джунгарский, Таримский бассейны).

Еще в 70-е годы XX века, когда концепция тектоники плит только завоевывала умы российских геологов, академик В.И. Смирнов, специалист по поискам полезных ископаемых, пытался выступить как третейский судья в дискуссии между «фиксистом» ***В.В. Белоусовым*** и «мобилистом» ***В.Е. Хаиным.*** Он заявил, что тектоника плит только тогда будет иметь бесспорное право на доминирование, когда на её основе можно будет прогнозировать новые месторождения полезных ископаемых. Конец XX века бесспорно можно назвать новым героическим периодом в истории геологии. За это время практически для всех участков Земли пересматриваются геологические модели её строения с точки зрения тектоники плит. Это стало возможным также и благодаря беспрецедентному развитию техники сейсмических работ.

Во - вторых, изучение Земли с самолета, а затем из космоса впервые позволило рассматривать структурные формы непосредственно, в их естественных границах и взаимоотношениях. В нашей стране эти работы связаны в первую очередь связаны с лабораторией аэрометодов (ЛАЭМ) и Всесоюзным Аэрогеологическим

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

трестом (впоследствии объединение «Аэрогеология»), тесно связанного с именем **Г.Ф. Лунгерсгаузена**.

Данные геологического дешифрирования материалов аэро- и космических съемок впервые заставили убедиться в том, что вся поверхность Земли разбита почти периодической глобальной сетью разрывов, разделяющих всю территорию Земли на системы вложенных друг в друга блоков разного размера (рис. 23.30, 23.31).

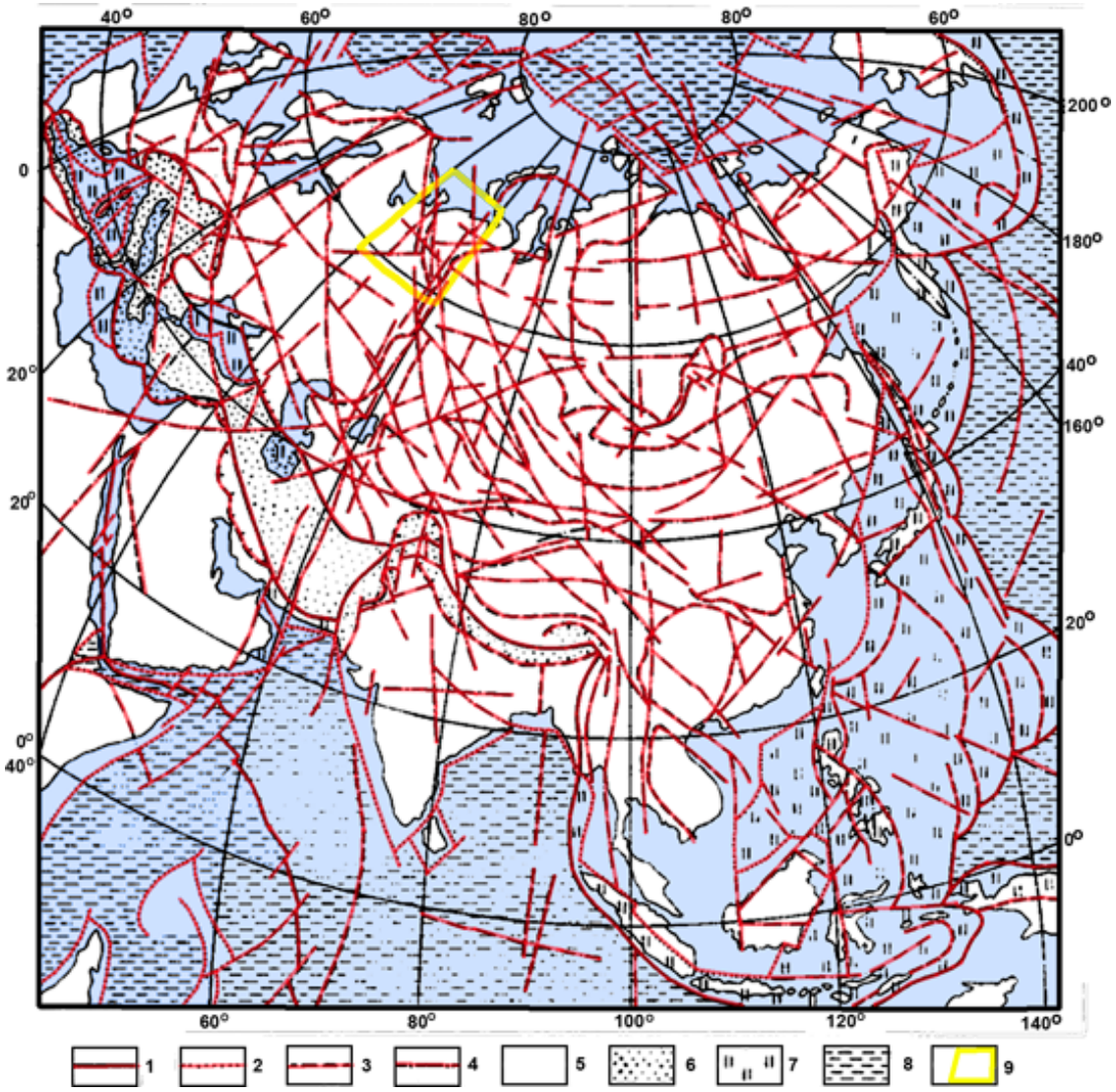


Рис. 23.30. Системы трансконтинентальных разломов Евразии (по Космогеологии СССР, 1987): 1 – граничные разломы современных литосферных плит; границы древних литосферных плит; 2 – граничные разломы первого ранга, разделяющие мегаблоки континентальной коры; 3 - граничные разломы второго ранга внутри континентальной коры; 4 – трансконтинентальные разломы; 5 – земная кора континентального типа; 6 – переходная кора Средиземноморского складчатого пояса; 8 – океаническая земная кора; 9 – фрагмент, показанный на рис. 23.31.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. 23.31. Системы разломов Тимано-Печорской плиты (по Космогеологии СССР, 1987): 1 – разломы фундамента и складчатого основания (а – глубинные, б – коровые); 2 – надвиги; 3 – границы блоков (а – геоблоков, б – мегаблоков), 5 – границы блоков; 5 - грабены

Другие объекты, выявленные из космоса – это кольцевые структуры различного размера, выраженности и происхождения (рис.23.32).

В настоящее время имеется практически неограниченный и общедоступный архив космических изображений всей территории Земли, выполненных а различное время и в разных спектральных диапазонах.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

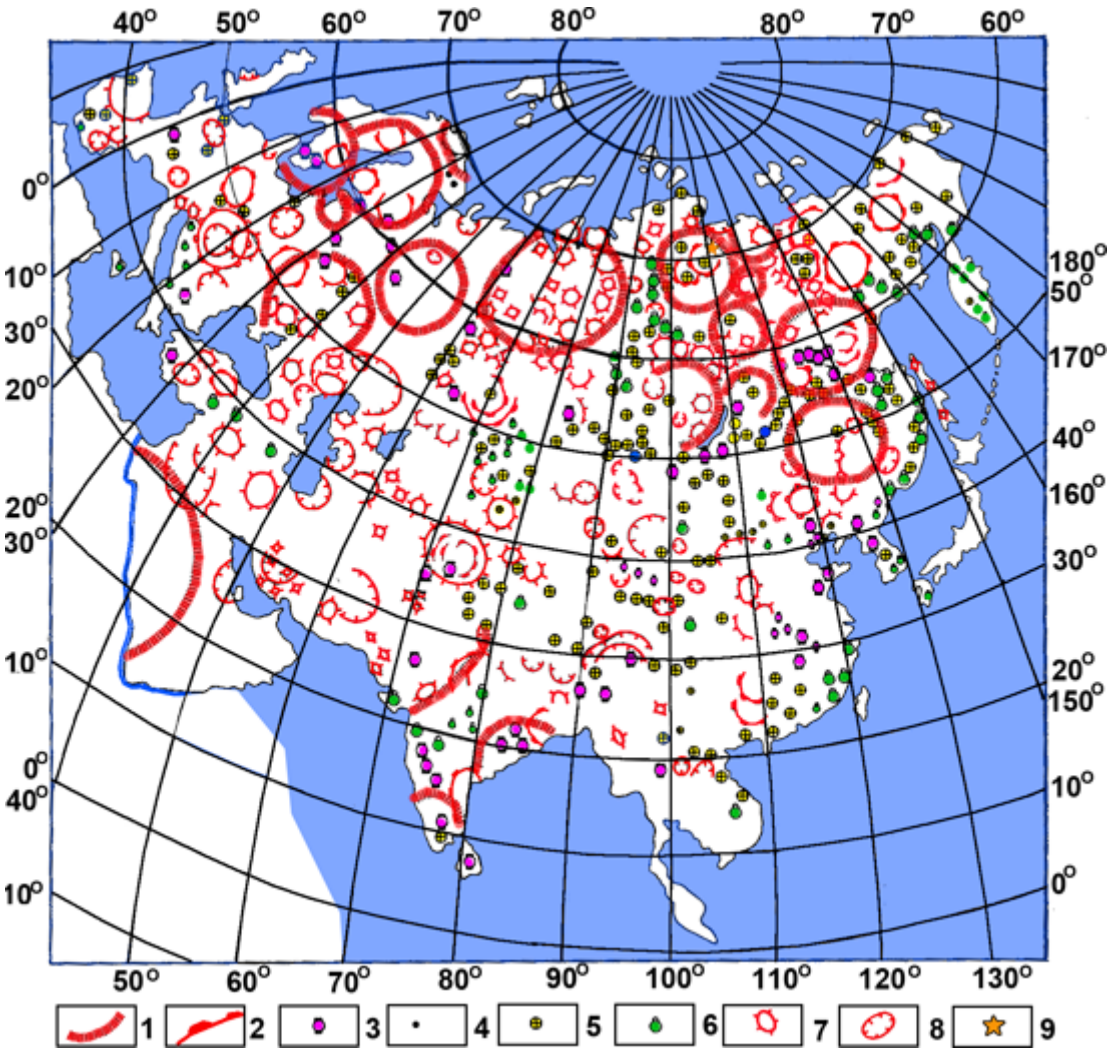


Рис. 23.32. Схема расположения крупнейших кольцевых структур на территории Евразиатского материка (по Космогеологии СССР, 1987): 1 – нуклеары; 2 – гнейсовые складчатые овалы; 3 – гранито-гнейсовые купола, 4 – плутонические подкоровые структуры; 5 – плутонические коровые структуры, 6 – вулканические структуры, 7 – тектоногенные положительные структуры, 8 – тектоногенные отрицательные структуры, 9 – импактные структуры

В настоящее время имеется практически неограниченный и общедоступный архив космических изображений всей территории Земли, выполненных а различное время и в разных спектральных диапазонах.

В третьих, накопление огромного фактического материала, добытого в результате различных видов геологического картирования, смена различных геотектонических гипотез и теорий, наслоение их одну на другую, а также внедрение математических методов во все естественные науки сделало очевидной необходимость упорядочить

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

структурно - геологическую терминологию, попытаться формализовать ее понятия. Работа по систематизации терминологии переросла в попытку создания «аксиоматической геологии». Наиболее успешными в этом направлении были работы академика ***Ю.А. Косыгина*** *и его школы. Полностью формализованную* геологическую науку на основе аксиоматического подхода, создать пока не удалось. В структурной геологии наиболее полно математика применялась, во-первых, для статистического изучения характеристик геологических тел (трещиноватости, микроструктурных параметров - ориентировки зерен в породе, размера слойков в ритмах и т.д.), во-вторых, для геометризации геологических тел. Эти работы связаны, в первую очередь, с именами А.Б. Вистеллиуса (рис. 23.33), М.В. Гзовского, А.В. Вихерта (рис. 23.34), ***Ю.А. Воронина***.



Рис. 23.33. Вистеллиус Андрей Борисович - один из основоположников математической геологии



Рис. 23.34. Вихерт Александр Вольдемарович один из первых геологов, применивших статистические методы параметров структурных форм для прогнозирования их генезиса

Благодаря развитию вычислительной техники и их методическим разработкам появилась возможность математического моделирования геологических тел и процессов их возникновения и развития различных иерархических уровней. Все более быстрое развитие вычислительной техники сделало возможным построение на

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

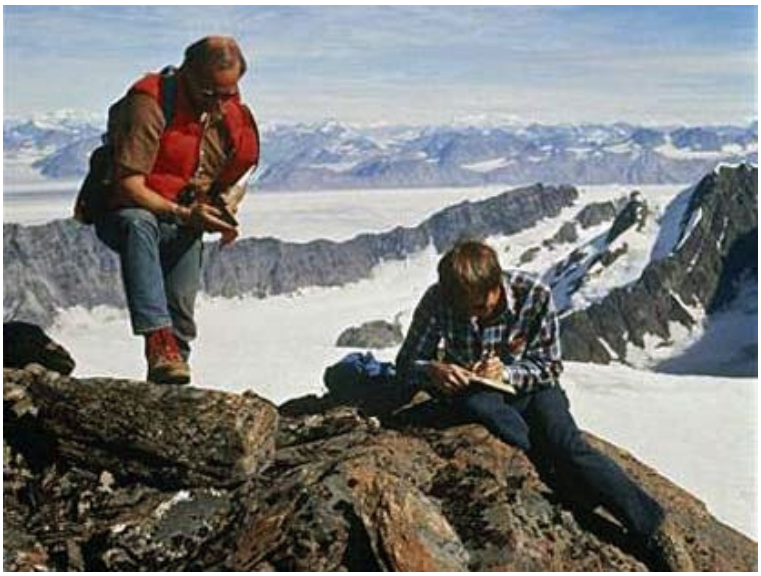
компьютерах геологических разрезов и карт, создание компьютерных баз данных. Еще более важную роль развитие вычислительной техники играет в сейсмических методах изучения недр, появился новый раздел наук - сейсмостратиграфия. Большее значение в структурной геологии приобретают методы системного анализа и идеи фрактальной геометрии.

* * *

В настоящее время структурная геология - это наука, занимающаяся не только описанием существующих в Земле структурных форм, но и созданием моделей их возникновения и развития, характеристикой ориентировки главных тектонических напряжений, сформировавших данные тела, определения их возраста. Конкретные структурные формы рассматриваются одновременно и как самостоятельный объект, и как элемент более крупной системы и как система, состоящая из более мелких структурных форм.

Контрольные вопросы к 23.2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Глава 24. Персоналия

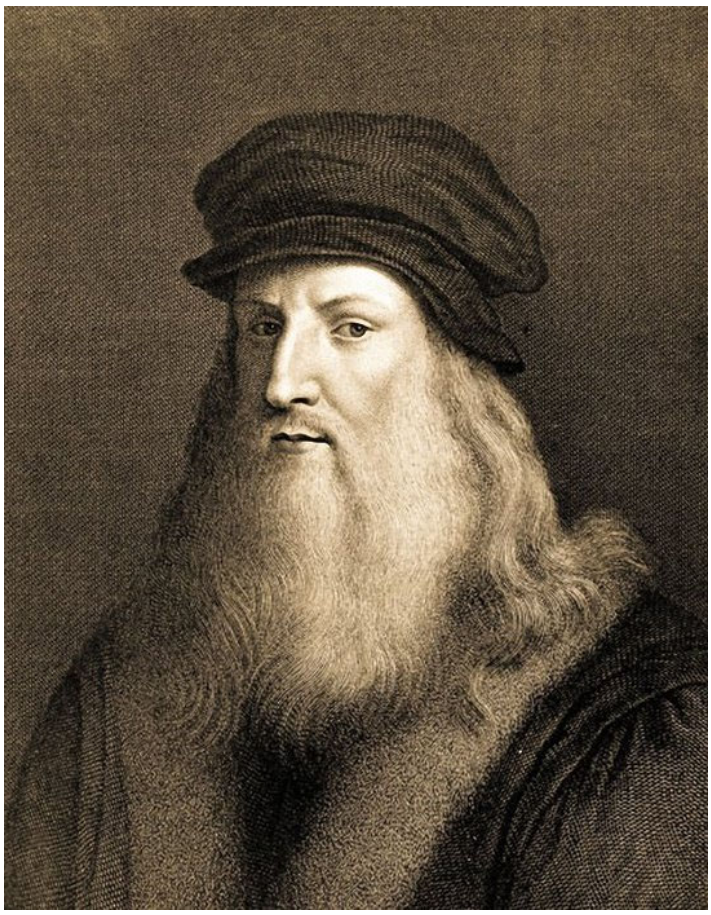
«Ни один человек, который хочет совершить что-нибудь значительное в жизни, не должен ждать пока ему представится возможность это сделать. Для него должно быть законом: я это совершу, или умру»

Альфред Лотар Вегенер

Науку создают люди. В этом разделе приведены краткие биографии очень немногих из тех поразительных людей, которые, следуя своему призванию, часто вопреки судьбе, своей жизнью создавали структурную геологию и геологические карты. Никакая профессия, кроме этой, не могла бы так удачно сплавить в одно целое все сокровища жизни, сохранив неприкосновенным узор каждого отдельного счастья. Опасность, риск, власть природы, звезды далекой земли, чудесная неизвестность, цветущая надеждой на встречу; кипение лиц, событий; безмерное разнообразие жизни. То, что для другого простой камень – для геолога - источник знаний о его истории и надежда на открытие.

Конечно, список персоналий мог бы быть иным, но кому неинтересно – не читайте, а кто не нашел здесь своего героя – ищите сами.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.1. ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

Леонардо да Винчи — великий итальянский художник, архитектор и ученый, изобретатель и писатель, пример «универсального человека».

Леонардо да Винчи родился в 1452 году в селении Анкиано близ Винчи. Отец пытался приобщить Леонардо к семейной профессии нотариуса, но безуспешно. Мальчик предпочитал рисовать. Тогда отец отобрал несколько его рисунков и отнес их флорентийскому художнику Андреа Верроккио, и попросил его сказать, достигнет ли Леонардо, занявшись рисунком, каких-либо успехов. Пораженный теми огромнейшими задатками, которые он увидел в рисунках начинающего Леонардо, Андреа взял его к себе в мастерскую. Флоренция находилась в интеллектуальном центре тогдашней Италии, что позволило Леонардо обучиться гуманитарным наукам, а также он изучил черчение, химию, металлургию, работу с металлом, гипсом и кожей. Помимо этого, юный подмастерье занимался рисованием, скульптурой и моделированием. Леонардо оставался в стороне от бурной общественной жизни - он совершенствовал свое мастерство. Однажды Верроккио получил заказ на картину «Крещение Христа» и поручил Леонардо написать одного из двух ангелов. Это была обычная практика художественных мастерских того времени: учитель создавал

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

картину вместе с помощниками-учениками. Самым талантливым поручалось исполнение целого фрагмента. Два ангела, написанные Леонардо и Верроккио, показали превосходство ученика над учителем. Как пишет Вазари, пораженный Верроккьо забросил кисть и никогда больше не возвращался к живописи. В 1473 году в возрасте 20 лет Леонардо да Винчи получает квалификацию мастера.

Нам Леонардо в первую очередь известен как художник. Но он отдавал изобразительному искусству не очень много времени и работал достаточно медленно. Однако его вклад в мировую художественную культуру является исключительно важным. Благодаря его работам искусство живописи перешло на качественно новый этап своего развития. Леонардо осознал и воплотил новую живописную технику. У него линия имеет право на размытость, потому что так мы её видим. Он осознал явления рассеяния света в воздухе и возникновения сфумато - дымки между зрителем и изображенным предметом, которая смягчает цветовые контрасты и линии. В итоге реализм в живописи перешёл на качественно новую ступень.

Многие из его современников сетовали, что мастер Леонардо тратит время на бесполезные изобретения, вместо того чтобы полностью сконцентрироваться на живописи. Еще более их огорчали вечные эксперименты мастера с красками. Так, знаменитая „Тайная Вечеря”, которую Леонардо решил писать маслом, начала разрушаться еще при жизни художника. А неспособность посвятить себя одному делу приводила к тому, что выполнение заказов затягивалось до неприличного…

Сам да Винчи в разные периоды своей жизни считал себя в первую очередь инженером или учёным. Леонардо да Винчи интересовали проблемы полета. В Милане он делал много рисунков и изучал летательный механизм птиц разных пород и летучих мышей. Кроме наблюдений он проводил и опыты, но они все были неудачными. Леонардо очень хотел построить летательный аппарат. Он говорил: «Кто знает всё, тот может всё. Только бы узнать - и крылья будут!». Сначала Леонардо разрабатывал проблему полета при помощи крыльев, приводимых в движение мышечной силой человека, но затем он дошёл до мысли о постройке такого аппарата, к которому человек не должен быть прикреплён, а должен сохранять полную свободу, чтобы управлять им, приводить себя в движение аппарат должен своей собственной силой. Это, в сущности, идея аэроплана. Леонардо да Винчи работал над аппаратом вертикального взлёта и посадки. Леонардо да Винчи предложил первую схему зрительной трубы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

(телескопа) с двумя линзами (известная сейчас как зрительная труба системы Кеплера).

В течение своей жизни Леонардо да Винчи сделал тысячи заметок и рисунков, посвященных анатомии, однако не опубликовал своих работ. Делая вскрытие тел людей и животных, он точно передавал строение скелета и внутренних органов, включая мелкие детали.

Леонардо в геологии. Наблюдая за земляными работами при проведении каналов для осушения болот в окрестностях Милана, Леонардо да Винчи обратил внимание на окаменелые раковины и другие органические остатки, заключенные в твердых горных породах. Точно так же, как Авиценна и Бируни, он пришел к заключению, что современная суша и даже горы, на которых найдены остатки раковин, устриц, кораллов и морских раков, некогда были дном отступившего древнего моря. Некоторые из его современников считали, что раковины образовались в земных пластах под влиянием «света звезд». Служители церкви утверждали, будто со времени «сотворения» мира земная поверхность оставалась неизменной, а раковины принадлежат погибшим морским животным, которые были занесены на сушу во время «всемирного потопа» и остались там, когда воды схлынули. Леонардо де Винчи не признавал катаклизмов, выдвигающих и разрушающих материки, вздымающих горы, истребляющих флору и фауну в мгновение ока. Ученый полагал, что очертания суши и океанов начали изменяться медленно еще в далеком прошлом, что этот процесс постоянный. Медленная, но неустанная деятельность воды, атмосферы, ветра приводит в конце концов к преобразованию земной поверхности. «Берега растут, подвигаясь в море, рифы и мысы разрушаются, внутренние моря высыхают и превращаются в реки». Горные породы с остатками растений и животных отложились когда-то в воде, деятельность которой, по мнению Леонардо, нужно считать главнейшим геологическим фактором.

Так родилась его теория окаменелостей, так развил он представление о геологических пластах. Леонардо да Винчи не побоялся выступить с критикой библейской легенды всемирного потопа, утверждая, что Земля существует значительно дольше, чем сказано в священном писании. Такое вольнодумство грозило неприятностями, и только заступничество миланского герцога спасло художника от тюремного заключения.

Леонардо да Винчи принадлежит одно из первых мест среди гениев Возрождения. Сила его ума, его гениальные научные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

предвидения, его замечательные технические изобретения, наконец, его великое реалистическое искусство - все это повергало в изумление уже людей Ренессанса, склонных воспринимать Леонардо как живое воплощение того идеала всесторонне развитой личности, о котором мечтали лучшие из мыслителей и писателей XV-XVI веков. Поразительная разносторонность таланта Леонардо, одного из величайших мастеров живописи, и вместе с тем фортификатора и градостроителя, гидротехника и мелиоратора, в равной мере глубоко интересовавшегося проблемами математики и механики, астрономии и космологии, геологии и палеонтологии, анатомии и ботаники, оптики и перспективы - короче говоря, всем нераздельно миром окружающей человека природы и самим человеком в этом мире, - разносторонность, вызывавшая у современников смесь восхищения и подозрительности. Еще при жизни о Леонардо да Винчи ходили легенды. Его называли магом и чародеем. Всезнающим ангелом и антихристом. Не было людей равнодушных к его персоне. Его либо обожали, либо ненавидели, либо обожали и ненавидели одновременно.

Изложено по материалам Википедии, Биография Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci) *Автор биографии: Джорджо Вазари* http://starat.narod.ru/pictures/davinci/biogr.htm, http://www.vinci.ru/project.html

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.2. НИКОЛАУС СТЕНОН

Стенон, Стено, Стенсен (Steensen, латинизир. Steno, Stenonius) Николаус (Нильс) родился в 1638 году в Копенгагене, учился в Копенгагенском университете и в Амстердаме. С ранней молодости Николаус Стенон занялся медициной. Одной из главных научных заслуг Стенона является выяснение роли мускулов. Он показал, что это органы движения, которые укорачиваются сами собой во время сокращения. В 1667 году Стенон опубликовал результаты исследования головы акулы, отметив большое сходство зубов акулы и каменистых образований, которые часто обнаруживали в скальных породах и называли «glossopetrae». До него античные авторы, в частности Плиний Старший в работе «Естественная история», предполагали, что эти камни упали с неба или Луны. Другие считали, что подобные камни формируются естественным путем в горных породах. Стенсен в своей работе обратил внимание на сходство в форме и различия в составе glossopetrae и зубов живых акул, и заявил, что химический состав ископаемых зубов мог измениться без изменения их формы (псевдоморфозы, замещения минерального состава).

Работы Стенона об акульих зубах привели его к вопросу о том, каким образом какой-либо твёрдый предмет может быть обнаружен внутри другого твёрдого предмета, например в скале. В область его интересов входили не только окаменелости, но и минералы, кристаллы, жилы, другие включения.

Он опубликовал результаты своих геологических исследований в 1669 году в «Предварительном изложении диссертации о твёрдом, естественно содержащемся в твёрдом» (*«De solido intra solidum*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

naturaliter contento dissertationis prodromus»). (Стенон Н, 1957). В этой работе в 1669 году Стенон сформулировал несколько определяющих принципов стратиграфии*.*

Принцип последовательности образования геологических тел *(Принцип Стенона):* если твёрдое тело со всех сторон окружено другим твёрдым телом, то из этих двух тел первым затвердело то, которое при взаимном соприкосновении даёт отпечаток особенности своей поверхности на поверхности другого.

Принцип первичной горизонтальности слоёв: Что касается формы, то, очевидно, во время образования слоя его нижняя и боковые поверхности соответствовали поверхностям нижних и боковых тел; но его верхняя поверхность обычно была параллельна горизонту, и, следовательно, все слои, кроме нижнего, содержались между двумя плоскостями, параллельными горизонту. Отсюда следует, что слои, перпендикулярные к горизонту либо наклонённые к нему, в другую эпоху были параллельны этому горизонту.

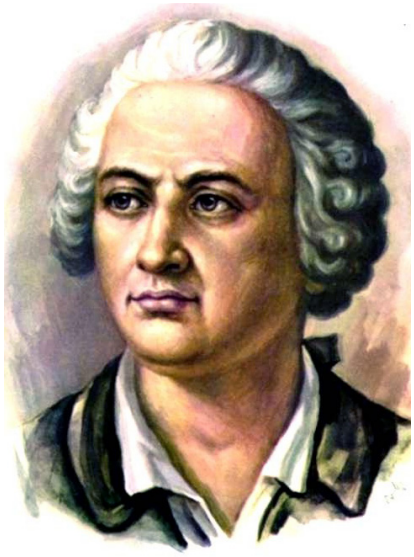
Принцип суперпозиции: во время образования одного из верхних слоев нижний слой уже приобрёл твёрдую консистенцию… Во время образования какого-либо слоя лежащее наверху его вещество было целиком жидким и, следовательно, при образовании самого нижнего слоя ни одного из верхних слоев ещё не существовало.

Значительную роль в развитии кристаллографии и определении минералов сыграл «закон постоянства углов», известный теперь каждому второкурснику-геологу.

В 1669 году Стенон перешел в католичество, и в 1671 году получил приглашение занять кафедру анатомии в Копенгагене. Однако пропаганда католических идей вызвала неудовольствие против него в Дании, и он был вынужден уехать в Италию, где вступил в монашествующий орден. В 1675 году Николаус Стенон стал священником. Позднее он получил назначение епископом в Грецию. Научные занятия были окончательно им оставлены (Белоусов, 1938, Шафрановский, 1972). Впоследствии был одним из лидеров в католической Контрреформации. В 1988 году он был причислен к лику блаженных Папой Иоанном Павлом II.

Изложено по материалам Википедии, GeoWiki

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.3. МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ

Михаил Васильевич Ломоносов — первый русский ученый-естествоиспытатель мирового уровня, поистине энциклопедической широты интересов – химик и физик, астроном и приборостроитель, географ, металлург, геолог, поэт, педагог. Михаил Ломоносов родился в 1711 году в деревне Мишанинская в Архангелогородской губернии в зажиточной семье помора.

Михаил начал помогать отцу с десяти лет. Ломоносов с детства был привержен грамоте, что не нравилось его мачехе и отцу. Узнав, что отец хочет женить его, Ломоносов решил бежать в Москву. В декабре 1730 года 19-летний Михаил покинул дом ночью, тайно, ни с кем не простившись. Долгое время его считали беглым. Ломоносов взял с собой, помимо одежды (две рубахи и тулуп), лишь подаренные ему соседом «Грамматику» Смотрицкого и «Арифметику» Магницкого. Отправился он пешком, нагнав караван с рыбой из Холмогор в Москву лишь на третий день и упросил рыбаков разрешить ему идти вместе с ними. Путешествие до Москвы заняло три недели, и в начале января 1731 года Ломоносов прибыл в Москву.

Чтобы поступить в «Спасские школы», то есть, в Московскую славяно-греко-латинскую академию, Ломоносову пришлось подделать документы и выдать себя «за сына холмогорского дворянина». Впоследствии он, вспоминая обстоятельства своей жизни того времени, рассказывал о страстной тяге своей к учёбе, бедности и насмешках малолетних одноклассников. Ломоносов зарекомендовал себя как прилежный ученик. В 1735 году, Ломоносов был вместе с другими двенадцатью учениками Спасского училища отправлен в Петербург и зачислен в студенты университета при Академии наук. По одной из версий, богословская карьера Ломоносова оборвалась из-за

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

вскрывшегося подлога документов при поступлении. Рукоположение не состоялось, но способный семинарист был направлен на ниву естествознания. По свидетельству ранних биографов, в течение этого довольно непродолжительного периода обучения в Петербургской академии Ломоносов «слушал начальные основания философии и математики и прилежал к тому с крайнею охотою, упражняясь между тем и в стихотворении, но из сих последних его трудов ничего в печать не вышло. Отменную оказал склонность к экспериментальной физике, химии и минералогии».

В марте 1736 года Академия Наук отправляет в Европу 12 наиболее способных молодых людей из «Спасских школ» для обучения естественным (физика, химия) и техническим (металлургия, горное дело) наукам. Переехав в Германию, Ломоносов поселяется в доме вдовы немецкого пивовара, на дочери которой он впоследствии женился. За границей Ломоносов обучался пять лет – в Марбургском университете, и Фрайберге, около года провёл он в переездах. Его первая студенческая работа по физике «О превращении твёрдого тела в жидкое, в зависимости от движения предшествующей жидкости». Весной 1739 года М.В. Ломоносов представил ещё одну работу «Физическая диссертация о различии смешанных тел, состоящих в сцеплении корпускул», в которой рассматривались вопросы о строении материи и намечались контуры новой корпускулярной физики и химии.

Преподавание металлургии и горному делу строилось в основном на практических занятиях: посещение рудников и металлургических заводов сопровождалось объяснениями производственных процессов. Здесь Ломоносов познакомился с устройством рудников, способами укрепления шахт, подъёмными машинами. Позднее, в своей книге «Первые основания металлургии, или рудных дел», Ломоносов широко использовал знания и опыт, приобретённый во Фрайберге.

После ссоры с научным руководителем, после череды приключений тридцатилетний М.В. Ломоносов вернулся в Петербург, где был направлен к профессору ботаники и естественной истории И. Амману для изучения естествознания. Специальным указом тридцатичетырехлетнему Ломоносову было присвоено звание профессора химии. Его диссертация называлась «О металлическом блеске». По табелю о рангах он получал дворянский статус. Он хлопочет о разрешении читать публичные лекции на русском языке, о наборе студентов из семинарий, об умножении переводных книг, о

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

практическом приложении естественных наук. В то же время Ломоносов усиленно ведёт свои занятия в области минералогии, физики и химии, печатает на латинском языке длинный ряд научных трактатов.

Ломоносов произносит «Слово похвальное императрице Елизавете Петровне», и с этого времени Ломоносов начинает пользоваться большим вниманием при дворе. Он сближается с любимцем Елизаветы И.И. Шуваловым, и под влиянием М.В. Ломоносова совершается в 1755 году открытие Московского университета, для которого он составляет первоначальный проект. М.В. Ломоносов отстаивает права низшего русского сословия на образование в гимназии и университете.

В 1757 году сорокашестилетний профессор М.В. Ломоносов ведает научными и учебными департаментами. Назначенный в 1758 г. главой Географического департамента Академии наук М.В. Ломоносов начинает работу по составлению нового «Атласа российского» и добивается рассылки во все губернии географических анкет, сведения из которых могли бы помочь в создании различных карт. Учёные люди — доказывает М.В. Ломоносов, — нужны «для Сибири, для горных дел, фабрик, сохранения народа, архитектуры, правосудия, исправления нравов, купечества, единства чистые веры, земледельства и предзнания погод, военного дела, хода севером и сообщения с ориентом». В то же время идут занятия М.В. Ломоносова по Географическому Департаменту; снаряжается экспедиция в Сибирь. В конце жизни Ломоносов был избран почётным членом Стокгольмской и Болонской академий наук. Основной областью своей деятельности М. В. Ломоносов считал химию, однако и в геологии им были выдвинуты идеи, намного опередившие свой век. В первую очередь для структурной геологии важна его работа **«О СЛОЯХ ЗЕМНЫХ»**, прибавление к руководству «Первые основания металлургии, или рудных дел». Оно состоит из пяти глав, в первой из которых рассматривается земная поверхность. Описав в общих чертах географические и климатические особенности четырех континентов (по его терминологии — физическую географию), Ломоносов переходит к рассмотрению покрывающих Землю чернозема, песка, глины, тины или ила, камня, льдов и снегов. В создании поверхностного слоя Земли участвуют вулканы, и, «кроме огнедышащих гор, некоторые равные (то есть равнинные) места горят живым пламенем». Среди них места под Баку, где есть выходы на поверхность нефти и газа. Земные пожары возникают при горении «горючей серы». Далее Ломоносов описывает места, изобилующие

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

солью, а в последнем параграфе пишет о «многих местах земной наружности, содержащих множество тел, природное свое место на дне или на берегу морском имеющих».

Вторая глава посвящена слоям земным, «руками человеческими открытым» при различных работах, производимых на поверхности земли или при добыче «подземных материй» — угля, соли, торфа, глины, камня, мрамора и т. п. В ней приведены сведения о нахождении остатков «морских, земных и воздушных животных», о положении различных слоев земли в угольных копях, о составе соседствующих с угольными залежами земель, о расположении рудных жил и залежей соли и многое другое, что необходимо, по мнению Ломоносова для познания «действий натуры».

«О внутренностях и слоях земных, самою натурою открытых» — третья глава, в ней описан механизм воздействия атмосферных явлений и землетрясений на земную поверхность, в результате которого обнажаются ранее скрытые земные слои и изменяется характер земной поверхности.

Для того чтобы познать земные недра, необходимо призвать на помощь «высокие науки», что Ломоносов пытается сделать в четвертой главе, «содержащей рассуждения о слоях и внутренностях земных». Ломоносов полагал, что вначале земная поверхность была ровной, однако в результате неоднократных извержений вулканов и землетрясений родились горы и долины, произошли искривления слоев земных и, следовательно, рудосодержащих жил, и минералы были вынесены из недр на поверхность. Хотя причины рождения гор и долин страшны и опасны, но в результате на Земле появляются разнообразнейшие ландшафты, а в ней рождаются металлы и другие минералы — «причина наших разных удовольствий».

Заключительная пятая глава «О пользе показанных изысканий и рассуждений о слоях земных, особливо в нашем Отечестве» посвящена рекомендациям, следуя которым можно отделить «положения мест», «к произведению руд способных, от неспособных».

В конце 1763 года. был произведён в статские советники. М.В. Ломоносов умер на 54-м году жизни от простуды.

Изложено по материалам Википедии, GeoWiki, сайта http://www.lomonosow.org.ru/

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

24.4. ПЕТЕР СИМОН ПАЛЛАС



Приходя в гости к природе, не делай ничего,
что счел бы неприличным делать в гостях.

П.С. Паллас

Паллас, Петр Симон, — один из наиболее выдающихся естествоиспытателей всех стран и времён. «…Природный немец, родом пруссак, <…> отдавший всю жизнь России… Паллас отличался <…> широтой своих научных интересов, попытками научного, глубокого творчества в области искания обобщений в наблюдательных науках, <…> колоссальной работоспособностью и точным владением вечными элементами научного метода…» — сказал о нем В.И. Вернадский.

Петр Симон Паллас родился в Берлине в 1741 году в семье врача. Отец хотел, чтобы сын пошёл по его стопам, но Петр увлёкся естествознанием. Учился в университете в Галле и в Геттингенском университете, закончив курсы по педагогике, философии, горному делу, зоологии, ботанике, сельскому хозяйству, математике и физике. В 1760 году защитил докторскую диссертацию по медицине.

В 1766 году Петербургская Императорская академия наук избрала Палласа своим действительным членом и профессором натуральной истории и в 1767 году Паллас вместе с семьёй (молодой женой и малолетней дочерью) прибыл в Россию.

Екатерина II активно интересовалась устройством и богатствами своей империи, и идея комплексного исследования страны с целью

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

узнать её геологические, минералогические, животные и растительные ресурсы, а также выявить исторические, социально-экономические и этнографические особенности отдельных её регионов возникла у императрицы после завершения собственного путешествия по Волге.

Вскоре по её распоряжению была начата организация новых экспедиций — нескольких астрономических и «физических» отрядов. Физическая экспедиция состояла из пяти небольших отрядов — трёх в Оренбургскую губернию, и двух в Астраханскую. В июне 1768 года Паллас со своим отрядом выехал из Санкт-Петербурга, в пути его сопровождала семья. Паллас руководил первым отрядом Оренбургской экспедиции.

Отряд побывал в центральных губерниях, районах Поволжья, Прикаспийской низменности, Урала, Западной Сибири, Алтая, Байкала и Забайкалья. Палласу поручалось: «Исследовать свойства вод, почв, способы обработки земли, состояние земледелия, распространённые болезни людей и животных и изыскать средства к их лечению и предупреждению, исследовать пчеловодство, шелководство, скотоводство, особенно овцеводство. Затем обратить внимание на минеральные богатства и минеральные воды, на искусства, ремесла, промыслы каждой провинции, на растения, животных, на форму и внутренность гор и, наконец, на все отрасли естественной истории… Заняться географическими и метеорологическими наблюдениями, астрономически определять положение главных местностей и собрать всё, касающееся нравов, обычаев, верований, преданий, памятников и разных древностей».

В целом естественнонаучные экспедиции екатерининского периода охватили обширную территорию России — от Баренцева моря на севере и до Черного и Каспийского морей на юге и от Балтийского моря на западе и до Забайкалья и границ с Китаем на востоке.

Маршрут отряда П. Палласа проходил по городам Петербург – Новгород-Великий – Тверь – Клин – Москва – Владимир – Касимов – Муром – Арзамас – Пенза – Симбирск – Самара – Ставрополь. После зимовки в Симбирске, за время которой были подготовлены отчеты, отряд двинулся В Самару, затем в Сызрань, Оренбург, Уральск, доехал до Гурьева (ныне Атырау), затем доехал до Уфы, где во время зимовки закончил первый том описания своего путешествия («Путешествие по разным провинциям Российского государства»). Лето следующего года было посвящено описанию Уральских гор,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

посетил Екатеринбург, описал реку Туру, Ездил в Тобольск и Тюмень, на зиму остановился в Челябинске.

В апреле 1771 года П. Паллас с отрядом покинул Челябинск и в мае прибыл в Омск. Через Алтай экспедиция дошла до Томска.

Зиму 1772 года П. Паллас с отрядом провёл в Красноярске. За время зимовки Паллас подготовил второй том своего труда. В марте 1772 года П. Паллас с отрядом через Иркутск по льду Байкала добрался до Селенгинска, затем до Кяхты. После возвращения в Селенгинск Паллас посетил Даурию. Через Селенгинск и Иркутск Паллас вернулся в Красноярск, после чего отправился в обратный путь В сентябре он остановился в Царицыне (ныне Волгоград), где оставался до весны следующего года. За время зимовки он совершил несколько поездок, в том числе побывал в Астрахани.

В общей сложности маршрут палласовского отряда составил около 29 085 км. Многолетнее путешествие было связано с большими трудностями и потребовало огромного напряжения сил, к тому же П. Паллас столкнулся с непривычным для него резко континентальным климатом. Как замечает сам ученый в конце описания своего путешествия, он вернулся в столицу с обессиленным организмом и седеющими волосами на тридцать третьем году жизни. Во время путешествия П. Паллас неоднократно болел, он отморозил себе пятки, у него было хроническое воспаление глаз. Ночевать приходилось и в заброшенных зимовьях, и в землянках, а иногда и под открытым небом. Много неприятностей доставляли дороги, трудно было достать хороших лошадей. Зимой ехали на санях, а летом — на телегах, плыли на лодках. Попадались и неспокойные районы, где кочевники, недавно вошедшие в состав России, не чурались грабежей и разбоя.

Научные результаты палласовской экспедиции превзошли все ожидания. Коллекции, собранные во время этого путешествия, направлялись в Петербург, легли в основу коллекций академической Кунсткамеры, многие из них до сих пор хранятся в музеях Российской академии наук, а часть их попала в Берлинский университет. Собранные во время путешествий географические, геологические, ботанические, зоологические, этнографические и другие материалы впоследствии были обработаны Палласом. Путешествие дало сведения об уникальных природных богатствах Восточной Сибири, и Алтая, которые до этого почти не были известны. Паллас рассказывал также о нуждах проживавших там народов. Для современной науки непреходящую ценность имеет тот факт, что П. Паллас описывал области России, её поля, степи, леса, реки, озёра и горы, когда они практически ещё не испытали «преобразующего» воздействия

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

человека и были обильно населены видами животных, многие из которых исчезли уже через несколько десятилетий.

Результаты научного подвига П. Палласа и его помощников были обобщены им в многочисленных произведениях, опубликованных на латинском, русском и нескольких европейских языках. Эти труды были высоко оценены современниками П. Палласа и стали для просвещённых людей России и других стран источником ценнейшей и детальнейшей информации о ресурсах Российской империи того времени.

У П. Палласа впервые можно найти указание на последовательность геологических наслоений. Во время поездок по юго-восточным степям он отметил следы прежнего высшего стояния уровня Каспийского моря и довольно точно определил часть его древних берегов.

Работы П. Палласа «… лежат до сих пор в основании наших знаний о природе и людях России. К ним неизбежно, как к живому источнику, обращается географ и этнограф, зоолог и ботаник, геолог и минералог, статистик, археолог и языковед - раз только он столкнётся с вопросами, связанными с природой и народами России. Его путешествия <…> являются в своих изложениях неисчерпаемым источником разнообразнейших крупных и мелких, но всегда научно точных данных. Но П. Паллас <…> был и творцом в областях теоретических обобщений — его значение как теоретика геолога, физико-географа и биолога даже более высоко и глубоко, чем обычно рисуется в столь мало изученной области знания, какой является история науки в новое время. Паллас до сих пор ещё не занял в нашем сознании того исторического места, которое отвечает его реальному значению. Может быть, для истории русской культуры особенно важным представляется то, что П. Паллас делал свои крупные обобщения на основании изучения русской природы, быта и остатков племён, населяющих нашу страну. Строение наших гор дало ему данные для первых научных орогенетических представлений, перенесённых на весь земной шар; изучение русской фауны привело его к зоогеографическим обобщениям, положившим начало целому отделу зоологии, и к тем данным в области анатомии беспозвоночных, которые явились для его времени совершенно неожиданным новым завоеванием. В области археологии и этнографии, физической географии мы всюду наталкиваемся на ту же черту - самостоятельную обобщающую работу над природой и народами нашей страны» - писал В.Н. Вернадский.

Задание: постройте карту путешествий П.С. Палласа.

Изложено по материалам Википедии, http://ru.science.wikia.com/wiki

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.5. НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ГОЛОВКИНСКИЙ

Николай Алексеевич Головкинский родился в 1834 году в уездном городке Ядринске Казанской губернии, в семье следователя земского суда. За усердие в службе отец Николая был пожалован в дворянство, что дало право его детям обучаться в университете.

В 1851 году Н. Головкинский был зачислен вольным слушателем на медицинский факультет Казанского университета. Через год он сдал вступительные экзамены, а спустя два с половиной года, разочаровавшись в выбранной специальности, написал прошение об отчислении из университета. Вскоре он стал унтер-офицером Уланского сводного полка: шла Восточная война, боевые действия которой перенеслись в Россию, в Крым. Из Казани в Севастополь, на защиту Отечества, шёл Николай Алексеевич с большой охотой. За участие в Крымской кампании (он участвовал в Балаклавском сражении) был награждён памятной бронзовой медалью на Андреевской ленте и в звании поручика демобилизован в феврале 1857 года.

Выйдя в отставку, 23-летний Н. Головкинский вновь поступает в Казанский университет вольным слушателем, но уже на естественное отделение физико-математического факультета. Став затем студентом, Николай Головкинский первые два курса учился с такой интенсивностью, что родители беспокоились за его здоровье. Николай Алексеевич закончил в 1861 году Казанский университет со степенью кандидата и был оставлен в должности хранителя музея при минералогическом кабинете. Для выпускника это было довольно почетно и солидно.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В 1862 году его командировали на стажировку в Германию, откуда потом он уехал в Париж. В 1864-1865 учебном году Н. Головкинский становится приват-доцентом Казанского университета, из которого он уехал за рубеж и в который вернулся спустя два года. За это время молодой ученый твердо решил заниматься именно геологией, а не химией, к чему его склонял академик А.М. Бутлеров, ставший ректором в Казани. Свою магистерскую диссертацию Н. Головкинский защитил в мае 1865 года на местном, волжском материале.

Через два года ученый становится действительным членом Санкт-Петербургского минералогического общества, а в 1869 году в «Материалах для геологии России» публикует свою известную работу «О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна». Она явилась принципиально новым словом в геологической науке, так как впервые указывала на роль колебательных движений, при накоплении геологических осадков. За год до этой публикации Николай Алексеевич был избран профессором, защитив по Камско-Волжским отложениям докторскую диссертацию. В докторской диссертации подмеченное им возрастное скольжение слоев, принятое позднее как "принцип Головкинского", изложено как само собой разумеющееся явление в процессах седиментогенеза. Ученому миру потребовалось почти полстолетия, чтобы осмыслить суть и значение высказанного Н.А. Головкинским принципа, который сейчас освещается практически в каждой работе по теоретической стратиграфии и в учебниках по геокартированию и фациальному анализу.

Н. Головкинский изучал причины, вызывающие перемещение фаций во времени и в пространстве. В своей работе о пермской формации ввел представление о геологическом горизонте. Он доказал связь речных террас и современных геоморфологических форм с вертикальными движениями земной коры.

В ноябре 1871 года ученый переходит на работу в Новороссийский (ныне Одесский) университет. В Одессе работали в то время выдающиеся представители российской науки: И.М. Сеченов, А.О. Ковалевский, И.И. Мечников, В.В. Марковников.

Ещё в 1874 году для своих ежегодных практических занятий со студентами Николай Алексеевич выбрал Крым. В марте 1876 года он сообщал другу, врачу А.Е. Голубеву: «В мае я намерен сделать в сопровождении студентов экскурсию в Крым по маршруту Ялта, Кастель, Чатыр-Даг, Бахчисарай, имеющую продолжение 6 дней». А после VII съезда русских естествоиспытателей и врачей,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

проходившего в августе 1883 года в Одессе, многие его участники приехали в Крым на экскурсию, которую также проводил Н. Головкинский. И в том же году Николай Алексеевич выпустил в Одессе работу «К геологии Крыма», которая явилась итогом его многолетних геологических исследований на полуострове и, как обычно для него, новым словом в науке. В 1886 году, после 25 лет педагогической работы, Николай Алексеевич уходит в отставку и окончательно перебирается из Одессы в Крым, где у него уже был особняк под Алуштой, у подножия горы Кастель. Теперь эта местность получила название «Профессорский Уголок». Во время переезда Н.А. Головкинского в Крым на полуострове ещё не было университета, и Николай Алексеевич с радостью принял должность главного гидрогеолога Таврической земской управы.

Трудно сегодня оценить научный подвиг Николая Головкинского, сумевшего обследовать каждую горную речку, речушку и более или менее заметный водоток для составления карты естественного водоснабжения Крыма. Немало внимания ученый уделил также изысканиям артезианских, глубинных запасов воды. Он предложил создать первую в России артезианскую станцию, которую и основали в Саках. Н.А. Головкинский первым пришёл к выводу о том, что гребень Главной гряды Крымских гор в геологическом прошлом был коралловым рифом древнего океана («тепловодного моря»), существовавшего на месте нашего полуострова. В одной из экспедиций Николаю Алексеевичу здорово повезло в смежной профессии: в районе урочища Сотера (между Алуштой и Солнечногорским) он обнаружил останки мамонта. Крымчане более всего благодарны Николаю Алексеевичу за два написанных им Путеводителя - по Крыму (издавался семь раз) и от Алушты до Севастополя. И ещё — за годовые отчеты 1887-1896 годов о гидрогеологических исследованиях в горном, предгорном и степном Крыму. Умер Н.А. Головкинский в Профессорском Уголке, под Алуштой, 2 июля 1897 года. Его именем назван водопад, открытый ученым на склонах Бабуган-яйлы, на реке Узень-Баш, в его честь близ горы Кастель воздвигнут памятник.

Изложено по материалам Википедии, GeoWiki, сайта G-to-G

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.6. АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ ИНОСТРАНЦЕВ

Александр Александрович Иностранцев родился в 1843 году в Петербурге в семье капитана фельдъегерского корпуса Александра Петровича Иностранцева. Саша учился в гимназии на казенный счет и, в 1863 году, окончив гимназию, поступил на естественное отделение физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета. Здесь на II курсе лекции по количественному химическому анализу пород читал доцент Д.И. Менделеев. Они очень увлекли А.А. Иностранцева, и он большую часть суток проводил в лаборатории. Д.И. Менделеев, читавший частные лекции по химии горнозаводчику П.П. Демидову, предложил Александру место лаборанта в лаборатории Демидова на Большой Морской улице с окладом 25 руб. в месяц, что буквально спасло его от голодного существования. Он быстро освоил химический анализ, и к нему стали обращаться ученые-геологи с предложениями сделать химические анализы пород.

Имя студента Иностранцева начало появляться в печати. Глубокое знание химии очень помогало Александру Александровичу в течение всей жизни. Так, шунгит был лично им проанализирован и определен как конечный член аморфного ряда углеводородов (название также предложено им). На старших курсах А.А. Иностранцев увлекся геологией и минералогией и навсегда связал с ними свою жизнь. На 4 курсе начались самостоятельные исследования Александра Иностранцева как геолога. Еще будучи студентом четвертого курса с 1868 стал хранителем только что возникшего при университете геологического музея и вся последующая жизнь его была связана с сохранением и развитием геологического музея. В

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

1867 А.А. Иностранцев окончил Петербургский университет и с 1873 Александр Александрович - профессор геологии. Основные работы А.А. Иностранцева посвящены исследованию горных пород, минералов и геологического строения севера Европейской России. В 1867 впервые в России он применил метод микроскопического исследования горных пород.

С именем А.А. Иностранцева связан закон последовательности напластования - закон Головкинского – Иностранцева - Вальтера. Он обратил внимание на различный состав одновозрастных отложений и показал, что когда осадконакопление сопровождается постепенным опусканием, образуется серия отложений, в которой каждая последующая группа осадков как бы «надвинута» на предыдущую, то есть последовательность напластования вполне совпадает с порядком формирования в вертикальном разрезе.

А.А. Иностранцев занимался изучением метаморфизма горных пород, а также стратиграфией, гидрогеологией и палеонтологией. Он дал обстоятельное описание стоянки первобытного человека на берегу Ладожского озера (1882). Кроме того, провел полевые геологические исследования в Донбассе, Крыму, на Кавказе, Урале и в других местах. Благодаря трудам Иностранцева в геологическом музее Петербургского университета были собраны ценнейшие коллекции. Помимо университета, читал курс геологии в других высших учебных заведениях, в том числе и на высших женских курсах. Им был создан первый русский курс геологии (в двух томах), выдержавший несколько изданий. По этому курсу учились многие поколения русских геологов. В честь него назван хищный зверообразный ящер иностранцевия (Inostrancevia).

Благодаря трудам А.А. Иностранцева Геологический музей Санкт-Петербургского университета в настоящее время один из наиболее богатых научными коллекциями геологических музеев России. Такому развитию музея в значительной мере способствовали коллекции, собранные самим Иностранцевым во время его ежегодных научных поездок, которые захватывают почти всю Европейскую Россию, Урал и Кавказ.

При открытии Общества естествоиспытателей А.А. Иностранцев был его первым секретарем, а впоследствии и неизменным председателем отделения минералогии и геологии. Когда Александр Александрович впервые готовил доклад по своим геологическим исследованиям, он понял, насколько трудно ему выступать публично, вспоминал подобные выступления студентов за границей, которые держались свободно и говорили без стеснения. Тогда он решил, что

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

наиболее способные студенты должны делать доклады на заседаниях Общества естествоиспытателей и печатать свои материалы в Трудах Общества. Это может помочь молодым людям приобрести уверенность в своих силах и приучит их свободно общаться даже с маститыми учеными.

Профессор А.А. Иностранцев был очень внимателен к своим ученикам, и если видел в человеке «искру» таланта, готовую разгореться в научный пламень, предоставлял студенту рабочее место в созданном им Геологическом кабинете, незаметно опекал, давая возможность проявлять самостоятельность в исследованиях.

А.А. Иностранцев оставил после защиты магистерской диссертации для написания докторской одного из лучших своих учеников Франца Юльевича Левинсона-Лессинга, в будущем академика отечественной и многих иностранных академий. Его работы всегда отличались глубиной, многогранностью, принципиальностью и при жизни были переведены и опубликованы в странах Европы и США. Он был петрографом, геохимиком, почвоведом, историком науки, крупнейшим экспериментатором в петрографии, впервые применил законы термодинамики к сложнейшим процессам образования горных пород, был одним из родоначальников в этой области. Правда, А.А. Иностранцеву не удалось обеспечить Ф.Ю. Левинсона-Лессинга оплачиваемой ставкой, и тому пришлось уехать заведовать кафедрой минералогии в Юрьевском университете. В дальнейшем это отрицательно повлияло на их отношения.

В 1897 г. в Петербурге состоялся VII геологический конгресс. А.А.Иностранцев, тогда уже всемирно известный ученый, был вице-председателем конгресса, и петрографическая секция собиралась в аудитории при геологическом кабинете-музее.

1919 г. был голодным годом, и А.А.Иностранцев, не вынеся унижения, ушел из жизни, приняв цианистый калий в своем кабинете 31 декабря. Его любимый ученик профессор В.М. Тимофеев и служитель кафедры А.Ф.Рихтер погрузили гроб на детские салазки и похоронили любимого профессора на лютеранской части Смоленского кладбища.

Изложено по материалам Википедии, GeoWiki, G-to-G, Л.Г. Порицкой, куратора Петрографического музея, старшего научного сотрудника Геологического факультета, http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_biography/

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

24.7. ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ МУШКЕТОВ



Иван Васильевич Мушкетов родился 21 января 1850 г. в станице Алексеевской Области Войска Донского в семье небогатого помещика. Уже четырнадцати лет он лишился поддержки родителей и должен был существовать на собственный заработок. В гимназии под влиянием учителя Номикосова, преподававшего естествознание, Ваня Мушкетов начал собирать коллекцию минералов и горных пород, за что получил от своих товарищей прозвище «каменщик». По окончании гимназии И. В. Мушкетов поступил осенью 1867 г. на историко-филологический факультет Петербургского университета, но скоро убедился в несоответствии этого выбора своим склонностям и в 1868 г. перевёлся в Горный институт. Этому способствовало и то, что Область Войска Донского учредила в это время стипендию в Горном институте, и И. В. Мушкетов сделался первым стипендиатом-казаком.

В 1872 г. он окончил Горный институт по первому разряду. Ещё будучи студентом, И. В. Мушкетов выполнил научную работу, описав горную породу волынит. По окончании курса И. В. Мушкетов поехал на Урал для изучения копей разных минералов. Здесь он открыл три неизвестных ещё в России минерала, в том числе мышьяковый колчедан. И. В. Мушкетов отметил, что мышьяковый колчедан играет определённую роль в образовании жильного золота и служит указателем золотоносности. В Екатеринбургском музее Общества любителей естествознания И. В. Мушкетов привёл в порядок и определил минералогическую коллекцию и напечатал в «Записках» этого Общества статью о новой в то время минералогической классификации американца Дэна, по системе которого он расставил коллекцию.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Летом 1873 г. И. В. Мушкетов получил назначение чиновником особых поручений по горной части при генерал-губернаторе Туркестана. Этот край был почти совершенно неизвестен в отношении геологического строения и минеральных ресурсов. Поэтому И. В. Мушкетову пришлось резко изменить направление своей научной работы и вместо минералогии заняться геологией и изучением месторождений полезных ископаемых, необходимых для развития горного промысла в новом крае. Исследования И. В. Мушкетова были первоначально намечены с чисто практическими задачами - выяснения благонадёжности (по современной терминологии – промышленной значимости) месторождений каменного угля, свинцовых руд и пр. Но неизвестность геологического строения высоких горных цепей Тянь-Шаня и Алая заставила молодого горного инженера заняться более обширными и систематическими геологическими исследованиями попутно с изучением месторождений.

В 1875 г. И. В. Мушкетов совершил путешествие по огромному маршруту - он проехал по всему Тянь-Шаню до г. Кульджи, в районе которого изучил месторождения угля, пересек хребты Таласский, Терскей-Кунгей и Заилийский Алатау, Александровский хребет, побывал на высокогорных озёрах Сон-куль и Иссык-куль (последнее объехал кругом). Осенью он дважды пересек хребет Боро-хоро, посетил берега озера Сайрам-нор и долину р. Боротала и познакомился с хребтом Джунгарский Алатау. К концу года он сделал общую сводку громадного собранного материала и в январе 1876 г. выступил в Минералогическом обществе с докладом о путешествии, привлекшем к молодому исследователю Тянь-Шаня общее внимание. И.В.Мушкетов не только первым произвел фундаментальное научное описание Туркестана, но и составил его первую геологическую карту.

Горный институт, захотел привлечь талантливого учёного в состав преподавателей. Но для этого нужно было защитить диссертацию. Обширность собранного по геологии Тянь-Шаня материала и незаконченность исследований не позволили И. В. Мушкетову использовать его для диссертации, и он, оставив на время Туркестан, поехал в 1876 г. на Урал для изучения Златоустовского горного округа. За лето он собрал прекрасный материал, осенью обработал его и в начале 1877 г. представил уже печатную диссертацию «Материалы для изучения геогностического строения и рудных богатств Златоустовского горного округа», которую с успехом защитил осенью того же года. Этот труд сохранил своё научное и практическое значение до сих пор.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На лето 1877 г. И. В. Мушкетов вернулся в Туркестан и совершил большое путешествие через Алайский и Заалайский хребты до озера Кара-Куль на Памире, затем обследовал долину Ферганы и Ферганский хребет и закончил работу изучением хребта Бишелик, где сомкнул свои исследования с предшествующими. К началу зимы он вернулся в Петербург и начал чтение лекций по геологии в Горном институте в качестве адъюнкт-профессора.

Обязанности профессора уже не давали ему возможности совершать многомесячные путешествия, но он ещё три года выезжал в Туркестан летом для дальнейших исследований. Первым крупным результатом этих путешествий явилась геологическая карта Туркестана на 6 листах, в масштабе 30 вёрст в 1 дюйме, составленная И. В. Мушкетовым и Романовским (горным инженером, выполнившим ряд маршрутов сначала совместно с первым, а затем отдельно) уже в 1881 г. Изданная в 1884 г., она оставалась до недавнего времени единственной. Пять лет спустя И. В. Мушкетов напечатал первый том своего большого труда «Туркестан», содержащий обзор исследований этого края с древнейших времён до 1884 г. и орографический и геологический очерки западных предгорий Тянь-Шаня и Памиро-Алая и Туранского бассейна. В течение 30 лет этот труд являлся незаменимым источником наших знаний о Туркестане, а второе издание первой части его, дополненное новыми данными позднейших исследований и вышедшее в 1915 г., имеет большое значение и в настоящее время. К сожалению, И. В. Мушкетов, задумавший свой труд по Туркестану в виде трёх томов, не успел закончить обработку всех материалов; второй том был издан уже после его кончины и содержит только дневники его путешествий без авторской обработки, а начатое им и уже значительно подвинувшееся описание горных пород осталось незаконченным и не издано. Сам И. В. Мушкетов за последние годы своей короткой жизни был слишком занят преподаванием в нескольких высших школах, а также полевыми работами по должности старшего геолога Геологического комитета и окончание труда откладывал.

1881 г. начался второй период жизни И. В. Мушкетова - период усиленной педагогической работы, выполнения поручений Геологического комитета и горного ведомства в разных местах России, многочисленных консультаций по разным вопросам, занятий в Русском географическом обществе и общественной деятельности. Он изучил каменноугольные и марганцевые месторождения в бассейне р. Рион на Кавказе, минеральные источники района Пятигорска и ледники Казбека и Эльбруса; обследовал Липецкие

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

минеральные воды. Затем исследовал Сакские соляные озёра в Крыму а в 1886 г. организовал геологическое изучение Закаспийской области и составил подробную инструкцию для исполнителей её - своих учеников Богдановича и Обручева. В 1887 г. в связи с разрушительным землетрясением 28 мая в г. Верном (теперь Алматы) И. В. Мушкетов был спешно командирован туда для изучения причин и последствий катастрофы, области её распространения и выбора места, более обеспеченного от землетрясений, для переноса города. В 1892 г. ему пришлось произвести осмотр верховий р. Дона для организации гидрогеологических исследований, а в 1894 г. начать изучение Киргизской степи Астраханской губернии и обследовать Сакское и Перекопское озёра в Крыму, которые он посетил опять в 1895 г. Наконец, в 1900 г. он изучал на Кавказе последствия большого Ахалкалакского землетрясения, съездил в Сибирь к озеру Байкал для проверки наблюдений геологических партий, работавших по его инструкции на трассе Кругобайкальской железной дороги, и совершил ещё путешествие по Швейцарии, Италии и Франции, где принял участие в Международном Геологическом конгрессе в Париже.

И.В. Мушкетовым была организована в России служба постоянных сейсмических наблюдений, которую он первоначально и возглавил. С 1882 года он был старшим геологом Геологического комитета при правительстве России. В качестве обобщения всех его научных исследований им был написан фундаментальный труд — «Физическая геология», являвшийся новым словом не только в отечественной, но и в мировой науке того времени.

И. В. Мушкетов вёл большую педагогическую работу. С 1877 г. он читал в Горном институте лекции по физической геологии, а с 1896 г. также по петрографии и рудным месторождениям. Читал лекции он и в других Высших учебных заведениях.

И. В. Мушкетов состоял старшим геологом Геологического комитета со времени его основания в 1882 г.; в Русском географическом обществе с 1885 г. он был председателем отделения физической географии. Он организовал и руководил работой комиссий по изучению ледников и сейсмической (по землетрясениям), составлял инструкции по наблюдениям и опросные листы; выработал некоторые приборы и добывал средства для их выполнения. Жизнь И.В. Мушкетова в течение этого периода была наполнена беспрерывным и разнообразным трудом. Кроме отчётов и статей по всем выполненным полевым работам и экспертизам, он напечатал ряд статей по разным вопросам геологии и выпустил краткий курс

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

петрографии и двухтомное руководство "Физическая геология". Последнее по полноте и основательности содержания не имело себе равного не только в русской, но и в иностранной литературе. Оно вышло в 1891 г. и быстро разошлось; во втором издании И. В. Мушкетов успел выпустить только первый том; второй закончили его ученики. В позднейших изданиях, дополненных его сыном, это руководство до сих пор является наиболее полным в русской литературе и необходимым справочником для всех занимающихся геологией или интересующихся ею.

И. В. Мушкетов положил начало нашим сведениям о возрасте и последовательности геологических формаций, слагающих хребты и равнины Средней Азии, а также о месторождениях полезных ископаемых. В Горном институте он создал школу русских геологов - горных инженеров, которые, имея достаточные сведения по горному делу, вместе с тем были хорошо знакомы с геологией. Это сочетание знаний имело большое значение в вопросах исследования месторождений полезных ископаемых.

Иван Васильевич Мушкетов пользовался всеобщим уважением и любовью. Несмотря на свою напряжённую научную, педагогическую и общественную работу, он был доступен для всех нуждавшихся в его совете или помощи. К нему обращались постоянно, и слушатели и бывшие ученики и всегда все встречали самое тёплое и доброжелательное отношение и участие.

В последние годы его жизни, когда студенческие забастовки охватили ряд высших школ и сопровождались тяжёлыми последствиями для участников, И. В. Мушкетов переживал много тревожных дней, действовал умиротворяюще на одних, ходатайствовал за пострадавших, помогал им по мере своих сил и возможностей. 23 января 1902 г. Иван Васильевич Мушкетов скончался от воспаления лёгких 52 лет от роду. Это была огромная утрата для науки и всех знавших и ценивших этого крупного учёного и выдающегося человека.

По материалам Wikipedia, GeoWiki, http://wiki.risk.ru/index.php, g-to-g; http://nplit.ru/books/

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.8. АЛЬФРЕД ВЕГЕНЕР

Альфред Лотар Вегенер (нем. Alfred Lothar Wegener) родился в 1880 году в Берлине, в семье известного учёного. С детства проявляет интерес к природе, занимается картографией. Учился в Гейдельберге, Инсбруке и Берлине. Защитил диссертацию по специальности «Астрономия».

После учёбы Альфред Вегенер работал вместе с братом Куртом в обсерватории аэронавтов в Берлине, где они проводили метеорологические исследования, впервые используя для этих целей полеты на воздушном шаре. Полёты стали страстью молодого учёного. В 1906 году братьям удаётся поставить мировой рекорд: они провели 52 часа в воздухе на воздушном шаре. При полётах проявились два главных качества Вегенера - страсть и железная воля. В качестве метеоролога Альфред отправился на северо-восточное побережье Гренландии. В результате была опубликована пионерская работа «Термодинамика атмосферы» (1911 г.). Метеорологи полагают эту книгу главным научным достижением Вегенера (и ссылаются на нее по сей день).

С началом первой мировой войны Вегенера призывают на фронт. Во время отпуска по ранению Вегенер вернулся домой, где написал свою знаменитую книгу «Происхождение континентов и океанов». «Впервые идея дрейфа континентов возникла у меня еще в 1910 г. при рассмотрении карты Мира в связи с непосредственным впечатлением о совпадении очертаний береговых линий по обеим сторонам Атлантики... Это побудило меня просмотреть, вначале поверхностно, имеющиеся по этому вопросу результаты исследований в геологической и палеонтологической областях» (А. Вегенер. Происхождение континентов и океанов. Пер. с 4-го нем. издания. Л.: Наука, 1984, с. 14). А. Вегенер был не первым, кто обратил на это

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

внимание. О подобии побережий Атлантики, писал еще Фрэнсис Бэкон в 1620 г. Более обстоятельно об идее дрейфа континентов написал Ф. Тэйлор. Будучи, профессиональным геологом, он занимался изучением орогенных поясов Средиземноморья (Альп, Лигурид, Пиренеев и т.д.). И в работе 1910 года объяснил их формирование столкновением континентальных масс Евразии и Африки - мнение это, с некоторыми оговорками, общепризанано и поныне. Однако высказывалась Тэйлором эта идея в региональном контексте и развития не получила.

Концепция обосновывалась не только совпадением очертаний берегов Циркум-Атлантики. Не являясь полевым геологом-региональщиком, Вегенер, тем не менее, привлек обильные геолого-тектонические, палеонтологические, палеоклиматологические материалы - и о продолжении складчатых поясов по обе стороны Атлантики, и о так называемой Гондванских флоре и фауне, и о позднепелеозойском площадном оледенении в низких широтах Южного полушария, и многое другое. Результат - серия докладов и публикаций 1912 г., прерванных сначала второй гренландской экспедицией, а затем - Мировой войной.

В 1915 г. выходит 90-страничная брошюра Вегенера – «Происхождение континентов и океанов» (Die Entstehung der Kontinente und Ozeane). Сразу после войны выходит второе (1920 г.), а затем третье (1922 г.) издания книги, она переводится на английский, французский, испанский и шведский языки, дважды издается в Советской России - в 1922 и 1925 гг. (переводы со 2-го и 3-го немецких изданий, соответственно).

После войны Вегенер делает академическую карьеру и пишет книги «Через белую пустыню» (совместно к И.Кохом, товарищем по гренландским экспедициям), «Климаты геологического прошлого» (в соавторстве с В. Кёппеном), готовит второе издание «Термодинамики атмосферы». Кабинетную работу Вегенер сочетает с экспедицией в Центральную Америку.

В это же время Вегенер занялся сравнительной планетологией - исследованием механизма образования лунных кратеров. Его методом были эксперименты с подобными материалами. Созданная в результате этих работ ударно-метеоритная концепция образования кратероподобных (импактных) структур не только Луны, но и планет Земной группы, обоснованная Вегенером в монографии «Происхождение лунных кратеров», ныне практически общепризнана.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Концепция Вегенера вызвала самые разные эмоции. Геологический мир разделился на два антагонистических класса - активных его сторонников и жестоких критиков. Главным возражением против концепции была как раз слабость обоснования геодинамической ее стороны.... Вегенер практически не принимал участия в дискуссии. Вместо этого он готовил четвертое, существенно расширенное и переработанное, издание своей книги - объем ее достигает двухсот страниц. Это издание вышло в конце 1929 г. - почти накануне новой экспедиции Вегенера в Гренландию. В новом издании изложены и сущность концепции дрейфа континентов, и геодезические аргументы в его пользу, геофизические, геолого-тектонические, палеонтологические, палеоклиматические подтверждения теории, и достаточно осторожные предположения о силах, движущих материками. В русском переводе книга вышла в 1984 году [Вегенер, 1984].

В 1928 г. Вегенер начал подготовку к своей третьей гренландской экспедиции. На этот раз она организуется Обществом содействия германской науке, и он - ее руководитель. В подготовке проходит весь 1929 г. Организация - по последнему слову техники, кроме лыж и собак в качестве транспорта предполагается использование аэросаней. 1 апреля 1930 г. Вегенер отплывает в Гренландию... Выход четвертого издания дает новый толчок дискуссии о дрейфе континентов. Но автор концепции в ней уже не участвует. Он снова в Гренландии. Сначала все складывается удачно. Экспедиция базируется на западном побережье острова. Летом 1930 г. почти в центре Гренландии (в 400 км от побережья) создается научная станция Айсмитте, на ней остаются два сотрудника, готовящиеся к зимовке и проводящие метеорологические наблюдения. Однако затем дела идут не по плану. Аэросани, испытывавшиеся в зимней Финляндии, не оправдали себя в условиях ледникового щита. Заброска продовольствия на станцию практически сорвана, транспорта и связи у персонала Айсмитте нет. И Вегенер со своим коллегой Ф.Леве и гренландцем Расмусом гонят собачьи упряжки на Айсмитте, через пол-Гренландии. На дворе - конец сентября. Переход завершается 30 октября. На Айсмитте - положение критическое. Население станции увеличилось до пяти человек. Привезенных продуктов на всех до весны не хватит. Постоянные обитатели станции - метеорологи Зорге и Георге - привязаны к своей аппаратуре и должны вести наблюдения, иначе вся затея просто теряет смысл. Леве поморозил ноги и нетранспортабелен, Альфред подручными средствами ампутирует ему пальцы. И Вегенер, для уменьшения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

количества едоков, отправляется, в компании с Расмусом обратно на побережье. Выход со станции - 1 ноября 1930 г., в день пятидесятилетия Альфреда...

Весной на Айсмитте прибыла санная партия с базового лагеря. Вегенера на станции нет - а ведь на базе полагали, что он зазимовал на Айсмитте. Начинаются поиски. Тело его находят примерно на полпути к побережью. Вегенер не замерз, и не умер от голода. Судя по всему, у него просто не выдержало сердце. Расмус, похоронив начальника вместе с полевым дневником исследователя, сделал все, чтобы могила не затерялась в ледяной пустыне. Что случилось с Расмусом, не узнает уже никто. Курт Вегенер, узнав о смерти брата, бросил свою уютную обсерваторию у подножия Австрийских Альп, и принял руководство экспедицией. Программа ее была успешно выполнена осенью 1931 г.

Жизнь Альфреда Вегенера оборвалась на пике популярности его концепции. Острота дискуссии между мобилистами - сторонниками дрейфа континентов, и фиксистами, таковую отрицавшими, к середине 30-х годов спала. Основная причина - недоказуемость концепции чисто геологическими методами. Среди нового поколения геологов набирало силу учение о геосинклиналях. Однако геологи, принявшие идею дрейфа континентов, взглядов своих не изменили. Южноафриканец Дю Тойт продолжал собирать данные в ее подтверждение, развивая и чисто концептуальную сторону, нашедшую отражение в его книге «Наши странствующие материки» (1937 г.). Серию работ, основанных на концепции дрейфа, публикуют и другие специалисты по геологии Африки, Индии, Южной Америки, Австралии. Однако в целом они лежат вне основного русла развития теоретической геологии того времени.

В Советском Союзе положения концепции дрейфа континентов в это время упоминалась только в ругательном стиле. Начало изменения отношения к концепции дрейфа континентов связано с изучением геологии океанов. Здесь были: и открытие Срединно-Атлантического рифта (1956 г.), и мировой системы срединно-океанических хребтов, и гигантских сдвигоподобных разломов, позже названных трансформными, и полосовых магнитных аномалий в глубоководной части океанов. А на континентах - повсеместное доказательство тектонических покровов в складчатых областях, палеомагнитные данные о изменении расположения материков относительно современной системы координат, находки тропической фауны в высоких широтах, не объяснимые

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

климатическими изменениями. Наконец, математическое моделирование показало хорошее совпадение границ континентальных масс не только для Циркум-Атлантики, но и для остальных материков.

Результатом всего этого было появление (конец 60-х годов прошлого века) концепции тектоники плит (именуемой также новой глобальной тектоникой). Предложенная сначала чисто умозрительно для решения частной задачи - распределения фокусов землетрясений на поверхности Земли, - она сомкнулась с представлениями о дрейфе континентов, мгновенно обросла геологическими и геофизическими фактами и получила всеобщее признание - впрочем, в нашей стране для этого потребовались десятилетия.

Современная тектоника плит очень далеко отошла от представлений Вегенера. Однако все нынешние модификации геологических теорий развиваются в русле мобилизма. Начало ему положил Альфред Лотар Вегенер – полевой исследователь, экспериментатор и интерпретатор-аналитик, автор первой в истории наук о Земле истинно геодинамической концепции.

Изложено по материалам Википедии, GeoWiki, G-to-G, А. Федорчук, Жизнь и смерть Альфреда Вегенера (http://posix.ru/offtopic/vegener/).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.9. ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ МУШКЕТОВ

Дмитрий Иванович Мушкетов родился в 1882 г. в Петербурге, в семье выдающегося отечественного ученого Ивана Васильевича Мушкетова. С детства был очень наблюдателен, отличался смелостью, твердым характером, самообладанием, мечтал стать моряком. После окончания гимназии он подготовился к сдаче экзаменов в Морское училище, но дальтонизм не позволил его мечте осуществиться, и в 1899 г. Дмитрий поступил в Горный институт. Окончив его, Мушкетов был утвержден в звании горного инженера. 2 июня того же года он «определен на службу по горному ведомству с зачислением по Главному горному управлению ... и откомандированием в распоряжение директора Геологического комитета, для практических занятий, без содержания от горного ведомства». 10 октября 1910 г. Дмитрий Иванович был назначен штатным ассистентом кафедры физической (общей) геологии. Наряду с безупречным выполнением основных обязанностей на кафедре, вплоть до 1915 г. он с энтузиазмом занимался формированием кабинета исторической геологии, который существовал и в более позднее время. По собственной инициативе Дмитрий Иванович подбирал материалы для создаваемого им отдела физической геологии в музее института, впервые организовал экскурсии для рабочих и сам проводил их.

Первые шаги на научном поприще Д.И. Мушкетов сделал еще в студенческие годы. Он участвовал тогда в полевых работах Геологического комитета, проводившего в то время 10-верстную геологическую съемку во многих регионах России. В 1903 г. вышла из печати первая его публикация – «Краткое описание маршрута по

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

реке Лене от с. Витима до г. Олекминска в 1903 г.», которое через шесть лет почти в неизменном виде вошло в специальный сборник.

Д.И. Мушкетову принадлежит геолого-геоморфологическое описание района вдоль Сучанской железной дороги в Южно-Уссурийской области (Дальний Восток), где в 1908 г. им открыты ранее неизвестные угленосные площади и осуществлено стратиграфическое подразделение юрских отложений. Он изучал оледенение Алайского хребта на южном Тянь-Шане, оползни Сочинского района, разрушительные землетрясения, он занимался множеством других геологических проблем, как теоретических, так и практических. Однако главным образом его внимание было сфокусировано на геологическом и особенно тектоническом строении Туркестана.

По заданию Геолкома в 1909 - 1916 гг. Д. И. Мушкетов выполнял геологическое картирование территории Восточной Ферганы для составления геологической карты Средней Азии в масштабе 10 верст в дюйме. Во время полевых наблюдений Дмитрий Иванович систематизировал богатейший фактический материал по стратиграфии, сейсмичности, тектонике, геоморфологии, полезным ископаемым, публиковал полученные результаты в статьях и монографиях. С научными, практическими и организационными целями он выезжал в командировки: в Южную Италию - для изучения последствий Мессинского землетрясения 1908 г.; в1911 г. - в Западную Европу для сбора коллекций в кабинет исторической геологии; в 1914 г. - в западноевропейские страны для осмотра геологических музеев, а также на Алай и Памир для подготовки экскурсии XI Международного географического конгресса.

После публичного прочтения двух пробных лекций Совет института утвердил Д.И. Мушкетова адъюнктом с правом самостоятельного чтения лекций по курсу «физическая геология». В конце 1915 г. он был избран профессором кафедры общей геологии, а в 1918 г. - директором Горного института и почти одновременно - заведующим кафедрой и председателем комитета музея института. За восемь последующих лет музей под его руководством из обыкновенного хранилища превратился в научно-просветительское учреждение. В 20-е г.г. Мушкетов возглавил Туркестанский отдел Комиссии по изучению естественных производительных сил страны (КЕПС).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Природный дар естествоиспытателя органически сочетался у Дмитрия Ивановича с несомненным талантом научного организатора, исключительными способностями педагога и воспитателя. В первые месяцы директорства Д. И. Мушкетов провел обсуждение и утверждение на Совете нового устава Горного института, создал ряд факультетов, основательно переработал учебные планы, добился получения новых помещений для студенческих общежитий. При этом сумел до 1926 г. опубликовать более 50 научных работ, в том числе несколько учебников и пособий для практических занятий.

Д.И. Мушкетов неоднократно и весьма тщательно перерабатывал двухтомный учебник "Физическая геология", впервые опубликованный в 1888 - 1891 гг. его отцом И.В.Мушкетовым. Оригинальны научные исследования Д. И. Мушкетова по сейсмологии, геоморфологии, четвертичному и современному оледенению, региональной тектонике. Полевые работы, проводившиеся в течение многих лет в различных районах огромной территории Средней Азии, позволили ему создать тектоническую схему Тянь-Шаня и Памиро-Алая, на которой он изобразил соотношение Памиро-Ферганского смятия с изгибом складчатых структур северной окраины Индостана.

Сейсмология занимала важное место в работе Д.И. Мушкетова. Он в разные годы проводил исследования в сейсмоопасных зонах Италии, Крыма, Средней Азии. В 1923 г. стал инициатором создания Института прикладной геофизики Горного института и был его первым директором (1924-1930 г.г.).

Впервые выдвинув идею о влиянии жесткой глыбы Индостана на простирание складок Памира. В статье «О надвигах в Заалайском и Алайском хребтах» он впервые выявил и рассмотрел характерные для этой территории структуры чешуйчатых надвигов. Рассуждения Д.И. Мушкетова о срезании тяньшаньских простираний памирскими, т. е. о существовании двух пересекающихся направлений складчатости в Средней Азии по-новому осмысливались во второй половине XX в. в связи с развитием представлений о поперечной зональности складчатых систем, а идея о гигантских перемещениях в латеральном направлении стала развиваться в нашей стране с конца 1960-х гг. Огромная Ферганская флексура-сигмоида была расшифрована как крупный правый сдвиг.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Д.И. Мушкетов стал ректором Горного института в возрасте тридцати шести лет и занимал этот высокий пост в течение девяти лет. К этому времени завоеванный им научный авторитет был весьма высок, как на родине, так и за ее пределами. Не случайно в 1926 г. Д.И. Мушкетова назначили директором Геологического комитета, доверив ему руководство государственной геологической службой Советского Союза. Организаторский талант его проявился здесь в полную силу. Возглавляя Геолком с 1926 г. по 1929 г., Д.И. Мушкетов смог умело и четко организовать и наладить работу коллективов, занимавшихся геологической съемкой территории СССР, составлением карт. В эти годы энергично велась геологическая разведка, открывались крупные месторождения полезных ископаемых, страна обеспечивалась необходимым для народного хозяйства минеральным сырьем.

С 1930 г., после разгрома геолкома, основная работа Д.И. Мушкетова вновь сосредоточилась в Горном институте, где он первое время заведовал кафедрой общей геологии и одновременно был директором Горного музея института. В январе 1931 г. Президиум АН СССР утвердил Д.И. Мушкетова заведующим геологическим отделом Сейсмологического института АН СССР. Чуть ранее, весной 1930 г., первый директор Геологического института АН СССР академик А.А.Обручев пригласил Д.И. Мушкетова работать в институт. Здесь он с декабря 1931 г. стал первым председателем созданного по инициативе сотрудников научного кружка, заседания которого проводились ежемесячно по утвержденным планам. В феврале 1933 г. Д.И. Мушкетов был назначен заведующим отделом тектоники и геоморфологии в ГИН, где подготовил и опубликовал 14 статей по различным тектоническим проблемам.

Научный авторитет Д.И. Мушкетова был очень высоким. В первые два десятилетия после октябрьского переворота лишь немногие советские геологи могли выезжать за границу. Их научные достижения, публиковавшиеся на русском языке, оставались почти неизвестными иностранным коллегам. С середины 1920-х до 1936 г. Д.И. Мушкетов почти каждый год выезжал за границу. Дело заключалось не в его чине: приглашали выдающегося ученого, который был нужен мировому сообществу геологов. Во время научных командировок он читал лекции, выступал с докладами и краткими сообщениями, проводил консультации по разным вопросам геологии, гляциологии, сейсмотектоники сейсмоопасных районов земного шара. Его ученики и сослуживцы часто говорили о

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Дмитрии Ивановиче как ярком представителе русской интеллигенции, личности разносторонних интересов и дарований.

За годы научной, педагогической и научно-организационной деятельности Д.И. Мушкетов опубликовал 124 работы, включая пять учебников, часть из которых переиздавалась по два - три раза. Большинство его трудов были одинаково широко известны как отечественным геологам, так и зарубежным, тем более что многие его статьи публиковались в иностранных изданиях. В разное время, начиная с 1923 г., он был избран: членом французского, лондонского, бельгийского и китайского геологических обществ; членом германского и северо-американского географических обществ, общества горных инженеров США. В 1934 г. Американский институт горных инженеров избрал его членом геофизического комитета, а несколько раньше Баварская академия наук в Германии (Академия "Леопольдина" в Галле-Заале) единогласно избрала его своим действительным членом.

Усиление советского государства сопровождалось выдвижением новых научных лидеров, политическая лояльность которых имела большее значение, научные достижения. Крах карьеры (и жизни) Д.И. Мушкетова связан с разгромом «царского» Геолкома (1929) и появлением на арене нового лидера – И.М. Губкина, назначенного руководителем делегации советских геологов на вашингтонскую сессию МГК в 1933 г. Ранее Д.И. Мушкетов в качестве делегата участвовал в работе трех сессий Международного геологического конгресса (МГК), которые собирались после первой мировой войны (XIII сессия в Бельгии, 1922 г.; XIV сессия в Испании, 1926 г.; XV сессия в Южной Африке, 1929г.). Однако на XVI сессию, состоявшуюся в 1933 г. в США, он не был командирован, хотя в персональном приглашении Оргкомитета подчеркивалось, что присутствие Д.И. Мушкетова как председателя Комитета по тектонике крайне необходимо. Первая попытка отстраненить его от поездки произошла в начале мая 1933 г. с выдвижением той причины, что США - страна глубоко практичная, ей "академики не нужны", нужна лишь демонстрация наших богатств. Академия наук СССР настаивала на необходимости поездки Д.И. Мушкетова. За сутки до выезда вновь появляется постановление, отменяющее его командировку.

Академия наук СССР отправляла срочные телеграммы на имя В.М. Молотова и Г.К. Орджоникидзе, а президент АН СССР академик А.П. Карпинский написал личные письма И.В. Сталину и

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Г.К. Орджоникидзе. Тем не менее, поездка Д.И. Мушкетова в США на XVI сессию Международного геологического конгресса не состоялась.

После завершения работы XVI сессии МГК Дмитрий Иванович получил от Генерального секретаря этой сессии доктора Менденхолла письмо, датированное 8 ноября 1933 г., с уведомлением о том, что присланные им доклады «Современные представления о тектонике Средней Азии» и «Опыт сейсмического районирования СССР» приняты к печати в трудах Конгресса. Сообщалось также, что 27 июля 1933 г. на XVI сессии МГК Д.И. Мушкетов заочно был единодушно избран председателем Комитета по разломам земной коры. В письме подчеркивалась особая роль профессора Д.И. Мушкетова при решении вопроса о месте проведения очередной XVII сессии МГК. Менденхолл писал: «На конгрессе о Вас справлялись Ваши друзья и коллеги как здешние, так и из других стран, и выражалось всеобщее сожаление по поводу Вашего отсутствия. Основная работа, проделанная Вами в Южной Африке, являлась, без сомнения, главной причиной избрания СССР местом созыва XVII Конгресса. Благодаря Вашей работе в Претории и заслуженному высокому научному авторитету, которым Вы пользуетесь, другие страны ясно почувствовали, что Вы установили за СССР преимущественное право созыва XVII Конгресса».

После разгрома Геолкома Д.И. Мушкетов продолжал работу в Горном институте и в Сейсмологическом институте АН СССР. По инициативе В.А. Обручева, первого директора Геологического института (ГИН) АН СССР, к работе в Институте был привлечен Д.И. Мушкетов. В 1933 г. ему было предложено возглавить тектонический отдел. Он пришел в ГИН с надеждой реализовать планы, разработанные им для Комиссии земной коры МГК, которая была создана на 15-й сессии МГК в Претории. Несмотря на отсутствие Д.И. Мушкетов был избран председателем Комиссии на конгрессе в Вашингтоне и предложил начать в ГИН и Сейсмологическом институте АН СССР работы по следующим направлениям: составление толкового словаря тектонических терминов; подготовка истории тектонических гипотез; разработка методики и сбор материала для международного сборника по региональной тектонике; расширение исследований в области четвертичной тектоники в кооперации с учеными Северной Европы и Северной Америки; организация международного сотрудничества по изучению докембрия; выработка единой методики составления

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

тектонических карт. Во многом «программа Мушкетова» была реализована, но уже без его участия.

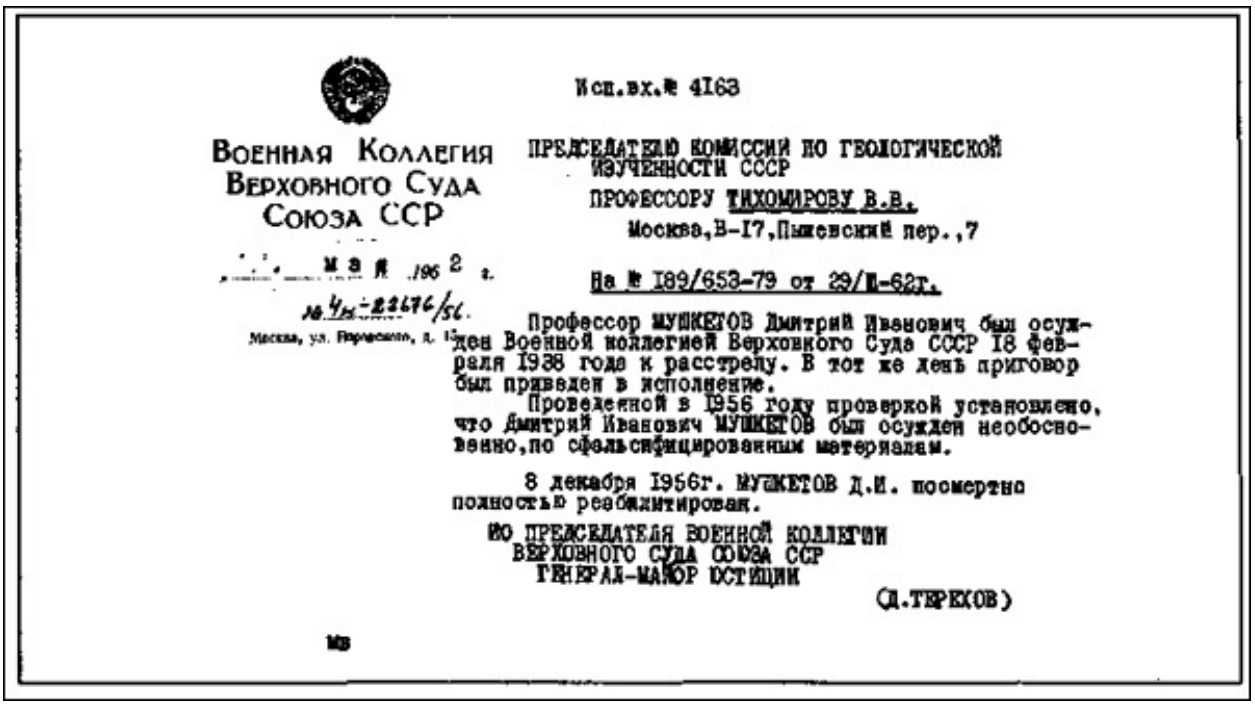
Заметным событием в истории геологической науки было появление в 1935 г. книги Д.И. Мушкетова "Региональная геотектоника" - первого в СССР фундаментального труда по тектонике земного шара, в котором сделана попытка свести воедино имеющийся фактический материал по всем странам. Новым и очень важным в этой сводке является публикация сведений, касающихся тектоники океанов, что позволило Дмитрию Ивановичу дать картину строения всей планеты полнее, чем аналогичные зарубежные монографии.

Со своими молодыми коллегами, Дмитрий Иванович держался очень просто и буквально всем своим существом импонировал им - и своим авторитетом, и одним обликом своим, к которому как нельзя более подходит определение импозантный. Даже то, как он входил в отдел, было зрелищем впечатляющим. В определенные дни недели, бывая в отделе, Дмитрий Иванович знакомил нас с новейшей литературой, новыми идеями в области тектоники, охотно делился своими знаниями, стремился всемерно помогать нам. Они же должны были отчитаться в том, что сделано. И готовились к этому с особой тщательностью - уровень культуры и знаний Дмитрия Ивановича иного не позволял. В обществе он был на редкость интересным собеседником. Ярко, с тонким юмором он рассказывал о впечатлениях, полученных во время многочисленных геологических экспедиций в Среднюю Азию и поездок по многим странам мира. Разносторонне образованный человек, он всегда следил за новинками советской и зарубежной художественной литературы, читал в подлинниках немецкие, французские и английские научные публикации. Многочисленные встречи с разнообразными людьми, картины природы, особенности геологических объектов, характеристики подмеченных им национальных черт того или другого народа с особенностями их быта - обо всем этом он рассказывал образно, ярко, и рассказы его запоминались всем, кто слушал, вспоминали впоследствии В.А. Варсанофьева, Д.В.Наливкин, Е.В.Павловский и С.С.Шульц.

В 1932 г. Д.И. Мушкетову исполнилось 50 лет. Этот юбилей крупнейшего и известного во всем мире российского ученого, бывшего директора Горного института и Геологического комитета не отмечался ни в одном учреждении, с которыми он был связан.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

За три недели до открытия международного геологического конгресса в Москве (21-29 июля 1937 г.), который он должен был возглавлять, Д.И. Мушкетов был арестован по обвинению в контрреволюционной террористической деятельности, вредительстве и терроризме и расстрелян. Была репрессирована как ЧСИР (член семьи изменников родины) и его жена.



Исп.вх.№ 4163

ВОЕННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ВЕРХОВНОГО СУДА
СОЮЗА ССР

«__» МАЯ 1962 г.
№ 4н-02676/56.
Москва, ул. Фрунзенская, д. 15

ПРЕДСЕДАТЕЛЮ КОМИССИИ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ СССР
ПРОФЕССОРУ ТИХОМИРОВУ В.В.
Москва,В-17,Пыжевский пер.,7

На № 189/653-79 от 29/III-62г.

Профессор МУШКЕТОВ Дмитрий Иванович был осужден Военной коллегией Верховного Суда СССР 18 февраля 1938 года к расстрелу. В тот же день приговор был приведен в исполнение.

Проведенной в 1956 году проверкой установлено, что Дмитрий Иванович МУШКЕТОВ был осужден необоснованно,по сфальсифицированным материалам.

8 декабря 1956г. МУШКЕТОВ Д.И. посмертно полностью реабилитирован.

ВОЕННОГО ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ВОЕННОЙ КОЛЛЕГИИ
ВЕРХОВНОГО СУДА СОЮЗА ССР
ГЕНЕРАЛ-МАЙОР ЮСТИЦИИ
(Д.ТЕРЕХОВ)

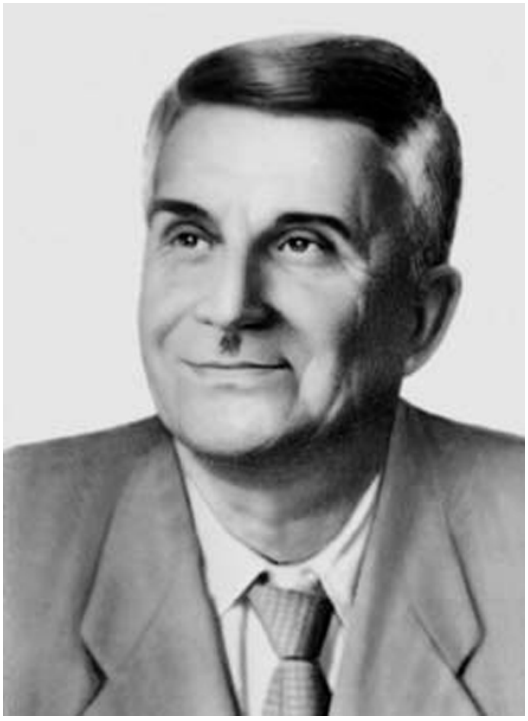
МВ

Рис. 24.35 копия ответа на запрос об осуждении Д. И. Мушкетова: Профессор Мушкетов Дмитрий Иванович был осужден Военной Коллегией Верховного Суда СССР 18 февраля 1938 года к расстрелу. В тот же день приговор был приведен в исполнение. Проведенной в 1956 году проверкой установлено, что Дмитрий Иванович Мушкетов был осужден необоснованно, по сфальсифицированным материалам. 8 декабря, 1956 г. Мушкетов Д.И. посмертно полностью реабилитирован.

Долгие годы судьба ученого оставалась неизвестной. В 1962 г. на запрос председателя Комиссии по геологической изученности СССР, заведующего лабораторией истории геологии ГИН АН СССР В.В. Тихомирова, был получен ответ компетентных органов – Дмитрий Иванович Мушкетов был расстрелян 18 февраля 1938 г.

По материалам сайтов Go too go и http://e-heritage.ru/ras/view/person/history.html?id=44124035

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.10. НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ ШАТСКИЙ

Николай Сергеевич Шатский родился в 1895 г. в Москве, в семье служащего. В 1913 г. поступил на физико-математический факультет (естественное отделение) Императорского Московского университета. Под влиянием лекций профессора А.П. Павлова, его практических занятий и геологических экскурсий Н.С. Шатский увлекся геологией. С 3-го курса обучения в Университете Н.С. Шатский стал фактически профессиональным геологом, когда в качестве техника-гидрогеолога работал в Поволжской изыскательной партии на территории Камышинского уезда.

В 1916 г. Н.С. Шатского призвали на военную службу. В 1918 г. он уволился в запас, имея звание прапорщика. Вскоре, по рекомендации А.П.Павлова, почти два года работал ассистентом кафедры общей геологии на геологоразведочном факультете Московской горной академии. В период 1919-1921 гг. служил в разных частях Красной Армии при штабе Южного фронта: сначала в качестве «войскового геолога», затем - командира мостового саперного взвода, потом - командира роты и, наконец, бригадного инженера.

В 1921 г. по ходатайству Московской горной академии был отозван из армии и в течение последующих восьми лет систематически занимался научными исследованиями, работая в Московской горной академии, геологическом отделе особой Комиссии по изучению Курской магнитной аномалии, в нефтяной секции Геологического комитета и в Нефтяном геологоразведочном

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

институте. За эти годы Н.С. Шатским опубликована серия региональных работ по тектонике, стратиграфии, палеонтологии и нефтяной геологии. В связи с участием в Первой мировой и Гражданской войнах высшее образование ему удалось завершить в возрасте почти 34 лет. К этому времени он уже очень плодотворно работал как выдающийся геолог и педагог.

В первый период творческого пути Н.С. Шатского вышли в свет три классические работы по региональной геологии и тектонике: «Стратиграфия и тектоника верхнемеловых и нижнетретичных отложений северной окраины Донецкого кряжа» (1924), «О тектонике северной части Донецкого бассейна» (1923-1924), «Геологическое строение восточной части Черных гор и нефтяные месторождения Миатлы и Дылым (Северный Дагестан)» (1929).

Тщательное изучение фаций и мощностей каменноугольных отложений Донецкого бассейна дало возможность впервые сделать вывод о «конседиментационных тектонических структурах», отличающихся медленным и длительным развитием. Эти теоретические представления он развил позднее в статье «Происхождение Донецкого бассейна» (1937). Они получили широкое распространение в СССР и за рубежом, ибо распознание таких структур было важно для прогнозных оценок полезных ископаемых. Его монография по геологии и нефтеносности Черных гор явилась образцом необычайно скрупулезного рассмотрения стратиграфии и тектоники региона, что позволило детально разобраться в сложнейшем геологическом строении района и указать пути наиболее рационального ведения поисковых работ на нефть. В своих теоретических исследованиях Н.С. Шатский всегда отводил первостепенную роль практической геологии.

В 1929 г. Николай Сергеевич закончил экстерном Московскую горную академию, получил звание горного инженера, читал лекции и проводил занятия по курсу «Историческая геология», вел факультативный курс «Геотектоника Западной Европы». Руководство студенческими дипломными работами, посвященными геологическому строению всех регионов СССР, позволяло ему устанавливать теснейшие связи с будущими известными республиканскими геологами, у которых он пользовался огромным авторитетом. Второй период творческой жизни Н.С. Шатского охватывает 30-е годы.

В эти годы он проводил экспедиционные исследования в районе оз. Байкал и в Прибайкалье. В 1930 г. он был назначен и.о.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

профессора Московской горной академии, где вел курс «Геология СССР», начал читать лекции по спецкурсу «Геология Сибири». В 1933 г. в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе (МГРИ) он стал профессором и заведовал кафедрой исторической геологии. Среди опубликованных им в этот период региональных работ появилась небольшая статья, в которой Н.С. Шатский впервые мастерски использовал сравнительно-тектонический анализ, безошибочно указал на возможность обнаружения залежей нефти и соли на севере Украины (прогноз подтвердился бурением в 1935 г.).

Чуть позднее он совместно с академиком А.Д.Архангельским составил и в 1933 г. опубликовал сразу востребованную и за пределами нашей страны первую мелкомасштабную «Схему тектоники СССР» с показом районов складчатости, приуроченных к каледонскому, герцинскому, мезозойскому и альпийскому геотектоническим циклам. Структуры выделялись по возрасту главной складчатости, приводящей к замыканию геосинклинальных областей. Тектоническое районирование основывалось на принципе выделения тектонических областей разного возраста складчатости: щиты древних платформ, байкалиды, каледониды, варисциды, мезозоиды и альпиды. Показанные на платформах районы с различной глубиной залегания фундамента оказались очень важными для практических целей. Аналогов в мире такому новому научному подходу не было. В последующие три десятилетия благодаря теоретическим разработкам Н.С. Шатского развитие геосинклинальной теории значительно продвинулось вперед в Советском Союзе и за рубежом.

Наряду с регионально-геологическими работами, он весьма продуктивно занимался общетеоретическими исследованиями, направленными на изучение развития земной коры, орогенических фаз и процессов складкообразования. Проводя полевые работы в 1936-1938 гг. на территории Центрального Казахстана, Н.С. Шатский по-новому представил геологическое строение этого региона, воссоздал историю развития сложнейшей складчатой области и впервые ввел и обосновал понятие «унаследованные структуры», которое незамедлительно вошло в арсенал тектонических исследований.

В годы Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.) Н.С. Шатский руководил отделом тектоники в ИГН и одновременно возглавил вместе с А.А. Блохиным в г. Уфе нефтяную экспедицию Совета по изучению производительных сил АН СССР (СОПС), занимавшуюся разработкой методики поисков и прогноза нефти в Ишимбаевском

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

районе Приуралья. Изучая тектоническую историю Русской платформы, он впервые применил метод составления палеогеологических карт для отдельных переломных моментов тектонического развития (рубежи каледонского и герцинского, герцинского и альпийского этапов). Палеогеологический анализ позволил выявить существование на востоке платформы в раннем и начале среднего палеозоя обширного, ныне погребенного Волго-Уральского свода, к которому оказались приуроченными крупнейшие промышленные месторождения нефти.

Выяснение соотношений между поверхностными и глубинными тектоническими формами способствовало правильной ориентации нефтепоисковых работ в упомянутом районе, получившем название «Второй Баку», ставшем главной нефтегазоносной провинцией Европейской части СССР. В выполненном в военные годы и опубликованном в 1945 г. фундаментальном труде «Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и смежной части западного склона Южного Урала» впервые разработана новая проблема краевых или передовых прогибов. В ней охарактеризованы главные черты строения и развития краевых прогибов как особого типа тектонических структур. Доказано, что это крупные, нередко сложно построенные синклинальные структуры, расположенные между платформенными и складчатыми областями. Отмечена асимметричность их формы. Указаны типичные для них отложения. Обращено внимание на миграцию прогибов во времени в сторону платформы. Подчеркнута важность тщательного изучения краевых прогибов, так как к ним приурочены залежи твердых и жидких каустобиолитов. В последующие годы огромное количество работ было посвящено исследованию краевых прогибов. В упомянутой работе Н.С. Шатский впервые изложил основы своего учения о геологических формациях, которое послужило базой для регионально-тектонического анализа и выявления закономерностей размещения полезных ископаемых в земной коре.

Формации, по Н.С. Шатскому, - естественные комплексы пород, отдельные члены которых «тесно, парагенетически связаны друг с другом как в вертикальном, возрастном отношении, так и в горизонтальном, пространственном отношении». Он подметил приуроченность формаций к определенным типам тектонических структур. Начиная с 1946 г. Н.С. Шатский не проводил полевых экспедиционных работ. Наступил последний - четвертый период его научной и научно-организационной деятельности. В течение этого завершающего короткого и одновременно удивительно плодотворного

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

творческого пути, он направил все силы на тщательное изучение тектоники древних платформ посредством сравнительно-тектонического анализа; на разработку методологических основ тектонической картографии и составление оригинальных тектонических карт; на установление с помощью формационного анализа закономерностей размещения полезных ископаемых в земной коре как основы для их прогноза на территории Советского Союза.

В 1948 г. на 1-м Всесоюзном совещании, посвященном тектоническим картам, Н.С. Шатский был научным руководителем. Необходимость регулярного проведения общесоюзных тектонических форумов воплотилась в созданном в 1963 г. Тектоническом комитете АН СССР (впоследствии в Междуведомственном тектоническом комитете), который ежегодно организует и проводит тектонические совещания. В 1948 г. Н.С. Шатского назначили Главным редактором многотомного издания «Тектоника СССР» и он оставался им до конца жизни. В начале 50-х годов, по инициативе Н.С. Шатского, при его непосредственном участии и руководстве, коллектив тектонического отдела ИГН активизировал работу по тектонической картографии. В 1953 г. вышли в свет две карты, предназначенные, в первую очередь, для высших учебных заведений: «Геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 4000 000», составленная под общей редакцией и руководством Н.С. Шатского и Д.А. Туголесова; «Тектоническая карта СССР. Масштаб 1 : 4 000 000», составленная под общей редакцией Н.С. Шатского.

Вторую карту Николай Сергеевич завершал фактически в одиночестве на даче в Абрамцево, мастерски сводя воедино разрозненные и не вполне однотипные материалы. Великолепно зная геологическое строение крупнейших регионов Советского Союза, он продолжал готовить к печати новые геологические карты и активно развивать одно из самых перспективных направлений в геотектонике - составление многокрасочных многолистных обзорных тектонических карт, отражающих структуру обширных площадей в разных масштабах.

Он осуществил научное редактирование и общее руководство при подготовке двух изданий «Геологической карты Евразии: Масштаб 1 : 6 000 000» (1954, 1956); был Главным редактором «Тектонической карты СССР и сопредельных стран: Масштаб 1 : 5 000 000» (1956), а затем совместно с А.А.Богдановым опубликовал в 1957 г. «Объяснительную записку» к этой карте.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Когда Президиум АН СССР 30 декабря 1955 г. принял решение реорганизовать ИГН АН СССР и создать на его базе два самостоятельных учреждения - Геологический институт АН СССР (ГИН) и Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР (ИГЕМ), то Н.С. Шатского единогласно избрали директором ГИН - ведущего головного академического научно-исследовательского Института страны.

На протяжении 1956-1960 гг. он сосредоточил тематику ГИН вокруг проблемы, посвященной осадочным формациям и закономерностям размещения в них полезных ископаемых. Его внимание очень привлекали и общие металлогенические проблемы. На общем собрании ОГГН АН СССР, проходившем 31 января-2 февраля 1955 г., он сделал очень интересный и столь же актуальный доклад на тему: «Изучение законов размещения минеральных концентраций в земной коре». Вскоре была создана Межведомственная комиссия по разработке проблемы «Закономерности размещения полезных ископаемых в земной коре», которую Н.С. Шатский возглавлял до последних дней жизни. За короткий период вышли в свет пять томов фундаментального издания «Закономерности размещения полезных ископаемых» (1958-1962 гг., отв. ред. Н.С. Шатский).

«Тектоническая карта СССР и сопредельных стран» (1956), триумфально демонстрировавшаяся по всей стране на различных собраниях геологов- профессионалов и студентов высших и средних специальных учебных заведений, имела большой резонанс на 20-й сессии Международного геологического конгресса, состоявшейся в 1956 г. в Мексике (г. Мехико). Карта получила всеобщее одобрение, а Н.С. Шатского избрали президентом Подкомиссии по созданию тектонической карты мира. Его научные интересы не ограничивались исключительно только тектоникой, стратиграфией, литологией и полезными ископаемыми. Значительное внимание он уделял истории науки, включая общие философские вопросы естествознания. Николай Сергеевич считал, что каждый исследователь должен хорошо представлять себе развитие той области научных знаний, в которой он работает, ибо история науки намного облегчает формирование правильного направления исследовательской мысли.

Обладая могучим интеллектом творца, Н.С. Шатский не подавлял своим авторитетом, всегда был доброжелателен. В его замечаниях не было категоричности, ибо делал он их как бы мимоходом, в форме совета или даже вопроса.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В 1960 г. на 21-й сессии Международного геологического конгресса, происходившей в г. Копенгагене, демонстрировалась «Международная тектоническая карта Европы. Масштаб 1:2 500 000», в составлении которой Н.С. Шатский участвовал непосредственно и был ее редактором. В конце 1960 г. вышло в свет одно из выдающихся теоретических исследований Н.С. Шатского «Геотектоническая закономерность распределения эндогенных рудных месторождений», в котором среди ряда интереснейших выводов он высказал следующее положение: Тихоокеанская область Земли по тектоническим, магматическим и металлогеническим характеристикам аномальна по сравнению с другой областью планеты, где складчатые пояса развиваются между древними платформами, что свидетельствует о дисимметрии планеты. Эта мысль подкрепляется сейчас новыми данными о строении Луны, Марса и Меркурия, где также подмечена структурная асимметрия.

Н.С. Шатский скоропостижно скончался 1 августа 1960 г. в период подготовки к 21-й сессии Международного геологического конгресса.

По материалам Wikipedia, GeoWiki, сайтов G-to-G, Павловская геологическая школа, 2004

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.11. СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ ШУЛЬЦ

Сергей Сергеевич Шульц родился в Костроме в семье, происходящей из немецкого дворянского рода Шульцев. Из-за конфликта с преподавателем он оставил реальное училище и перешёл в Морской кадетский корпус. При завершении учёбы в марте 1917 года был арестован за срыв красных флагов и подвергнут суду Временного правительства за монархические настроения с запретом сдавать экзамены. Из-за этого был выпущен из корпуса гардемаринов вольноопределяющимся с низшим унтер-офицерским званием. После окончания Елисаветградского кавалерийского училища служил в Белой армии, был захвачен в плен в Иркутске, выведен на расстрел, но чудом спасся (расстрелыщики дали убежать части молодых офицеров).

Работал на лесосплаве (1920-1921 г.г.). Встретившиеся ему на Енисее сотрудники Гидрографической экспедиции академии наук помогли оформить документы, позволявшие вернуться в Петроград, где находились его родные. В Петрограде был вскоре арестован как заложник и приговорен к расстрелу. Ему удалось освободиться всего за несколько часов до расстрела лишь благодаря родственным связям жены. После окончания географического факультета Ленинградского государственного университета в 1928 г., С.С.Шульц работал в Геологическом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

комитете под руководством Д.И. Мушкетова, который незадолго до своего ареста в 1937 посоветовал Шульцу уехать на многомесячные полевые работы. Поэтому дальнейшие научные интересы С.С. Шульца на протяжении более 20 лет были связаны с геологией Средней Азии, главным образом, горной системы Тянь-Шань. Исследования, проведённые С.С.Шульцем в Тянь-Шане, привели к крупным теоретическим построениям. Главным их результатом явилось введение в геотектонику нового раздела - новейшая тектоника. Эту проблему он разрабатывал более 30 лет, начиная с 1932 г., когда он ввёл в науку этот термин.

После Великой Отечественной Войны С.С.Шульц защитил докторскую диссертацию и работал во ВСЕГЕИ, откуда был отчислен и, во избежание ареста, срочно уехал в Среднюю Азию, где продолжал работать сначала в Киргизском геологическом управлении, а затем в Среднеазиатском геологическом управлении в Ташкенте. Монография «Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня» (1948) по праву считается классическим трудом, содержащим методику и методологию изучения новейших тектонических движений. Дальнейшая разработка учения о новейшем тектогенезе существенно обогатила тектонику в целом. С.С.Шульц ввёл понятие о геоструктурных областях и показал независимость орогенического процесса от предшествовавшего тектонического режима.

После смерти И.В. Сталина в 1953 году С. С. Шульц вернулся в Ленинград. В 1959 г. под редакцией С.С.Шульца и Н.И.Николаева была построена первая карта новейшей тектоники СССР. Развивая представления о длительности фаз складкообразования, С.С.Шульц ввёл понятие о конседиментационной складчатости а позднее в монографии «Тектоника земной коры» - о конденудационной и конэрозионной складчатости. Показав ведущее значение новейшей тектоники в рельефообразовании, С.С. Шульц особо подчеркивал разницу между тектоническим процессом и его геоморфологическим выражением. На кафедре под его руководством также проводилось изучение линеаментов и планетарной трещиноватости - сети закономерно ориентированных трещин и мобильных зон (регматических решеток), организующих структуру и рельеф Земли.

По материалам Wikipedia, GeoWiki, сайтов G-to-G, Павловская геологическая школа, 2004.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.12. ИГНАТИЙ ОСИПОВИЧ БРОД

Игнатий Осипович Брод родился в 1902 году в Саратове в семье Земского врача. В 16 лет ушел добровольцем в Красную армию, в 18 лет демобилизовался, служил мотористом и авиационным механиком. Учился сначала в Саратовском университете, затем – в Ленинградском горном институте.

Геологическую деятельность начал со студенческих лет. С 1926 по 1933 г. по поручению Геолкома и Нефтяного геологоразведочного института проводил детальное геологическое изучение основных нефтеносных и перспективных площадей Дагестана и составил план последовательности ввода площадей в разведку. В 1933 г. назначен управляющим Грознефтеразведки, а позже — главным геологом Грознефтекомбината. И.О.Брод разворачивает кипучую деятельность. Под его руководством или при непосредственном участии происходила разведка и освоение множества Северо-Кавказских месторождений.

Его успешные прогнозы нефтегазоносности в Дагестане базировались на составленной им вместе с его женой, Н.Ю. Успенской (рис. 24.37) детальной геологической карты. По инициативе двух молодых ученых – И.О.Брода и Н.Ю. Успенской был заложен город-сад, город-спутник

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

открытого ими месторождения Избербаш. Они же с лопатами в руках озеленяли первые улицы Избербаша.



Рис. 24.36. Наталья Юрьевна Успенская – жена и коллега И.О.Брода

С 1928 г. начал педагогическую деятельность в Ленинградском горном институте, а с 1934 г. заведовал кафедрой геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений Грозненского нефтяного института. Уже в тридцатые годы И.О. Брод утверждал, что графические построения являются основным отчетным документом геолога. Его требования в этом отношении были весьма жесткими и оставались таковыми и в последующее время.

В 1937 г. в СССР проводилась 17 сессия Международного геологического конгресса. Именно на этой сессии академиком И.М.Губкиным были блестяще обоснованы перспективы нефтегазоносности Волго-Уральской области, в этом отношении тогда мало кому известной. Подготовка материалов к 17 сессии по Восточному Предкавказью осуществлялась И.О. Бродом совместно с Н.Ю. Успенской, Е.Н. Старобинцем и другими геологами. Была опубликована серия работ, в которых подытоживались результаты геологических и производственных исследований по всему Восточному Предкавказью и нефтяным месторождениям, известным к тому времени в этой области.

Наступил 1937 год. В местной прессе (газета «Грозненский рабочий», журнал «Грозненский нефтяник») появились критические статьи по деятельности главного геолога Грознефти И.О.Брода. Обвинялся он в том, что вместо того, чтобы сидеть на своем месте в кабинете и хорошо организовывать разведочные работы на известных месторождениях или вблизи них, он «катается на своей машине по Затеречной равнине; производственные мощности (буровые станки)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

перетянул на малоперспективную площадь Махачкала, да еще предлагает выходить на Каспийский шельф». Это представлялось как типичное вредительство - отвлечение государственных мощностей на ненужные направления, да еще и желание утопить оборудование в море. Игнатия Осиповича Брода арестовали. Его обвиняли в связях сразу с несколькими иностранными спецслужбами, в умышленно неверной разведке им же открытых месторождений и в других подобных грехах.

Под следствием И.О. Брод сидел меньше года. Игнатий Осипович не любил вспоминать это время. «Что значит один выбитый зуб в сравнении с жизнью?». Д.В.Несмеянова [Несмеянов, 2002], вспоминает рассказ И.О. Брода, что когда тот писал собственноручные признательные показания, акростихом в них стояло «Я НЕ ВИНОВАТ. ЭТО ВСЕ НЕПРАВДА». На суде Брод отказался от признаний, заявив, что они получены под давлением и обратил внимание судей на зашифрованные фразы. Дело отправили на доследование, несколько раз процесс затягивался. Освобождение пришло неожиданно. В камере случайно на глаза ему попался обрывок местной газеты, в которой сообщалось, что скважина, заложенная на разведочной площади Махачкала, дала фонтан нефти. Отпадало основное обвинение. Так же рассыпались и другие обвинения. В Затеречной равнине в 50-е годы были открыты крупные месторождения (Озексуат и др.), найдены месторождения и на море.

В 1939 году в Московском нефтяном институте появились два новых преподавателя, известные ученые – элегантный И.О. Брод и красавица Н.Ю. Успенская, одетая по последнему слову моды. Наступил 1941 год. И. О.Брод ушел добровольцем в Московское ополчение, но побыл там недолго. Одним из первых приказов Государственного комитета обороны был приказ о мобилизации работников нефтяной промышленности – войне нужно было горючее и масла. В результате военных действий промышленные районы оказались отрезанными от военных действий, необходимо было срочно осваивать Волго-Уральскую область.

В 1942 году И.О. Брод приступил к заведованию кафедрой геологии нефтяных и газовых месторождений Московского нефтяного института, а с 1944 г. до последних дней жизни заведовал кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ. В пятидесятые годы, под его руководством в созданной им в 1952 г. экспедиции КЮГЭ АН СССР (Комплексная южная геологическая экспедиция) начатые им еще в тридцатые годы работы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

по изучению геологического строения третичных отложений Дагестана детализируются и существенно углубляются. Теперь они охватывают по возрасту и мезозойские отложения, а по характеру изображений доводятся до структурных карт и палеотектонических построений. Совместно с Н.Ю. Успенской он выделяет две предгорные антиклинальные зоны в Дагестане, которые прослеживаются западнее в виде Терского и Сунженского антиклинориев. Позже он проследил развитие этих передовых складок до Таманского полуострова. На основании геологических построений он предсказывает открытие погребенных поднятий в районе рек Лабы и Кубани, а также Кубанского антиклинория к западу от г. Краснодара. И.О. Брод впервые дал историческую картину возникновения и строения сложнопостроенных антиклинориев. По его мнению, многочисленные антиклинальные складки в третичных (и мезозойских) отложениях располагались кулисообразно. Образование их обязано развитию глубинных разломов, и вместе с тем он не исключал возможности обнаружения у них общего цоколя, где-нибудь уже в мезозойских отложениях. Это выводило вперед перспективы нефтегазоносности мезозоя Северного Кавказа.

В своих региональных тектонических взглядах И.О. Брод развивал идеи об образовании щитов разновозрастными складчатыми сооружениями. Вслед за Н.С. Шатским, он выделял планетарные меридиональные волны подъемов и прогибов. Большое значение И.О. Бродом предавалось идее унаследованности в геологических процессах. Поэтому им уделялось много внимания структурно-геологическим и морфологическим исследованиям, особенно с применением аэрофотосъемки.

В 1950 (или 1951 г.) он консультировал геологическую съемку листа Р-41. Вместе с начальником экспедиции Г.Ф. Лунгергаузеном они отметили наличие антиклинальной структуры в районе с. Березово, и предложили заложить там поисковую скважину на нефть и газ. Соответствующие предложения были направлены во Всесоюзный аэрогеологичский трест (ВАГТ), ныне – объединение «Аэрогеология» и министерство геологии. При начале бурения этой скважины по техническим причинам точку несколько сместили и «потеряли» авторов. Скважина дала первый в Западной Сибири фонтан газа. Позже также с применением аэрометода И.О.Бродом были выявлены погребенные структуры в Западном Предкавказье и на территории Общего Сырта. В пятидесятые годы обстановка в стране снова осложнилась. Среди деятелей науки и искусства развернулась борьба против «безродных космополитов», и «низкопоклонства перед

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

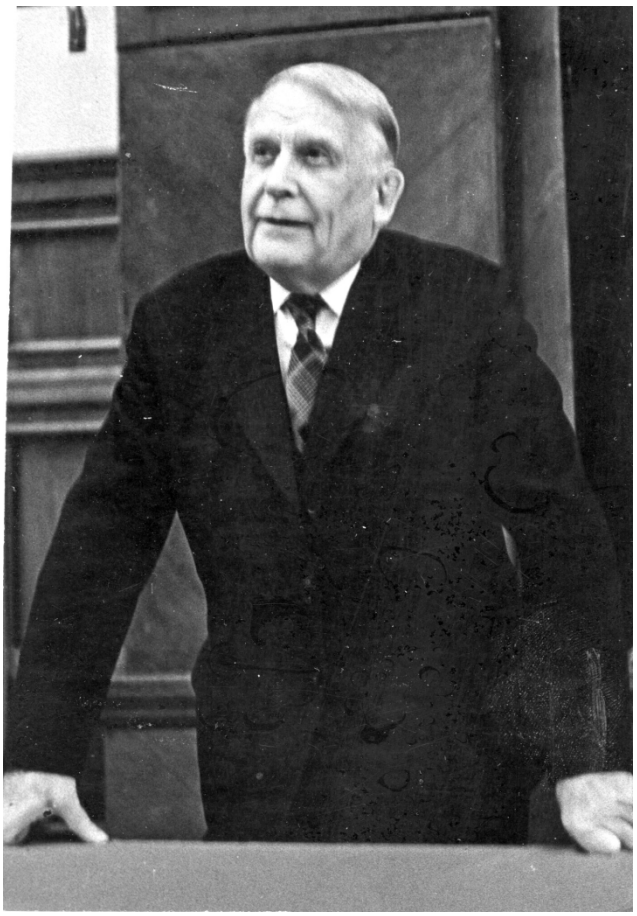
Западом». Уничтожение неугодных лиц не всегда было чисто физическим. Оно могло выразиться в осуждении на годы лагерей и ссылок. Иногда система ограничивалась «проработкой» того или иного деятеля.
Несколько статей Игнатия Осиповича привлекли внимание недоброжелателей, и он был «назначен» жертвой в нефтяной геологии. Обсуждение работ И.О. Брода с обвинением в "низкопоклонничестве и космополитизме" состоялись. Его друг и ученик – Н.А.Еременко вспоминает: «…Помню только большую аудиторию амфитеатром, внизу стол с "судьями" и "обличительные" речи обвинителей, член-корреспондентов АН СССР, господ В. и Ф., и восседавших возле них докторов наук Р. и С. (принципиально не привожу фамилий, они уже перешли в мир "иной" - Бог им судья) [Еременко, 2002].

Еще тогда Игнатий Осипович, основываясь на сформулированном им «Бродовском законе» [Постникова, 2002] , сформулированном в работе «Об основном условии нефтегазонакопления», выделял Западно-Сибирскую и Северо-Каспийскую впадины и Предкавказье как наиболее перспективные территории в плане нефтегазоносности. Однако, все нефтегазоноисковые и разведочные работы по Западной Сибири, в Челекене и на Избербаше решено было прекратить. В 1961 году в журнале «Геология нефти и газа» №1 вышла статья о несостоятельности и вредности научных позиций Брода по обоснованию высоких перспектив Западной Сибири, Северо-Каспийского региона и других. Вышли и другие работы с обвинениями И.О.Брода в отсутствии чувства ответственности по неправильной ориентировке геологоразведочных работ и разработке научных . Впоследствии жизнь показала обратное.

В 1961 году И.О.Брод был назначен председателем правительственной комиссии на Украине, где сложилась плохая ситуация с подготовкой запасов нефти, и он собрав коллектив из 200 геологов разбил их на небольшие группы, поручив каждой группе отдельный район Украины, а затем на небольшом самолете летал от одной группы к другой. На заключительном совещании в Киеве ему стало плохо с сердцем и вскоре его не стало.

По материалам Wikipedia, GeoWiki, сайтов G-to-G, геологии и геохимии горючих ископаемых МГУ (http://oilmsu.ru/about/history/), Н.А. Еременко, Д.В. Несмеянова, И.Е. Постниковой, Г. Худайназарова в сб. Воспоминания о И.О. Броде и Н.Б. Вассоевиче, 2002

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.13. ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ БЕЛОУСОВ

Владимир Владимирович Белоусов родился в 1907 году в Москве в семье адвоката. В 1927 г. поступил в Московский университет на физико-математический факультет, в 1930 г. его отчислили из университета, якобы за неуспеваемость. Он едет в Ленинград к профессору М. Тетяеву, одному из самых видных тектонистов того времени и начинает работать под его руководством.

Самостоятельную научную деятельность В.В.Белоусов начал в геолого-разведочном бюро газовых месторождений (Гелиеразведка). Уже в 1934 году появляется его первая монография «Вопросы геологии гелия», на которую сразу же обратил внимание В.И. Вернадский, рекомендовав для печати во Франции.

В.В. Белоусов практически разработал метод фаций и мощностей для тектонического анализа, теоретически обоснованный его учителем М. Тетяевым.

В 1943 году В.В.Белоусов стал заведующим кафедрой общей геологии МГРИ и читает курс лекций по геотектонике. В этом же году О.Ю. Шмидт, послушав доклад В.В. Белоусова о радиомиграционной гипотезе, пригласил его работать в институт теоретической геофизики.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В 1944 г. Владимир Владимирович организовал в этом институте лабораторию геодинамики, превратившуюся позднее в крупный отдел, в задачи которого входила разработка проблем образования тектонических структур. Вместе со своим учеником М.В. Гзовским, М.В. Белоусов создал новое направление тектоники – тектонофизику, в рамках которого на моделях экспериментально изучались вопросы происхождения пликативных и дизъюнктивных нарушений.

В 1948 году В.В.Белоусов опубликовал первую из своих монографий – «Основы геотектоники». В ней он проанализировал всю имеющуюся зарубежную литературу, что было неслыханно во времена борьбы с космополитизмом. В том же 1948 году В.В. Белоусов возглавил советскую делегацию и открыл работу Международного геологического конгресса в Лондоне. На нем Владимир Владимирович представляет доклад «статистический анализ формирования осадочных толщ», открывая еще одно направление в науке.

С 1953 г. педагогическая деятельность В.В. Белоусова связана с геологическим факультетом Московского государственного университета, где позже он создал также лабораторию геотектоники и тектонофизики. В.В. Белоусов читал курс геотектоники и специальный курс структурной геологии практически до конца своей жизни, написав для этого ряд учебников: «Основные вопросы геотектоники», «Общая геотектоника», «Структурная геология», «Основы геотектоники», которые неоднократно переиздавались не только в нашей стране, но и за рубежом. Он был замечательный лектор. На фотографии изображен В.В. Белоусов в 611 (большой геологической) аудитории МГУ, читающий лекцию по общей геотектонике.

Мне посчастливилось выполнять дипломную работу под его руководством. В тот период В.В. Белоусов, кроме своих прочих обязанностей, был занят подготовкой советской экспедиции в Исландию. Он был занят и приглашал меня для консультаций к себе домой. И там, среди квартиры, заваленной полевым оборудованием и вьючными ящиками, он направлял мою работу. Была поставлена задача сравнить ориентировку напряжений по данным шлифов, при массовых замерах трещиноватости и по материалам дешифрирования аэроснимков. Поначалу Владимир Владимирович скептически отнесся к аэроснимкам, заявив, что на них он может найти даже профиль своей тетушки, но потом убедился в целесообразности их использования. Когда мне понадобилось для петроструктурных исследований освоить Федоровский столик, он организовал

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

консультации в геологическом институте. Когда понадобились консультации в статистической обработке материалов – и тут он знал, к кому направить. Но, главное, я научилась смотреть на явления с разных точек зрения. Эти уроки помню до сих пор.

В 1953 г. В.В. Белоусов был избран членом-корреспондентом АН СССР и после этого начался новый этап в его жизни, связанный с международной научно-организационной деятельностью. Он возглавлял делегацию советских ученых, на X Генеральную ассамблею Международного геодезического и геофизического союза (МГТС), в Риме. В.В. Белоусов проявил блестящий организаторский талант в сфере международного научного сотрудничества. На XII сессии МГГС В.В. Белоусов предлагает научный проект «Верхняя мантия и ее влияние на развитие земной коры». Этот и следующий за ним «Геодинамический проект» имели особое значение для советских ученых, волею обстоятельств того времени обреченных на почти полную изолированность. В.В. Белоусов с 1961 г. и почти до конца жизни возглавлял Межведомственный геофизический комитет, занимавшийся международными научными связями, а также был бессменным (с 1964 г.) председателем научного совета АН СССР по комплексным исследованиям земной коры и верхней мантии в СССР. Предложенные им проекты были направлены не только на объединение и координацию исследований на различных континентах, но и на объединение научных дисциплин, изучающих различные аспекты строения Земли — геологии, геофизики, геохимии. В.В. Белоусов отчетливо понимал и настойчиво внедрял в сознание исследователей мысль о том, что успешное познание закономерностей строения и развития земной коры и Земли в целом невозможно без комплексного подхода к этим вопросам и определил особое «геономическое» направление в изучении Земли, синтезирующее результаты геологических, геофизических и геохимических исследований.

Огромная организационная работа не заслоняла научные интересы В.В. Белоусова. Начиная с 40-х годов и до конца жизни, он разрабатывал идею развития земной коры, связанную с выделением тепла в результате радиоактивного распада элементов и гравитационной дифференциации вещества. На протяжении всей жизни В.В. Белоусов придерживался точки зрения о примате вертикальных движений в развитии земной коры.

Его обобщающая научная концепция со временем обогащалась всем новым и значительным, что появлялось в арсенале знаний о

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Земле, оставаясь удивительно последовательной и в то же время емкой, способной «разместить» в себе все новые факты о структурно-вещественном устройстве Земли. Своеобразным критерием истинности обобщающей геотектонической концепции была для него способность этой концепции объяснить генезис какой-нибудь конкретной складки в Приуралье. И все его обобщающие построения были направлены на увязывание первопричин тектонической жизни с конкретным ее структурным выражением.

В.В. Белоусов был одним из первых тектонистов, кто, начиная с 40-х годов, разрабатывал оригинальную гипотезу образования океанических впадин, предложив общий механизм базификации континентальной земной коры, который также видоизменялся и совершенствовался со временем по мере поступления новых материалов о строении океанических впадин. Таким образом, В.В. Белоусов не только декларировал необходимость комплексного геономического подхода к изучению Земли, но и осуществлял его в своих работах. Особенно это проявилось в его учении об эндогенных режимах, которое он начал развивать с 70-х годов.

Квинтэссенцией научного творчества В.В.Белоусова стала его фундаментальная геотектоническая концепция эндогенных режимов, которую он разрабатывал в течение последних двадцати лет своей жизни. Эндогенные режимы, как закономерное сочетание в пространстве и времени тектонических, магматических и метаморфических процессов, обусловливаются неравномерностью поступления в земную кору глубинного тепла и состоянием (степенью проницаемости) самой коры. Эндогенные режимы и их смена регулируют тектоническую жизнь Земли и, в конечном счете, определяют ее структурный облик. В первую очередь эти проблемы касаются изучения взаимодействия вещества верхней коры и мантии, физико-химических характеристик глубинных недр, вещественной неоднородности мантии. В свете решения этих вопросов на новом качественном уровне могут рассматриваться закономерности и механизм развития разрывных и складчатых нарушений или связи тектоники и магматизма.

В.В.Белоусов — один из немногих геологов, кто осознавал философские основы геологической науки. И одним из важнейших элементов геологии он рассматривал время. Именно отношение к геологии как науке естественноисторической было одной из причин, почему так чутко реагировавший на все новое в науке В.В. Белоусов не принял возникшую в 60-е годы гипотезу тектоники плит, как

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

неспособную раскрыть геологическую историю Земли. Другой причиной была чрезмерная упрощенность этой гипотезы и шокирующая легкость, с которой решались геологические проблемы.

В своей посмертной статье «Тектоника плит и тектонические обобщения» он писал, что «геологические процессы состоят из необозримого числа составных элементов разных порядков, слившихся между собой в плотный неделимый клубок. Сложность геологических процессов составляет часто самую суть их».

В.В. Белоусов нередко отказывался от должностей и постов и в других, менее серьезных случаях, когда понимал, что не может в полную силу выполнять связанные с ними обязанности. Он соединил в себе талант творчески работающего ученого, яркого преподавателя и незаурядного организатора науки в мировом масштабе. Он являлся вдохновителем и организатором комплексных региональных исследований в нашей стране и др. регионах Земли. Возглавлял им Межведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР и Научный совет по комплексным исследованиям земной коры и верхней мантии ОГГГ АН. Он стоял у истоков программы сверхглубокого бурения (Кольская скважина и др.). Владимир Владимирович был избран членом Шведской, Индийской, Нью-Йоркской академий наук, геологических обществ Англии, Америки, Франции, Бельгии, Индии, итальянской академии «Деп Личен», почетным доктором в Нью-Кастре и Лейпциге. Однако действительным чл. АН СССР, он так и не стал, Комитет по Ленинским и Государственным премиям также неизменно отклонял его блестящие монографии. Воистину «нет пророка в своём отечестве»…

По материалам Wikipedia, GeoWiki, сайтов G-to-G, Владимир Владимирович Белоусов, Материалы к библиографии ученых ОИФЗ РАН, составитель Л.И. Иогансон, М., 1997

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.14. ГЕНРИХ ФРИДРИХОВИЧ ЛУНГЕРСГАУЗЕН

Лев-Генрих Фридрихович Лунгерсгаузен родился в 1910 году в г. Данкове в семье профессора геологии Ф.В. Лунгерсгаузена. Научные интересы Генриха Фридриховича определились очень рано. Уже в 15 — 16-летнем возрасте он начал вести полевые геологические исследования вместе со своим отцом. Г.Ф. Лунгерсгаузен окончил Киевский горногеологический институт и до 1941 г. работал в западных районах СССР, проводя геологическую съемку, геоморфологические, палеогеографические исследования. В эти годы он приобрел большой опыт полевых и лабораторных работ; тогда же проявился и его талант ученого. В 1939г. сводная работа Г. Ф. Лунгерсгаузена, посвященная геологии и геоморфология Подолии, была отмечена первой премией на конкурсе молодых ученых Украины. Вскоре Генрих Фридрихович перешел на научную работу - сначала в Академию наук УССР, затем - в Советскую секцию Международной ассоциации по изучению четвертичного периода, которая находилась тогда при ВСЕГЕИ, в Ленинграде.

Начавшаяся Великая Отечественная война поставила перед геологами неотложные задачи по расширению минерально-сырьевой базы страны, и уже осенью 1941 г. Г. Ф. Лунгерсгаузен - вновь на производственной работе, которую он не оставлял до конца жизни. В 1941 — 1946 гг. Генрих Фридрихович работал в Башкирском геологическом управлении, охватив исследованиями обширные районы Урала и Приуралья.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В 1946 г. Г. Ф. Лунгерсгаузен был переведен на работу во Всесоюзный аэрогеологический трест (ВАГТ) в Москве, с 1952 г. Г. Ф. Лунгерсгаузен - его главный геолог. За годы работы в ВАГТе Генрих Фридрихович руководил комплексной геологической съемкой и принимал непосредственное участие в изучении Нижнего Поволжья, обширных территорий Западной Сибири, Средне-Сибирского плато, Забайкалья, Алтая, Верхоянской горной страны, побережья моря Лаптевых.

При непосредственном участии, и под руководствам Г. Ф. Лунгерсгаузена были впервые организованы комплексные геологосъемочные работы в слабоизученных районах Сибири на основе применения аэрометодов. Г. Ф. Лунгерсгаузен явился создателем методики аэрогеологического картирования в Сибири, он вырастил большой отряд специалистов, владеющих современными приемами геолого-геоморфологического анализа, с широким использованием аэрофотоматериалов. Под научно-методическим руководством Г.Ф. Лунгерсгаузена ВАГТ (впоследствии – объединение «Аэрогеология») превратился в ведущее учреждение в области комплексного геологического картирования — учреждение, сочетающее большой объем производственных работ со значительными научными исследованиями и методическими разработками.

Под его руководством и с его непосредственным участием созданы геологические карты огромных пространств Сибири, бывшие ранее белыми пятнами. Выполнению обязанностей главного геолога ВАГТа Г. Ф. Лунгерсгаузен отдавал много сил и времени. Он уделял большое внимание обучению и воспитанию молодых специалистов, разработке методики геологосъемочных работ и широкому внедрению аэрометода в практику геологической службы. Прекрасное знание геоморфологии, тонкое понимание рельефа позволили Г. Ф. Лунгерсгаузену стать подлинным лидером аэрологического направления, предусматривающего самое широкое использование геоморфологических данных и методов для изучения геологического строения. Невозможно переоценить роль Генриха Фридриховича в этой области.

Несмотря на большую занятость производственны мл задачами, Г. Ф. Лунгерсгаузен постоянно вел напряженную исследовательскую работу. Теснейшая связь с комплексными геологосъемочными работами, личные наблюдения в самых разнообразных по геологическому строению и рельефу регионах СССР давали Г. Ф.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Лунгерсгаузену обширный и надежный материал для научных выводов и обобщений. Г. Ф. Лунгерсгаузену принадлежат капитальные исследования в области стратиграфии, палеонтологии, литологии, палеогеографии, тектоники, а также геоморфологии, неотектоники, четвертичной геологии. Генрих Фридрихович опубликовал ряд замечательных работ регионального и теоретического характера по этим вопросам; внес крупный вклад в разработку методики геоморфологического картирования; много сделал для развития новой отрасли науки о Земле — неотектоники. Г. Ф. Лунгерегаузен был, несомненно, не только один из ведущих геологов, но и геоморфологов нашей страны.

Красной нитью через научное творчество Г.Ф. Лунгерсгаузена прошли поиски закономерностей хода палеогеографических событий, изучение циклов (ритмов) различной продолжительности в явлениях тектогенеза, процессах денудации, аккумуляции и литогенеза в изменениях климата, трансгрессиях и регрессиях морей, оледенениях, в развитии организмов. В этом направлении работы, быть может, полнее всего проявился самобытный талант Генриха Фридриховича, его необыкновенная эрудиция, его способность и к скрупулезному анализу отдельных фактов, и к широкому синтезу данных стратиграфии, литологии, палеогеографии, геоморфологии и других наук о Земле.

Излюбленной темой Г. Ф. Лунгерсгаузена, особенно близкой геоморфологам и географам, была проблема древних, дочетвертичных оледенений. Следы древних оледенений открыты Г.Ф. Лунгерсгаузеном в архее, протерозое, девоне, перми ряда областей СССР. Он выделил особый тип отложений, названный им инфлювием (образуется на дне карстовых пещер за счёт их обрушения и образования осадков), предсказал залежи якутских алмазов, а также вместе с И.О. Бродом с применением аэрофотосъемки наметил первоначальное положение Березовской скважины, давшей начало открытию нефтегазоносности Западной Сибири. Он первый наметил крупные зоны разломов, секущие Сибирскую платформу.

В последние годы жизни Г. Ф. Лунгерсгаузен пришел к убеждению, что общую, наиболее кардинальную причину периодичности историко-геологических процессов следует искать среди космических, астрофизических факторов.

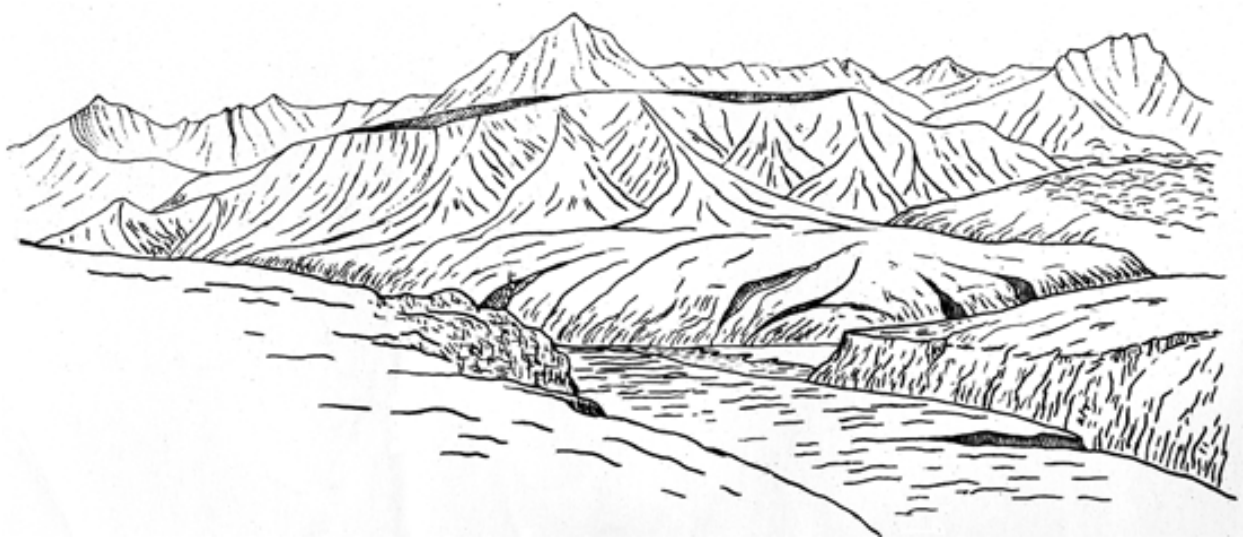
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Генрих Фридрихович Лунгерсгаузен был чрезвычайно эрудирован во многих вопросах геологии. Он хорошо знал зарубежную литературу и много сил приложил к тому, чтобы достояние мировой науки стало известно советскому читателю. Генрих Фридрихович был инициатором издания многих переводных работ, и принимал на себя обязанности редактора этих работ. К таким работам относится, например двухтомник Ф. Лахи «Полевая геология».

Генрих Фридрихович глубоко любил природу, он хорошо знал историю, литературу, живопись. Он сочинял стихи и рисовал, любил людей и умел их ценить.

Много раз попадал в Генрих Фридрихович Лунгерсгаузен авиакатастрофы, но не получил серьёзных травм. А умер на полевых работах в Эвенкии в 1966 году. Перед смертью он говорил коллектору, которая сопровождала его при попытке вывезти в поселок: «не плачь, милая, от слез морщинки появятся».

По материалам Wikipedia, GeoWiki, Вопросы региональной геологии СССР, М., Недра, 1971, Вступительная статья, посвященная памяти Г.Ф. Лунгерсгаузена, Памяти Г.Ф. Лунгерсгаузена, Изв. АН СССР, серия географическая, М., № 6, 1966.



Из полевых зарисовок Г.Ф. Лунгерсгаузена

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.15. Юрий Александрович Косыгин

Юрий Александрович Косыгин родился в 1911 году в семье геолога-нефтяника профессора Александра Ивановича Косыгина. Поработав несколько лет с отцом, в геологических партиях на Сахалине и в Средней Азии, школьник Юрий Косыгин выбирает нефтяную геологию. Юрий Косыгин после окончания школы поступил в Московскую горную академию.

После окончания института Косыгин работал в тресте Туркменнефть, где прошел путь от геолога до директора геологоразведочного управления. В двадцать три года Ю.А. Косыгин выдвинул свою кандидатуру на должность директора нефтепромысла Небитдаг. Самозваный претендент оперировал единственным аргументом – никто, кроме него, не сможет навести порядок в делах, обеспечить рост нефтедобычи. До этого Небитдаг добывал десятки тонн нефти в сутки, а после реализации программы разведки и эксплуатации, разработанной новым начальником, стал стабильно давать тысячи тонн без открытых фонтанов и потерь. Но сам Ю.А. Косыгин оценивал свою работу иначе. «Я был плохим директором. Я совершенно не представлял себе других интересов человека, кроме работы. А ведь на промысле были семейные люди, дети, больные. Всего этого для меня не существовало».

В том же году Юрий Косыгин стал ассистентом и заведующим кафедрой в Московском нефтяном и одновременно с 1935 по 1941 год работал в Институте горючих ископаемых АН СССР. В это время Юрий Косыгин интересовался тектоникой нефтеносных областей: проводил полевые исследования в Западном Казахстане и на Украине. С 1941 по 1945 годы Юрий Косыгин участвовал в Великой Отечественной войне и в 1945 году был уволен в запас в звании инженер-майора интендантской службы. После демобилизации

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Косыгин работал в Геологическом институте АН СССР, совмещая с преподавательской деятельностью в Московском нефтяном институте, а затем в Академии нефтяной промышленности. В это время он проводил экспедиционные исследования. Итогом этих исследований стала монография «Соляная тектоника платформенных областей». Ещё нетитулованным сотрудником Геологического института в Москве Юрий Александрович зарекомендовал себя в научной полемике задиристым, как д'Артаньян в вопросах мушкетерской чести. И когда Косыгина выдвинули в члены-корреспонденты Академии наук по Сибирскому отделению, многие рассматривали это выдвижение из Геологического института так: «Избавиться хотят, совсем житья от вас не стало».

В 1958 году Юрий Косыгин переехал в Новосибирск, где возглавил лабораторию тектонической карты, позднее преобразованную в лабораторию геотектоники, а затем - в отдел геотектоники в Институте геологии и геофизики. В 1959 году в Новосибирске открылся университет, в котором Юрий Косыгин организовал и в последующем возглавил кафедру общей геологии и геологии СССР. В 1970 году Ю. Косыгин организовал и возглавил Институт тектоники и геофизики АН СССР в Хабаровске и тогда же стал заместителем председателя Президиума Дальневосточного научного центра, а затем Дальневосточного отделения АН СССР.

Система воспитания научной молодёжи у Юрия Александровича была своеобразна, но результативна. Сотрудников Косыгин школил немилосердно. Он вспоминал: «Я оцениваю прежде всего личные возможности сотрудника. Если у человека голова работает, пусть исповедует что угодно, даже если это противоречит не только моим взглядам, но и самой богине Истине (а кто знает заранее, на чьей она стороне?). Когда в науке нет достаточного разнообразия взглядов, она загнивает на корню. Я с подозрением отношусь к институтам, где все сотрудники – единомышленники директора».

Распознать перспективные направления, новизну, оценить оригинальность непривычной постановки и решения Ю. Косыгину и в семьдесят помогала непосредственность восприятия. Он считал, что настоящий ученый, обязан быть авантюристом. Ведь авантюра – это предприятие с непредсказуемым концом. В науке же никогда нельзя предсказать, к чему приведёт любое новое направление. Когда научная разработка начинает выдавать результаты как фабричный конвейер, она переходит в ведение технологии и из сферы научных изысканий изымается. Науке суждено вечно оставаться во власти

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

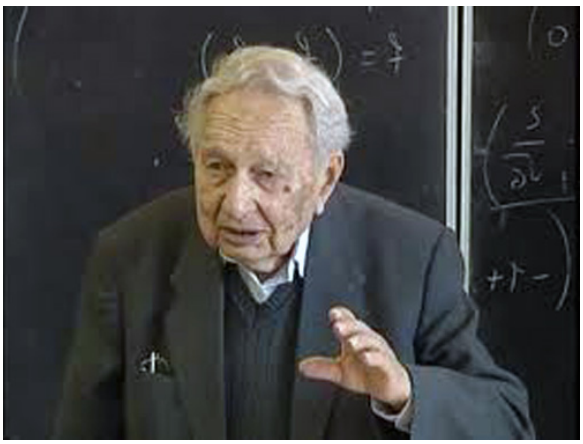
авантюристов, учёный должен обладать качествами сибирских землепроходцев, норманнских викингов, испанских конкистадоров. Академик Юрий Александрович Косыгин такие сравнения выдерживает.

Когда речь заходит о геологе, обычно спрашивают: «А что он нашёл?» Месторождения – только конечные практические результаты сложной и разветвленной цепи обработки научного продукта. Геолог Ю.А. Косыгин не открывал месторождений. Производственная деятельность в Туркмении, научная работа в Москве, война, после демобилизации из армии снова работа в Геологическом институте АН СССР всё по той же нефтяной тематике. Кандидатская диссертация до войны, докторская – после. Многочисленные статьи, обобщающие сводки по геологии нефти издаются и переиздаются у нас и за рубежом. Имя Ю.А. Косыгина завоевывает прочную известность в деле выявления закономерностей строения и размещения нефтяных залежей. Блестящая обобщающая монография по геотектонике. Ю.А. Косыгин первым понял необходимость логико-математического совершенствования понятийного аппарата геотектоники и структурной геологии. Ему принадлежит попытка выстраивания «аксиоматической геологии» сначала в области структурной геологии, а затем геотектоники. Он ввел в обиход понятия геологического пространства с литологическим, стратиграфическим и прочими подпространствами, попытался построить строгие классификации геологических границ и геологических тел, построить их иерархическую классификацию. С 1988 по 1994 годы Юрий Косыгин - почётный директор Института тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР. Юрий Александрович Косыгин умер в 1994 году в Хабаровске.

По материалам Wikipedia, GeoWiki, сайтов, http://www.rosnedra.gov.ru/article/3599.html, G-to-G

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

24.16. ВИКТОР ЕФИМОВИЧ ХАИН



Виктор Ефимович Хаин родился в Баку в 1914 году. Рано потеряв отца, он воспитывался в семье родственников. В 1930 году поступил на геологоразведочное отделение горного факультета Азербайджанского нефтяного института. Работал в Азнефтеразведке, затем - до 1938 года в Азербайджанском нефтяном научно-исследовательском институте. С 1941 по 1945 год служил в полку Бакинской армии противовоздушной обороны.

С 1945 года перешел работать в институт геологии Академии наук Азербайджана, где вскоре был назначен зав. отделом региональной геологии и одновременно преподавал курс геотектоники в Азербайджанском индустриальном институте. Под его руководством была издана монография «Геология Азербайджана», геологическая карта и тектоническая карты Азербайджана. В 1947 году защитил в институте геологии АН Азербайджана докторскую диссертацию по геологическому строению и нефтегазоносности Юго-Восточного Кавказа. В 1949 году получил звание профессора на кафедре геологии нефти и газа и проработал там до 1954 года, опубликовав фундаментальную монографию «Геотектонические основы поисков нефти». В 1954 г. переехал в Москву. Самоотверженный труд учёного-геолога был высоко оценен и в 1966 году В.Е. Хаин избирается членом-корреспондентом АН СССР, а в 1987 году академиком АН СССР по геотектонике и геофизике.

Область научных интересов Виктора Ефимовича чрезвычайно широка. Он автор работ по проблемам общей геологии, сравнительной планетологии, глубинной геологии, эволюции тектоносферы, учения о формациях, общей геотектоники, вопросами региональной и нефтяной геологии, геологии докембрия, неотектоники, структурной геоморфологии, палеогеографии, истории геологических знаний, геологического образования и др.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В.Е.Хаин проводил исследования на Кавказе, Карпатах, Енисейском кряже и в других регионах СССР, знакомился со строением складчатых областей зарубежной Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Африки и Австралии, исследовал Атлантический и Тихий океаны, Средиземное море.

Его перу принадлежит классификация тектонических движений и основных структурных элементов земной коры. Он уточнил общие закономерности геосинклинального процесса, исследовал проблему основных этапов эволюции земной коры. Занимался основными вопросами теоретической геотектоники - учением о геосинклиналях, платформах, орогенах, глубинных разломах, литологических формациях (предложил классификацию на тектоно-климатической основе), происхождением складчатости. Исследования в этих направлениях получили отражение в монографиях «Геотектоническое основы поисков нефти», «Общая геотектоника» и др. Первым систематизировал тектоническое строение континентов и океанов, что нашло отражение в пятитомной монографии «Региональная геотектоника».

Большое место в научной биографии В.Е. Хаина занимало изучение распространения литологических формаций в глобальном масштабе, охватывающие рифей и периоды фанерозоя, проводившиеся совместно с А.Б. Роновым. Развитие этих работ привело к созданию «Атласа литолого-палеогеографических карт Мира». Профессор В.Е. Хаин провел большую работу по созданию международных тектонических карт Европы и Мира. Виктор Ефимович Хаин был одним из первых ученых России, кто выступил в поддержку новой гипотезы тектоники литосферных плит и разработал ее приложение к Кавказу.

С 1947 года началась педагогическая деятельность Виктора Ефимовича. Это был один из самых блестящих лекторов Московского университета. У нас, студентов, слушавших его лекции по региональной тектонике, была твердая уверенность, что в региональной геологии он знает все. И еще он был поразительно доброжелателен к студентам и аспирантам. Раньше мы, по-молодости, думали, что так и полагается, что если беда и никто не понимает твоей гениальности – надо идти к Виктору Ефимовичу: он поймет и поддержит. И он понимал. Не счесть ученых, которые состоялись благодаря его доброжелательной своевременной поддержке, пока его менее титулованные коллеги надували щеки и «самоутверждались» за счет молодежи. На фотографии изображен

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Виктор Ефимович Хаин на своей последней лекции для студентов 15 апреля 2005 года. Он уже плохо видел. Но, еще позднее, выступая на конференции в Музее Вернадского в 2009 году, он по-прежнему говорил без бумажки, мысль его была четкой, а голос звонким.

В 2009 году В.Е. Хаин выступил инициатором Коммюнике «Geochange» («Geochange» Communiqué по глобальным изменениям геологической среды). В коммюнике («Geochange» Communiqué) приводятся геологические и геофизические факты, подтверждающие глобальные изменения геологической среды, являющиеся причиной существенного повышения сейсмической и вулканической активности Земли, а также существенного ускорения дрейфа магнитных полюсов и глобальных климатических изменений. Коммюнике было поддержано Научным координационным советом WOSCO (Всемирная Организация по Научному Сотрудничеству) подписано видными учеными, общественными и политическими деятелями и специалистами. Хаин на протяжении всей жизни тесно сотрудничал со многими учеными мира, активно участвовал в совместных научных исследованиях и международных проектах. При научной поддержке В.Е. Хаина создана Глобальная Сеть Прогнозирования Землетрясений.

Умер Виктор Ефимович в 2009 году.

По материалам Wikipedia, GeoWiki, сайтов G-to-G, http://www.rosnedra.gov.ru/article/3599.html.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



24.17. ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ВОРОНИН

Воронин Юрий Александрович родился 29 января 1925 г, в поселке Клязьма Пушкинского района Московской области. С 1927 по 1941 годы проживал в г. Ленинграде. Окончил 8 классов средней школы. В самом начале войны, шестнадцатилетним юношей, вошел в сборную Ленинграда по лыжам. Затем был лыжный батальон и финская война. "Там у меня неплохо получалось, - скромно упоминает профессор, - на занятиях по рукопашному бою". Со школьной скамьи в августе 1941 года ушел добровольцем на фронт. Воевал до января 1945 года в Финляндии и Прибалтике. В должности командира группы захвата, провоевал Ю.А.Воронин всю войну. Десятки рейдов во вражеский тыл, множество доставленных "языков", пять ранений, старший сержант, командир взвода 172-ой отдельной разведроты. Имел пять ранений. Награжден Орденом «Отечественной войны 1-ой степени», медалями: «За отвагу», «За боевые заслуги», «За оборону Ленинграда» и «За победу над Германией», а также юбилейными медалями. Демобилизован из Армии, как имеющий пять ранений в феврале 1946 г. После демобилизации вновь поступил в школу. В 1948 году Ю.А. Воронин окончил с серебряной медалью школу и поступил в Ленинградский университет на физический факультет. Затем - аспирантура, подготовка и защита кандидатской диссертации по динамической сейсмике.

После аспирантуры и защиты диссертации Юрий Александрович был распределен в Институт геологии и геофизики только что организованного Сибирского отделения Академии наук СССР. Ю.А. Воронин — специалист в области применения математических методов и ЭВМ (на базе искусственного интеллекта) в геологии. В методологическом, теоретическом, алгоритмическом и программистском аспектах под его руководством разрабатывались не только формальные основы тектоники, стратиграфии, комплексной интерпретации полевых данных, но и математический аппарат «теории организаций» и применения искусственного интеллекта при проведении геологоразведочных работ с учетом взвешивания ошибок пропуска «нужного» и исследования «лишнего». Известны его работы по анализу данных (теория геологических пространств, мер сходства и связи, классификации, описании, распознавания геологических объектов). С 1964 года в новосибирском Академгородке Ю.А.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ворониным проводились международные и российские конференции по применению математики и компьютеров в геологии. Под руководством Ю. А. Воронина создан ряд пакетов и автоматизированных систем для решения задач геологоразведки: АЛИСА (ВИМС), АСРЗ, КОНКОРДИЯ, ЭЛЕОА (все ВЦ СО РАН), АИСК (Сахалин-геология).

Эти работы зачастую вызывали резкий протест традиционных геологов. "Математику оказывается недоступной сложность природы явления и внутренняя его нерасчленимость, - писал один из крупнейших советских геологов В. В. Белоусов. - Геология настолько сложна, специфична, что она неподвластна обязательным нормам всех прочих наук, а потому все, что утверждает Ю. А. Воронин, может быть справедливым где угодно, кроме науки о земных недрах, - именно таким был основной мотив возражений. Может быть, и неправильно ставить вопрос: где нужно больше мужества - на войне или в науке? Не случайно, однако, что человек, проявивший себя там, не шел на компромиссы и здесь.

За 40 лет работы в этом направлении формальным и неформальными коллективами ученых под руководством Ю.А. Воронина создано многое. Разработки этих коллективов в областях искусственного интеллекта, анализа данных, эмпирического предсказания, математической геологии, вычислительной геологоразведки (методологические, теоретические, алгоритмические, программистские) известны в России и за их рубежами.

Перу Ю. Воронина принадлежит более 250 печатных научных работ. В 1985 году вышла в свет его основополагающая монография «Теория классифицирования и ее приложения», в которой изложены представления о теории классифицирования, предложены программа создания и основные ее фрагменты. Приведены примеры приложения этих фрагментов в распознавании образов, геологоразведке и других отраслях, проанализированы перспективы дальнейшего развития теории классифицирования и ее применения для разрешения основных классификационных проблем описательных наук. В 90-х годах в газете «Наука в Сибири», а позднее отдельной книгой, была напечатана художественная повесть Ю.А. Воронина «Кое-что из жизни трижды лейтенанта Перлова». В этой, во многом автобиографической повести, написанной в необычной и оригинальной стилистике, мастерски рисуются люди и события финской войны, даются нетривиальные оценки происходящего, так что для тех немногих, кому удалось прочитать эту книгу, она стала настоящим открытием.

Умер Ю.А. Воронин в 2005 году.

По материалам http://www-sbras.nsc.ru/HBC/article.phtm, www.prometeus.nsc.ru /science/scivic/index.ssi*, воспоминаниям Н.Г. Гореловой.*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



ГЕОЛОГИЯ НАВСЕГДА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

проблемы и перспективы развития структурной геологии

Мы изучили морфологию структурных форм, разобрали множество построений, выполняемых при структурно-геологических исследованиях, познакомились с методами структурной геологии и её теоретическим аппаратом, позволяющим ответить на вопрос «как такое может получиться».

Структурная геология, будучи основой тектоники, вступила в новый этап своего развития. Если раньше главным её методом были геологическая съемка и геометризация недр, а о глубинном строении структур можно было лишь догадываться на основе дешифрирования космических и аэроснимков, моделирования и аналогий, то сейчас сейсмические методы позволяют воссоздать геологическое строение недр с большей уверенностью, а математические моделирование позволяет наглядно проследить историю формирования структур.

Главная проблема структурной геологии в настоящее время - это создание собственной теоретической базы, основанной на свойствах геологической среды различных масштабных рангов и учета времени протекания геологических процессов – от мгновенных до охватывающих миллионы лет. К основным свойствам геологической среды относятся её непрерывность, расслоенность, иерархичность, разрывно-пластическая реакция на нагружения, твердо-жидкий состав.

Перспективы развития структурной геологии связаны с совершенствованием методов математического моделирования и трехмерных построений, выполненных на основе сейсмических работ.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Каньон в Колорадо.
http://turist.forblabla.com/blog/46013839578/ Fantasticheskie-mesta-nashey-planetyi?from=mail&join=1&timeout=15

СЛОВАРЬ

Астеносфера - (от др.- греч. Asthees - слабый и др.- греч. σφαῖρα) слой пониженной вязкости в верхней мантии Земли. Кровля астеносферы лежит под материками на глубине 80 - 100 км, под океанами 50 - 70 км (иногда менее), нижняя граница астеносферы - на глубине 250 - 300 км, нерезкая. Выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности.

Вкрест простирания (направление) *(проф.)* – направление, перпендикулярное простиранию (по падению или восстанию)

Геометризовать, геометризация – совокупность наблюдений, измерений, вычислений и графических построений, проводимых с целью геометрического изображения форм геологических тел, условий их залегания, пространственного распределения свойств полезных ископаемых и процессов, происходящих в недрах. Следует различать геометрию, присущую природным объектам, как правило, неизвестную, и геометризацию, как приближение и выражение этой геометрии с точностью и надежностью, соответствующей данной стадии познания недр. Геометризация входит в научную дисциплину горная геометрия.

Дикий флиш - [швейц. **-** wildflysch] **-** прикордильерные грубообломочные и подводнооползневые образования («горизонты с включениями» и др.), в которые переходит флиш (или грубый флиш), примыкая к кордильере.

Динамопара - два перпендикулярных друг другу разлома, вдоль одного из которых развивается сдвиг, сменяющийся у разлома, перпендикулярного первому, надвигом.

Дневная поверхность *(проф.)* - поверхность земли

Изостазия - (изостатическое равновесие) — равновесное состояние земной коры, при котором менее плотная земная кора (средняя плотность 2,8 г/см³) «плавает» в более плотном слое верхней астеносферы (средняя плотность 3,3 г/см³), образуя «корни гор». Изостазия не является локальной, то есть в изостатическом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

равновесии находятся достаточно крупные (100 - 200 км) блоки. Теория изостазии возникла в результате первых геофизических наблюдений. Казалось бы, что над горами сила тяжести должна быть больше, чем на равнинах или в океане, так как сами горы имеют массу. Однако измерения показали, что в районах с разным рельефом сила тяжести очень близка, и горы «ничего не весят». Для объяснения этого противоречия была предложена гипотеза изостазии (рис. с1).

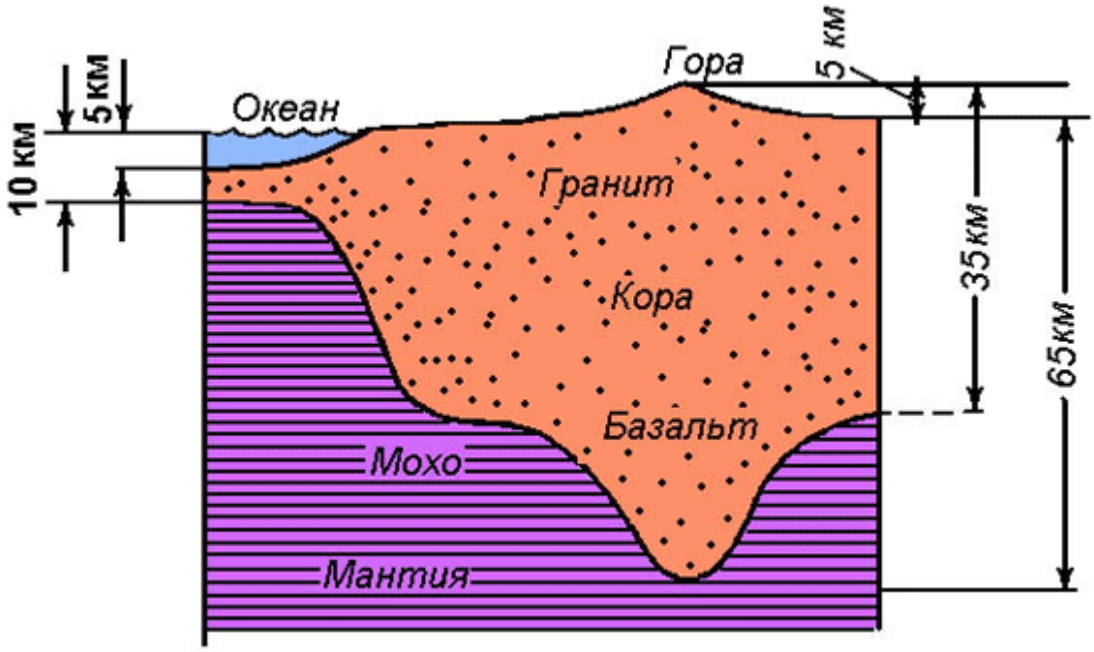


Рис. с1. Изостатическое равновесие между корой и мантией (по В.Н. Жаркову,1983)

Кинк-зона (кинкбанд) - в сланцеватых породах кинк-зона представляет собой тонкую полосу, секущую текстуру и ограниченную параллельными или субпараллельными осевыми поверхностями двух аккордеонных складок противоположного знака. Считается, что кинк-зоны образуются под действием сжимающих напряжений, параллельных или почти параллельных расслоенности (текстуре). Сопряженные системы возникают при сжатии параллельно текстуре, а при сжатии под углом 25° к расслоенности преобладает единая система параллельных кинк-зон; при больших углах кинк-зоны не образуются.

Компетентные и некомпетентные слои - определение, применяемое для характеристики пластичности осадков. Пласты, течение которых быстрее соседних, называют менее компетентными (Г. Деннис, 1970).

Куэста - (от исп. *Cuesta - откос, склон горы*) - форма рельефа в виде вытянутых гряд с несимметричными склонами: пологим и крутым. Пологий склон куэсты (структурный) совпадает с падением стойких бронирующих пластов, крутой склон (аструктурный) срезает пласты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

поперек залегания (рис. с2). Куэсты являются выходами на поверхность моноклинальных слоев горных пород относительно высокой твёрдости, образованные путем денудации.

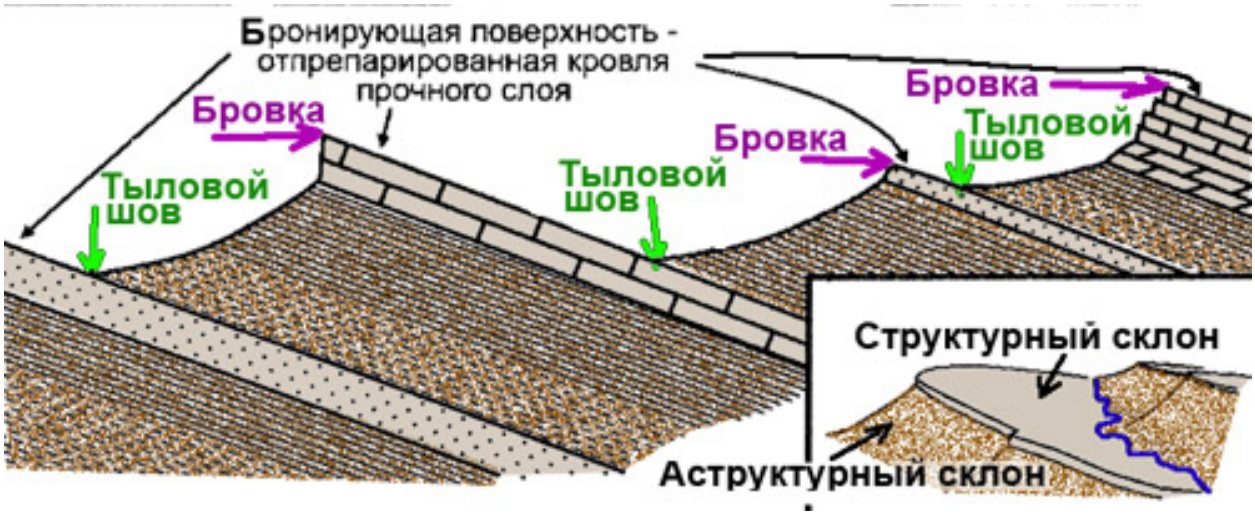


Рис. с2. Элементы куэсты

Линеамент (от лат. lineamentum — линия, контур) - 1) выдержанные по направлению прямолинейные элементы рельефа и ландшафта, обычно связанные с трещинами и разломами земной коры; 2) крупнейшие, глобального значения, зоны разломов, мегалинеаменты (по Е. Хиллсу, 1967) (Большая Советская Энциклопедия).

Минерагения - раздел геологии, изучающий региональные геологические закономерности формирования и размещения месторождений всех разновидностей полезных ископаемых. Разделяется на общую, частную и генетическую минерагению. Общая минерагения исследует эпохи формирования всех групп полезных ископаемых и их совокупное распределение по структурно-формационным зонам платформ, геосинклинально-складчатых территорий, дна морей и океанов. Частная минерагения характеризует эти процессы для отдельных разновидностей полезных ископаемых. Минерагения нефти и газа описывает закономерности формирования нефтегазоносных бассейнов земного шара. Генетическая минерагения изучает региональные геологические закономерности возникновения и пространственного распределения отдельных генетических групп и классов месторождений полезных ископаемых таких, как осадочная, коры выветривания, стратиформная, гидротермальная, скарновая, карбонатитовая, пегматитовая, магматическая и др.

Модель (фр. modèle, от лат. modulus — «мера, аналог, образец») — это упрощенное представление реального устройства и/или протекающих в нем процессов, явлений.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Моделирование – построение и исследование моделей. Одни и те же процессы, явления могут иметь много разных видов моделей. По способу отображения действительности различают- эвристические, натурные и математические модели. ***Эвристические*** модели, это образы, рисуемые в воображении человека. Они неформализуемы. ***Физические*** модели подобны реальным системам (материальны), и отличаются размерами, числом и материалов элементов. Это реальные изделия, образцы, экспериментальные и натурные модели. Между параметрами системы и модели одинаковой физической природы существует однозначное соответствие. Выбор размеров и материалов таких моделей ведётся с соблюдением теории подобия. ***Математические*** модели, это совокупность взаимосвязанных математических и формально-логических выражений, как правило, отображающих реальные процессы и явления. По форме представления разделяются на аналитические и численные модели. Их решения - это дискретный ряд чисел (таблицы). В настоящее время такие модели реализуют в виде программных комплексов - пакетов программ для расчета на компьютере. Математические модели универсальны и дешевы, позволяют поставить «чистый» эксперимент (то есть в пределах точности модели исследовать влияние какого-то отдельного параметра при постоянстве других), прогнозировать развитие явления или процесса, отыскать способы управления ими. Математические модели — основа построения компьютерных моделей и применения вычислительной техники. Результаты математического моделирования нуждаются в обязательном сопоставлении с данными физического моделирования - с целью проверки получаемых данных и для уточнения самой модели. ***Графические модели*** занимают промежуточное место между эвристическими и математическими моделями. Представляют собой различные изображения - графы; схемы; эскизы, чертежи, графики. ***Аналоговые модели*** позволяют исследовать одни физические явления или математические выражения посредством изучения других физических явлений, имеющих аналогичные математические модели.

Муллион-структура — группа правильных выпуклых изгибов поверхностей слоистости компетентного пласта, при которых оси отдельных изгибов приблизительно параллельны друг другу. Муллион-струкуры тесно связаны со структурой будинажа, только будинаж образуется при сжимающих усилиях, ориентированных поперек пласта, а муллион-структуры – вдоль пласта. Муллион-структуры проявляются как на нижней, так и на верхней поверхности пластов; в профиле имеет выпуклую и двояковыпуклую форму, что исключает ошибочное отнесение ее к флишевым фигурам (иероглифам).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Нуклеары - кольцевые образования гигантских размеров (поперечником в несколько тысяч километров), обнаруженные первоначально на космических изображениях. Они выделяются только в пределах древних платформ — наиболее стабильных участков литосферы Земли. На мелкомасштабных снимках они представляют собой сложное сочетание концентрических образований большого радиуса, осложненных радиальными линеаментами. Кольцевые структуры - гиганты часто сопровождаются более мелкими кольцевыми образованиями (100 - 300 километров), расположенными в виде своеобразных сателлитов на внешнем контуре главной структуры. Существование этих структур подтверждается геолого-морфоструктурными и геофизическими материалами. Они выражены в аномалиях магнитных и гравиметрических полей, в рельефе методами морфометрического анализа. В настоящее время в земной коре в пределах развития древних платформ установлено 33 нуклеара. Считается, что нуклеары зародились в стадию первичной базитовой оболочки Земли и либо обусловлены автономным разогревом первично неоднородной мантии, либо спровоцированы ударами крупных метеоритов, либо обоими этими факторами. Нуклеары, заложенны на начальных стадиях становления земной коры и развивавшиеся на протяжении всей континентальной стадии ее развития (1600 - 1900 миллионов лет).

Отражающий горизонт - отражающая или преломляющая сейсмическая граница, надежно прослеживающаяся на значительной территории, имеющая характерную форму записи сейсмических волн, с нею связанных.

Парагенезис, парагенез - в структурной геологии выделяют *структурный парагенез* как термин, обозначающий складчатые и/или разрывные структуры, связанные общим происхождением. Применительно к минералам - совокупность минералов, находящихся в равновесии при определённых физико-химических условиях: при определённых отношениях масс инертных компонентов и определённых значениях давления и температуры.

Парафоры - протяженные линеаменты или земные швы, следы линий ослабления земной коры, существующие иногда с древнейших времен и неоднократно оживлявшиеся.

Поисковые признаки полезных ископаемых - минералогические, геохимические, геофизические факторы (аномалии), прямо или косвенно указывающие на наличие полезных ископаемых в пределах определённых площадей или участков. *Прямые* поисковые признаки: проявления полезных ископаемых в естественных обнажениях (выходы полезных ископаемых), в горных выработках или в керне

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

буровых скважин; потоки и ореолы минералов или химических элементов (например, золота, олова, и ртути) в аллювии, в склоновых рыхлых отложениях, в коренных породах; магнитные аномалии высокой интенсивности в связи с магнетитовыми рудами и др. Косвенные поисковые признаки: потоки и ореолы минералов и химических элементов-спутников главных полезных компонентов, например, для золоторудных месторождений - потоки и ореолы пирита, халькопирита, галенита, сфалерита (меди, свинца, цинка, серебра), для месторождений олова — шеелита, вольфрамита (вольфрама) или сульфидов свинца, цинка, висмута и др.; метасоматиты различных формационных типов - березиты, грейзены и др.; геофизические аномалии, обусловленные метасоматитами, ореолами минералов-спутников сульфидного оруденения, рудоконтролирующими структурами, особенностями физических свойств горных пород или продуктивных геологических формаций. По совокупности поисковых признаков осуществляется прогнозирование и оконтуривание перспективных площадей с оценкой прогнозных ресурсов полезных ископаемых.

Признак недр - любое геометрическое, физическое, химическое геологическое свойство земных недр, которое может быть определено и выражено числом или описано качественно в любой точке. Признаки недр могут быть естественными, видимыми (цвет, состав) или умозрительными (происхождение, возраст). Например, признаком недр может быть толщина (мощность) слоя, абсолютная отметка или глубина залегания геологической граничной поверхности, процент или кларк какого-либо элемента, наличие или отсутствие какого-либо минерала, плотность пород, электрическое сопротивление, радиоактивность и т.д. Признаки недр можно задавать не только числами, но и понятиями (например, песчаник, область размыва, юрская система, газовая залежь и т.д.). Признаки недр выделяются в соответствии с задачами конкретного геологического исследования и зависят от особенностей изучаемой территории.

Протрузия в первоначальном понимании Ч. Лайелля (Lyell, 1871), предложившего этот термин - масса первично интрузивных горных пород, внедренная в холодном состоянии в вышележащие слои в результате многочисленных подвижек земной коры. Впоследствие идея о протрузиях распространилась в отношении внедрения серпентинизированных ультрабаосновных пород в центральных частях геосинклинальных систем. Однако тектонические контакты серпентинитовых массивов можно объяснмить тем, что доскладчатые интрузии ультраосновных пород реагируют на последующие тектонические движения уже как жесткие массы; при этом развиваются многочисленные тектонические подвижки по разрывам,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

возникающим по контактам пород различной компетентности. В настоящее время термин «протрузия « обычно применяется к внедрению одних пород в другие, выступая как сластичный синоним термина «диапир».

Траппы - особый тип континентального магматизма, для которого характерен огромный объём излияния базальта и внедрений силов и даек габбро за геологически короткое время (первые миллионы лет) на больших территориях. Термин «трапп» происходит от шведского *trappa*— лестница, так как в районах траппового магматизма возникает характерный рельеф: базальтовый слой эродируется плохо, а осадочные породы разрушаются легко. В результате местность траппового магматизма приобретает вид обширных плоских равнин, расположенных на кровле базальтового покрова или интрузии, разделённых уступами.

Шельф - относительно мелководные (до нескольких сотен метров) участки дна океанов и морей, окаймляющие континенты. Границей шельфа со стороны суши служит береговая линия, внешняя граница проводится по бровке — перегибу с океанской стороны, ниже которой глубины дна резко возрастают. Глубина бровки меняется в широких пределах от десятков метров (острова, например Куба) до 400 - 500 (полуостров Лабрадор) и даже 600 - 700 м (Японское море). Там, где бровка в рельефа дна не выражена (например, в дельтах крупных рек), за внешнюю границу шельфа принимают изобату 200 м.

Шихан - одиночный холм (сопка), хорошо выделяющийся в рельефе; останцовая возвышенность с правильными склонами и вершиной. В Заволжье и Западном Приуралье **шиханы** представляют собой остатки рифов древних морей, сложенные из известняков.

Эвстатика (эвстатическое изменение уровня моря) – изменение уровня океана, обусловленное изменением количества воды в мировом океане: повышение уровня вследствие массового таяния ледников и др. (Геологический словарь, 1955).

Эмержентность - (от англ. *Emergenc* - возникающий, неожиданно появляющийся) в теории систем— наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих её подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов; синоним - «системный эффект». Например, совокупность минералов – не есть горная порода. В классификации систем эмерджентность может являться основой их систематики как критерий наличия системы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вопросы, задачи и задания к введению (входной контроль)

ВОПРОСЫ, ЗАДАЧИ И ЗАДАНИЯ К ВВЕДЕНИЮ (ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ)

I. Вопросы по общей геологии

1. Какие Вы знаете классы и подклассы горных пород?

2. Какие Вы знаете основные подразделения стратиграфической шкалы?

3. Чем отличается стратиграфическая шкала от геохронологической?

4. Какие Вы знаете формы залегания магматических горных пород?

5. Какие Вы знаете факторы и типы метаморфизма?

6. Что такое выветривание, денудация, аккумуляция, диагенез?

7. Что является результатом экзогенных процессов?

8. Какие Вы знаете эпохи тектогенеза?

9. Как классифицируются платформы по возрасту?

II. Вопросы и задания по основам топографии и космоаэрофотосъемки

1. Что такое геодезическая и плоская (прямоугольная и полярная) системы координат?

2. Чем отличается карта от плана?

3. Что такое масштабы карты (частный, главный, численный, именованный, линейный).

4. Что такое картографические проекции? Какие Вы знаете их виды?

5. Что такое номенклатура карт и их разграфка? Какие координаты у юго-восточного угла рамки топографической карты с номенклатурой N-37-144.

6. Что такое картографическая генерализация?

7. Какие виды условных знаков Вы знаете?

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вопросы, задачи и задания к введению (входной контроль)

8. Что такое рельеф и как он изображается на картах? Что такое сечение и заложение рельефа?

9. Какие существуют основные формы рельефа и как называются их фрагменты? Изобразить схематически горизонталями холм, склон, долину, ложбину, хребет, котловину, седловину (перевал).

10. Что такое государственная геодезическая сеть?

11. Что такое дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и какие его виды Вы знаете?

12. Что такое дешифрирование снимков? Что такое дешифровочные (дешифрировочные) признаки?

III. Задания по инженерной графике

Задание 1.

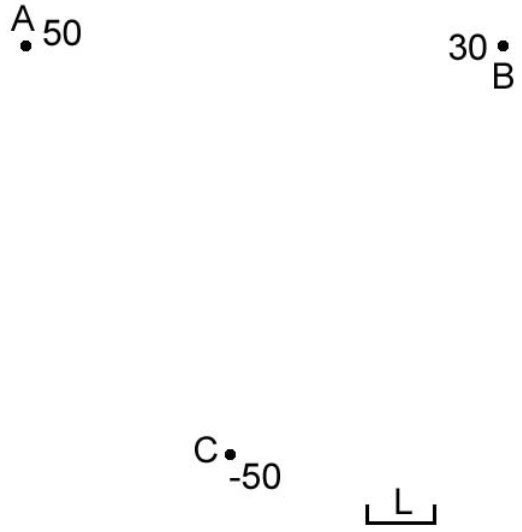


Рис. в1. План местности к заданию 1

Дано: план расположения скважин и абсолютные отметки плоскости, вскрытые этими скважинами.

- Изобразить наклонную плоскость изолиниями. Высота сечения 10 м. Длина отрезка (линейный масштаб) 10 м.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вопросы, задачи и задания к введению (входной контроль)

- Определить элементы залегания наклонной плоскости (в терминах инженерной графики - направление уклона плоскости и угол падения плоскости).

Для выполнения задания скопировать топооснову, и выполнить задание, либо распечатав карту, либо импортировав её в удобную для Вас программу. Для этого перейдите по ***ссылке в1***

Можно также схематически перерисовать приведенную на рис. в1 схему

Задание 2.

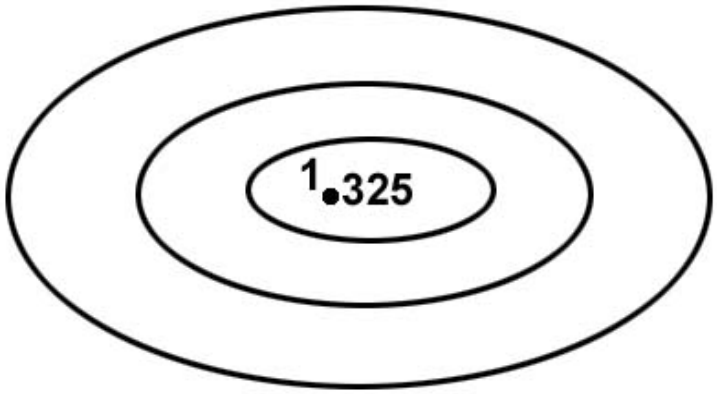


Рис. в 2. План местности к заданию 2

Дано: план местности в масштабе 1:1000. Сечение горизонталей 10 м.

Альтитуда устья скважины 1 - 325 м. Ствол наклонный, аз 270 < 75. На глубине 100 м встречен продуктивный горизонт. Изобразить точку пересечения продуктивного горизонта и скважины.

Для выполнения задания скопировать топооснову, и выполнить задание, либо распечатав карту, либо импортировав её в удобную для Вас программу. Для этого перейдите по ***ссылке в2***

Задание 3

Дано: положение скважины В, вскрывшей картируемую плоскость на отметке 110 м, элементы залегания плоскости приведены в табл.1, линейный масштаб - длина отрезка - 10 м.

Изобразить изолиниями с сечением 10 м плоскость Р.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вопросы, задачи и задания к введению (входной контроль)

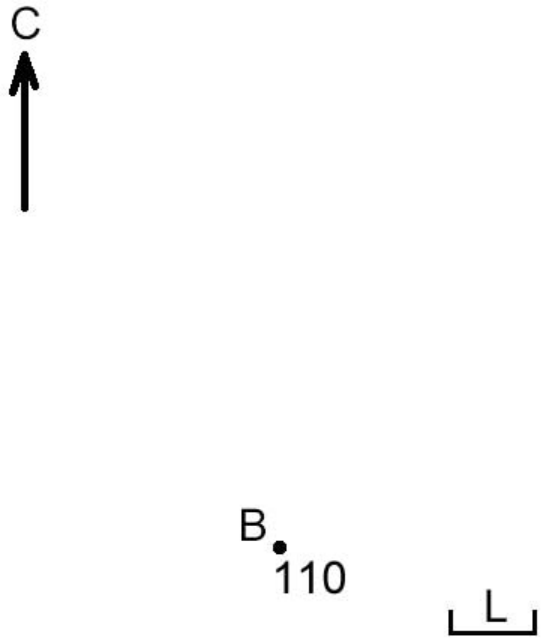


Рис. в3. План местности к заданию 3

Таблица 3В1

Исходные данные для выполнения задания 3

№ варианта	Аз. пад.	∠ пад.	№ варианта	Аз. пад.	∠ пад	№ варианта	Аз. пад.	∠ пад
1	245	30	10	25	10	19	350	10
2	320	50	11	70	15	20	320	15
3	135	25	12	40	20	21	300	20
4	20	45	13	10	25	22	280	25
5	10	30	14	35	30	23	260	30
6	0	55	15	155	35	24	240	35
7	320	70	16	180	40	25	220	40
8	50	10	17	270	45	26	200	45
9	20	30	18	300	50	27	160	50

Задание 4

Построить профиль топографической поверхности по линиям А-Б, В-Г, Д-Е, Ж-З, И-К, Л-М.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вопросы, задачи и задания к введению (входной контроль)

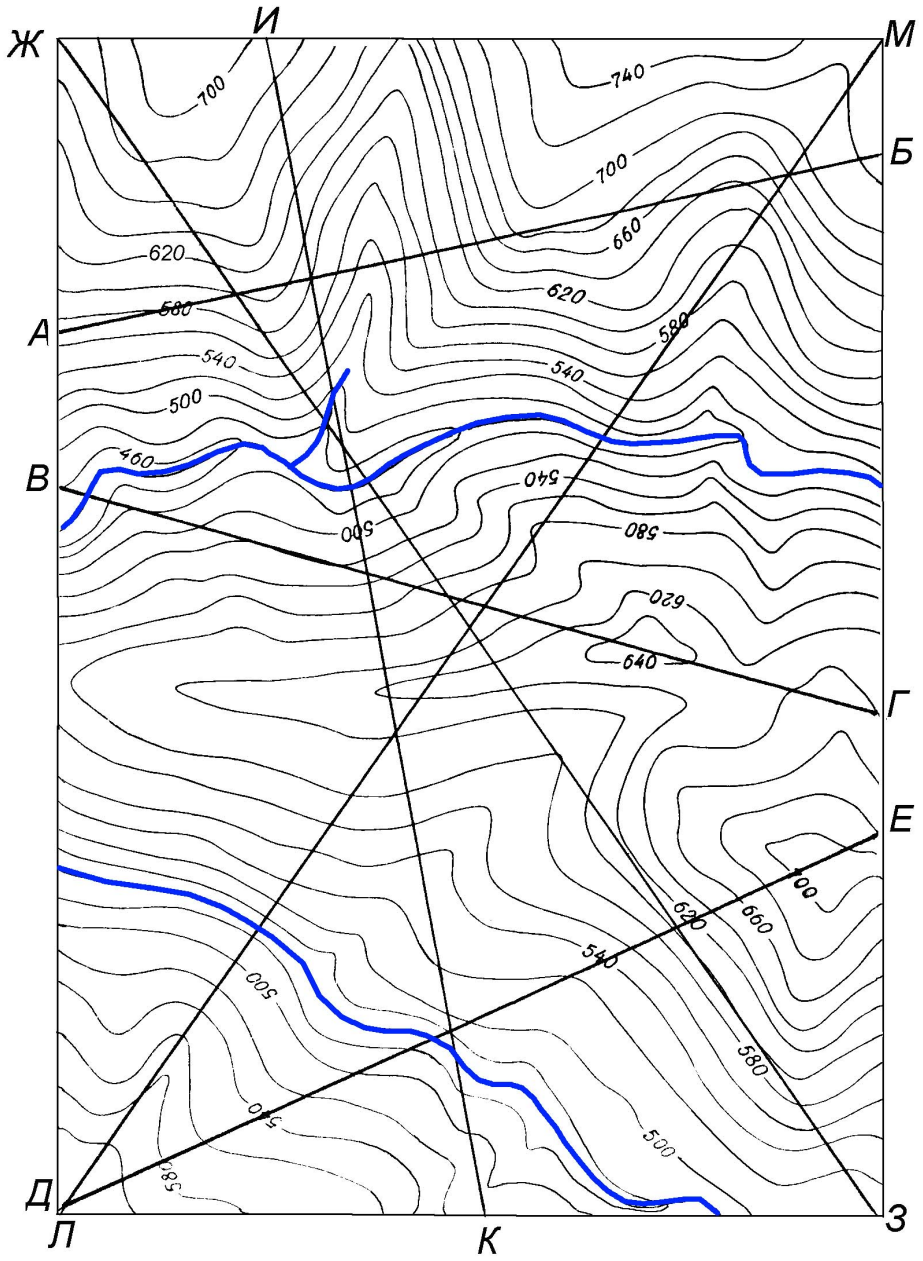


Рис. в4. Топографическая карта к заданию 4

Для выполнения задания скопировать топооснову, и выполнить задание, либо распечатав карту, либо импортировав её в удобную для Вас программу. Для этого перейдите по ***ссылке в4***

Профиль нарисовать схематически, масштаб горизонтальный и вертикальный 1:1000.

Если Вы затруднились с ответами, или хотите их проверить, перейдите по ссылке ***«Ответы к введению»***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 1.1. Геологические тела и их виды

1. Что такое геологическое тело?
2. По каким признакам выделяются геологические тела?
3. Как характеризуется геологическое тело?
4. Что значит ориентировать в пространстве геологическое тело?
5. Как оптимально представить геологическое тело?
6. Приведите примеры геологических тел.

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке ***ответы 1.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 1.2. Геологические границы

1. Что такое геологическая граница?
2. Какие бывают и по каким характеристикам выделяются геологические границы?
3. В каких случаях можно рассматривать геологическую границу как геологическое тело?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке ***Ответы 1.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 1.3. Геологические тела как системы. Иерархия геологических тел

1. Что такое система? Приведите примеры.
2. Что такое элемент системы?
3. Что такое эмерджентность системы? Приведите примеры.
4. Что такое структура системы?
5. Что такое иерархия системы? Приведите примеры.
6. Какими рангами геологических тел занимается структурная геология?
7. Что такое парагенезисы геологических тел?

Если Вы затруднились с ответами, перейдите по ссылке ***Ответы к 1.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 2.1. Слой и его элементы

1. Чем определяется форма залегания горной породы?
2. Что такое слой?
3. Чем отличается понятие "слой" от понятия "пласт"?
4. Что такое маркирующий горизонт?
5. Что такое поверхность напластования?
6. Что такое кровля слоя?
7. Что такое подошва слоя?
8. Каковы признаки подошвы слоя?
9. Зачем нужно уметь определять подошву слоя?
10. Что такое мощность и какие виды мощностей бывают?
11. Как соотносятся между собой различные виды мощностей?
12. Как классифицируются слои по величине мощности слоя?
13. Что такое латеральное окончание слоя?
14. Какие виды латерального окончания слоя Вы знаете?
15. Какие элементы имеет слой?
16. Какие бывают ассоциации слоев?

Если Вы затруднились с ответами, перейдите по ссылке ***Ответы 2.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 2.2. Несогласия

1. Что такое согласное и несогласное залегание?

2. Что такое, и в каких условиях образуется параллельное несогласие?

3. Что такое скрытое несогласие?

4. Что такое, и в каких условиях образуется угловое несогласие?

5. Что такое базальный конгломерат?

6. Что такое географическое несогласие?

7. Что такое региональные, локальные, внутриформационные несогласия?

8. Что такое тектонические и интрузивные несогласия?

9. Как выглядят несогласия (признаки несогласий) на геологической карте?

10. Как выглядят несогласия (признаки несогласий) в обнажениях горных пород?

11. Что представляет собой несогласие как геологическое тело?

12. Какую амплитуду имеет палеорельеф?

13. Как изображается несогласие на стратиграфической колонке?

14. Какое значение имеет несогласие для геологии полезных ископаемых и нефтегазовой геологии?

15. Что такое структурные этажи и подэтажи?

Если Вы затруднились с ответами, перейдите по ссылке ***Ответы 2.2.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к главе 3. Неслоистые формы залегания осадочных горных пород

1. Что такое пережим слоя?

2. Что такое линза?

3. Что такое шнурок, рукав?

4. Что такое бары?

5. Что такое биогермы, и какие они бывают?

6. Что такое кластические дайки?

Если Вы затруднились с ответами, можете перейти по ссылке ***Ответы к главе 3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 4. Горизонтальное залегание

1. Что такое горизонтальная структура?
2. В каких геологических условиях встречаются горизонтально залегающие слои?
3. Бывает ли падение и простирание у горизонтально залегающих толщ?
4. Каковы признаки горизонтального залегания на геологической карте?
5. Какие признаки имеет горизонтальное залегание на материалах дистанционных съемок?
6. Можно ли построить структурную карту горизонтально залегающих толщ?
7. К какому геометрическому построению сводится изображение горизонтально залегающей геологической границы на геологической карте?
8. Какое положение геологического разреза будет наиболее информативным при построении геологического разреза горизонтально залегающих толщ?
9. Как соотносятся между собой при горизонтальном залегании истинная и видимая мощности слоев?
10. Может ли маломощный слой при горизонтальном залегании занимать обширные площади?

Если Вы затруднились с ответами, перейдите по ссылке в ***ответы к главе 4***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 5. Наклонное залегание

1. Что такое моноклиналь?

2. Как выглядят моноклинали на геологических картах?

3. Что такое пластовые треугольники?

4. Как выглядят моноклинали на структурных картах?

5. Как выглядят моноклинали на материалах дистанционных съемок?

6. Какую роль играет моноклинальное залегание для нефтегазовой геологии?

Если Вы затруднились с ответами, перейдите по ссылке ***ответы к 5***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 6.1. Флексуры – незамкнутые пликативные структуры

1. Что такое пликативные дислокации? и какие еще существуют термины для обозначения этого понятия?
2. Какие бывают пликативные дислокации?
3. Что такое флексура?
4. Какие элементы имеют флексуры?
5. Как классифицируются флексуры? Нарисовать характерные изображения профилей флексур различных видов.
6. Как выглядят флексуры разных видов на геологических картах? Нарисовать.
7. Как выглядят флексуры разных видов на структурных картах? Нарисовать.
8. Как выглядят флексуры на аэрофотоснимках?
9. Что такое конседиментационная флексура?
10. Как отличить конседиментационную флексуру от постседиментационной?
11. Какую роль играют флексуры в строении платформ?
12. Какую роль играют флексуры в нефтегазовой геологии?

Если Вы затруднились с ответами, и хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке ответы к 6.1.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 6.2. Полузамкнутые структуры

1. Какие структуры относятся к полузамкнутым структурным формам?
2. Что такое структурный нос?
3. Какую роль играют структурные носы в строении платформ?
4. Какую роль играют структурные носы в нефтегазовой геологии
5. Что такое структурный залив?
6. Какую роль играют структурные заливы в строении платформ?
7. Какую роль играют структурные заливы в нефтегазовой геологии
8. Что такое седло?
9. Какую роль играют седла в строении платформ?
10. Какую роль играют седла в нефтегазовой геологии?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке ответы к 6.2.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 6.3. Складки – замкнутые структурные формы

1. Что такое складка и складчатость?

2. Что такое замок и ядро складки?

3. Что такое крылья и угол складки?

4. Что такое осевая поверхность и ось складки?

5. Что такое шарнир складки и его ундуляция?

6. Что такое гребень и киль складки?

7. Что такое длина и ширина складки?

8. Что такое простирание и виргация складки?

9. Что такое замыкание складки, и какие их виды Вы знаете?

10. Что такое амплитуда и высота складки?

11. По каким морфологическим признакам классифицируются складки по форме?

12. Как классифицируются складки по наклону осевой поверхности? Нарисовать.

13. Как классифицируются складки по ориентировке выпуклости? Нарисовать.

14. Как классифицируются складки по углу между крыльями и осевой поверхностью? Нарисовать.

15. Как классифицируются складки по форме замка? Нарисовать.

16. Как классифицируются складки по соотношению мощностей на крыльях и своде? Нарисовать.

17. Как классифицируются складки по соотношению длинной и короткой осей? Нарисовать.

18. Что такое гармоническая и дисгармоническая складчатость?

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

19. Что такое зеркало складчатости?

20. Какие типы сочетаний осей складок Вы знаете?

21. Что такое порядки складок и как они выделяются?

22. Какое значение имеют складки для нефтегазовой геологии?

Если Вы затруднились с ответами, и чтобы проверить себя перейдите по ***ссылке ък ответы к 6.3.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 7.1. Общее представление о разрывах

1. Что такое разрывы?

2. Что такое диаклазы?

3. Что такое параклазы?

4. Что такое сместитель и как он характеризуется?

5. Как классифицируются разрывы по отношению к слоистости?

6. Как классифицируются разрывы по отношению к горизонту?

7. Как классифицируются разрывы по перемещению по разрыву?

8. Как классифицируются разрывы по рисунку ассоциаций разрывов в плане?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ссылке в ***ответы к 7.1.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 7.2. Диаклазы.

1. Что такое кливаж?
2. Что такое сланцеватость?
3. Какую роль играют сланцеватость и кливаж в структурной геологии и в геологии нефти и газа?
4. Что такое трещины и трещиноватость?
5. Что такое ряды и системы трещин?
6. Как классифицируются трещины по величине зияния?
7. Что такое отдельность, и какая она бывает?
8. Что такое планетараная трещиноватость ?
9. Как трещиноватость изображается на снимках и геологических картах?
10. Какое значение трещиноватость имеет для структурной и нефтегазовой геологии?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите ***по ссылке ответы к 7.2.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 7.3. Разломы

1. Что такое разломы?
2. Как изображаются разломы на геологической карте?
3. Как оканчиваются разломы?
4. Что представляет собой сместитель разлома?
5. Что такое тектонический меланж?
6. Как называются горные породы, образующие сместитель?
7. Что такое зеркала и борозды скольжения и что по ним можно определить?
8. Какие существуют виды разломов по направлению перемещения крыльев?
9. Как определяется возраст разломов, и как оценить возраст перемещений по разлому?
10. Какие существуют виды разломов по глубине проникновения в земную кору.
11. Какие существуют виды разломов по размерам?
12. Какие существуют виды разломов по значимости?
13. Что такое глубинные разломы?
14. Что такое раздвиги?
15. Что такое сбросы?
16. Что такое взбросы?
17. Что такое надвиги, покровы и шарьяжи?
18. Что такое сдвиги и какие они бывают?
19. Что такое комбинированные разломы, и какие они бывают?
20. Что такое грабены и какие они бывают?
21. Что такое горсты и какие они бывают?
22. Что такое грабен-синклиналь и горст-антиклиналь?
23. Что такое ступенчатые и листрические сбросы?
24. Как соотносятся между собой разломы и складки?
25. Как выглядят разломы на аэро- и космических снимках?
26. Как выглядят разные разломы на геологических и структурных картах?
27. Какое значение в структурной и нефтегазовой геологии имеют разломы?

Чтобы проверить правильность ответов перейдите по ***ссылке ответы к 7.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 8.1. Структуры магматических пород

1. Как определяется возраст интрузии?
2. Какие существуют виды контактов интрузивных пород?
3. Что такое эндо- и экзоконтакт?
4. Что такое ксенолиты?
5. Какие элементы текстуры интрузивного массива относятся к прототектоническим, и какую информацию несет их ориенетировка?
6. Какие выделяются первичные трещины интрузивов, и какую информацию несет их ориентировка?
7. Что такое согласные интрузии, и какие тела к ним относятся?
8. Что такое несогласные интрузии, и какие тела к ним относятся?
9. Что такое батолиты?
10. Что такое частично согласные интрузии, и какие тела к ним относятся?
11. Что такое полуглубинные магматические тела, и какие тела к ним относятся?
12. Что такое лавовые покровы и чем они характеризуются?
13. Что такое лавовые потоки и чем они характеризуются?
14. Что такое вулканические купола?
15. Что такое вулканические туфы?
16. Что такое туффиты?
17. Какие Вы знаете горы, которые являются вулканическими конусами?
18. Что такое кальдера?
19. Встречаются ли залежи нефти и газа в магматических породах?

Если Вы затруднились с ответами или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке ответы к 8.1.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 8.2. Структуры метаморфических горных пород

1. Какие текстуры характерны для метаморфических пород?
2. Что такое петротектоника?
3. Какие структуры характерны для пород регионального метаморфизма?
4. Какие структуры характерны для пород динамометаморфизма?
5. Какие структуры характерны для пород контактового метаморфизма?
6. Что такое астроблемы?

Если Вы затруднились с ответами, и хотите себя проверить - перейдите по ***ссылке ответы к 8.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 8.3. Структуры тел полезных ископаемых

1. Как разделяются тела полезных ископаемых по соотношению времени формирования горной породы и тела полезного ископаемого?
2. Какие бывают границы полезных ископаемых?
3. Какие бывают изометричные рудные тела?
4. Какие бывают трубообразные рудные тела?
5. Какие бывают плитообразные рудные тела?
6. Как определяется относительный возраст рудных тел?
7. Что такое элементы залегания рудных тел?
8. Какие бывают контактовые рудные тела?
9. Какие бывают согласные рудные тела?
10. Какие бывают секущие рудные тела?
11. Чем определяется форма жидких и газообразных полезных ископаемых?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить – перейдите по ***ссылке ответы к 8.3.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 9.1. Основные черты строения земной коры

1. На основе каких данных мы получаем сведения о строении земной коры?
2. Что такое земная кора?
3. Какие типы земной коры выделяют, и каковы их морфологические характеристики?
4. Что такое литосферные плиты?
5. Что такое дивергентные границы между литосферными плитами?
6. Что такое конвергентные границы между литосферными плитами?
7. Что такое коллизионная граница между литосферными плитами?
8. Что такое трансформная граница между литосферными плитами?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке ответы к 9.1.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 9.2. Структуры континентов

1. Что такое континент?
2. Какие бывают границы континентов?
3. Что такое активные окраины континентов?
4. Какие бывают виды активных окраин?
5. Что такое пассивные окраины континентов?
6. Какие структуры 1 ранга составляют континенты?
7. Что такое платформы?
8. Как определяется возраст платформ?
9. Чем характеризуются древние платформы?
10. Чем характеризуются молодые платформы?
11. Что такое щит?
12. Чем являются выступы на поверхность фундамента молодых платформ?
13. Что такое синеклизы?
14. Что такое грабен-синеклиза (грабен-синклиналь)?
15. Что такое антеклизы?
16. Что такое горст-антеклиза (горст-антиклиналь)?
17. Что такое желоб?
18. Что такое склон?
19. Что такое свод?
20. Что такое впадина?
21. Что характерно для сети разрывов на платформе?
22. Что такое краевой прогиб?
23. Что такое краевой шов?
24. Что такое складчатый (геосинклинальный) пояс?
25. Во что превращаются геосинклинальные пояса в процессе своей эволюции?
26. Что такое складчатая область?
27. Что такое складчатая система и какие синонимы и частичные синонимы этого термина существуют?
28. Что такое геосинклиналь и геоантиклиналь, и во что они превращаются после завершения геосинклинального развития?
29. Что такое миогеосинклиналь?
30. Что такое эвгеосинклиналь?
31. Что такое межгорный прогиб?
32. Что такое срединный массив (террейн)?
33. Каковы особенности складчатости складчатых областей?
34. Что такое континентальные рифтовые системы?
35. Что такое области возрожденной тектонической активности?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке ответы к 9.2.***

Контрольные вопросы к 9.3. Океанические структуры

1. Какие морфоструктуры выделяются в океане?
2. Что такое полосовые магнитные аномалии?
3. Каково внутреннее строение срединно-океанических хребтов?
4. Что такое островные дуги?
5. Что такое аккреционные линзы?
6. Что такое глубоководный желоб?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке ответы к 9.3.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 10.1. Изображение объектов на геологических чертежах

1. Как изображается точка на геологических чертежах?
2. Какими методами можно привязать точку к карте с местности?
3. Какими методами переносят точки и контуры с аэро и космоснимка на топографическую карту?
4. Как изображают на геологических чертежах прямую, вектор, отрезок и кривую линию?
5. Как задается плоскость на геологических чертежах?
6. Что такое падение, и какими величинами оно характеризуется?
7. Что нужно знать для определения элементов залегания по трем точкам?
8. Как определяется направление падения по структурной карте?
9. Что нужно знать для определения элементов залегания по двум видимым сечениям?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке ***ответы к 10.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 16. Структурный анализ разрывов

1. Для чего восстанавливают направление осей тектонических напряжений?
2. На что следует обращать внимание при массовых замерах трещиноватости?
3. Каковы преимущества и недостатки палеток, применяемых для нанесения замеров трещиноватости?
4. В каких случаях применяют карту в изолиниях, а в каких картограмму при изучении интенсивности разрывов?
5. Какими признаками пользуются при интерпретации карт густоты разрывов?
6. Какими признаками пользуются при интерпретации картодиаграмм ориентировки разрывов?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ссылке к раздел ***ответы к 16***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 17.1. Предмет структурной геологии

1. Чем занимается структурная геология (что является предметом структурной геологии)?
2. Что является источником сил, создающих структурные формы?
3. Что значит понять структуру?
4. От чего, главным образом, зависят формы залегания геологических тел?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке к ***ответы 17.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Вопросы к 17.2. Задачи структурной геологии. Цели изучения дисциплины и её значение

Контрольные вопросы к 17.2. Задачи структурной геологии. Цели изучения дисциплины и её значение

1. В чем состоит главная научная задача структурной геологии??
2. В чем состоят практические задачи структурной геологии?
3. В чем состоит научное значение структурной геологии?
4. В чем состоит практическое значение структурной геологии?
5. В чем состоит учебное значение структурной геологии?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке ***ответы к 17.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 17.3. Связь структурной геологии с другими науками

1. На какие науки опирается структурная геология?
2. Какие науки базируются на структурной геологии?
3. С какими науками связана структурная геология?
4. Как связана структурная геология с геологией нефти и газа?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке ***ответы 17.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.1. Общее представление о методах структурной геологии

1. Какие методы применяются в структурной геологии?
2. Какие из общенаучных методов применяются в структурной геологии?
3. Какие из общегеологических методов применяются в структурной геологии?
4. В чем заключается сравнительно-исторический метод применительно к структурной геологии?
5. В чем заключается метод математического моделирования применительно к структурной геологии?
6. Какими методами изучаются формы геологических тел?
7. Какими методами изучается история развития геологических тел?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке ***ответы к 18.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.2.1. Виды геологических чертежей

1. Что такое геологическая карта?
2. Какие существуют сходные с картой геологические чертежи и чем они от нее отличаются?
3. Для чего может служить геологическая карта (функции карты)?
4. Что такое геологический разрез, и какие геологические разрезы бывают?
5. Что такое стратиграфическая колонка и для чего она служит?
6. Что такое блок-диаграмма и каково ее назначение?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 18.2.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.2.2. Геологические карты и их виды

1. По каким признакам классифицируются геологические карты?
2. Как классифицируются карты по содержанию?
3. Как классифицируются карты по масштабу?
4. Как классифицируются карты по картируемому времени?
5. Как классифицируются карты по ведомственной принадлежности?
6. Как классифицируются карты по назначению?
7. Что такое карты срезов и карты топографических поверхностей?
8. Как классифицируются карты по степени теоретического обобщения?
9. Как классифицируются карты по использованию ЭВМ?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 18.2.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.2.3. Структура карты и ее компоненты

1. Из каких компонентов состоит тематическая (геологическая) карта?
2. . Что такое математическая основа карты?
3. Что такое масштаб карты?
4. Что такое точность масштаба карты?
5. Что такое картографическая проекция и как ее выбирают при проектировании карты?
6. Обязательно ли совпадут контуры разных карт одной и той же территории одного и того же масштаба? Почему?
7. Что такое номенклатура и разграфка карты? Приведите пример номенклатуры карты масштаба 1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000.
8. Для чего служит рамка карты?
9. Что такое легенда карты?
10. Что такое топографическая основа карты?
11. Что такое специальное содержание карты?
12. Что входит во вспомогательное оснащение карты?
13. Что входит в справочные данные карты?
14. Что такое компоновка карты?

Если Вы затруднились с ответами или хотите себя проверить, перейдя по ссылке в ***ответы к 18.2.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.2.4. Генерализация геологических карт

1. Что такое картографическая генерализация?
2. Что такое нормы отбора?
3. Что такое цензы отбора?
4. Какие бывают виды обобщений?
5. Что такое картографическая (геометрическая) точность?
6. Что такое тематическая верность?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 18.2.4***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.2.5. Государственная геологическая карта и Государственная геологическая съемка

1. Что такое геологическая съемка?
2. Какие виды геологических съемок существуют?
3. Что такое геологическое доизучение площадей?
4. Что такое глубинное геологическое картирование?
5. Каковы особенности геологического изучения шельфа?
6. Чем определяется комплекс исследований при геолого-съемочных работах?
7. Чем определяется изученность территории?
8. Чем определяется сложность геологического строения территории?
9. Что входит в комплект карт ГДП-200?
10. Какие основы используются при составлении ГДП-200?
11. Какие карты входят в комплект государственной геологической карты?
12. В какой последовательности производятся геолого-съемочные работы?
13. Что относится к задачам подготовительного этапа геолого-съемочных работ?
14. Что относится к задачам полевого этапа геолого-съемочных работ?
15. Что относится к задачам камерального этапа геолого-съемочных работ?
16. Каков обычный состав геолого-съемочной партии?
17. Каков состав и структура геолого-съемочной экспедиции?
18. Какого размера объекты показывают на геологической карте?
19. С какой точностью определяется положение геологических границ?
20. Какие главы входят в объяснительную записку к геологической карте?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ссылке в главу ***ответы к 18.2.5.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.2.6. Общая методика построения геологических карт

1. От каких характеристик карты зависит выбор её будущего облика?
2. Исходя из какого принципа выбирается математическая основа карты?
3. Как приготавливается к картографированию фактический материал?
4. С чего начинается проектирование специального содержания карты?
5. Как учитываются особенности человеческого восприятия материала при составлении карт?
6. В какой последовательности создается карта методом количественного фона?
7. Каков порядок составления карт, когда изображаются пересечения поверхностей?
8. В какой последовательности составляются карты по геологическим описаниям?
9. Как составляют карты методом картограмм?
10. Чем отличаются картодиаграммы от локализованных диаграмм?
11. Для чего составляется предварительный макет карты?
12. Каков порядок составления легенды?
13. Чем завершается составление карты?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ссылке в **ответы к 18.2.6.**

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.2.7. Построение геологических разрезов

1. Какие существуют разновидности разрезов?
2. Как выбирается направление и место геологического разреза?
3. Как выбираются вертикальный и горизонтальный масштабы разреза?
4. Как изображаются на разрезах слои, если они не могут быть показаны в масштабе построения?
5. Каковы признаки сброса и взброса в разрезах скважин, по которым строится геологический разрез?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ссылке в ***ответы к 18.2.7***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.3.1. Общие представления о геоморфологическом методе

1. Чем занимается наука геоморфология?
2. Что такое морфоструктура?
3. Каким образом рельеф зависит от скорости и знака тектонических движений?
4. Как отличить юную долину от зрелой?
5. Что такое ярус рельефа и как он образуется?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 18.3.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.3.2. Структурно-геоморфологический анализ рельефа

1. Для чего проводят структурно-геоморфологический анализ поверхностей выравнивания водоразделов?
2. Для чего проводят структурной-геоморфологический анализ базисов эрозии?
3. Чем морфографические методы изучения рельефа отличаются от морфометрических?
4. Для чего изучают продольные профили рек?
5. Что такое тектонический рельеф и как его изучают?
6. Для чего изучают расчлененность рельефа?
7. Какие виды расчлененности рельефа существуют?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 18.3.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.3.3. Методы изучения современной тектоники

1. Какими методами изучают современные тектонические движения?
2. Какие структуры создают современные тектонические движения?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 18.3.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.4.1. Общие вопросы применения аэрокосмических методов

1. Что такое аэрокосмические методы?
2. Каковы основные свойства аэро- и космических снимков?
3. Для чего применяются аэрокосмические методы при аэрокосмических исследованиях?
4. Что такое геологическое дешифрирование аэро- и космических снимков?
5. Что такое дешифровочные признаки геологических объектов?
6. Что такое фототон?
7. Что такое фоторисунок?
8. Что такое фотоаномалия?
9. Что такое линеамент?
10. Что такое кольцевая структура?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 18.4.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.4.2. Геологическое дешифрирование

1. Что такое визуальное дешифрирование?
2. Что такое дешифровочные признаки геологических объектов?
3. Что такое прямые дешифровочные признаки?
4. Что такое косвенные дешифровочные признаки?
5. Что такое контрастно-аналоговое дешифрирование
6. Что такое ландшафтно-индикационное дешифрирование?
7. Что такое общее дешифрирование?
8. Что такое специальное (тематическое) дешифрирование?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 18.4.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.4.3. Технология дешифрирования

1. Какие виды работ производятся на подготовительном этапе дешифрирования?
2. Какие виды работ производятся на предварительном этапе дешифрирования?
3. Как подбирается масштаб (разрешение) снимков?
4. Как подбирается спектральная зона (зоны) снимков?
5. Как подбирается сезоны съемки?
6. В чем заключается предварительный этап дешифрирования?
7. В чем заключается основной этап дешифрирования?
8. В чем заключается завершающий этап дешифрирования?
9. В чем заключается проверочный этап дешифрирования?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 18.4.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 18.4.4. Условия дешифрируемости

1. Какие территории называются открытыми?
2. Каковы особенности дешифрирования открытых территорий?
3. Какие территории называются полузакрытыми?
4. Каковы особенности дешифрирования полузакрытых территорий?
5. Какие территории называются закрытыми?
6. Каковы особенности дешифрирования закрытых территорий?
7. Каковы особенности дешифрирования акваторий?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 18.4.4***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к главе 19. Образование и разрушение слоистых толщ

1. Под влиянием каких факторов образуются слоистые толщи?
2. Что такое ингрессия?
3. Что такое облекание?
4. Что такое прилегание?
5. Что такое трансгрессия?
6. Что такое хронослой?
7. Что такое литослой?
8. Что такое регрессия?
9. О чем говорит закон Головкинского – Иностранцева - Вальтера?
10. Что такое миграционное залегание?
11. Как физико-географические факторы влияют на осадконакопление?
12. Что такое секвентная стратиграфия?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ссылке в ***ответы к главе 19***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы

1. Что такое нарушения горных пород?
2. Что такое конволютная слоистость?
3. Что такое олистостром?
4. Что такое структуры уплотнения?
5. Какие структуры относятся к конседиментационным, а какие – к постседиментационным?
6. Каковы признаки ненарушенного залегания?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 20.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 20.2. Нарушения и их причины. Виды нетектонических нарушений

1. Под действием каких сил развиваются нарушения в горной породе?
2. Что такое гляциодислокации?
3. Что такое провальные дислокации?
4. Какие структуры образуются при переходе ангидрита в гипс?
5. Что такое вулкано-тектонические структуры?
6. Как отличить тектонические деформации от нетектонических?

Если Вы затруднились с ответами, или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке в ответы к 20.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 20.3. Деформации и напряжения

1. Что такое деформация твердого тела?
2. Что такое напряжения в твердом теле?
3. Что такое оси главных нормальных напряжений?
4. Что такое простые деформации?
5. Что является результатом пластической деформации?
6. Что является результатом дизъюнктивной деформации?
7. Как ориентированы разрывы по отношению к осям главных нормальных напряжений?
8. Как ориентированы оси главных нормальных напряжений в земной коре по отношению к разломам (раздвигам, сбросам, взбросам и сдвигам)?
9. Что такое неоднородная среда?
10. Что такое анизотропная среда?
11. Чем отличаются деформации геологических тел от деформаций, изучаемых при физических исследованиях?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 20.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 20.4. Будинаж. Компетентные и некомпетентные породы

1. Что такое будинаж?
2. В каких условиях будинаж развивается по трещинам отрыва, а в каких – по трещинам скола?
3. Что такое компетентные и некомпетентные слои?
4. От чего зависит отнесение породы к компетентным или некомпетентным?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 20.4***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 21.1. Факторы, влияющие на складкообразование

1. От чего зависит форма и размер складок?
2. Как влияет на складчатость температура окружающей среды?
3. Как влияет на складчатость скорость деформации?
4. Как влияет на образование складок наличие растворов в порах пород?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 21.1***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 21.2. Кинематическая классификация складок (механические условия образования складок)

1. При помощи каких механизмов образуются гравитационные складки?
2. В результате каких процессов в твердом теле образуются постседиментационные складки?
3. Что такое складки продольного изгиба?
4. Какие морфологические особенности присущи складкам продольного изгиба?
5. Что такое складки поперечного изгиба?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 21.2***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 21.3. Геологические условия образования складок

1. На какие крупные группы делятся складчатость по геологическим условиям образования?
2. На какие группы делится и как образуется эндогенная конседиментационная складчатость?
3. На какие группы разделяется эндогенная постседиментационная складчатость?
4. Какому виду по кинематике (приложению напряжений) соответствует складчатость регионального сдавливания?
5. Какому виду по кинематике (приложению напряжений) соответствует складчатость облекания?
6. Какие морфологические черты характерны для складчатости общего смятия?
7. Какие морфологические черты характерны для складчатости облекания?
8. Под действием каких сил образуется складчатость гравитационного скольжения и какова их главная особенность?
9. Каковы геологические условия образования приразломной складчатости?
10. Что такое диапировые складки?
11. Какие диапиры наиболее распространены в осадочной оболочке земной коры?
12. Как связаны диапиризм и нефтегазоносность?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 21.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 22.1 – 22.3. Общие сведения об образовании разрывов, образование кливажа, образование трещин

1. Какова последовательность образования разрывов?
2. Как образуется кливаж?
3. Как образуются первичные трещины?
4. Как образуются тектонические трещины?
5. Что такое и как образуется планетарная трещиноватость?
6. Как образуются гипергенные трещины?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 22.1 – 22.3***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 22.4. Генезис разломов

1. Какова последовательность образования разлома?
2. При какой ориентировке осей главных нормальных напряжений в земной коре формируются сбросы?
3. При какой ориентировке осей главных нормальных напряжений в земной коре формируются взбросы?
4. Что такое надвиг?
5. Что такое надвиговый пояс?
6. При какой ориентировке осей главных нормальных напряжений в земной коре формируются сдвиги?
7. Что такое динамопара?
8. Что такое транспрессия и транстенсия?
9. Что такое структура «пулл-апарт»?

Если Вы затруднились с ответами, можете проверить себя, перейдя по ссылке в ***ответы к 22.4***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 22.5. Парагенезисы разломов. Тектонофации

1. Что такое структурный парагенез?
2. Какие парагенезы образуются в обстановке горизонтального сжатия?
3. Какие парагенезы образуются в обстановке горизонтального растяжения?
4. Какие парагенезы образуются в обстановке сдвига?
5. Что такое тектонофация?
6. Что такое главная структурная триада тектонофаций?

Если Вы затруднились с ответом, или хотите себя проверить, перейдите по ссылке в ***ответы к 22.5.***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 23.1. Донаучный этап развития структурной геологии

1. Зачем нужно знать историю науки?
2. С чем бывает связана смена систем концепций в науке?
3. Каковы были геологические взгляды Аристотеля?
4. Какой вклад в геологию внес Авиценна (Ибн Сина)?
5. Когда в Европе появились первые профессиональные геологи?
6. Кто ввел в европейскую науку понятие слоя?
7. Какое открытие, важное для структурной геологии, сделал Стенон?
8. В чем заключается роль М.В. Ломоносова для развития структурной геологии?
9. В чем заключается роль Петра I для развития структурной геологии?

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Контрольные вопросы к 23.2. Научный этап развития структурной геологии

1. В чем заключалось развитие структурной геологии во второй половине XVIII - первой четверти XIX веков?
2. В чем состоял героический период в истории геологии и когда он происходил?
3. В чем заключается теория кратеров поднятия и кто ее автор?
4. Кто, когда и в каком труде выдвинул принцип актуализма в геологии?
5. Какой вклад сделал Ч. Дарвин в структурную геологию?
6. В чем заключается теория контракции и кто ее автор?
7. В чем заключается теория геосинклиналей и кто ее автор?
8. Как делится континентальная Земная кора по теории геосинклиналей?
9. Кто и когда впервые противопоставил геосинклинали и континентальные площади (платформы)?
10. Кто и на каком примере установил двухэтажное строение платформ?
11. Кто обнаружил на платформах прогнутые территории и назвал их синеклизами?
12. Кто и когда впервые предложил пользоваться изолиниями для изображения различных характеристик угольных пластов.
13. Кто и когда ввел в научный обиход понятие «неотектоника»?
14. Что такое тектонофизика и когда она возникла?
15. Как повлияло на структурную геологию применение аэро- и комических методов изучения Земли?
16. Как повлияло на структурную геологию применение геофизических методов изучения Земли?

19. Как повлияло на структурную геологию применение математических методов изучения Земли?

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ОТВЕТЫ К ВВЕДЕНИЮ

I. Ответы по общей геологии

1. Осадочные (обломочные, хемогенные, биогенные, глины). Метаморфические (регионального метаморфизма, динамометаморфизма, контактового метаморфизма, диафтореза, импактные). Магматические (интрузивные – плутонические и эффузивные вулканические; ультраосновные, основные, средние, кислые, щелочные).

2. Эонотема – фанерозой, криптозой; эратема – кайнозой, мезозой, палеозой, протерозой, архей; система (для фанерозоя кембрий, ордовик, силур, девон, карбон, пермь, триас, юра, мел, палеоген, неоген, четвертичный (антропоген), ярус (список не приведен вследствие его величины), зона (хронозона).

3. Стратиграфическая шкала соответствует горным породам, образованным в рассматриваемое время, а геохронологическая – времени, в которое образованы эти породы.

Таблица ов.1.**Соответствие стратиграфических и геохронологических таксонов:**

Стратиграфические подразделения	**Геохронологические подразделения**
Эонотема -	Эон
Эратема	Эра
Система	период
Отдел	Эпоха
Ярус	Век
Зона (хронозона)	Фаза

4. Интрузивные – **согласные** с вмещающими толщами (лакколиты, лополиты, факолиты, этмолиты, бисмалиты, силлы) тела, форма которых зависит о формы вмещающих осадочных пород) и **несогласные (**батолиты, штоки, дайки, апофизы, хонолиты).

Эффузивные: лавовые покровы, лавовые потоки, некки (жерловины), вулканические (экструзивные) купола (пики, иглы) и диатремы (трубки взрыва), вулканические конусы, стратовулканы, щитовидные вулканы.

5. Давление, температура, химические взаимодействия. Региональный, динамометаморфизм, контактовый, диафторез, метасоматоз.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

6. Стадии образования осадочных пород: 1 – выветривание – разрушение под действием атмосферных явлений, 2 - денуда́ция - совокупность процессов сноса и переноса (водой, ветром, льдом, непосредственным действием силы тяжести) продуктов разрушения горных пород в пониженные участки земной поверхности, 3 – аккумуляция – накопление принесенного вещества в пониженных участках, 4 – диагенез - превращение осадков в осадочную породу. Выражается в уплотнении осадка и в преобразовании его минерального вещества. Это совокупность природных процессов преобразования рыхлых осадков на дне водных бассейнов в осадочные горные породы в условиях верхней зоны земной коры.

7. В результате экзогенных процессов горы и возвышенности разрушаются и продукты разрушения заполняют понижения рельефа.

8. Эпохи тектогенеза:

Докембрийский (гуронский) тектогенез:

белозерский (3500 - 3050 млн. лет)

кольский (3050 - 2700 млн. лет)

беломорский (2700 - 2500 млн. лет)

альгонкский (2500 - 2230 млн. лет)

карельский (2230 - 1980 млн. лет)

балтийский (1980 - 1830 млн. лет);

гудзонский (1830 - 1670 млн. лет);

гуронский (1670 - 1490 млн. лет);

лаксфордский (1490 - 1360 млн. лет);

готский (1360 - 1210 млн. лет);

эльсонский (1210 - 1090 млн. лет);

гренвильский (1090 - 930 млн. лет);

байкальский (930 - 860 млн. лет);

делийский (860 - 650 млн. лет);

кадомский (650 - 520 млн. лет);

салаирский (520 - 410 млн. лет);

Фанерозойский тектогенез:

каледонский (силур - пермь) (410 - 260 млн. лет);

герцинский (варисский) (пермь - конец юры) (260 - 90 млн. лет);

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

киммерийский (мезозойский) (конец юры - палеоцен) (90 - 50 млн. лет);

альпийский (кайнозой) (50 - 0 млн. лет).

9. Выделяются древние платформы, имеющие фундамент докембрийского возраста и молодые, которые разделяются на эпикаледонские (фундамент, включает породы, затронутые каледонской складчатостью), – эпигерцинские (фундамент включает породы, затронутые герцинской складчатостью), эпимезозойские как правило не выделяются.

II. Ответы по основам топографии и космоаэрофотосъемки.

1. В геодезической системе координат положение точки на земной поверхности определяется широтой и долготой. Широта геодезическая это угол между нормалью точки и экватором (рис. ов.1). Геодезическая долгота - это угол между начальным меридианом и меридианом точки.

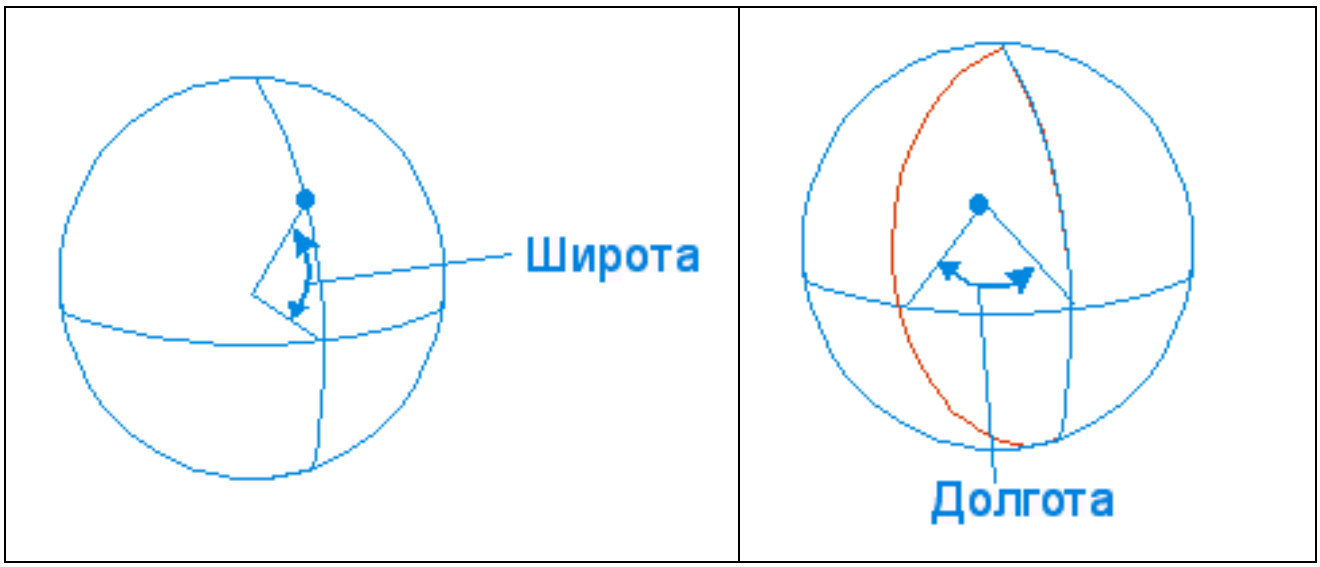


Рис. ов1. Широта и долгота в геодезической системе координат

На экваторе широта она 0º а на северном полюсе +90º, на южном -90º.

Начальный меридиан 0º. проходит через Гринвич в Англии. В восточном направлении до +180º, в западном направлении до -180º.

Сама координата обычно задается в градусах формата градусы, минуты, секунды.

Плоская система координат использует горизонтальную координатную плоскость XOY (рис. ов 2), образованную двумя взаимно перпендикулярными прямыми. Одну из них принимают за ось абсцисс X, другую – за ось ординат Y, точку пересечения осей O – за начало координат. Четверти прямоугольной системы координат нумеруются. Их счет идет по ходу стрелки от положительного направления оси абсцисс.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

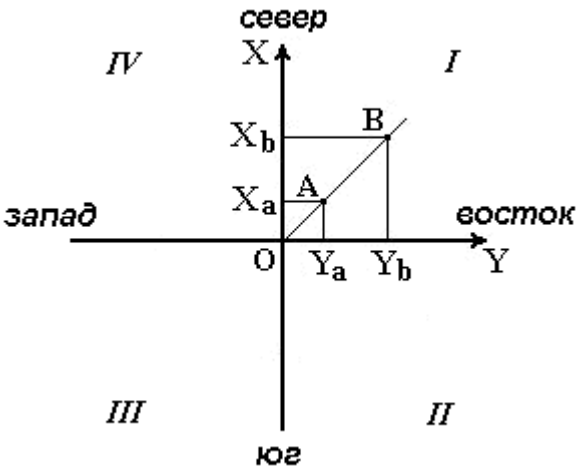


Рис. ов. 2. Плоская прямоугольная система координат

Если за начало плоской прямоугольной системы координат принять произвольную точку, то она будет называться относительной или условной.

Изучаемые точки проектируют с математической поверхности Земли на координатную плоскость ХОУ. Математическая поверхность Земли проектируется на плоскость по участкам – зонам, на которые вся земная поверхность делится меридианами через 6° или 3°, начиная с начального меридиана

В пределах каждой зоны строится своя прямоугольная система координат. Для этого все точки данной зоны проецируются на поверхность цилиндра (рис.ОВ3, а), ось которого находится в плоскости экватора Земли, а его поверхность касается поверхности Земли вдоль среднего меридиана зоны, называемого осевым. При этом соблюдается условие сохранения подобия фигур на земле и в проекции при малых размерах этих фигур.

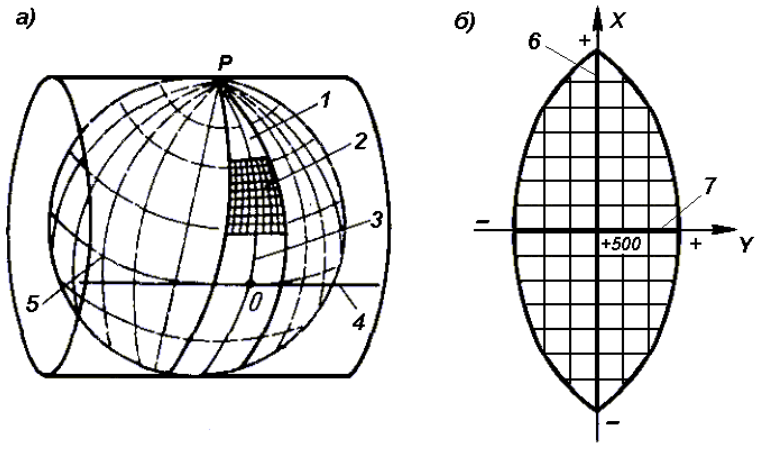


Рис. ов. 3. Равноугольная картографическая проекция Гаусса – Крюгера (а) и зональная система координат (б): 1 – зона, 2 – координатная сетка, 3 – осевой меридиан, 4 – проекция экватора на поверхность цилиндра, 5 – экватор, 6 – ось абсцисс – проекция осевого меридиана, 7 – ось ординат – проекция экватора

После проектирования точек зоны на цилиндр, он развертывается на плоскость, на которой изображение проекции осевого меридиана и соответствующего участка экватора будет представлена в виде двух

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

взаимно перпендикулярных прямых (рис. ов 3, б). Точка пересечения их принимается за начало зональной плоской прямоугольной системы координат, изображение северного направления осевого меридиана – за положительную ось абсцисс, а изображение восточного направления экватора – за положительное направление оси ординат.

Для всех точек на территории нашей страны абсциссы имеют положительное значение. Чтобы ординаты точек также были только положительными, в каждой зоне ординату начала координат принимают равной 500 км. Таким образом, точки, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют ординаты меньше 500 км, а к востоку – больше 500 км. Эти ординаты называют преобразованными.

Запись координат делается в метрах - широта 0 от экватора, а в обозначение долготы первая цифра соответствует номеру зоны, а последующие преобразованным ординатам.

Полярные координаты

При выполнении съемочных и разбивочных геодезических работ часто применяют полярную систему координат (рис. ов 4). Она состоит из полюса О и полярной оси ОР, в качестве которых принимается прямая с известным началом и направлением.

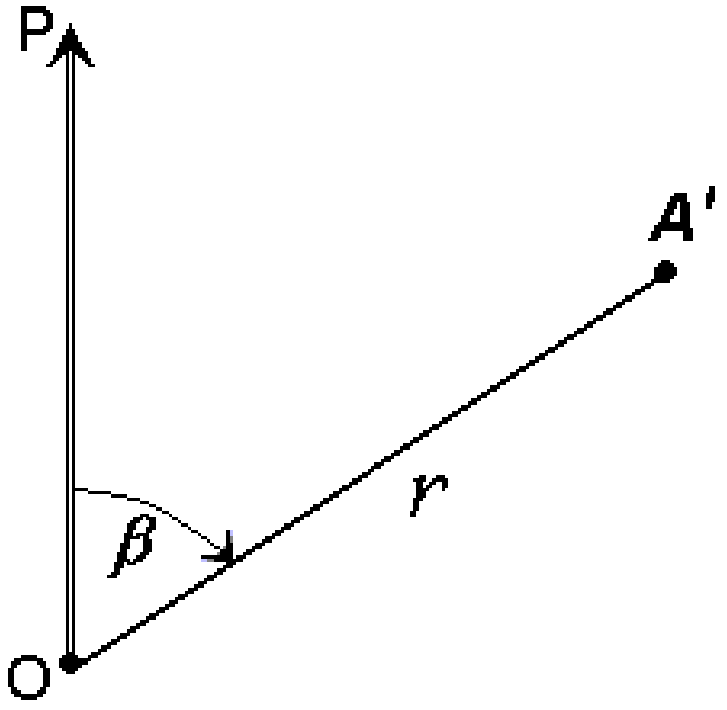


Рис. ов. 4. Полярная система координат

Для определения положения точек в данной системе используют линейно-угловые координаты: угол *β*, отсчитываемый по часовой стрелке от полярной оси ОР до направления на горизонтальную проекцию точки *A′*, и полярное расстояние *r* от полюса системы О до проекции *A′.*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Системы высот. Высота точки является третьей координатой, определяющей её положение в пространстве.

В России абсолютные высоты точек определяются в **Балтийской системе высот (БСВ)** относительно **нуля Кронштадтского футштока** – горизонтальной черты на медной пластине, прикрепленной к устою моста через обводной канал в г. Кронштадте.

Относительная высота H_y – измеряется от любой другой поверхности, а не от основной уровенной поверхности.

2. На карте (масштаб 1:5 000 и мельче) учитываются искажения, обусловленные шарообразностью Земли, на плане (масштаб 1:5 000 и крупнее - нет).

3. **Масштаб карты, это** степень уменьшения объектов на **карте** относительно их размеров на земной поверхности. Частный масштаб – масштаб в данной точке карты, главный масштаб – масштаб в той точке, где искажения минимальны, например, на рис. ов 3.а – линия проекции экватора и осевого меридиана на поверхность цилиндра. Численный масштаб - отношение расстояния между двумя точками на плане, **карте**, чертеже к расстоянию между этими же точками на местности, в натуре (вернее, их горизонтальному проложению). **Численный масштаб** записывают в виде дроби, в числителе которой стоит единица, а в знаменателе — степень уменьшения проекции. Например, масштаб 1:5 000 показывает, что в 1 см 5 000 см. В 1 см 50 м – это запись именованного масштаба. Линейный масштаб – мерная линейка, наносимая на карту для облегчения измерения расстояний (рис. ов. 5).

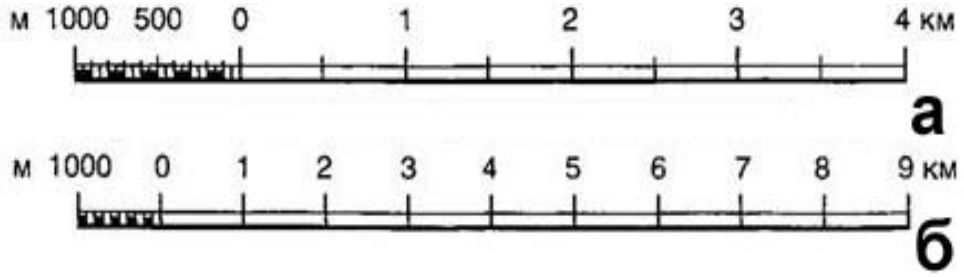


Рис. ов 5. Линейный масштаб для карт 1:50 000 и 1:10 000

4. Картографические проекции это проекции земного шара на плоскость. По искажению углов выделяются равноугольные, равновеликие (равноплощадные), произвольные. По виду параллелей и меридианов – цилиндрические, конические, азимутальные, псевдоконические, псевдоцилиндрические, поликонические и другие.

5. Система деления карты на отдельные листы называется **разграфкой карты**, а система обозначения (нумерации) листов — их **номенклатурой.** Номенклатура карт – это численно-буквенное обозначение масштаба и географического положения конкретного листа карты. Чтобы определить, какие координаты у юго-восточного угла карты с номенклатурой N-37-144 сначала замечаем, то это лист

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

масштаба 1:100 000, расположенный в юго-восточном углу листа 1:1 000 000. Ряд N ограничен широтами 52 СШ – 56 СШ, колонна 37 ограничена меридианами 36 ВД – 42 ВД. Следовательно, искомый угол имеет координаты 52ºСШ, 42º ВД (На этом листе находится Москва).

6. Картографическая генерализация - процессы отбора и обобщения содержания при составлении географических карт. Применяется для сохранения и показа на карте основных, типических черт и характерных особенностей изображаемых явлений в соответствии с назначением данной карты, её тематикой и возможностями масштаба.

7. Внемасштабные, линейные, площадные (масштабные)

8. Рельеф это совокупность неровностей земной поверхности. Рельеф изображается линиями равных высот (изолиниями высоты), называемыми ***горизонталями***. Сечение рельефа это расстояние по высоте между соседними горизонталями. Заложение рельефа, это проекция склона на горизонтальную плоскость между двумя точками соседних горизонталей.

9. Основные формы рельефа:

1) Гора - значительное куполообразное или коническое возвышение с более или менее явно выраженным основанием - подошвой.

2) Котловина - замкнутая чашеобразная впадина обычно с пологими скатами.

3) Хребет - линейно вытянутое возвышение, постепенно понижающееся к одному или обоим своим концам.

4) Лощина - вытянутое углубление, понижающееся в одном направлении; имеет скаты с чётко выраженным верхним перегибом - бровкой. К разновидностям лощин относятся: долины, ущелья, овраги, балки, каньоны.

5) Седловина - понижение на гребне хребта между двумя смежными вершинами; к ней с двух противоположных направлений, поперечных хребту, подходят своими верховьями лощины.

Фрагменты: вершина, водораздел, водораздельная поверхность, бровка, тыловой шов, подошва, склон (скат), тальвег, уступ.

Изобразить схематически горизонталями холм, склон, долину, ложбину, хребет, котловину, седловину (перевал) (рис. ов. 6).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

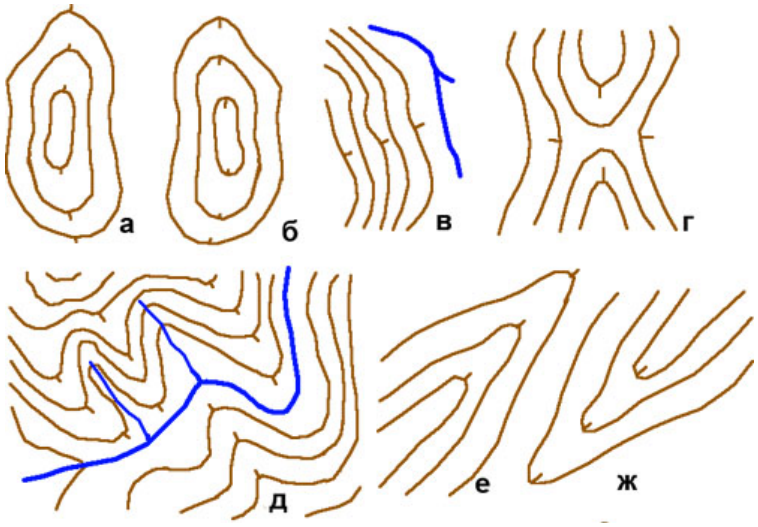


Рис. ов. 6. Изображение горизонталями элементарных форм рельефа: а – холм, б – котловина, в – склон, г – седловина (перевал), д – долина, е – хребет, ж – лощина (ложбина).

10. Государственная геодезическая сеть - это совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории и закрепленных на местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность и устойчивость в плане и по высоте в течение длительного времени. Плотность пунктов ГГС 1, 2, 3 и 4 классов, как правило, составляет не менее одного пункта на 50 кв. км.

11. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) - наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съемочной аппаратуры. Рабочий диапазон длин волн, принимаемых съёмочной аппаратурой, составляет от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны). Методы зондирования могут быть пассивные, то есть использовать естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью, и активные — использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия. Космические аппараты дистанционного зондирования Земли используются для изучения природных ресурсов Земли и решения задач метеорологии. Космические аппараты для исследования природных ресурсов оснащаются в основном оптической или радиолокационной аппаратурой. Преимущества последней заключаются в том, что она позволяет наблюдать поверхность Земли в любое время суток, независимо от состояния атмосферы, и иногда может дать изображение подпочвенного слоя.

12. Дешифрирование снимков – это извлечение из них полезной информации. Дешифровочные признаки - признаки искомых объектов на изображении.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

III. Подсказки к заданиям по основам топографии и космоаэрофотосъемки.

Задание 1

Проградуируйте (проинтерполируйте) отрезки между скважинами и соедините одновысотные отметки прямыми линиями (это линии простирания). Перпендикулярная линия к полученным прямым, направления к меньшим высотам – линия падения - ОА (направление уклона плоскости). Азимут этого направления (угол СОА) можно замерить транспортиром, если считать, что по умолчанию северное направление находится наверху листа. Отложить вдоль линии простирания в масштабе расстояние L -10 м (линейный масштаб приведен на рисунке задания). Получили точку В. Соединить с точкой О на смежной линии простирания. Угол АОВ - это угол падения, его можно замерить транспортиром (рис. ов 7).

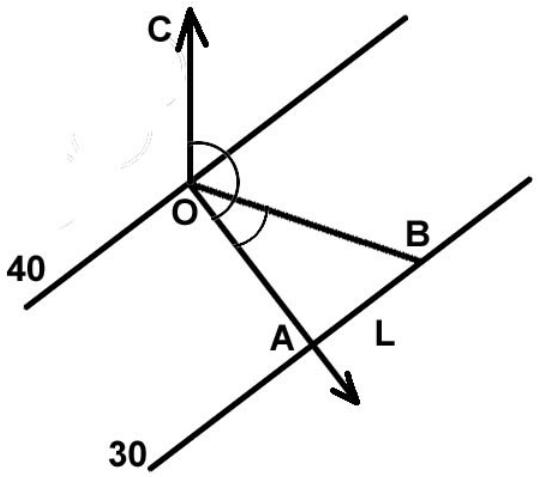


Рис. ов. 7. Определение элементов залегания по трем точкам

Задание 2.

Подсказка. Постройте профиль рельефа по направлению уклона ствола скважины в нашем случае – широтный, изобразите на нем ствол скважины и отложите в масштабе глубину. Она и будет искомой точкой.

Задание 3**.**

Подсказка. Через точку В проведите на карте линию простирания плоскости выбранного варианта. Рассчитайте из прямоугольного треугольника величину заложения в Вашем варианте, исходя из масштаба. Постройте серию линий, параллельных линии простирания, отстоящих друг от друга на величину рассчитанного заложения и оцифруйте их.

Задание 4.

Алгоритм выполнения работы:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

1. Построить вертикальные шкалы и проградуировать их от максимальной до минимальной отметок (западные румбы и южное направление находятся справа), как показано на рис. ов 8.



Рис. ов. 8. Построение рамки разреза

2. Снести значения высот на разрез в соответствующих точках ов. 9.

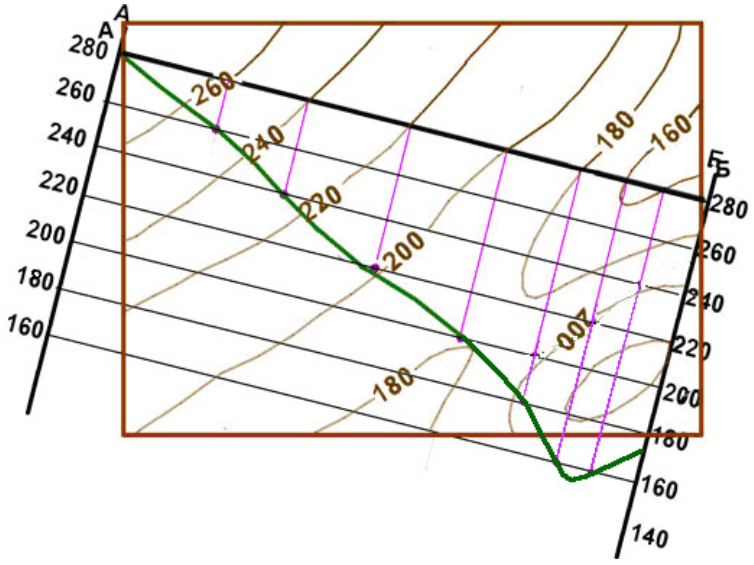


Рис. ов. 9. Построение профиля

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 1.1.

1. Геологическое тело, это некоторый объем в недрах Земли или на ее поверхности отличающийся от окружающего пространства по какому либо признаку (или комплексу признаков).

2. Геологическое тело может быть выделено в соответствии с какими-либо признаками горной породы (например, глауконитовый песчаник, разнозернистый песчаник, диатомовый песчаник, аптский песчаник, магнетитовый песчаник и т.д.) или может отражать какое либо иное свойство некоторого объема геологического пространства, (например пористость, проницаемость, перспективность территории на какие-либо полезные ископаемые, разведанность запасов и т.д.).

3. При характеристике геологического тела указывают его размеры, форму и ориентировку в пространстве. Формы геологических тел описываются чаще всего эталонным способом. Это означает, что тело относят к какому-либо классу по форме, происхождению, или совокупности признаков – например, антиклиналь, моноклиналь, локкалит и т.д., аналогично тому, как говоря о геометрических формах, называют куб, шар, конус, призма.

4. Ориентировка в пространстве (географическая привязка геологического тела) означает либо указание географических или прямоугольных координат его центра, либо ориентировку относительно других объектов, показанных на топографических картах (населенных пунктов, характерных точек рельефа, гидросети и т.д.

5. Наиболее наглядно, компактно и точно геологические тела представляются графически – на геологических чертежах. Важнейшими из них являются геологические карты различного типа, изображающие проекции геологических тел на горизонтальную плоскость и геологические разрезы – проекции на вертикальную плоскость. Изображение геологического тела сводится к изображению его границ.

6. Слой, линза, антиклиналь, жила, риф.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 1.2

1. Геологическая граница – это поверхность, отделяющая некоторый объем, занятый горными породами (геологическим телом) так, чтобы внутри него некоторое свойство (свойства) остались постоянными (другие могут меняться), а за пределами этой поверхности изменились те свойства, которые внутри границы были постоянны.

2. Существуют резкостные и статистические геологические границы. Они также могут быть условными, едиными и составными, ненарушенными и нарушенными, а также произвольными. Геологические границы выделяют по разным признакам: вещественным, возрастным, численному порогу какой-либо характеристики геологического тела, например его абсолютной отметки и др.

3. При переходе на более детальный уровень изучения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы 1.3.

1. Система - это совокупность любых объектов, взаимодействующих друг с другом. Пример: обломки разного состава, скрепленные цементом образуют линзу песчаника, включенную в слоистую толщу, смятую в складки, образующую слоистость в регрессивной последовательности в складчатой толще.

2. Каждый из объектов, образующих систему, называют ее элементом.

3. Эмерджентность – появление новых свойств, отсутствующих у элементов системы. Например, коллекторские свойства рифогенного известняка не присущи ни минералу кальциту, ни отдельным порам, а только совокупности крупных сообщающихся пор, обусловленных конфигурацией минералов кальцита, которые, в свою очередь, обусловлены формой скелетов организмов, из которых был сформирован риф.

4. Структурой системы называется совокупность связей и отношений между её элементами.

5. Иерархия геологических тел – это упорядоченное взаимоотношение геологических тел различных размеров. Формы залегания горных пород существуют в виде вложенных друг на друга структур разной величины. Совокупность элементов, принадлежащих одному масштабному размеру (уровню), называется *иерархическим (структурным) уровнем (рангом)*. На каждом иерархическом уровне элементы системы характеризуются каким-то набором свойств, список которых устанавливается в соответствии с целями, для которых объект рассматривается как система. Примеры имеются в таблице 1.1.

6. Структурная геология занимается объектами рангов от континентального до мезоуровня (от 1000 км до 1 см).

7. Парагенезисы - тектонические структуры разного порядка, сформировавшиеся одновременно под действием одних и тех же сил и примерно в одном и том же месте. Родство между структурами определяется тем, что все они, несмотря на разный размер и морфологическое многообразие, образуются в единых механических условиях.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 2.1

1. Форма залегания горных пород определяется их происхождением и историей развития.

2. Слой – более или менее однородный, первично обособленный осадок или осадочная горная порода, ограниченный приблизительно параллельными поверхностями

3. Пластом называют:

- слой полезного ископаемого, – например, «пласт каменного угля», «нефтенасыщенный пласт», «рудный пласт» и в этом смысле, понятие «пласт» уже понятия «слой»;
- магматическую порода плитообразной формы - базальтовый покров и т.д.

Понятие слоя относится только к осадочным горным породам. В этом смысле понятие пласта шире понятия «слой»; иногда пластом называют совокупность маломощных слоев. Иногда их употребляют как синонимы

4. Горизонт - регионально распространенный слой, отличающийся от соседних. В тех случаях, когда эти отличия ярко выражены – по цвету, составу или другим признакам, его можно использовать в роли репера при сопоставлении частных геологических разрезов пород. Такой горизонт называется маркирующим.

5. Поверхностями напластования - поверхности раздела между слоями, сопровождаемые признаками перерыва в осадконакоплении

6. Кровля - самая молодая (в ненарушенном залегании самая верхняя) граница слоя

7. Подошва - самая древняя часть слоя. В ненарушенном залегании она же самая нижняя поверхность слоя.

8. Признаки подошвы слоя:

- Уменьшение размера терригенных частиц по направлению от подошвы к кровле слоя, или уменьшение количества крупных частиц от подошвы к кровле. Уменьшение размеров зерен связано с тем, что при образовании осадка сначала оседают более грубые частицы, а затем все более и более мелкие, а само явление называется градационной слоистостью.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- Знаки ряби и волноприбойные знаки встречаются на слегка неровной поверхности напластования в виде системы небольших параллельных или дугообразно выпуклых перекрывающих друг друга гребешков и ложбинок высотой 0,5 - 2 см, представляющих собой окаменевшие следы волн или ветра. Гребешки указывают в сторону более молодого слоя. В тех случаях, когда знаки ряби асимметричны, более крутые их стороны указывают направление движения материала, направление выпуклости указывает направление бывшего берега (рис. 2.4). Знаки ряби и волноприбойные знаки образуются только в прибрежных мелководных частях бассейнов.

- Трещины усыхания (первичные трещины) образуются при высыхании осадка (как в пересыхающей луже). Затем они заполняются инородным материалом из нового вышележащего слоя, так, что на подошве слоя образуются валики и рубцы, а на кровле – бороздки

- Следы ползания животных (иероглифы, биоглифы, гиероглифы, флишевые фигуры) образуются на поверхности не затвердевшего илистого осадка. При накоплении следующего слоя осадка эти неровности заполняются и отпечатываются в виде валиков высотой до 4 см. В результате на подошве слоя образуются валики, а на кровле – бороздки.

9. Чтобы восстановить первоначальную последовательность осадконакопления

10. Мощность (толщина) слоя - это расстояние между его кровлей и подошвой. Кратчайшее расстояние называется истинной мощностью. Горизонтальная - расстояние между кровлей и подошвой по горизонтали, вертикальная - расстояние между кровлей и подошвой по вертикали и видимая - расстояние между кровлей и подошвой по любому другому направлению. Перечисленные толщины могут быть полными, измеренными от кровли до подошвы пласта, и неполными, характеризующими не весь пласт, а некоторую его часть.

11. Тригонометрическими соотношениями. Если замер ориентирован вкрест простирания горных пород, то при m – истинной мощности, m_1 – видимой мощности, α – угол падения слоя, β – угол падения рельефа $m=m_1*\sin(\alpha+\beta)$, если пласт и слой падают в противоположные стороны, $m=m_1*\sin(\alpha-\beta)$, или $m=m_1*\sin(\beta-\alpha)$, пласт и рельеф падают в одну и ту же сторону. Выбирается такая формула, чтобы мощность получилась положительной. Если замер сделан не по направлению падения, пользуются формулой П.М. Леонтовского:

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

$m = \pm L (\sin \alpha \cos \beta \cos \gamma \pm \cos \alpha \sin \beta)$,

где L - расстояние от кровли до подошвы пласта по косому сечению (величина замера), α - угол падения пласта, β- угол наклона рельефа по направлению замера, γ- угол между азимутом падения пласта и азимутом линии замера (L).

$\cos \gamma$ - это поправочный коэффициент, позволяющий производить коррекцию угла падения при промере величины L не по падению пласта. Эту коррекцию без большой погрешности можно не производить при значениях угла до 15°. Если рельеф и пласт падают в противоположные стороны, перед обоими произведениями ставится знак плюс. В случае совпадения направления падения пласта и рельефа из большего произведения вычитают меньшее.

По геологической карте истинную толщину вычисляют по формуле Фролова:

$m = \pm \Delta h \sin \alpha \cos\gamma \pm \Delta h \cos \alpha$,

где Δh - превышение (разность абсолютных отметок) между концами линии замера.

12. По размеру мощности слоев выделяют:

Массивнослоистые	более 100 см
Крупнослоистые	100-50 см
Среднеслоистые (слоистые)	50-10 см
Тонкослистые	10-2 см
Листоватослоистые	2-0,2 см
Микрослоистые	менее 2 мм

13. Каждый слой рано или поздно заканчивается с боков. Это окончание называется латеральным.

14 Оно может быть первичным – конседиментационным и вторичным, постседиментационным.

Первичное - выклинивание - уменьшение толщины слоя по протяжению до полного исчезновения и смыкание кровли с подошвой, фациальное замещение - изменение литологического состава слоя до неузнаваемости.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Пстседиментационное: тектоническое, или интрузивное срезание - срезание слоя разломом, ли интрузией. Денудационное срезание - исчезновение слоя в результате современного или древнего размыва.

15. Прослой – часть слоя, отличающаяся по виду от остальной его части. Лента - тонкий прослой Слоек – элемент слоя, формирующий его текстуру. Слоек – низшая единица слоистости, его внутренняя структура может быть выражена только ориентировкой частиц

16. Слои объединяют между собой по литологическому составу в «пачки» - например «глинисто-кремнистая пачка». Пачки объединяют в «толщи» - совокупности слоев сходного состава, облика или происхождения (например, красноцветная толща, угленосная толща). Совокупность толщ по отличительным литологическим признакам составляет свиту. В названии свиты обычно фигурирует географическое название того места, где данная свита впервые была. Свиты группируются в комплексы - применительно к преимущественно осадочным и вулканогенным породам, и серии.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 2.2

1. Залегание слоев без видимых перерывов в осадконакоплении называется *согласным.* Если нормальная последовательность осадконакопления была нарушена, то накопленные толщи залегают несогласно, а поверхность, разделяющая их, называется несогласием.

2. Несогласие называется параллельным, если обе серии разделенные перерывом в осадконакоплении залегают в целом параллельно друг другу. Параллельное несогласие образуется, если нижняя серия не претерпела за время перерыва в осадконакоплении наклона, или складкообразования.

3. Несогласие называется угловым, если обе серии разделенные перерывом в осадконакоплении залегают в целом под углом друг к другу. Угловое несогласие образуется, если нижняя серия претерпела за время перерыва в осадконакоплении наклон, или складкообразовании.

4. Скрытое несогласие - это параллельное несогласие, разделяющее одинаковые по литологическому составу породы.

5. Конгломерат, залегающий в основании верхней толщи, галька которого сложена из пород нижней толщи.

6. Географическим называется несогласие, у которого залегание верхней и нижней толщ отличаются на небольшой угол (менее 3º).

7. Региональное несогласие захватывает большие территории (тысячи квадратных километров). Локальное несогласие имеет площадь распространения первые сотни квадратных километров. Внутриформационные (ложные) несогласия – это небольшие размывы накопленных осадков придонными течениями, которые происходят одновременно с осадконакоплением.

8. Тектонические несогласия – это нарушение последовательности осадконакопления в результате разрыва. Интрузивные несогласия – это нарушение последовательности осадконакопления в результате внедрения интрузии

9. На геологической карте несогласия диагностируются по «утыканию» геологических границ между различными толщами в

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

подошву несогласия и (или) выпадению из стратиграфического разреза отдельных подразделений.

10. В обнажениях горных пород несогласия образуют многочисленные неровности и карманы на поверхности напластования, следы выветривания, окремнение известняков, ожелезнение, нарушение нормальной последовательности разреза, присутствие базального конгломерата, залегание пород под разными углами выше и ниже поверхности напластования.

11. Как геологическое тело несогласие – это древняя (погребенная) кора выветривания.

12. Амплитуда палеорельефа может достигать первых сотен метров.

13. На стратиграфической колонке несогласие изображается волнистой линией.

14. С поверхностями несогласия могут быть связаны определенные типы месторождений, например, древние россыпи, и определенный класс залежей нефти и газа (стратиграфические).

15. Структурный этаж – это комплекс горных пород (или часть разреза), обладающий единством структурного плана, сходным региональным метаморфизмом и магматизмом. От выше- и нижележащих толщ, обладающих ***другим*** структурным планом и степенью метаморфизма, он отделен угловым несогласием. Структурный подэтаж - это комплекс горных пород (или часть разреза), обладающий единством структурного плана, сходным региональным метаморфизмом и магматизмом. От выше- и нижележащих толщ, обладающих ***сходным*** структурным планом и степенью метаморфизма, он отделен угловым несогласием.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к главе 3

1. Местное уменьшение толщины слоя.
2. Быстро выклинивающийся во все стороны слой.
3. Геологическое тело, длина которого намного превосходит его толщину и ширину. Рукав – извилистый шнурок.
4. Бар - аккумулятивный вал, протягивающийся параллельно берегу, обычно изогнутый в форме полумесяца.
5. Биогермы – ископаемые постройки, выполненные живыми. организмами, Чаще всего это ископаемые коралловые рифы.
6. Кластические (нептунические) дайки – секущие осадочные тела, заполняющие трещины в породах.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к главе 4

1. Горизонтальной называется структура, у которой геологические границы в целом горизонтальны (не более 3º).
2. Горизонтально залегающие слои встречаются, как правило, на платформах.
3. У горизонтально залегающих слоев падение равно нулю, а простирание имеет бесчисленное множество направлений, поэтому эти понятия для горизонтального залегания не имеют смысла.
4. На геологической карте геологические границы горизонтально залегающих слоев совпадают или параллельны горизонталям рельефа
5. На материалах дистанционных съемок при расчлененном рельефе обычно хорошо выделяются уступы, образованные прочными породами, протягивающиеся по одному гипсометрическому уровню, по полосчатому фоторисунку и параллельно-полосчатому фототону, симметричному относительно рек и водоразделов. При плоском рельефе горизонтально залегающие слои образуют ровный фоторисунок, если на него не наложены фотоаномалии, связанные с растительностью или антропогенным воздействием.
6. При истинно горизонтальном залегании – нельзя, однако нефтяники стоят карты при уклонах 2 - 3º.
7. К нахождению линии пересечения топографической поверхности и горизонтальной плоскости.
8. Через максимальную и минимальную высоты рельефа
9. м = L sin β, где м – истинная мощность, L – видимая мощность, β – угол наклона рельефа в направлении замера.
10. Да, при плоском рельефе.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к главе 5

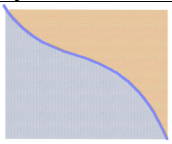
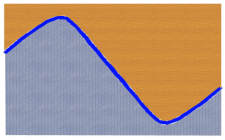
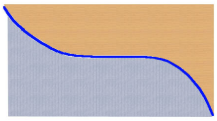
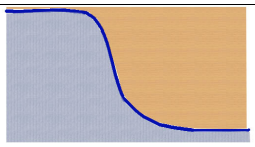
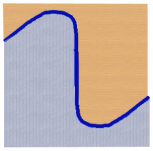
1. О наклонном или *моноклинальном* залегании говорят, когда залегание пород можно представить в виде наклонной плоскости.
2. При плоском рельефе наклонные пласты изобразятся в виде полос, ширина которых зависит от мощности слоев и угла их наклона – чем положе наклон, тем шире полоса. При этом в направлении падения обнажаются все более молодые толщи. При вертикальном залегании ширина выхода равна истинной мощности пласта и понятие «направление падения» теряет смысл. Простирание слоев соответствует простиранию полосы, а по падению выходят полосы, соответствующие все более молодым породам. При расчлененном рельефе границы наклонных выходов пластов изгибаются, и чем положе падают слои, тем большее влияние на конфигурацию границ оказывает рельеф.
3. Когда наклонно залегающий пласт падает вкрест простирания долины крупной реки с многочисленными притоками, то очертания границ пластов напоминают пилообразную линию, с зубцами, направленными вкрест простирания. Эти треугольники-зубцы называют *пластовыми треугольниками*
4. На *структурных картах* моноклинальное залегание изображается в виде системы параллельных прямых с одинаковым заложением. Величина заложения тем больше, чем положе залегает слой.
5. На материалах дистанционных съемок территорий с расчлененным рельефом и контрастным обликом слоев наклонное залегание выделяется зубчатыми линиями, отражающими пластовые треугольники. Если территория полностью закрыта, распознать моноклинальное залегание можно по «шпалерному» рисунку гидросети. Долины закладываются преимущественно по простиранию пород. Вкрест простирания закладываются притоки, причем по падению – более протяженные, а по восстанию - короткие и частые.
6. На моноклинальных структурах при наличии выклинивания, фациального замещения или экранирования разломами может сформироваться ловушка.

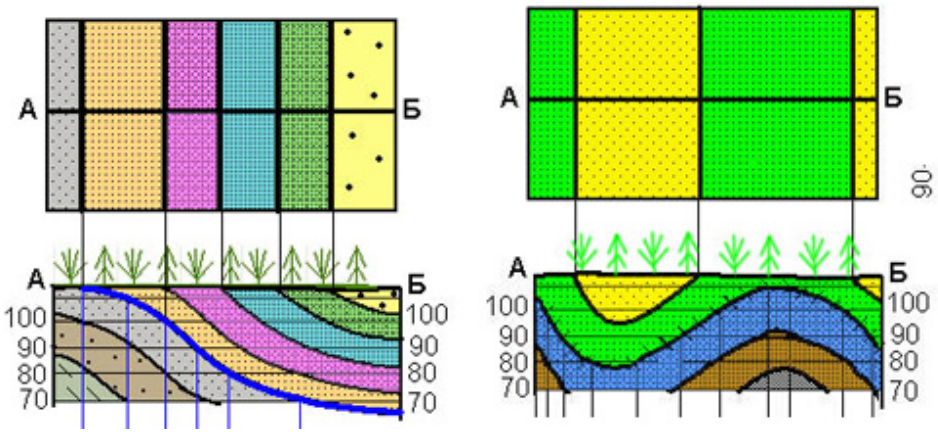
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 6.1

1. Это разнообразные изгибы, результат связных деформаций.
2. Незамкнутые - флексуры, полузамкнутые - структурные носы, заливы, седла и замкнутые – складки.
3. Коленообразно изогнутые в разрезе слои.
4. Верхнее, нижнее и смыкающее крылья, угол, высота, шарниры.
5. Виды флексур.

Таблица о. 6.1. **Виды флексур**

Название флексуры	Признак	Рисунок
Согласная	Крылья падают в одну сторону	
Несогласная	Крылья падают в одну сторону	
Структурная терраса	Смыкающее крыло горизонтально	
Гоизонтальная	Верхнее и нижнее крылья горизонтальны	
Вертикальная	Смыкающее крыло вертикально	
Наклонная	Шарниры наклонные	
Z структуры	Крылья вертикальны	

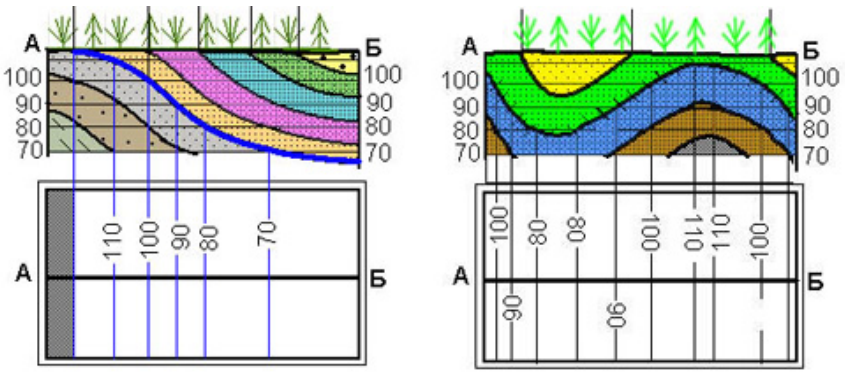
6. 

Слева разрез и карта согласной, справа – несогласной флексур

Рис. о 6.1. Геологические карты согласной и несогласной флексур

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 6.1

7 

Слева разрез и структурная карта согласной, справа – несогласной флексур

Рис. о 6.2. Структурные карты согласной и несогласной флексур

8. На аэрофотоснимках и космических снимках флексуры выглядят так же, как наклонно залегающие слои, и характеризуются теми же признаками, за исключением смыкающего крыла, которое часто сопровождается линейными зонами повышенной трещиноватости. Последние обычно дешифрируются как линеаменты

9. Конседиментационной называется структура, которая формировалась одновременно с осадконакоплением.

10. Признаки отличий конседиментационной и постседиментационной структур приведены в табл. о6.2.

Таблица о6.2. **Признаки конседиментационной и постседиментационной флексур**

Признаки флексур	**Конседиментационные**	**Постседиментационные**
Мощность	Максимальные в опущенном крыле, минимальные - в смыкающем крыле	Не отличается
Фациальный состав	Тонкообомочные, глинистые и карбонатные породы в опущенном крыле. Грубообломочные и рифовые фации в смыкающем крыле, грубообломочные фации в поднятом крыле.	Не отличается
Полнота разреза	Наиболее полная в опущенном крыле, с перерывами в поднятом крыле	Одинаковая
Распределение напряжений	Сосредоточены исключительно в смыкающем крыле	Имеет различную природу в кровле и подошве деформируемых слоев

11. Флексуры распространены, главным образом, в осадочном чехле платформ, особенно на их окраинах. Часто флексуры встречаются как осложнение моноклиналей или горизонтально залегающих слоев. По простиранию они распространяются на десятки километров, а

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

вертикальная амплитуда их смыкающих крыльев составляет десятки и сотни метров.

12. Самостоятельное значение для нефтегазовой геологии в качестве ловушек для нефти и газа имеют несогласные флексуры, переходящие по простиранию в моноклиналь. С ними связан один из классов структурных залежей.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 6.2

1. Стратоизогипсы которых изогнуты, но не замкнуты.
2. Структурный нос – полузамкнутая структурная форма, представляющая собой половинку антиклинали на моноклинали.
3. Локальные осложнения моноклиналей.
4. Могут представлять собой ловушки для локальных залежей.
5. Структурный залив – полузамкнутая структурная форма, представляющая собой половинку синклинали на моноклинали
6. Локальные осложнения моноклиналей.
7. Ловушек не образуют.
8. Структурная форма, – структурная форма, имеющая в продольно-вертикальном сечении форму дуги выпуклостью вниз, в поперечно-вертикальном — форму дуги выпуклостью вверх. похожая на конское седло, или горный перевал.
9. Сопряжение антиклинальных и синклинальных структур.
10. Ловушек не образуют.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 6.3

1. Складка – волнообразный изгиб слоев, складчатость – совокупность складок.

2. Замок – часть складки в месте перегиба (форма), замок – горные породы в замке.

3. Крылья - боковые моноклинальные части складки, угол – между поверхностями на продолжении крыльев.

4. Осевая поверхность – поверхность, делящая пополам угол складки, или проходящая через точки перегиба слоев, составляющих складку. Ось – линия пересечения осевой поверхности и горизонтальной плоскости (поверхности рельефа).

5. Шарнир – линия пересечения осевой поверхности и поверхности напластования, какого либо из слоев складки, ундуляция – изгиб шарнира.

6. Гребень – верхняя часть складки, киль – нижняя часть складки

7. Длина – расстояние между шарнирами, в одиночной складке наибольший размер складки в плане. Ширина – расстояние между осевыми поверхностями, или минимальный размер складки.

8. Простирание складки – простирание её шарнира. Виргация – ветвление оси складки.

9. Замыкание – участок складки и наименьшим радиусом кривизны. У антиклинали – периклиналь, у синклинали – центриклиналь.

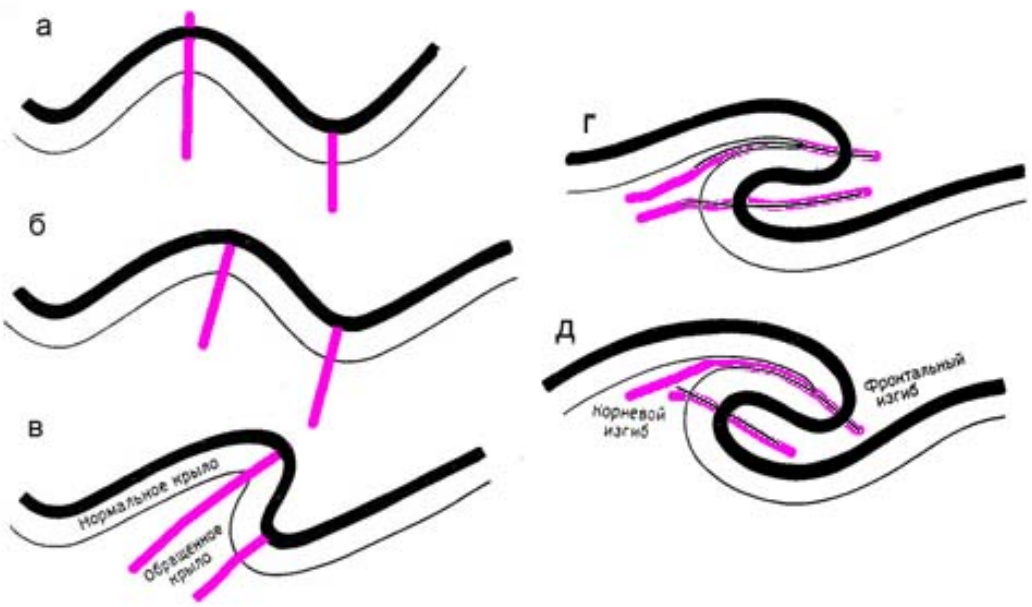
10. Амплитуда – расстояние вдоль осевой поверхности между сводами антиклинали и смежной синклинали. Высота – расстояние по вертикали. Для одиночной складки – разница высотных отметок максимальной и минимальной.

11. Ориентировка выпуклости, наклон осевой поверхности, соотношение крыльев, форма замка, соотношение длины и ширины.

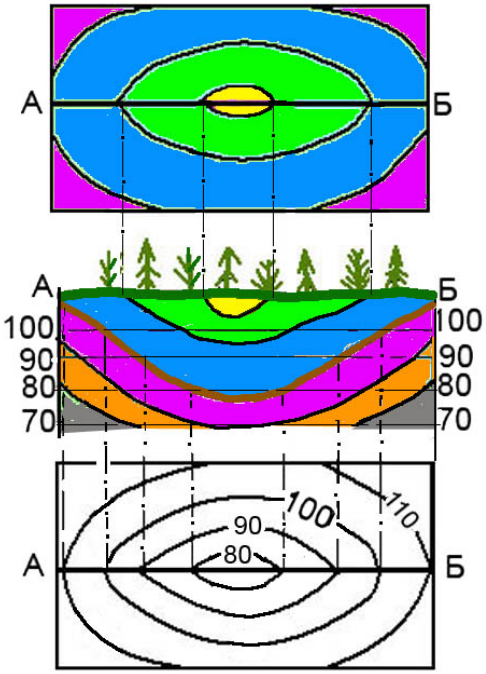
12. Симметричные (а) – асимметричные: наклонные (б), опрокинутые (в), лежачие (г), ныряющие (д).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

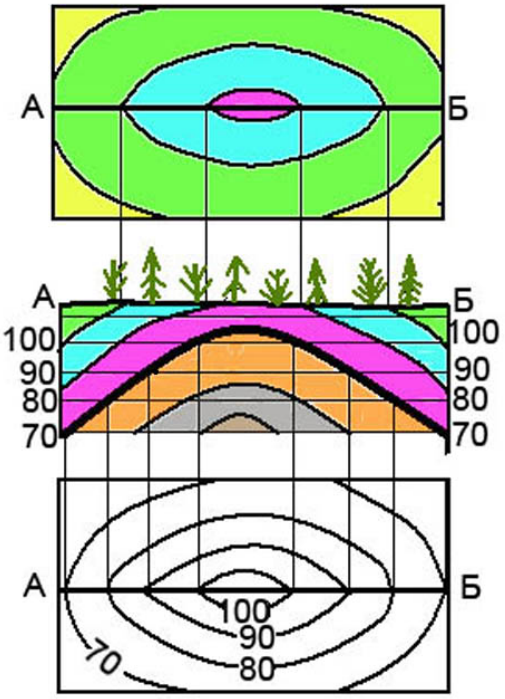
Ответы к 6.3



13. Синклинальная (а) и антиклинальная (б)



а



б

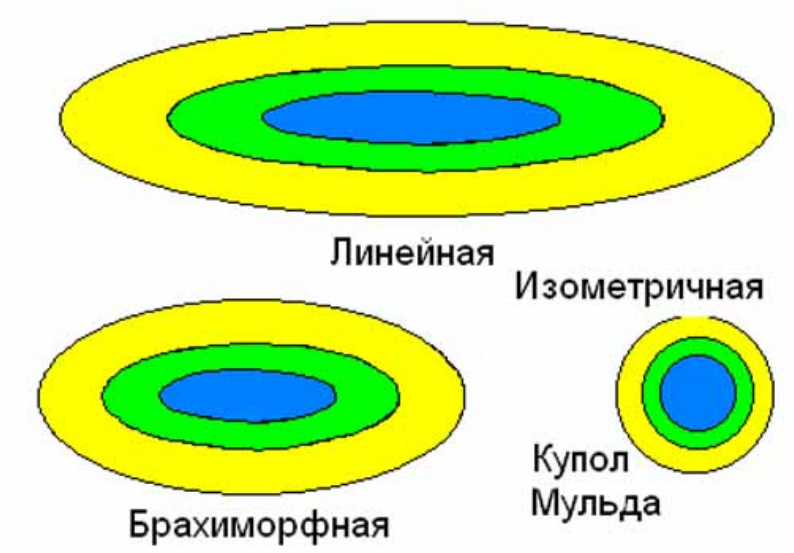
14. Простые, изоклинальные, веерообразные. См. рис. 6.39.

15. Округлые, стрельчатые, сундучные. См. рис. 6.41.

16. Подобные, параллельные, антиклинальные складки с утоненными замками, синклинальные складки с утолщенными замками. См. рис. 6.46.

17. Линейные, брахиморфные, изометричные.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



18. *Гармоническая складчатость* характеризуется одинаковыми изгибами пластов - то есть антиклиналям в более глубоких слоях соответствуют антиклинали в более высоких слоях. Такая складчатость не перестает быть гармоничной, если вверх по разрезу меняется их наклон - складки из симметричных они становятся асимметричными. *Дисгармоническая складчатость* - различная по размерам и форме в разных частях разреза, возникшая одновременно.

19. *Зеркало складчатости* - воображаемая поверхность, огибающая замки системы складок.

20. Соотношения осей складок: параллельное, кулисообразное, гирлянды: миндалевидный пучок, дендритовидная виргация, виргация типа «конский хвост».

21. Первый или начальный порядок обычно задается масштабом изучения - какая складка (какие складки) помещается в районе изучения как единое целое. Это могут быть и большая часть одной складки, или несколько складок (обычно, не более 5). Складка, в которую «вписаны» рассматриваемые структуры, называется надпорядковой. Складки, которые осложняют строение складки первого порядка и вписаны в нее - складки второго порядка, в которых, в свою очередь, можно выделять складки третьего, четвертого и более высоких порядков. Однозначного и универсального ответа на вопрос, какие структуры относить к однопорядковым, а какие – к разнопорядковым - не существует, и каждый раз требуется специальный тектонический анализ. В общем, как правило, если одна складка по размерам более чем в два раза больше другой, ее следует относить к другому порядку.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

22. Складки различных размеров и морфологии - один из главных объектов нефтегазовой геологии. В зависимости от размеров они играют различную, часто противоположную роль – синеклизы и локальные поднятия – положительную, антеклизы и синклинали – отрицательную.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 7.1

1. Разрывы - нарушение сплошности горных пород, без смещения (трещина) или со смещением пород по поверхности разрыва.

2. Диаклаз – разрыв без видимого смещения крыльев и с одной элементарной поверхностью сместителя. К ним относятся кливаж, разновидностью которого является сланцеватость и трещины.

3. Параклаз – разлом с видимым смещением крыльев и сместителем, представляющим собой зону, особое геологическое тело.

4. Сместитель - поверхность, по которой перемещаются бока (блоки, крылья) разрыва. Он обладает элементами залегания и направлением (вектором) перемещения. Угол падения сместителя - α. Величина перемещения называется его амплитудой.

5. Послойные, продольные, поперечные, косые.

6. Пологие (с углами падения от 0 до 30˚), крутые (с углами падения от 30˚ до 80˚), вертикальные (с углами падения от 80º до 90˚).

7. Простые, шарнирные, цилиндрические

8. Параллельные, решетчатые, кулисообразные, радиально-концентрические, чешуйчатые и т.д.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 7.2

1 *Кливаж (cleavage)* раскол - это система плоских плиток, или пластинок, на которую раскалываются некоторые горные породы.

2. Разновидность кливажа, связанная с параллельной переориентировкой таблитчатых и чешуйчатых минералов перпендикулярно направлению максимальных сжимающих усилий.

3. Для нефтегазоносности изучение кливажа важно, так как в глубокозалегающих толщах он в значительной степени влияет на анизотропию свойств геологических тел, что важно при изучении их проницаемости и проектировании вторичного воздействия на пласты при разработке

4. *Трещины* - элементарные разрывы с незначительным перемещением крыльев по сравнению с размерами трещин. Поверхность сместителя трещин представляет собой элементарную поверхность. Совокупность трещин называется *трещиноватостью.*

5. Трещины, имеющие сходные элементы залегания, объединяются в ряды трещин. Трещины, которые можно объединить по какому-либо произвольному признаку (простирание, происхождение, возраст и т.д.), называют *системой трещин*.

6. С*крытые*, у которых сместитель непосредственно не заметен, а обнаруживается только при окрашивании породы или раскалывании ее молотком;. *закрытые* – трещины, сместитель которых виден отчетливо, но зияния не наблюдается; *открытые* – трещины с отчетливо видимым зиянием, часто заполненным новообразованиями - кальцитом, кварцем, глинами.

7. Геометрически правильные блоки, на которые трещины разделяют горную породу. В осадочных горных породах развиваются: прямоугольная, кубическая, параллелепипедальная, призматическая, плитчатая, шаровая, глыбовая виды отдельности. В метаморфических горных породах – плитчатая, пластинчатая, ребристая, в лавах – призматическая, столбчатая и др.

8. Трещины любых размеров, в основном перпендикулярные поверхностям наслоения и ориентированные преимущественно в направлениях 0°, 45°, 90°, 135°.

9. На аэроснимках - системами прямых, или слабо изогнутых линий, на картах – специальными знаками.

10. Трещиноватость важный объект структурно-геологических и нефтегазогеологических исследований. Её изучают:

- как совокупность полостей, обеспечивающих увеличение пористости горной породы;

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- как пустоты, обеспечивающие проницаемость горной породы;
- как полости, способные вызвать разнообразные осложнения в процессе бурения скважин.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 7.3

1. Разломы (параклазы) - дизъюнктивные нарушения с заметными смещениями геологических границ.

2. На геологической карте обобщенные углы падения сместителя разлома изображают специальным значком, обычно красного цвета. На крупномасштабных картах специальными условными знаками показывают возраст разлома и величину смещения.

3. Разломы могут упереться в геологическую границу, в том числе и в другой разлом, перейти в пликативную дислокацию, перейти в серию небольших разрывов и рассеяться в виде трещин.

4. Сместитель разлома - геологическое тело большей или меньшей толщины, часто со сложным строением. При детальном рассмотрении горной породы зоны разлома в ней можно увидеть мелкую макроскопическую или микроскопическую раздробленность пород (миллиметры), называемую *катаклазом*. Для характеристики более крупной раздробленности употребляют термин *брекчированность*. Сместитель, как геологическое тело, бывает заполнен либо новообразованными минералами - кварцем, кальцитом, либо особыми горными породами, сложенными стресс-минералами, характерными для динамометаморфизма. Иногда между крыльями разрыва развивается брекчия трения, представляющая собой раздробленную и перетертую массу обломков пород. При этом между относительно мелкими и крупными обломками располагается крошка или перетертая в муку масса пород. Разорванные фрагменты слоев, зерна, обтекаются этой массой.

5. Такое брекчиевое месиво называется *тектоническим меланжем*.

6. Более 1 см – тектоническая брекчия, менее 1 см – какирит, микроскопические размеры – катаклазит, пылевидные размеры – милонит.

7. Гладкие поверхности, прилегающие к разлому называются *зеркала скольжения*. На них встречаются *штрихи и бороздки*, ориентированные по направлению движения крыльев разлома. По ним можно определить направление перемещения по разлому.

8. *Раздвиги, сбросы, взбросы (в том числе надвиги, покровы, шарьяжи), сдвиги* и комбинированные формы.

9. При характеристике возраста различают возраст заложения разломов и возраст их тектонической активизации**.** Если разлом активен в настоящее время, его называют “живым” разломом. Возраст активности разломов определяют по соотношению разломов и

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

рассекаемых ими толщ. Разлом моложе самых молодых пород, им рассекаемых, и древнее самых древних, его перекрывающих.

10. По глубине проникновения в земную кору выделяют мантийные и коровые разломы. Среди коровых на платформах выделяются разломы фундамента и осадочного чехла, при этом обычно оговаривают, какие именно толщи осадочного чехла разбиты разломом.

11. По размерам **–** глобальные, континентальные, региональные, локальные, в зависимости от их роли в формировании структур того или иного ранга.

12. По значимости **-** рудоконтролирующие, структуроконтролирующие, сейсмоопасные и другие разломы. Значимость того или иного разлома определяется, главным образом, задачами исследования.

13. *Глубинные разломы*, - это дизъюнктивные структуры планетарного масштаба, проникающие в мантию и активные в течение длительного времени развития. Они представляют собой линейную зону концентрации более мелких разноориентированных разрывов, смятия пород в складки, повышенной сейсмичности. Развиваются разломы в течение длительного времени (периодов геохронологической шкалы), часто отдельными участками. Движения по ним в разное время могут быть разными. Глубинные разломы обычно разделяют территории с разной историей развития.

14. Разломы, перемещение крыльев у которых происходит перпендикулярно сместителю называются *раздвигами.*

15. *Сбросы* - разломы, у которых сместитель (сбрасыватель) наклонен в сторону опущенного крыла, или вертикален.

16. *Взбросы, надвиги и покровы (шарьяжи)* - это разломы, у которых сместитель наклонен в сторону поднятого крыла. Иногда к взбросам относят исключительно разломы с крутым от 60 до 85º сместителем.

17. Надвиги - это пологие (поверхность сместителя, у надвигов называемая поверхностью надвига или листровой поверхностью положе 45º) взбросы. Другое определение - образующиеся одновременно со складчатостью.

18. Разлом, у которого перемещение происходит по простиранию сместителя, называется сдвигом. Бывают вертикальные, наклонные, горизонтальные; правые и левые.

19. Комбинированные разломы – разломы, перемещения по которым осуществляются не в направлении падения или простирания сместителя, а под углом к нему. Различают *сбросо-сдвиги взбросо-сдвиги, сдвиго-сбросы, надвиго-сдвиги.*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

20. *Грабены (рвы)* – структуры, образованные параллельными сбросами или взбросами. Центральные части грабенов опущены и на поверхности в грабенах обнажаются более молодые породы, чем в краевых частях, где они уничтожены эрозией. Различают простые и сложные грабены, образованные большим количеством сбросов или взбросов. Грабены, ограниченные сбросами, называются *рифтами,* а ограниченные взбросами - *рампами.* Когда разломы грабена не выходят на дневную поверхность, выделяют *глубинные* - разломы которого постепенно затухают вверх по разрезу, и *погребенные (авлакогены).*

21. *Горсты* – линейные структуры, образованные примерно параллельными сбросами или взбросами с поднятыми центральными частями. Бывают простые и сложные.

22. *Горсты и грабены, осложняющие* своды крупных структур антиклинальной или синклинальной формы называются *горст-антиклиналями, горст-антиклинориями, грабен-синклинали, грабен-синклинории*.

23. *Ступенчатые разломы* **-** это ряды примерно параллельных разломов, по которым смещение крыльев происходит в одном направлении, но каждый последующий блок смещается со все большей амплитудой, образуя ступенчатую форму. *Листрические сбросы* **–** это серия параллельных сбросов с примерно одинаковым падением сместителей. С глубиной они обычно выполаживаются и иногда сливаются в единый горизонтальный разлом.

24. Образуют закономерные сочетания: приразломные изгибы, радиально-концентрические системы на складках и т.д.

25. Как правило, линеаментами.

26. В зависимости от вида и наклона сместителя – по-разному, но как правило по сместителю смещаются геологические границы и стратоизогипсы.

27. В зависимости от ситуации разломы могут быть экранами для залежей, или разрушать их, а в геологии рудных – подводящими и рудовмещающими образованиями.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 8.1

1. Относительный возраст интрузий определяется по соотношению с возрастом вмещающих пород. Интрузия моложе самых молодых пород, которые она прорывает, и древнее самых древних, перекрывающих ее.

2. Контакты интрузивных тел бывают резкие, с четкими переходами между ними, и постепенные. Среди резких контактов выделяют ровные, прямые, зубчатые, угловатые, парные, извилистые, и др. Постепенные переходы на контактах осуществляются через полосчатые зоны (послойно инъецированные), зоны метасоматически измененных пород (метасоматические контакты). По геометрическому соотношению с вмещающими толщами интрузивы и их контакты разделяют на согласные и несогласные. Среди несогласных иногда отдельно рассматривают секущие контакты. Согласные контакты характеризуются параллельным расположением поверхности контактирования магматических горных пород с вмещающими, несогласные имеют непараллельное соотношение магматических и вмещающих пород. Секущие (дискордантные**)** контакты характеризуются прорывом вмещающих слоев магмой. В разных своих частях интрузивы могут обладать различными типами контактов. По физико-химическим воздействиям на вмещающие породы выделяются активные и неактивные контакты. Активные контакты разделяются на магматически активные и механически активные. Первые из них сопровождаются температурным и химическим воздействием на вмещающие породы, обычно с образованием экзо- и эндоконтактов и ксенолитов. При втором магма раздвигает стенки резервуара, канала, сминает, развальцовывает, катаклазирует их, образуя зеркала скольжения. Неактивные контакты - обычно резкие и без каких-либо изменений вмещающих пород. По генетическим соотношениям с вмещающими толщами выделяют первичные и переработанные (вторичные) контакты. Среди первичных различают интрузивные - обусловленные непосредственно внедрением магмы, метасоматические, обязанные своим наименованием широкому развитию метасоматических преобразований горных пород на контакте. Вторичные контакты подразделяются на стратиграфические, связанные с перекрытием денудированной поверхности магматического тела осадочными толщами и тектонические, связанные с контактом различных блоков осадочных пород по разлому.

3. В контактовых зонах выделяются области измененного магматического тела - эндоконтакт, в котором часто встречаются обломки и куски измененных вмещающих пород - ксенолитов (ксенос - чужой), краевые оторочки закала, обычно сложенные скрытокристаллическими или микрокристаллическими породами.

Кислые породы в краевых частях нередко приобретают полосчатое строение. Термально измененные прилегающие к интрузии вмещающие породы называются экзоконтактом.

4. Ксенолиты, это обломки и куски измененных вмещающих пород - ксенолитов (ксенос - чужой).

5. Прототектоника - ранняя тектоника, обусловленная вращением кристаллизующегося вещества и обломков. Во вторую стадию главное значение приобретает остывание массива, которое приводит к образованию первичных трещин. Прототектоника выражается параллельной ориентировкой минералов и включений, формирующих линейные, ленточные, цепочечные и плоскостные формы, образующие директивные текстуры Линейные элементы показывают направление движения расплава, а плоские - положение поверхности контакта массива. На геологических картах они обычно показываются специальными значками. Первичные трещины образуются в результате остывания как магмы, так и лавы.

6. Среди первичных трещин выделяют: пластовые (L - Lager) трещины, параллельные контактам. Это трещины отрыва, возникающие при сокращении объема изверженной массы при ее остывании. Поперечные (Q - Quverk) трещны отрыва, располагающиеся параллельными длинными рядами перпендикулярно к первичным линейным текстурам. По поперечным трещинам нередко внедряются дайки и апофизы из остаточного расплава резервуара. Поперечные трещины пересекают линейные и плоскостные текстуры. Как правило, они поперечны по отношению к осям удлинения интрузивного массива или вулканического потока и зачастую расположены веерообразно или радиально-концентрически. Продольные (S - Spaltung) трещины, совпадающие по простиранию с ориентировкой линейных структур и обычно перпендикулярные пластовым и поперечным трещинам. Как правило, продольные трещины скрытые или закрытые, небольшой протяженности, с гладкими стенками.

7. Согласные интрузии имеют в основном согласные контакты с вмещающими породами**.** Как правило, это плоские плитообразные и линзовидные тела. Они встречаются в разнообразных геологических условиях и имеют различные размеры. Главные типы согласных интрузий - это силлы, лакколиты, факолиты, лополиты

8. Несогласные интрузии **-** тела, имеющие преимущественно несогласные, секущие контакты с вмещающими породами – штоки, дайки, жилы, лофолиты, хоамолиты, сталагмолиты, хонолиты, линзовидные тела.

9. Батолиты – гигантские массивы гранитных пород, достигающие тысяч квадратных километров в поперечнике, внедренные в земную кору.

10. У частично согласных тел часть контактов – согласная, а часть – несогласная. К ним относятся этмолиты, гарполиты, сфенолиты.

11. К субвулканическим (связующим) интрузивным телам относятся приповерхностные магматические формы, имеющие явную связь с поверхностными вулканическими аппаратами. Наиболее распространенные – некки, диатремы, апофизы и языки.

12. Лавовые покровы – продукты излияния магмы, распространенные иногда на огромных площадях и имеющие выдержанную - достигающую, иногда, сотен метров – мощность. Как правило, ассоциируют с трещинными вулканами и основными магмами.

13. Лавовые потоки – продукты излияния магмы, имеющие форму языков, рукавов. Как правило, ассоциируют с центральными вулканами и средними и иногда - кислыми магмами.

14. Вулканические купола (горнито) - массы лавы поднявшиеся из жерла вулкана в виде купола и уже неспособные к дальнейшему течению.

15. Взлетевшая в воздух, а затем осевшая в виде обломков, застывших в воздухе лава называется туфом. Ближе к центру выброса (кратеру) откладывается крупнообломочный материал - вулканические бомбы, лаппили. Чем дальше от источника выброса, тем более мелкие обломки откладываются - песок и пепел.

16. Водные пирокластические отложения называются туффитами.

17. Кальдера - большой, изометричный чашеобразный провал на месте обрушившегося конуса вулкана.

18. Да, например Белый Тигр и Оймаша, но значительно меньше, чем в осадочных породах.

Ответы к 8.2

1. Полосчатость, сланцеватость и линейность

2. Область геологических наук, лежащая на границе петрографии и структурной геологии, занимающаяся изучением ориентировки минералов для реконструкции направлений породивших их усилий.

3. Складки течения, гранито-гнейсовые купола

4. Тектонический меланж, зоны рассланцевания

5. Ореолы по периферии интрузивных массивов и разнообразные жилы.

6. Это структуры, образующиеся при падении метеоритов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 8.3. Структуры тел полезных ископаемых

1. Тела могут быть либо *сингенетическими* (образованными одновременно с горной породой), либо *эпигенетическими* (образованными после ее образования).

2. Границы бывают резкими, когда тело полезного ископаемого четко отделяется от вмещающей породы; *постепенными*, когда полезное ископаемое переходит сначала в оруденение, затем в слабоминерализованные породы, и, наконец, сливается с вмещающими породами; *невидимые*, когда оруденение представлено мелкой вкрапленностью, незаметной без специальных приборов.

3. К изометричным телам относятся штоки, гнезда, линзы и чечевицы, залежи, штокверки.

4. Трубки, седловидные жилы.

5. Жилы, пласты, ленты.

6. Относительный возраст рудных жил и даек устанавливается по их взаимному пересечению. Тело, которое пересекают – древнее, а которая пересекает – моложе.

7. Элементы залегания плитообразных рудных тел состоят из азимута и угла падения, так же, как для пластов, а также углов *склонения* и *скатывания (ныряния)*. Эти элементы измеряются в тех случаях, когда в плоском теле выделяется ось (наибольшая длина) данного тела. Угол склонения - это угол между линией простирания и осью рудного тела. Этот угол находится в косой по отношению к горизонту плоскости. Угол между осью тела и горизонтальной плоскостью называется углом склонения (скатывания). Это угол наклона рудного тела.

8. Контактовые рудные тела – расположенные на контакте различных пород. Выделяют: пластообразная рудная залежь, лента, куполовидная, столбообразная, обертывающая, корытовидная, дайковый столб.

9. Согласные рудные тела совпадают с напластованием осадочных горных пород. Выделяют: рудный пласт, рудная залежь, лента, брусковидное тело, рудное гнездо, куполовидная залежь, седловидная залежь, корытовидная залежь, флексурная линза.

10. Секущие рудные тела пересекают вмещающие породы несогласно. К ним относятся: жила, рудный диск, рудный столб,

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

трубчатая жила, шток, сложная жила, лестничные жилы, кольцевая трубчатая жила.

11. Форма жидких и газообразных полезных ископаемых определяется формой породы-коллектора.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 9.1

1. Основные сведения о строении глубоких частей земной коры мы черпаем из косвенных данных – главным образом из сейсмики. Сведения о вещественном составе пород слагающих земную кору разрознены и охватывают только её верхнюю часть.

2. Под земной корой подразумевается оболочка Земли, располагающаяся выше границы Мохоровичича (Мохо), слагающая верхнюю часть литосферы Земли и отделяющаяся от подстилающего субстрата скачком в изменении скорости распространения продольных (Vp) и поперечных (Vs) упругих волн. Некоторые ученые определяют земную кору (Беньофф, 1954) как твердую оболочку Земли, в которой регистрируются очаги землетрясений, то есть способной к длительному накоплению упругих напряжений — область до глубин ~ 700 км. Земная кора неоднородна как по горизонтали, так и по вертикали.

3. Выделяют два главных типа земной коры - континентальную и океаническую, различающихся главным образом, по составу, строению, толщине и скоростям прохождения упругих волн. Толщина континентальной коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 км (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования). В континентальной коре различают осадочный "гранитный и "базальтовый" слои. У океанической коры существенно меньшая толщина, отсутствует гранитный слой, большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Верхний слой, или осадочный, акустический фундамент, и третий слой океанической коры.

4. Литосферная плита — это крупный стабильный участок земной коры, ограниченный зонами сейсмической, вулканической и тектонической активности. Границы между литосферными плитами проводят по сгущению очагов глубокофокусных землетрясений.

5. Дивергентные границы, это – гигантские раздвиги, образующие глобальную сеть рифтов – мантийных разломов.

6. Конвергентные границы – это мантийные надвиги. Это зона гипоцентров землетрясений, прослеживающаяся до глубины более 700 км

7. В тех случаях, когда конвергентная граница проходит между плитами с континентальной земной корой, граница называется коллизионной.

8. Трансформные границы – это границы вдоль трансформных разломов – мантийных сдвигов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 9.2. Структуры континентов

1. Континент - антиформная структура поверхности геоида и синформная структура рельефа мантии имеют континентальную кору.

2. Границы (окраины) континентов могут быть активными и пассивными.

3. Активны те окраины, границы которых совпадают с границами литосферных плит. Складчатые системы на них примерно параллельны береговой линии. Эталоном активной окраины считается западное побережье Южной Америки, её часто называют андийским типом континентальной окраины, противопоставляя пассивной атлантической окраине. Для активной континентальной окраины характерны многочисленные вулканы и вообще интенсивный магматизм.

4. Приконтинентальный (или Восточно-Тихоокеанский, Андский) и островодужный (или Западно-Тихоокеанский).

5. У пассивных окраин складчатые системы несогласно срезаются береговой линией океанов (атлантический тип). Для них характерно развитие широких прибрежных равнин и отсутствие вулканических дуг.

6. Платформы, складчатые пояса, рифтовые системы и территории возрожденной тектонической активности.

7. Платформы – тектонически относительно устойчивые не сейсмичные структуры континентальной земной коры со слабым магматизмом. В строении платформ выделяется два структурных этажа: фундамент, сложенный дислоцированными метаморфическими породами, прорванными интрузиями, и осадочный чехол, состоящий из слабо дислоцированных (за исключением территориий развития солянокупольной тектоники и грязевого вулканизма), почти неизмененных осадочных пород преимущественно морского генезиса

8. Возраст платформы определяется возрастом фундамента: древние, эпикаледонские, эпигерцинские, мезозоиды

9. Фундамент древних платформ сложен гранитами и метаморфическими породами глубоких стадий регионального и ультраметаморфизма и смятых в складки. Осадочный чехол на древних платформах, как правило, характеризуется значительным количеством стратиграфических несогласий, наличием нескольких структурных подэтажей. Мощность осадочного чехла древних платформ достигает 2-3 км, а в отдельных местах - 10 км.

10. В молодых платформах фундамент обычно сложен смятыми в складки метаморфическими породами. Чем моложе платформа, тем меньшие стадии метаморфизма у слагающих фундамент пород.

Ответы к 9.2

Территории, перешедшие к платформенному этапу развития после завершения мезозойской складчатости обычно имеют маломощный осадочный чехол и называются мезозоидами. В осадочном чехле на молодых платформах стратиграфических несогласий обычно меньше и мощность чехла редко достигает 1 - 1,5 км. Очертания структурных форм на различных структурных подъэтажах повторяют как друг друга, так и рельеф фундамента. Промежуточный структурный этаж для них характерен так же, как и для древних платформ.

11. Щиты - части древних платформ, лишенные осадочного чехла или обладающие маломощным чехлом. Это объясняется тем, что щиты в своей истории испытывали преимущественно устойчивые воздымания. Многочисленными разрывами щиты разбиты на более мелкие блоки. Щиты – это выходы на поверхность гранитного слоя.

12. Выступы на поверхность фундамента молодых платформ это современные горные области Урала, Тянь-Шаня, Центрального и Восточного Казахстана, Алтая, Саян, Забайкалья, Таймыра и др.

13. Синеклизы - геологически отрицательные структуры 3 порядка. Общий наклон крыльев синеклиз - 1° и менее, до 0,5°, хотя краевые части синеклиз иногда образуют резкие флексуры.

14. Сложную структуру, состоящую из авлакогена и расположенной над ним синеклизы, чтобы подчеркнуть их единство, называют грабен-синеклизой или грабен-синклиналью.

15. Антеклизы – внутриплатформенные пологовыпуклые поднятия, обычно смежные с синеклизами, того же ранга и размера.

16. Сложную структуру, состоящую из выступа фундамента и расположенной над ним антеклизы, чтобы подчеркнуть единство этой структуры, называют горст-антеклизой или горст-антиклиналью.

17. Желоб - вытянутый прогиб с пологими склонами, длиной в сотни километров и шириной 50 - 30 км.

18. Склоны - крупнейшие незамкнутые структурные формы, обычно расположенные на краю платформ, имеющие форму моноклинали или флексуры.

19. Своды - изометричные замкнутые положительные структуры площадью около 100 000 кв. км и поперечными размерами примерно 100 х 300 км.

20. Впадины - изометричные замкнутые отрицательные структуры четвертого ранга.

21. Разрывы на платформе в целом образуют мозаичную, сеть, смещения по ним выражены незначительно. Данные геологического дешифрирования космических снимков показывают, что для платформ

характерна довольно густая сеть линеаментов, отражающих разрывы с некартируемыми амплитудами перемещений по ним, зоны дробления.

22. Краевые прогибы характеризуются очень большими мощностями осадочных толщ и дифференцируются на отдельные впадины, разделенные кулисообразно располагающимися поднятиями, ориентированными диагонально по отношению длинной оси впадины. Для предгорных прогибов характерны линейная, гравитационная и куполовидная виды складчатости.

23. Краевые швы представляют собой зоны глубинных разломов, отделяющие платформу от смежных складчатых систем. Часто по краевым швам складчатые системы бывают надвинуты на платформу

24. Складчатый (геосинклинальный) пояс, геосинклиналь - глобальная тектоническая единица, характеризующаяся в течение всей её эволюции высокой тектонической активностью, формированием магматических и осадочных комплексов. Складчатые пояса располагаются либо между древними континентальными платформами, либо между платформами и океаном, включая внутренние и окраинные моря, островные дуги и глубоководные желоба.

25. Большая часть геосинклинальных поясов к современной эпохе приобрела характер складчатых горных сооружений или молодых платформ.

26. Геосинклинальные (складчатые) области состоит из складчатых систем одного или близкого возраста (например, каледонских или герцинских).

27. Складчатые системы протягиваются внутри складчатых областей двумя и более параллельными рядами, продолжая или кулисообразно замещая друг друга по простиранию. Например, Уральская система. После завершения своего развития геосинклинальные системы превращаются в мегантиклинории (мегантиклинорий Большого Кавказа) и мегасинклинории (Куринская впадина). Термин система обозначает совокупность элементов, объединенных по тому, или иному признаку. Поэтому термин складчатая система нередко употребляется как синоним и для складчатой области, и для складчатого пояса и для других складчатых единиц.

28. Геосинклинальные системы делятся на отдельные геосинклинали и геоантиклинали, которые представляли соответственно прогибы и относительные поднятия на фоне общего погружения геосинклинальной системы. В целом геосинклинали имеют линейные и овальные формы, со значительным преобладанием длины над шириной. Термин геосинклиналь употребляется также в значении синклинальной области. Завершая геосинклинальное развитие геосинклинали и

геоантиклинали превращаются в синклинории и антиклинории шириной от десятков до первых сотен километров.

29. Для миогеосинклиналей характерны сравнительно слабая магматическая активность, практически отсутствует региональный метаморфизм.

30. Эвгеосинклинали характеризуются высокой степенью магматической активности - и интрузивной и эффузивной значительной степенью регионального метаморфизма

31. Иногда сложные синклинории называются межгорными прогибами.

32. Срединный массив - относительно устойчивая глыба континентальной коры, более древней (обычно докембрийской), чем кора подвижного, геосинклинального пояса, внутри которого расположена эта глыба. Чехол массива одновозрастен осадочно-вулканогенному выполнению геосинклинального пояса, но отличается, как правило, пониженной мощностью, преобладанием мелководных или континентальных отложений и меньшей степенью дислоцированности слоёв. Складки и надвиги обычно как бы обтекают срединный массив, но некоторые надвиги перекрывают его периферические участки.

33. Линейная.

34. Континентальные рифтовые системы это, системы линейно вытянутых грабенов планетарного масштаба, выходящие на дневную поверхность. Они обладают корой континентального типа, утонённой по сравнению с обрамляющими областями вплоть до полного ее исчезновения.

35. Области возрожденной тектонической активности - это структуры, образующиеся в результате возрождения активных тектонических движений в отдельных частях платформ (тогда они называются эпиплатформенные), или складчатые области.

Ответы к 9.3

1. Океанические котловины, острова, островные дуги, океанические желоба, срединноокеанические хребты.

2. Это полосы по-разному намагниченных пород, расположенных симметрично относительно оси срединноокеанических хребтов, впервые были обнаружены в конце 50-х – начале 60-х годов. Протяженность их несколько сот километров, ширина 20–30 км. Оказалось, что чем дальше от срединного разлома подводного хребта расположена полоса магнитной аномалии, тем возраст образца старше.

3. Ширина хребтов 1 - 2 тыс. км, высота над окружающим дном океана - до 4 км. Осевые части хребтов выражены узкими 20 - 30 км *рифтовыми* зонами, представляющими собой раздвиги. Срединно-океанические хребты характеризуются высокой сейсмичностью. В некоторых местах (Восточно-Тихоокеанское поднятие, Срединно-Атлантический хребет южнее Исландии) вместо грабенов - рифтов картируются горсты.

4. *Островные дуги* - это гигантские системы надводных и подводных горных хребтов, образующих одинарные, двойные, тройные или разветвляющиеся системы поднятий длиной от 1000 до 4000 км. Одинарные островные дуги - линейно ориентированные подводные валообразные поднятия, по гребню и склонам которых насажены вулканические конусы. Иногда вершины конусов выступают над уровнем моря и образуют гирлянду островов.

5. Линзы аккреции располагаются на внешней стороне дуги между глубоководным желобом и преддуговым бассейном. и сложены толщами сложно дислоцированных толщ, смятых и разорванных разломами взбросового и надвигового типа.

6. Глубоководный желоб - это длинное узкое понижение дна океанов глубиной более 6000 *м.* Глубоководные желоба обычно расположены с внешних (океанических) сторон хребтов островных дуг. Считается, что в геологическом отношении представляют собой современные геосинклинальные структуры.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 10.1

1. Для изображения т о ч к и , ее наносят на топографическую карту (топооснову). методом сличения с местностью (по ситуации), методом обратных засечек, по координатам и с помощью программных средств).

2. Методом сличения с местностью (по ситуации), методом обратных засечек, по координатам и с помощью программных средств и специальных устройств).

3. По ситуации, засечек, с помощью компьютерных программ.

4 . П р я м у ю изображают на карте точкой, лежащей на прямой, и элементами ее залегания.

В е к т о р на карте изображают точно так же, только точку с элементами залегания ставят в начале вектора.

О т р е з о к п р я м о й изображается либо вектором и длиной отрезка либо двумя точками, соответствующими краям отрезка. У отрезка можно определить превышение – разность высотных отметок между максимальным и минимальным значением высот точек.

К р и в а я линия в геологии изображается ее траекторией на карте, а на отдельных характерных участках этой траектории проставляются величины погружения кривой.

5. Азимутом и углом падения, тремя точками, стратоизогипсами.

6. Падение – это вектор, лежащий в плоскости и максимально наклоненный в сторону меньших отметок. Характеризуется азимутом и углом падения.

7. Координаты (X,Y,Z) этих точек.

8. Направление падения есть касательная к стратоизогипсе в данной точке

9. Ориентировку (азимуты и углы падения) искомой поверхности в видимых сечениях.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 16

1. Разрывы не встречаются в природе поодиночке, а в разных структурно-формационных комплексах образуются свои парагенезисы, что позволяет расчленять различные толщи по различиям в сети разрывов. По их ориентировке и кинематике разрывов можно также восстановить направление осей тектонических напряжений, а это, в свою очередь, позволяет прогнозировать наличие ловушек для нефти и газа и возможные направления миграции флюидов в земной коре. Кроме того, изучение ориентировок разрывов и направления перемещений крыльев по ним необходимо для выявления геодинамических условий формирования структур.

2. . Следует описывать все особенности разрывов и их взаимоотношения с рельефом, заполнение полости разрывов, наличие зеркал скольжения и т.д. Чтобы данные по трещиноватости были представительными, в одном обнажении (на одной площадке измерения) необходимо сделать не менее 100 замеров без выбора, подряд, но обязательно в одной и той же породе.

3. Равноплощадная сетка (Вальтера - Шмидта) искажает углы, но сохраняет относительные размеры площади. Равнопромежуточная сетка (Каврайского), искажает и углы и площади, но в меньшей степени. Равноугольная сетка (Вульфа), искажает площади и оставляет истинными соотношения между углами.

4. Карту в изолиниях строят в том случае, если картируемый параметр меняется плавно. Картограмму строят в случаях резкого изменения признака, и он не непрерывен.

5. Изометричный или слегка вытянутый максимум интенсивности разрывов с постепенно снижающимися к периферии значениями обычно указывает на свод антиклинальной складки. Линейно вытянутый максимум интенсивности обычно соответствует зоне дробления или оси валообразного поднятия. Максимум интенсивности с резким переходом к минимуму часто отвечает области современных контрастных вертикальных тектонических движений. При этом максимумам соответствуют поднятия, а минимумам – прогибания. Минимумы интенсивности истолковываются как области синклиналей, или неотектонических (современных) прогибаний. Мозаичное чередование максимумов и минимумов без промежуточных значений свидетельствуют о блоковом, «клавишном» строении территории, причем блоки активны, они опускаются (фиксированно минимумами), или поднимаются (фиксированно максимумами).

6. При интерпретации картодиаграмм полагают, что сходные розы-диаграммы отражают сходное геологическое строение. Это сходство

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

выражается обликом роз-диаграмм и ориентировкой их основных лучей. Если серия роз-диаграмм с хорошо выраженным лучом ориентирована вдоль какого-либо направления (не обязательно того же направления), это обычно свидетельствует о крупном разломе, или зоне дробления. «Разворот» группы роз-диаграмм, как правило, говорит о «развороте» господствующих направлений простирания структурных элементов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 17.1

1. Структурная геология – наука, изучающая формы залегания геологических тел в земной коре, причины их возникновения и историю развития.
2. Источник сил, сформировавших структурные формы может лежать внутри Земли (эндогенные или тектонические, которыми, в основном и занимается структурная геология), а могут находиться на поверхности - экзогенные, быть внешним по отношению к рассматриваемым геологическим телам, находится внутри них, например, при метаморфизме минералов, или привноситься из космоса, в результате чего формируются импактные (ударные) структуры.
3. Чтобы понять структуру необходимо изучить ее границы, элементы, а также поняв её место, как части более крупной системы.
4. Структурные формы, их происхождение и развитие зависят, главным образом, от тектонических движений.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 17.2.

1. Главная *научная* задача структурной геологии заключается в создании геометрических моделей природных объектов на основе их обобщенных параметров.

2. *Практические задачи* структурной геологии обусловлены тем, что отдельные виды полезных ископаемых приурочены к определенным структурным элементам. Поэтому структурная геология - основа для изучения условий залегания в земной коре месторождений полезных ископаемых.

3. *Научное* значение структурной геологии - основа для изучения условий залегания в земной коре геологических тел, в том числе месторождений полезных ископаемых.

4. Знание структурной геологии необходимо для изображения и анализа геологической ситуации в любых работах, в которых изучаются геологические тела, явления и процессы.

5. Владение приемами и методами структурной геологии необходимо для понимания геологических чертежей, изображения геологических тел, процессов и явлений при подготовке курсовых и дипломных работ, а также понимания излагаемого материала при изучении большинства дисциплин геологического цикла.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 17.3.

1. Структурная геология опирается, главным образом, на геологическую картографию, стратиграфию и историческую геологию, неотектонику и геоморфологию, геометрию, тригонометрию, другие разделы математики, математическую статистику, геофизику, микроструктурный анализ.

2. Геотектоника, учение о полезных ископаемых, прикладных наук, занимающихся подсчетом запасов и оценкой ресурсов полезных ископаемых.

3. Геофизикой, геохимией, минералогией, петрографией, исторической геологией и стратиграфией, геоморфологией и др. Особенно тесно связана с геологической картографией, геологической съемкой, геометризацией недр**,** а также с геологическим дешифрированием материалов аэро- и космических съемок.

4. Наряду с тектоникой, она составляет основу для нефтегазогеологического районирования, а также - основу для поисков ловушек в земной коре - структурных форм, в которых могут образовываться скопления углеводородов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.1

1. Общие, частные и специальные (применяемые исключительно в данной науке). Внутри методов выделяют методики и методические приемы.

2. Метод аналогий (актуализма, сравнительно-исторический), моделирования (графическое, физическое (на естественных объектах, эквивалентных и оптически активных материалах), математическое.

3. Геодезический, геоморфологический, фациального анализа, анализа перерывов и несогласий, геометризации недр, геологической съемки, геологического дешифрирования материалов дистанционных съемок, структурного анализа, геофизические (особенно сейсмические) методы.

4. С помощью сравнительно-исторического метода воссоздают историю формирования и причины возникновения геологических тел по аналогии с современными процессами.

5. Применительно к структурной геологии выделяют три группы математических моделей: А) моделирование изучаемого объекта по совокупности внешних признаков. Цель такого моделирования - через ограниченное число параметров (констант) установить определенный порядок, закономерности и дать однозначное описание объекта (например, складки); Б) моделирование геологических процессов, использующих законы физики и химии. В результате, по имеющемуся у наблюдателя геологическому объекту, пытаются судить о глубинных процессах, их природе и эволюции Земли; В) моделирование параметров процессов, объектов и их интерпретации.

6. Методами геометризации недр, геологической съемки, геологического дешифрирования материалов дистанционных съемок.

7. Методами аналогий, фациального анализа, перерывов и несогласий

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 8.2.1

Ответы к 18.2.1

1. *Геологическая карта* – это уменьшенное, обобщенное условное графическое изображение геологических тел и их признаков, процессов и явлений на топографической основе.

2. *Геологические схемы* **-** картографические изображения, созданные без использования топографической основы; *геологические картосхемы* **–** изображения с упрощенно-обобщенными, схематизированными очертаниями объектов; *геологические планы* - картографические изображения, точно привязанные к местности, но при привязке не учитывающие кривизну Земли.

3. Карта может выступать как систематический каталог информации, как графический текст, как графическая модель.

4. Сечения земной поверхности вертикальной плоскостью. Бывают разрезы обнажений, разрезы скважин, профильные разрезы и к геологическим картам.

5. Стратиграфическая колонка, это графическое изображение обобщенной последовательности напластований стратифицированных толщ картируемой территории, сопровождающееся сведениями о иерархически-упорядоченной стратиграфической номенклатуре, мощности, литологической характеристике пород.

6. *Блок-диаграммы* - графические объемные изображения участка земной коры. На передней и боковой сторонах блок-диаграммы показываются геологические разрезы, а на верхней стороне - нередко объемная геологическая карта в аксонометрической проекции. Блок-диаграммы наглядно иллюстрируют геологическое строение территории, но искажения, возникающие при переводе планового изображения карты в перспективную, или аксонометрическую проекцию, делают их практически не применимыми в профессиональных интересах.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.2.2.

1. Геологические карты классифицируются по содержанию, масштабу, ведомственной принадлежности, картируемому времени, назначению, способу изображения, степени теоретического обобщения, тип геологических систем, использованию ЭВМ и другим характеристикам.

2. По содержанию карты классифицируются по разделам геологических наук. Наиболее распространены среди них биостратиграфические (геологические, дочетвертичных образований), литологические, фациальные, формационные, тектонические (в том числе структурные, новейшей и современной тектоники и др.), геоморфологические, четвертичных отложений, геофизические – аномалий магнитного поля, аномалий гравитационного поля и т.д., геохимические, полезных ископаемых в т.ч. металлогенические, нефти и газа, гидрогеологические и т.д., палеогеологические и палеогеографические и многие другие.

3. По масштабу карты классифицируют на обзорные, мелкомасштабные, среднемасштабные, крупномасштабные, детальные

4. По картируемому времени карты классифицируют на палеокарты, актуальные и прогнозные.

5. По ведомственной принадлежности карты классифицируют на государственные, ведомственные, частные.

6. По назначению карты классифицируют на научно-справочные, оперативные, учебные, демонстрационные и др.

7. На карте срезов изображается сечение недр, или поверхности Земли поверхностью, или плоскостью. На такой карте изображаются различные геологические тела, или их свойства, процессы и явления. На картах топографических поверхностей изображается величина какого-либо одного признака недр.

8. По степени теоретического обобщения карты классифицируются на первичные, переходные и аналитические.

9. По использованию ЭВМ карты разделяют на традиционные и числовые.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.2.3.

1. Обязательные: математическая основа, картографическое содержание и справочные данные. Иногда на картах присутствуют дополнительные сведения.

2. Математическая основа - это математический закон, по которому строится соответствие точек на карте точкам на местности. Математическая основа выражается масштабом, проекцией и системой координат и рамкой.

3. *Масштаб* - это отношение длины отрезка на изображении к длине горизонтальной проекции того же отрезка на поверхности референц-эллипсоида. Выделяют численный, именованный и линейный масштабы.

4. Горизонтальный отрезок на местности, соответствующий на карте 0,1 мм называется *точностью* масштаба. Например, точность масштаба карты 1:50 000 – 5 м, 1:1 000 000 – 100 м и т.д. Знать точность масштаба карт необходимо для того, чтобы понимать, с какой точностью на карту нанесены изображенные на ней объекты.

5. *Картографическая проекция* – это математически определенный и однозначный способ изображения поверхности земного эллипсоида на плоскости. В каждом конкретном случае выбирается или изготавливается такая проекция, которая дает минимальные искажения картируемой территории.

6. Не обязательно. Потому что они создаются, в общем случае, в разных проекциях и по разным референц-эллипсоидам.

7. Номенклатурой называется система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется разграфкой. 1:1000000 – N-37, 1:500000 – N-37-A, 1:10000 – N-37-144, 1:50000 - N-37-144 -A,, 1:25000 N-37-144 –A - a.

8. *Рамка карты* отделяет картографическое изображение от зарамочной части.

9. *Легенда* – система условных знаков геологических карт. Существуют легенды-перечисления, иерархически-упорядоченные легенды, матричные легенды, комбинированные легенды. Для большинства геологических карт системы условных знаков унифицированы инструкциями. При самостоятельном составлении геологических карт следует ориентироваться на условные знаки сходных по содержанию и масштабу государственных карт. Главный принцип – одинаковые объекты показываются одинаковыми знаками, разные объекты – разными знаками, сходные объекты – сходными

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

знаками.

10. *Топографическая основа* (топооснова) – это та топографическая карта, на которую наносится специальное геологическое содержание. Топографической называют основу карт масштаба крупнее 1:1000000. Более мелкомасштабную основу называют географической. Исходная топографическая или географическая карта очень загружена цветными условными знаками, поэтому при использовании, призводят разреживание ее содержания. При этом следует понимать, что топооснова должна обеспечивать легкую и надежную привязку специального содержания карты, не перегружая ее.

11. Специальное содержание определяется программой карты и передается с помощью условных знаков.

12. Во вспомогательное оснащение карт входят справочные данные, оно также может включать схемы использованных материалов и изученности.

13. *Справочные данные* **-** это заголовок карты, автор, год, место составления, и (или) издания. Кроме того, в справочных данных может указываться ведомственная принадлежность организации, в которой составлялась карта, или авторов, а также редакторы карты, номенклатура, вид проекции и другие сведения.

14. *Компоновка* – это расположение рамки карты относительно изображенной на ней территории, размещение названия карты, ее легенды, дополнительных и других данных. Компоновка проектируется с учетом формата будущей карты, на свободных от картографического изображения частях листа. На государственных геологических картах компоновка унифицирована.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.2.4

1. *Генерализация – отбор и обобщение* изображаемых на карте объектов в соответствии с тематикой, назначением, масштабом карты и особенностями картируемых объектов и явлений.

2. *Нормы* отбора указывают, какую часть, долю картируемых явлений показывают на карте.

3. Цензы отбора указывают, какие объекты исключают, а какие оставляют. Они бывают исключающие и избирательные. *Исключающие* цензы указывают, какие объекты исключают с карты. *Избирательные* цензы указывают, какие объекты должны присутствовать на карте в обязательном порядке**.**

4. Обобщают объекты, графически объединяя картируемые явления (графическое) или укрупняя их ранг (собирательное).

5. Картографическая (г*еометрическая) точность* – это степень соответствия местоположения точки на карте их местоположению в действительности.

6. *Тематическая верность*, обеспечивает передачу картируемой действительности в ее главных, типических чертах.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.2.5

1. Государственная геологическая съемка (ГГС) - комплекс работ по составлению геологических карт определённого района. В результате государственной геологической съемки выявляются особенности геологического строения, закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых и перспектив территории на все виды минерального сырья.

2. Полистная (ПГС) и групповая (ГГС), геологическое доизучение ранее заснятых площадей (ГДП), аэрофото- и космоаэрофотогеологическое (АФГК, КГК) картирование, глубинное геологическое картирование (ГГК).

3. *Геологическое доизучение ранее заснятых площадей* (ГДП). предполагает полный сбор и обобщение всех имеющихся по району съемки материалов и дополнение их необходимыми новыми наблюдениями для решения следующих основных задач:

- Уточнение, или пересмотр, существующих представлений о геологическом строении и истории развития района с позиций современных геологических теорий.

- Создание моделей глубинного геологического строения района или отдельных его частей.

- Анализ закономерностей размещения полезных ископаемых, к рассмотрение представлений о перспективах на новые месторождения полезных ископаемых, оценка перспектив в отношении новых видов минерального сырья и новых типов месторождений, оценка прогнозных ресурсов полезных ископаемых на основе новых данных.

-. Выяснение эколого-геологических условий района, выявление потенциально опасных для обитания и деятельности человека геологических процессов и явлений, выяснение степени нарушенности геологической среды и ее загрязнения вредными веществами, оценка степени напряженности эколого-геологической обстановки и прогноз ее возможного развития.

4. Глубинное геологическое картирование это аналог геологической съемки, проводимой для изучения строения комплексов пород, погребенных под покровом мощных дальне-приносных образований или в многоярусных районах. Основным техническим средством проведения ГГК является бурение скважин при обязательном широком использовании геофизических методов.

5. Задачи геологической съемки шельфа (ГСШ) близки к задачам ГДП, включая эколого-геологические исследования. Специфика данного

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

вида съемки определяется тем, что объект изучения закрыт толщей воды, что обусловливает необходимость применения особых приемов организации работ и специальных технических средств. Второй особенностью ГСШ является необходимость изучения некоторых специфических донных образований (деятельный слой донных осадков, постоянно перерабатываемый в процессе движения воды) и явлений (современная донная абразия и др.).

6. Комплекс исследований определяется в первую очередь особенностями территории работ:

– перспективами на открытие месторождений полезных ископаемых;

– изученностью;

– сложностью и типом геологического строения;

– конкретными геологическими задачами;

– типом рельефа и проходимостью;

– дешифрируемостью материалов аэро- и космических съемок;

– интерпретируемостью геофизических материалов и т.д.

7. Изученность территории определяется:

– количеством и качеством проведенных ранее геологических съемок разных масштабов;

– количеством и качеством проведенных ранее поисковых работ;

– полнотой и качеством имеющейся аналитической базы;

– количеством и качеством имеющихся геофизических материалов;

– количеством и качеством проведенных ранее тематических научно-исследовательских работ (структурных, палеонтологических, геоморфологических, гидрогеологических и пр.).

8. Сложность и тип геологического строения определяются:

– количеством структурных этажей и структурно-формационных зон;

– степенью дислоцированности стратифицированных комплексов;

– присутствием метаморфических, вулканических и плутонических комплексов;

– фациальной изменчивостью картируемых подразделений;

– количеством и разнообразием зон вторичной гидротермальной переработки;

– интерпретируемостью геофизических материалов и т.д.

9. Комплект Госгеолкарты-200 сопровождается объяснительной запиской. При составлении карт обязательно использование

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

цифровых и аналоговых основ масштаба 1:200 000, составленных предварительно, или в процессе проведения работ:

– топографической;

– дистанционной (по данным космо- и аэросъемок);

– геохимической.

ОСНОВНЫЕ КАРТЫ комплекта государственной геологической карты м-ба 1:200 000

Геологическая карта дочетвертичных образований;

- Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения;

- Геологическая карта четвертичных образований.

Дополнительные карты и схемы.

10. 1 – топографическая, 2 – дистанционная (по данным космо- и аэросъемок); 3 – геохимической.

11. Основные карты комплекта государственной геологической карты м-ба 1:200 000:

Геологическая карта дочетвертичных образований;

Карта полезных ископаемых и закономерностей их

размещения;

Геологическая карта четвертичных образований.

Дополнительные карты и схемы, которые помещаются либо на отдельных листах, либо на основной карте. К ним относятся:

- тектоническая схема;
- схема аномалий силы тяжести (в условной оцифровке);
- карта аномального магнитного поля;
- геоморфологическая схема;
- схема минерагенического* районирования;
- схема прогноза полезных ископаемых;
- схема эколого-геологической обстановки;
- схема памятников природы;
- гидрогеологическая схема;
- схема кор выветривания.
- схема устойчивости ландшафтов;
- схема эколого-геологической опасности.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

12. Геолого-съемочные работы производятся в следующей последовательности:

1) опережающие работы;
2) проектирование;
3) организация и подготовительные работы;
4) полевые работы;
5) ликвидационные работы;
6) составление полевого отчета и приемка полевых материалов
7) камеральная обработка материалов и составление промежуточного отчета;
8) составление окончательного отчета и составление оригинал-макета карты для издания и объяснительной записки к нему.

3), 4), 5), 6) и 7) пункты могут повторяться, в зависимости от запланированного числа сезонов работы.

По характеру производства геологическую съемку разделяют на подготовительный, полевой и камеральный этапы.

13. К задачам подготовительного этапа относится разработка проектно-сметной документации, изучение и анализ фондовых и опубликованных материалов, составление предварительных геологических и специальных карт.

14. Во время полевого этапа осуществляются полевые поисково-съёмочные, аэровизуальные, геофизические, геохимические, горно-буровые и другие работы. В результате полевых исследований составляются карта обнажений, полевая геологическая карта, геологические разрезы, стратиграфическая колонка.

15. В течение камерального этапа систематизируются материалы полевых работ, обрабатываются данные химико-аналитических и других лабораторных исследований, производится углублённое изучение всех горных пород и руд, палеонтологическое определение собранных органических остатков. На всех этапах осуществляются многократное дешифрирование аэрофото- и космоматериалов, геологическая интерпретация геофизических данных.

16. Геолого-съемочная партия обычно состоит из нескольких геолого-съемочных и поискового отрядов. В состав партии обычно входят: начальник, несколько геологов, несколько техников (коллекторов), несколько рабочих. В партии, ведущие радиометрические наблюдения, включаются техники-геофизики. Партия может иметь и другие отряды - геоморфологический, гидрогеологический, стратиграфический.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

17. Геологические партии, выполняющие работы на близких площадях, объединяются в экспедиции, при которых организуются химические, петрографические, шлиховые, спектральные и другие лаборатории; стратиграфические, петрографические, геофизические, гидрогеологические и другие тематические партии; ремонтно-механические мастерские и материально-транспортные базы.

18. Различные геологические образования изучаются в процессе геологической съемки независимо от их размеров, но на геологической карте показываются лишь те из них, которые имеют размеры в поперечнике не менее 2 мм в масштабе карты, если они изометрические; и шириной, меньшей 1 мм, если они линейно вытянутые. Большое число мелких контуров, расположенных поблизости друг от друга, изображается на карте обобщенным контуром. Если малые геологические образования существенны для геологической характеристики района, их показывают вне масштаба в увеличенном виде (до 2 мм в масштабе карты).

19. Положение геологических границ должно быть определено с точностью, не меньше чем 4 мм в масштабы карты. Границы считаются обоснованными, если они наблюдаются непосредственно в обнажениях, отмеченных на карте, или находятся между двумя точками наблюдения, удаленными друг от друга на результирующей карте не более чем на 4 мм, или уверенно отдешифрирована на аэрофотоснимках. При этом необходимо, чтобы границы были обоснованы и по простиранию маршрутами, отстоящими друг от друга не более чем на 1,5 - 2,5 см в масштабе карты при выдержанном направлении границ или на 0,5 - 1 см в масштабе карты при неправильной форме границ. При хорошей дешифрируемости допускается разрядка маршрутов не более чем до 5 см в масштабе карты при простом геологическом строении и до 2,5 - 3,5 см при геологическом строении средней сложности.

20. Введение, стратиграфия, интрузивные образования, тектоника, геоморфология, история геологического развития района, полезные ископаемые, заключение.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.2.6

1. От содержания, назначения, масштаба, легкости тиражирования, наличия её многолистности или однолистности, цветного, или черно-белого исполнения, площади картирования и др.

2. Математическая основа карты - масштаб и проекция – выбирается так, чтобы геометрические искажения были минимальны.

3. При приготовлении фактического материала будущей карты картографические материалы приводятся к одному масштабу и проекции, в графическую форму переводятся текстовые материалы, дешифрируются материалы аэрокосмических съемок.

4. Проектирование легенды и специального содержания будущей карты начинается с составления списка объектов, подлежащих изображению, которые классифицируются, и продумываются способы изображения – качественного, или количественного фона, значков, их сочетания, картограмм, или картодиаграмм.

5. Знаки топоосновы необходимо проектировать так, чтобы они не конкурировали со специальным содержанием. При проектировании знаков специального содержания надо помнить, что число одноцветных градаций (оттенков) на карте не должно превышать семи. Если необходимо показать бóльшее количество градаций, необходимо сделать двухцветную шкалу. В ней оптимально яркими оттенками теплого цвета (красного, коричневого) возрастающей яркости показать интервалы возрастающих положительных значений или значений больших среднего. Все более яркими оттенками холодного цвета (голубого, лилового, зеленого) показать интервалы возрастающих отрицательных значений или значений меньших среднего. Если есть необходимость, пользоваться многочисленными цветами, их оптимально располагать в последовательности спектральных цветов - от фиолетового до красного и коричневого.

При выборе оттенков цветов интенсивнее закрашивают участки с бóльшими значениями признака, как на хорошо знакомых всем географических картах показываются высоты и глубины рельефа. Однако, например, на тектонических картах при изображении мощностей осадочного чехла на платформах оттенки цвета обратные - чем глубже, залегает фундамент, чем бледнее оттенок.

Для черно-белых изображений используют крап или штриховку. При этом исходят из того же принципа - чем больше значение картируемого признака, тем интенсивнее они должны быть. Отрицательным значениям соответствует горизонтальная штриховка, положительным - вертикальная. К этому правилу также не следует

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

подходить формально. В тех случаях, когда карта дополняется точечными и линейными знаками, целесообразно более интенсивным крапом заполнить участки, на которых меньше дополнительных знаков.

При составлении карт методом ***качественного фона*** соседние площади должны максимально контрастными. Число одноцветных градаций (оттенков) на карте не должно превышать семи, иначе их чрезвычайно трудно различать между собой.

6. При составлении карт методом ***количественного фона*** сначала составляется карта в изолиниях. Затем промежутки между изолиниями закрашиваются в принятые для этих интервалов значений цвета, или заполняются соответствующим крапом.

7. В тех случаях, когда необходимо картировать пересечение топографических поверхностей (например, пересечение наклонно залегающих слоев и рельефа), то работу начинают с построения молодых геологических границ.

При построении карт по геологическим описаниям необходимо учитывать, что при горизонтальном залегании слоев поверхности их напластования практически совпадают с горизонтальными плоскостями, поэтому очертания геологических границ повторяют горизонтали рельефа, параллельны или совпадают с ними. Задача изображения геологических границ, следовательно, сводится к проведению геологической границы, найденной хотя бы в одной точке по склонам по одной и той же высоте. Если на территории имеется несколько возвышенностей, склоны которых включают высоту найденной границы, она пройдет по всем склонам. Понятие «горизонтальное залегание» - условно, так как идеально горизонтальных поверхностей наслоения в земной коре не встречается.

8. При составлении карт по геологическим описаниям сначала анализируется геологическое строение, выделяются структурные этажи, структурно-формационные зоны и блоки территории, разделенные разломами. ***Карта наклонно залегающих пластов строится по данным опорных полевых наблюдений с помощью «заложения».***

При работе с несколькими структурными ярусами последовательность работы следующая:

- Выделяются структурные ярусы - комплексы согласно залегающих толщ, разделенных несогласиями.

- Определяется заложение для толщ верхнего структурного яруса. По данным заложения построить геологические границы.

- Строятся геологические границы нижнего структурного яруса. Для этого необходимо определить заложение для его толщ и по полученной его величине построить геологические границы до пересечения их с

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

несогласием верхнего.

При построении складчатого залегания используются данные по опорным полевым наблюдениям. Построение ведется от молодых геологических образований к древним, в порядке, обратном их формированию. При этом территория разбивается на элементарные площадки, на которых залегание можно считать однородным, построить геологические границы на элементарных площадках, а затем сгладить получившиеся углы плавными линиями с учетом имеющихся фактических данных в отдельных точках.

Если территория разбита разломами, сначала выделяются блоки, на которые разбита территория, затем геологическая карта строится отдельно по каждому блоку.

Затем расставляют индексы и раскрашивают стратиграфические подразделения в принятые для них цвета, а также делают соответствующую штриховку (на геологических картах масштабов крупнее 1:100 000 условными знаками показывается не только стратиграфическая принадлежность, но и литологический состав слагающих их подразделений).

9. Сначала выделяют на карте элементарные ячейки. Анализируемую территорию с нанесенными на нее значениями признака разбивают на элементарные ячейки. Как правило, они делаются одинаковыми, но, могут быть и различными. Затем создают шкалы и выбирают интервалы картограммы. Выбирают условные знаки для выделенных интервалов, используя те же принципы, которые описаны для метода количественного фона. После проделанной подготовительной работы составление картограммы сводится к закраске отдельных элементарных ячеек в присвоенные им цвета или штриховку.

10. *Картодиаграммы* изображают какой-либо признак недр, расположенный в тех точках карты, к которому относится данная диаграмма. *Локализованные диаграммы* - это диаграммы, изображающие какой-либо признак недр, характерный для определенной области, например, (элементарной ячейки), расположенные в центральной части элементарной ячейки.

11. Для уточнения сочетаемости изображения картируемых признаков, читаемости легенды.

12. Начинается легенда с главных элементов специального содержания, затем помещаются дополнительные знаки.

13. Компонуется, на ней надписывается заголовок, указывается авторство, год и место создания карты.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.2.7

1. Разрезы - зарисовки (*разрезы обнажений и опорными разрезы, разрезы скважин*, разрезы, строящиеся по данным бурения скважин, разрезы, строящиеся по геологической карте.

2. Направление разрезов определяется геологическими задачами. Наиболее выразительными являются разрезы, построенные вкрест простирания структурной формы. Кроме того, линии геологического разреза выбираются так, чтобы на них попало максимальное количество пробуренных скважин. Вообще разрезы строят по прямым линиям, если же скважины не стоят на одной прямой линии, возможно построение геологических разрезов по ломаным линиям, или же скважины «сносят» на линию разреза.

3. При выборе масштаба руководствуются принципами наглядности и точности. Горизонтальный масштаб разреза, как правило, равен горизонтальному масштабу карты. Вертикальный масштаб выбирается исходя из противоречивых требований. Идеальным является соотношение вертикального и горизонтального масштабов 1:1, тогда изображение будет не искаженным. Тогда вертикальные масштабы геологических разрезов выбирают так, чтобы толщины отображаемых на разрезе стратиграфических комплексов, на чертеже были не менее 1 мм.

4. Либо показываются вне масштаба толщиной 2 мм, либо объединяются несколько согласно залегающих слоев.

5. Выпадение отдельных частей разреза, в частности, пласта или его части, уменьшение толщины пластов в опущенном крыле – в приподошвенной его части - а в приподнятом - прикровельной части– сброс; двукратное повторение одновозрастных отложений или аномальное увеличение толщины какого-либо пласта – взброс. Резкое гипсометрическое изменение положение слоев.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.3.1

1. Геоморфология занимается изучением, рельефа как геологического образования - его генезиса, возраста, структуры, взаимоотношений с геологическим строением.

2. *Морфоструктуры - это о*бразованные в результате тектонических движений неоген-четвертичного времени, выраженные в рельефе структурные формы.

3. При значительном превышении интенсивности тектонических поднятий над интенсивностью экзогенного нарушения формируется эрозионный горный рельеф. Если интенсивность тектонических поднятий ненамного превышает интенсивность экзогенного разрушения, формируется денудационно-эрозионный рельеф. При интенсивности тектонических поднятий примерно равной интенсивности экзогенного разрушения формируется денудационный рельеф. Если интенсивность тектонических поднятий меньше скорости осадконакопления, образуются аккумулятивные равнины.

4. У юной долины глубоко врезанные спрямленные крутосклонные долины, у зрелой - ширина больше глубины, меандры.

5. Ярус рельефа образуется за цикл, состоящий из двух этапов. Первый этап – усиленное поднятие земной коры, преобладание глубинной эрозии, формирование склонов. Второй этап – относительное опускание, преобладание боковой эрозии, формирование широких днищ долин, впадин, региональных субгоризонтальных поверхностей. Новое усиление поднятий опять приводит к глубинной эрозии, врезу в сформировавшиеся днища, субгоризонтальные поверхности. Таким образом, ярус рельефа состоит из выровненных субгоризонтальных базисных поверхностей, на которые опираются одновозрастные склоны. Сами поверхности обрезаются склонами более молодой возрастной генерации. Так как суммарные вертикальные движения на суше положительные, то чем выше ярус рельефа, тем он древнее.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.3.2

1. Метод служит для выявления структурных форм унаследованных, или возникших в неотектонический этап развития земной коры.

2. Для диагностики относительных поднятий и опусканий земной поверхности.

3. Морфографические методы основаны на качественном, визуальном выделении участков территории со сходными чертами рельефа, а морфометрическими методами изучают количественные характеристики рельефа.

4. Чтобы по аномалиям продольных профилей рек выявить сформировавшие их тектонические движения.

5. Тектонический рельеф это такой воображаемый рельеф, каким бы он был, если бы не было экзогенных процессов. Его изучают, анализируя рельеф водораздельных поверхностей.

6. Чтобы выявить направления и интенсивность тектонических движений.

7. Продольную, поперечную, общую.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.3.3

1. Главные методы – геодезический (повторное нивелирование) и радарная интерферометрия.

2. Установлено блоковое распределение современных вертикальных движений в земной коре и их тесная связь с разломами. Средние скорости современных движений для платформ – 10 мм/год для горизонтальной составляющей и 6-8 мм/год для вертикальной составляющей движений.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.4.1

1. (Аэрокосмические) дистанционные методы - обширная группа, которая включает в себя неконтактные методы изучения природы, в том числе и её геологического строения с различных носителей из космоса и в воздуха.

2. Разрешение, обзорность, спектральный диапазон, генерализация и интеграция.

3. На единой основе сопоставлять и обобщать данные предшествующих исследований, различных геологических, буровых, геофизических, геохимических методов. Рационально планировать проведение наземных работ, в том числе геофизических и дорогостоящих буровых работ. Трассировать геологические границы, выделять области с различными неотектоническими режимами. Выделять складчатые дислокации, разрывные нарушения, рифтовые зоны, кольцевые структуры различного генезиса и размеров, направления планетарной и региональной трещиноватости. Через маломощный осадочный покров могут «просвечивать» дислокации лежащих ниже геологических образований, и для многих других целей. Применение дистанционных методов, с одной стороны, позволяет получать информацию о геологическом строении, часто недоступную другим методам, а с другой стороны - повышает эффективность традиционных геологических и других методов.

4. *Геологическим дешифрированием* аэрокосмоснимков называется извлечение из них информации о геологическом строении территории, то есть опознание геологических объектов и расшифровка геологического строения изображенной на снимке территории.

5. Дешифровочные признаки геологических объектов — это особенности фотоизображения, отражающие геологическое строение, их – приметы.

6. *Фототон* - степень потемнения снимка и цвет. Фототон может меняться от белого через все оттенки серого до черного. На черно-белых снимках видны пятна и полосы различного фототона, которые формируют фотоизображение.

7. *Фоторисунок* - это взаимное расположение одинаковых участков фототона, формирующий структуру изображения.

8. *Фотоаномалией* называется участок фотоизображения, отличный от окружения по каким-либо признакам. Фотоаномалии неправильной формы иногда называют «выделы».

9. *Линеамент* - это линейная фотоаномалия естественной природы, дешифрирующийся на снимке.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10. Кольцевая структура - округлое, кольцевое или слегка овальное образование в земной коре и ландшафте, и отображение этих образований на геологических, геофизических и географических картах и аэро- и космических снимках.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.4.2

1. При визуальном дешифрировании снимки или другие материалы, предназначенные для работы, воспринимаются и осмысляются непосредственно.

2. Особенности фотоизображения, которые позволяют поставить его с теми или иными природными объектами.

3. Прямые признаки относятся непосредственно к выделяемому геологическому объекту, выражают в понятийной форме его образ.

4. Под косвенными дешифровочными признаками понимаются особенности изображения определенных элементов ландшафта, раскрывающие непосредственно не наблюдаемые геологические объекты.

5. Контрастно аналоговое дешифрирование основано на аналогиях. Оно обусловлено тем, что одинаковые объекты в сходных условиях выглядят на изображениях одинаково, а различные – по-разному.

6. Ландшафтно-индикационное дешифрирование основано на выявлении ландшафтных индикаторов, указывающих на наличие на изображении искомого объекта.

7. При общем дешифрировании из снимка извлекается вся доступная геологическая информация.

8. При специальном (тематическом) дешифрировании из снимка извлекается только та часть геологической информации, которая определяется целями исследования.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.4.3

1. Формулируется цель исследования; определяется район и масштаб работ; формулируются требования к отчетным материалам; составляется техническое задание на выполнение исследований.

2. Формируется предварительная ***база знаний***. Исполнители знакомятся с геологической, геофизической, геохимической и нефтегазогеологической (тематической) изученностью района, доступностью материалов предшествующего изучения территории; обеспеченностью территории космическими съемками и топографическими картами, результатами, методикой и технологией использования космических съемок в районе работ. Если геологические работы по данной территории не проводились, то подбирается(-ются) эталон(-ы) – аналог(-и) в сходных ландшафтно-геологических условиях. Обосновывается необходимый комплект материалов космической съемки, определяются оптимальные природные и технические параметры съемок – масштабы, виды, зоны спектра, сезоны и часы, составляются технические условия, заказываются необходимые материалы.

3. Требуемый ***масштаб изображения*** определяется масштабом выполняемых работ. Чтобы обеспечить оптимальное решение поставленных геологических задач, используют изображения нескольких уровней генерализации – обзорного для анализа общих закономерностей проявления изучаемого объекта или процесса, рабочего, в котором собственно и производятся исследования, и детального, необходимого для уточнений в ряде сложных случаев. Разница масштабов изображений, на которой проявляется новая информация, зависит от разных причин, в среднем, это, как правило, 2,5 – 3, 5 – кратная величина.

4. Подбор *спектральных диапазонов* зависит, в первую очередь, от решаемой задачи, физико-географических условий района работ и характера новейших тектонических движений. При любом выборе в комплект для дешифрирования обязательно должны быть включены изображения оптического диапазона для привязки изображения и ландшафтного контроля результата работ.

5. Оптимальные *сезоны съемки* выбирают в зависимости от конкретных природных зон. Предпочтительны те сезоны, в которых ключевые компоненты ландшафта будут наиболее информативны (то есть иметь «пограничные» значения).

6. Выделяются контуры, для которых предполагается геологическая природа. Проводится *совместная интерпретация* схемы предварительного дешифрирования и имеющихся

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

геологических материалов. В результате работы создается модель - *схема(-ы) предварительного дешифрирования*, на которой как правило, показан разломно - структурный каркас территории, выделены целевые объекты, геологическая природа которых может определяться однозначно, предположительно, или не определяется совсем. При однозначном определении геологической природы объектов они описываются в легенде как конкретные геологические объекты и характеризуются дешифровочными признаками. При предположительном определении объекты характеризуются, как вероятно, геологические объекты, и описываются своими дешифровочными признаками, из которых должна следовать причина, по которой они отнесены к тому, или иному типу геологических объектов (сходство с известным эталоном, соответствие общим признакам и т.д.). Если геологические объекты не определяются, говорят, что их генезис не установлен, и они описываются в терминах изображения (тон, цвет, рисунок). Выделяются участки, требующие детальной проверки. Составляется предварительная легенда (легенды) будущих отчетных материалов.

7. Схема предварительного дешифрирования сопоставляется с имеющимися эталонами и геофизическими материалами. Находится соответствие между фотоаномалиями и искомыми геологическими объектами и процессами. Создается макет отчетной карты, представляющий собой предварительный эскиз отчетной карты, или отчетная карта. Выборочно изучаются изображения детализационного масштаба.

8. Создаются результирующая карта (карты), отчет и другие предусмотренные техническим заданием материалы

9. Достоверность результатов дешифрирования проверяется различными способами – ***полевой,*** сравнением с данными ***независимых исследований,*** дешифрированием различных материалов дистанционного зондирования, дешифрированием в две, или три руки, дешифрированием контрольных участков в крупном масштабе, в***ыявлением системной упорядоченности объектов дешифрирования***, ***сопоставлением с резервными геолого-геофизическими материалами (эталонами)*** - ретроспективный анализ.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 18.4.4

1. Открытыми называются территории, на которых горные породы в значительной степени обнажаются непосредственно на поверхности Земли.

2. Они обычно наиболее благоприятны для изучения. На снимках таких территорий, как правило, отчетливо и непрерывно видны отдельные слои пород, отличающиеся цветом или формами рельефа. Относительно более прочные породы часто образуют положительные формы рельефа, менее прочные - отрицательные. По расположению следов слоистости на таком снимке опознаются пликативные дислокации, по нарушению сплошности - дизъюнктивные

3. Полузакрытыми называются территории, на которых обнажения горных пород разобщены современными осадками, растительностью или толстым слоем почвы.

4. В полузакрытых районах обычно лучше обнажены гипсометрически приподнятые участки, которым отвечают либо выходы относительно более прочных, стойких к выветриванию пород (на аэроснимках), либо неотектонические поднятия (на космоснимках). В полузакрытых районах опознавать геологические объекты приходится по отдельным фрагментам, мысленно воссоздавая их в целом. Очень важно при этом правильно протрассировать, протянуть выделенные на открытых участках геологические границы через закрытые участки. При таком прослеживании необходимо учитывать изменение рельефа, который является наиболее стойким дешифровочным признаком.

5. Закрытыми называются такие районы, на которых обнажения дочетвертичных горных пород практически отсутствуют, а земная поверхность полностью покрыта современными осадками, мощным слоем почвы, рыхлых осадков, растительностью.

6. Опознавание литологии осадочных пород в закрытых районах обычно невозможно. Выходы карбонатных и ультраосновных пород, как правило, сопровождаются угнетением растительного покрова из-за избытка щелочей в почве и т.д. В закрытых районах при дешифрировании аэро- и космоснимков приходится почти полностью полагаться на анализ связей между геологическим строением территории и теми особенностями ландшафта, которые могут отразиться па поверхности. Иногда это цепочка связанных друг с другом признаков, состоящая из нескольких логических звеньев. Разломы, как правило, на снимках дешифрируются в виде линеаментов.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

7. На морском дне, как и на суше, дислоцированные осадочные породы, состоящие из пластов различного вещественного состава, узнаются по полосчатому фоторисунку, отражающему переслаивание пород. Разломы фиксируются по отобразившимся в виде прямых линий трещинам, по обе стороны которых располагаются области с различным фототоном или фоторисунком. В виде линеаментов на снимках могут отображаться следы размывов от винтов судов на мелководьях. При дешифрировании геологического строения акваторий важно отличать изображение морского дна от объектов, расположенных в толще воды. Пятна (пленки) нефти на поверхности воды отличаются отсутствием «барашков» и часто - бликов. Как правило, на акваториях рельеф дна прямо отражает тектоническое строение территории.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к главе 19.

1. Тектонических, физико-географических (климатических) и эвстатических (поднятий и опусканий уровня мирового океана)

2. Начальная стадия трансгрессии.

3. .Перекрытие неровностей рельефа поверхности осадконакопления и выравнивание этих неоднородностей.

4. Примыкание отложений к неровностям поверхности осадконакопления.

5. Наступление моря на сушу и увеличение площади области осадконакопления.

6. Слой, выделенный по признаку одновременности осадконакопления.

7. Слой, выделенный по признаку литологической однородности осадконакопления.

8. Отступление моря от суши и уменьшение площади области осадконакопления.

9. «То, что мы видим вертикально напластованным, должно явиться нам с тем же характером в горизонтальном направлении и обратно».

10. Осадконакопление, которое образуется, если прогибание бассейна осадконакопления смещается по латерали.

11. Влияет по-разному. Например, осадконакопление во время паводка отличается от осадконакопления в межень. Отсутствие или наличие прибоя приводит к уменьшению зоны грубообломочного материала. Наличие донных течений приводит к перераспределению осадков, в результате чего среди площадей, занятых тонким илом, появляются участки, сложенные песками, или обломки ракушек.

12. Метод изучения осадочных бассейнов и расчленения их разреза, основанный на анализе сейсмических исследований, ГИС, керна и обнажений горных пород и базирующийся на сейсмостратиграфии и циклов П.Р. Вейла (циклах подъёма и опускания уровня Мирового океана).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 20.1

1. *Нарушением* или *дислокацией* (лат. dislocato – смещение, выведение из первоначального места) называется всякое отклонение горных пород от их первоначального (первичного, для осадочных пород чаще всего горизонтального) положения. Эти вторичные формы залегания также называются дислокациями или нарушениями (например, складчатое нарушение, пликативное нарушение).

2. *Конволютная слоистость* - слоистость в виде мелких гребневидных складочек размером в сантиметры, либо в виде закручивания прослоев внутри слоя, или даже всего слоя целиком, возникающая при стремительном выносе массы осадочного материала в мутьевом (турбидитном) потоке.

3. *Олистостром* – геологическое тело (обломочная горная порода), возникающее в результате подводнооползневых процессов. Образуется из текучих, насыщенных водой осадков при оползании, смятии в мелкие сладки, формировании небольших надвигов, раскалывания на куски, которые при скольжении по склону перемешиваются.

4. *Структуры уплотнения* образуются в результате неравномерного уплотнения пород. Над линзами, сложенными менее уплотняющимися породами, формируются антиклинальные складки.

5. *Конседиментационные* **-** образующиеся одновременно с накоплением осадка и преобразованем его в горную породу. *Постседиментационные* – после.

6. *Признаки ненарушенного залегания* - горизонтальное залегание, присутствие негоризонтального залегания в ограниченных объемах, горизонтальное расположение анизотропных минералов (чаще всего слюды).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 20.2

1. Тектонических и нетектонических, приложенных к телу, поверхностных, или объемных, например, гравитационных.

2. Складки в слоях, подстилающих тело ледника.

3. Провальные дислокации, и синклинали проседания образуются над пустотами в недрах.

4. Мелкая складчатость, образующаяся в результате увеличения объема.

5. Провальные структуры, образованные в результате уменьшения объема вещества в вулканическом очаге после извержения вулкана и увеличения нагрузки на недра в результате излияния магмы.

6. При отнесении деформаций к тектоническим, главное внимание следует уделять охвату того или иного объема земной коры данной деформацией, глубине ее проникновения, наличию связи с общими закономерностями развития структуры земной коры в данной области, длительностью развития.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 20.3

1. *Деформацией* тела называется изменение его формы и размеров.

2. *Напряжения* – это внутренние силы, уравновешивающие приложенные внешние силы (тектонические, гравитационные).

3. Оси главных нормальных (напряжений) - это три взаимно перпендикулярных оси, вдоль которых происходит только деформация удлинения или укорочения и угол между которыми в процессе деформации не меняется.

4. Простые деформации – это однородные - сжатие-растяжение, сдвиг простой и чистый, неоднородные - изгиб и кручение.

5. Результат пластической деформации – пликативные структуры.

6. Результат дизъюнктивной деформации – разрывы.

7. Разрывы отрыва перпендикулярны оси максимального растяжения. Два взаимно перпендикулярных разрыва скола возникают в плоскости действия осей напряжений, растяжения (σ_1), и сжатия (σ_3). Под углом 45º к ним, вдоль действия максимальных тангенциальных напряжений. Скалывание развивается в условиях, приближающихся к условиям пластических деформаций (его так и называют – пластическое разрушение), тогда как отрыв – в условиях хрупкого разрушения геологических тел.

8. Наличие взбросов свидетельствует об условиях горизонтального сжатия, и, соответственно, вертикального растяжения земной коры. Если и сжатие, и растяжение ориентированы в земной коре горизонтально, возникают сопряженные сдвиги. Наличие сбросов свидетельствует об условиях горизонтального растяжения и вертикального сжатия земной коры.

9. Среда, физико-механические свойства которой различны в разных ее частях, называется *неоднородной*.

10. *Анизотропной* называется среда, в которой эти свойства меняются в разных направлениях. Анизотропия создается ориентировкой кристаллов или обломочных частиц, ориентировкой трещиноватости.

11. В глубоких частях земных недр огромная длительность геологического времени, повышенное всестороннее давление и температура, наличие воды и другие факторы способствуют развитию пластических деформаций, а разрывные реализуются скалыванием. В приповерхностных частях земной коры преобладают разрывные

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

деформации скалывания и отрыва. В реальных геологических телах деформации возникают неоднократно и с различной ориентировкой главных осей. Поэтому на одной и той же поверхности разрыва можно видеть следы перемещений в разных направлениях. Оси и шарниры складок могут быть дополнительно изогнуты и представлять собой новые складки в другой плоскости.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 20.4

1. Будинаж, это процесс, при котором сравнительно хрупкие породы, заключенные между пластичными слоями, подвергаются сжатию перпендикулярно слоям, и хрупкие слои превращаются в линзы (происходит их *разлинзование)*, а затем линзы облекаются породами пластичных слоев.

2. Если различие в пластичности пород небольшое, разделение происходит по поверхностям максимальных касательных напряжений (образуются сколы), в случае же значительной разницы, сравнительно хрупкие породы разделяются по поверхностям, перпендикулярным максимальным нормальным растяжениям (образуются отрывы).

3. В паре слоев различной пластичности породы, менее пластичные в данной толще, деформируются разрывами и называются *компетентными*, а пластичные, деформируются пликативными нарушениями – *некомпетентными*. Одни и те же горные породы, в зависимости от своего окружения могут выступать как компетентные или как некомпетентные.

4. От пластичности вмещающих пород.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 21.1

1. Основное значение имеют физические (реологические) свойства пород, кинематическая и динамическая обстановка, характер возникающих в породе напряжений и влияние внешней среды. При прочих равных условиях интенсивность складчатости зависит вязкости породы. Чем ниже вязкость, тем сложнее и мельче складки и, наоборот, в породах с высокой вязкостью развивается крупная и простая по строению складчатость.

2. Повышение температуры ведет к повышению пластичности, обычно хрупкие породы становятся способными к смятию в складки.

3. Скорость деформации - один из основных факторов, влияющих на пластические свойства горных пород. Породы, при быстром воздействии ведут себя как хрупкие тела, а при медленном – как пластичные.

4. Соприкосновение пород с растворами того же состава повышает их способность пластично деформироваться, но присутствие в порах жидкостей другого состава, например воды, создает внутрипоровое давление, снимающее внешнюю нагрузку, что понижает пластичные свойства пород и увеличивает их хрупкость.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 21.2

1. Перетоком (нагнетанием) материала из одних частей слоя и в другие части.

2. В результате перекристаллизации и разворота минеральных зерен, образующих слои. Слой, как геологическое тело может изогнуться и отдельные прослои проскользнут друг относительно друга (изгиб), или разломиться на многочисленные блоки в компетентных слоях, перемещающихся друг относительно друга, а промежутки между блоками по трещинам заполняются материалом некомпетентных слоев.

3. Складки продольного изгиба вызываются силами, действующими вдоль слоистости. При этом происходит как проскальзывание отдельных слоев друг относительно друга, так и перемещение вещества, направленное параллельно поверхности наслоения. При изгибе в слое происходит перераспределение вещества таким образом, что оно перемещается от изгибов с относительно малым радиусом кривизны к изгибам с большим радиусом кривизны.

4. Складки продольного изгиба характеризуются сплошным заполнением пространства и линейной вытянутостью, параллельностью осевых поверхностей сходными формами и размерами сопряженных синклиналей и антиклиналей и относительным постоянством мощностей вдоль всего слоя.

5. Складки поперечного изгиба характеризуется приложением усилий в направлении, перпендикулярном слоистости. Породы при этом испытывают большее или меньшее растяжение.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 21.3

1. На эндогенную (конседиментационную и постседиментационную) и экзогенную.

2. Среди конседиментационных складок выделяются складки *погружений*, которые возникают при относительно равномерных погружениях области осадконакопления и складки, связанные с *неравномерными вертикальными движениями* земной коры бассейна осадконакопления, представляющие собой структуры, осложняющие складки предыдущего типа

3. На поверхностную (регионального сдавливания, облекания и др.) и глубинную.

4. Складкам продольного изгиба.

5. Складкам поперечного изгиба.

6. Для складок регионального сдавливания характерны линейные, реже брахиморфные симметричные и асимметричные структуры с общей ориентировкой длинных осей, которая, однако, может иметь дугообразные повороты, и петлеобразные изгибы. Они имеют размеры от первых метров и собираются в сложные структуры до десятков и сотен километров длиной. Складки общего смятия характеризуются четко выраженной линейностью, выдержанной ориентировкой осей, равным по площади и по форме распространением антиклиналей и синклиналей, согласной ориентировкой осей складок и выдержанной вергентностью.

7. Складки облекания различны в складчатых областях и на платформах. В складчатых областях они, обычно, изометричные или брахиморфные, часто коробчатые. В результате вертикальных восходящих движений относительно изометричных блоков образуются *штамповые складки* и для них характерна сундучно-коробчатая форма. Иногда они встречаются группами, образуя сложную мозаику куполовидных поднятий, сочетающихся с другими складками такого же типа, в том числе и с флексурами. В платформенном чехле складки облекания характеризуются плавными очертаниями. Это тупые складки, с небольшими углами наклона (5-10º) на крыльях, часто увеличивающимися с глубиной. Нередко плановые очертания таких складок различаются на разных стратиграфических уровнях. Высота складок - десятки метров, ширина - километры. Процесс возникновения различных по масштабам штамповых складок в любых геотектонических условиях и в любых по своим физическим свойствам горных породах обусловлен местными поперечными растяжениями слоев под действием сил, приложенных к ним перпендикулярно.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 21.3

8. ***Складки гравитационного скольжения*** **образуются на склонах** поднятий под действием силы тяжести. Важной морфологической особенностью складок свободного течения является их аллохтонность. Механизм образования этих складок требует отрыва и перемещения определенных частей слоев на то или иное расстояние от первоначального их положения.

9. *К приразрывным складкам относятся* три группы складок, различной природы и масштаба распространения. Во-первых, это сравнительно небольшие по размеру складки, которые возникают в относительно пластичных породах, на стадии пластической деформации, предшествующей разлому и примыкающих к нему. Во-вторых – это складки, обусловленные уменьшением нагрузки на пластический слой в полосе, прилежащей к разломам. Каждый разрыв представляет собой зону нарушения сплошности пород той, или иной ширины. Плотность разрушенных пород меньше плотности тех же пород в цельном состоянии, поэтому нагрузка на пластичный слой под зоной разрыва и в самой зоне разрыва меньше, чем в стороне от нее. Это и вызывает перемещение пластичного материала из-под более нагруженных участков в сторону менее нагруженных зон. Пластичный материал внедряется на некоторую высоту в зону разрыва и подсасывается к ней. В плане такие структуры имеют форму гребневидных антиклиналей, вытянутых вдоль разрывов. В третьих, это кулисообразные складки, возникающие над блоками основания, образующими сдвиг.

10. Диапировые складки, это складки, протыкающие вмещающие породы. Движущей энергией является либо нагнетание, либо (чаще) инверсия плотностей.

11. Соляные и грязевые.

12. Соль является покрышкой. Образование диапировых структур способствует формированию ловушек. Грязевые диапиры по-видимому генетически связаны с нефтегазоносностью.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 22.1- 3

1. Сначала образуются микроскопические, затем - субмикроскопические, и, наконец, видимые разрывы. Микроскопические разрывы обычно образуются избирательно, ориентируясь в соответствии со структурно-текстурными особенностями породы. Микроскопические трещинки отрыва, расположенные кулисообразно, соединяются между собой, образуя более крупные, но скрытые, плохо заметные трещины, которые, сливаясь, формируют магистральный разрыв.

2. Формирование кливажа обусловлено частичным растворением и переориентацией отдельных минералов в направлении, перпендикулярном сжатию вдоль ослабленных зон. Следовательно, кливаж возникает в результате как тектонического фактора, так и кристаллизационной дифференциации.

3. Первичные трещины образуются в кристаллизующемся расплаве или литифицирующемся осадке за счет сокращения их объема и возникновения всестороннего внутреннего сжатия (стяжения).

4. Тектонические трещины образуются в результате приложения к породе тектонических (эндогенных) сил.

5. Под планетарной трещиноватостью понимают систему разрывов, выделенную при мелкомасштабных исследованиях структур регионального (платформы, складчатые пояса) и планетарного (Земля в целом) рангов. В основном они перпендикулярны поверхностям наслоения и ориентированные преимущественно в направлениях 0°, 45°, 90°, 135°. Считается, что такая ориентировка вызвана едиными для всей планеты причинами, например, изменениями скорости вращения Земли.

6. Гипергенные трещины **–** образуются в результате экзогенных процессов в приповерхностных частях горных пород**.** Эти трещины часто являются открытыми. Среди них выделяются трещины выветривания, которые образуются из-за раскрытия и расширения ранее существовавших трещин первичного или тектонического происхождения, трещины оползней, обвалов и провалов**,** трещины расширения пород при разгрузке (трещины отслаивания, бокового отпора, отседания и др.).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 22.4

1. Формирование разлома это, обычно, длительный процесс, происходящий в результате многократных подвижек его крыльев по поверхности сместителя. Сначала порода растрескивается. Затем трещины сгущаются и сливаются в зону непрерывных связанных между собой разрывов.

2. ***Сбросы*** – разломы со сместителем, наклоненным в сторону опущенного крыла, образуются при близких к горизонтальной ориентировке оси наибольшего растяжения.

3. ***Взбросы*** – разломы со сместителем, наклоненным в сторону поднятого крыла, образуются при близких к горизонтальной ориентировке оси наибольшего сжатия.

4. Чаще всего надвигом называют пологие взбросы, развивающиеся из наклонных складок продольного сжатия.

5. Под ***надвиговым поясом*** понимается внешняя зона сочленения складчатой области и краевого прогиба. Надвиговые пояса состоят из складчатых и осложненных надвигами миогеосинклинальных пород, которые субгоризонтально перемещены со стороны внутренней зоны орогенного пояса и перекрывают отложения краевых прогибов. Складчато-надвиговые пояса располагаются на той же континентальной коре, что и прилегающие платформы и имеют двухъярусное строение. Нижний ярус (автохтон) представляет собой недеформированное продолжение основания краевого прогиба под верхний надвиговый ярус (аллохтон), который именуется надвиговой системой.

6. К сдвигам относятся разрывы, смещение по которым происходит в горизонтальном направлении по простиранию сместителя. Оси наибольшего сжатия и растяжения горизонтальны, промежуточная ось вертикальна.

7. Сочетание сдвига и перпендикулярного к надвига, с которым он образует сопряженную пару - *динамопару*.

8. Это обстановки, в которых образуются сбросо-сдвиги (транспрессия) и взбросо-сдвиги (транстенсия).

9. Структуры «***пулл-апарт»*** – это дуплексы растяжения - структуры присдвигового опускания. Они представляют собой грабенообразное опускание, или провал, каждый блок которого ограничен сбросом со сдвиговой компонентой перемещения. Такие структуры очень часто являются бассейнами осадконакопления.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответы к 22.5

1. ***Структурные парагенезы*** это закономерные сочетания разновеликих структурных форм, сформированных под воздействием единой причины (под воздействием единого поля напряжений, в результате формирования единой крупной структуры, в единой механической обстановке).

2. В обстановке горизонтального сжатия образуются рампы и горсты, складки продольного изгиба, кливаж, рассланцевание, складки волочения, зеркала скольжения, структуры будинажа, муллион-структуры* и т.д. В складках продольного изгиба происходят срывы вдоль осевых поверхностей, вследствие чего образуются взбросы и надвиги.

3. В обстановке горизонтального растяжения (раздвига) развиваются структурные парагенезы грабенов и горстов, полуграбенов, сопровождающиеся складками поперечного изгиба, в том числе конседиментационными, складками волочения, зеркалами скольжения, магматическими образованиями (дайками) и т.д.

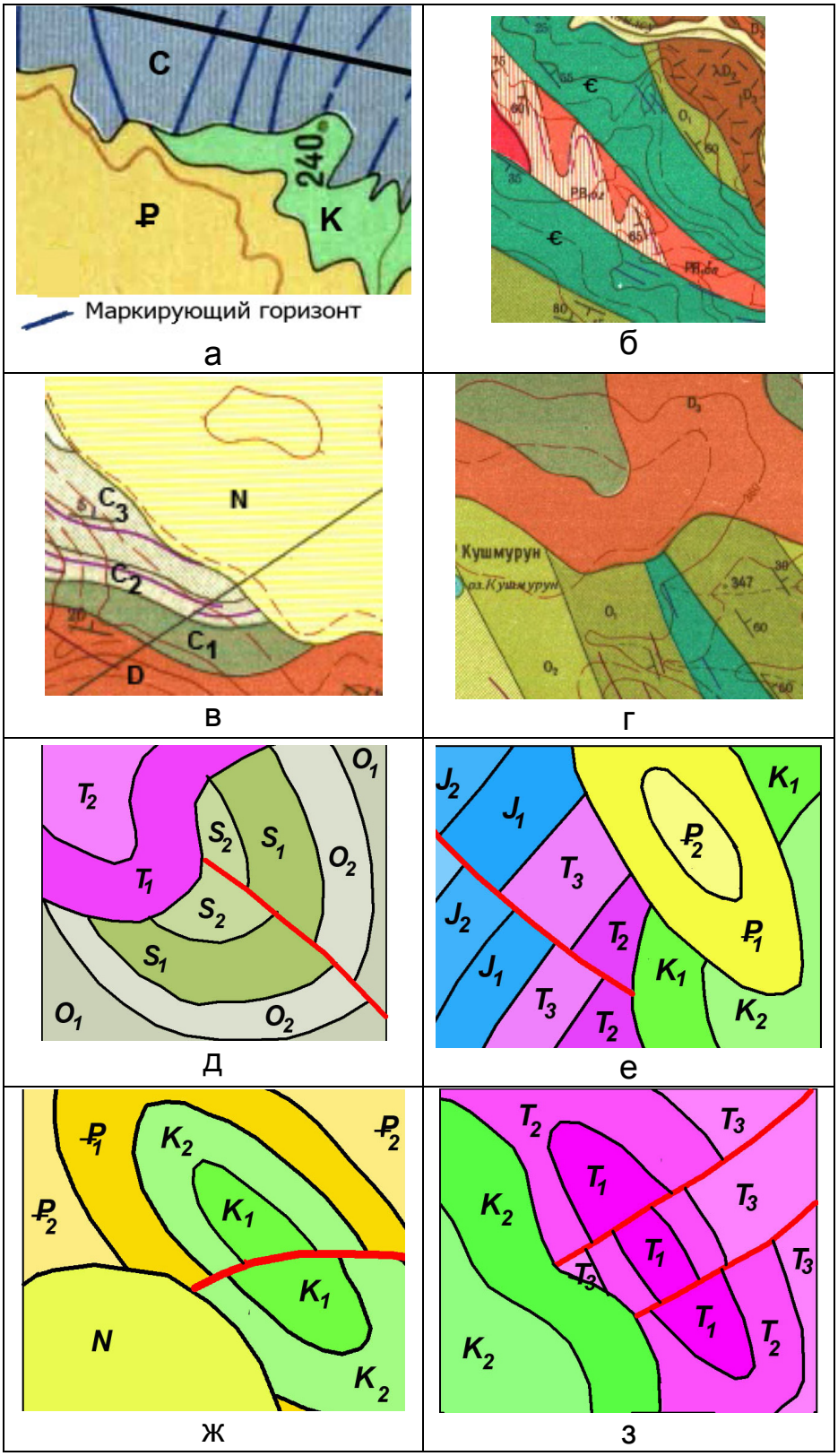
4. В обстановке сдвига развивается парагенез, включающий серии параллельных сдвигов, раздвиги, сбросы, надвиги, системы кулисообразных складок. На меньшем масштабном уровне в этой обстановке кливаж, рассланцевание, складки волочения, зеркала скольжения, будинаж, муллион-структуры*, кинк-зоны*, породы динамометаморфизма всех видов.

5. ***Тектонофация*** - группа слоев, отличающаяся от смежных одновозрастных слоев по тектоническим особенностям. Другой термин, используемый для описания этого явления – вещественно-структурный комплекс.

6. Главная структурная триада тектонофации характеризуются сочетанием типов складок, разломов и кливажа. По их различифм выделяются различные тектонофации по глубине (эпизона, мезозона и катазона) и латерали.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 2.2. Несогласия



Рассмотрите рисунки и укажите положение несогласия и его вид
Если Вы затруднились с ответом, перейдите по **ссылке** в главу «подсказки и решения»

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к главе 4. Горизонтальное залегание

УПРАЖНЕНИЕ 4.1.

На рис. у4.1 изображен фрагмент топографической основы. В т.н. *А* закартирована кровля горизонтально залегающего пласта толщиной 20 м. Определить абсолютную отметку подошвы пласта и изобразить выход этого пласта на дневную поверхность.

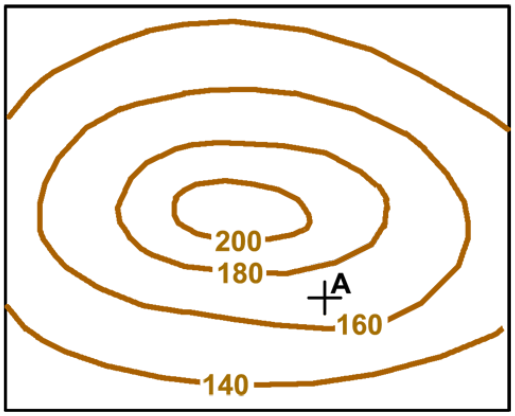


Рис. у4.1. Фрагмент топографической основы (к упражнениям у.12.1 и у.12.2) Масштаб 1:2000

УПРАЖНЕНИЕ 4.2

В точке наблюдений *А* (рис. у4.1) закартирована подошва пласта. Мощностью (толщиной) *М*.

На какой абсолютной отметке будет встречена кровля пласта: если *М* = 10 м, 20 м, 40 м и 70 м?

При какой минимальной толщине пласта кровля не может быть закартирована?

УПРАЖНЕНИЕ 4.3

На рис. у4.2 изображен фрагмент топографической основы.

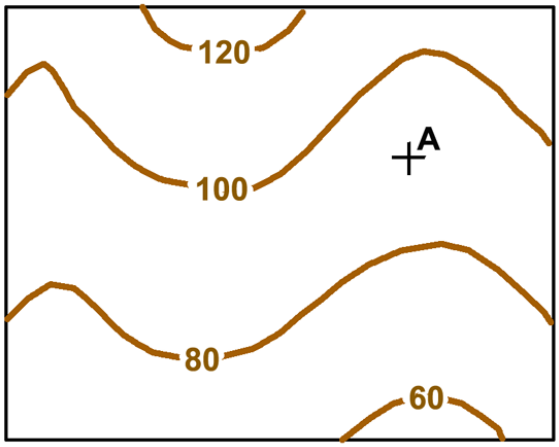


Рис. у.4.2. Фрагмент топографической основы (к упражнениям у.12.3 и у.12.4) Масштаб 1:2000

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В т.н. *А* закартирована кровля горизонтально залегающего пласта толщиной 30 м. Определить абсолютную отметку подошвы пласта и изобразить выход этого пласта на дневную поверхность.
Рис. у.12.1. Фрагмент топографической основы (к упражнениям у4.1 и у.4.2) Масштаб 1:2000

УПРАЖНЕНИЕ 4.4.

В точке наблюдений *А* (рис. у4.2) закартирована подошва пласта. Мощностью (толщиной) *М*.

На какой абсолютной отметке будет встречена кровля пласта: если *М* = 10 м, 20 м, 40 м и 70 м?

При какой минимальной толщине пласта кровля не может быть закартирована?

УПРАЖНЕНИЕ 4.5

В точках *А* и *Б* (рис. у4.3) встречены кровля и подошва горизонтально залегающего пласта.

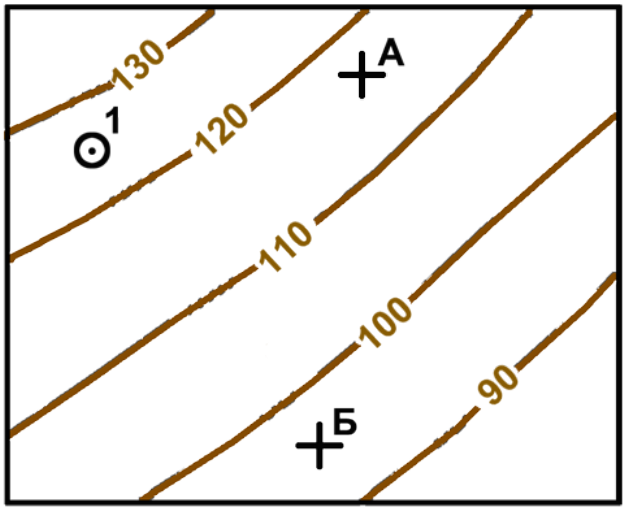


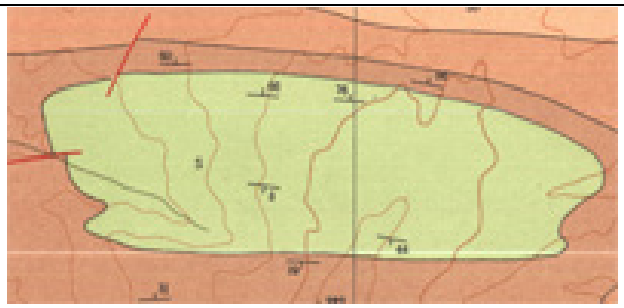
Рис. у4.3. Фрагмент топографической основы (к упражнению 4.5). Масштаб 1:2000

Протрассировать геологические границы. Определить толщину пласта. Определить, на какой глубине будут встречены кровля и подошва пласта в скважине 1.

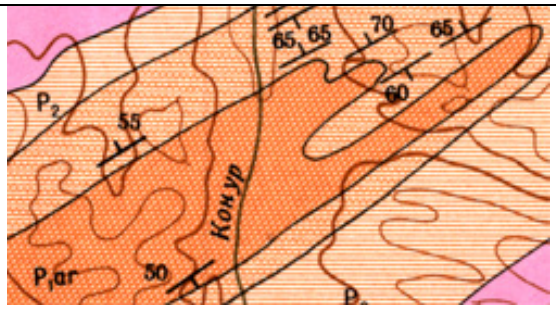
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к 6.4.2. Морфологическая классификация складок

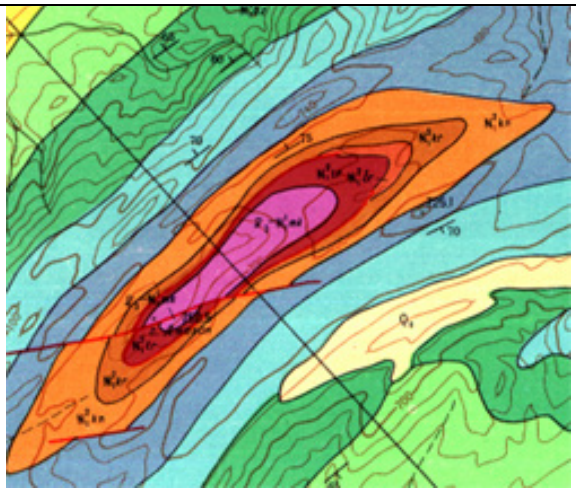
Рассмотрите рисунки и назовите складки, показанные на геологических картах



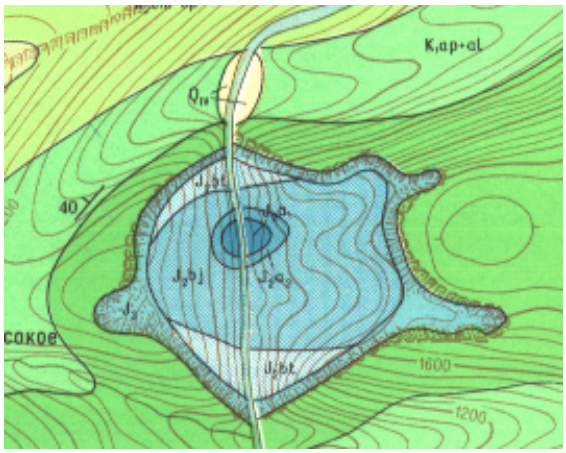
а



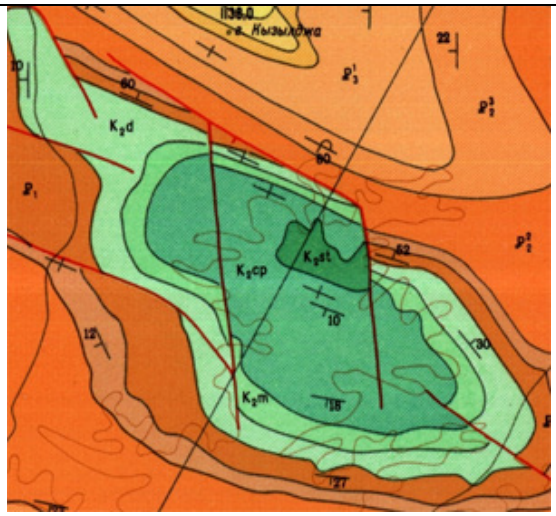
б



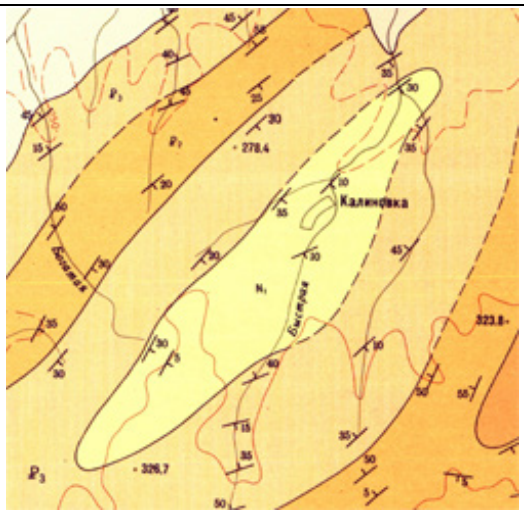
в



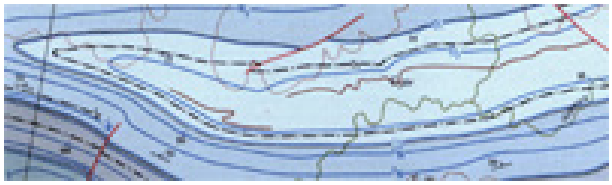
г



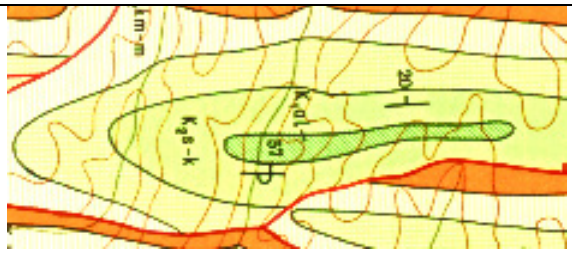
д



е



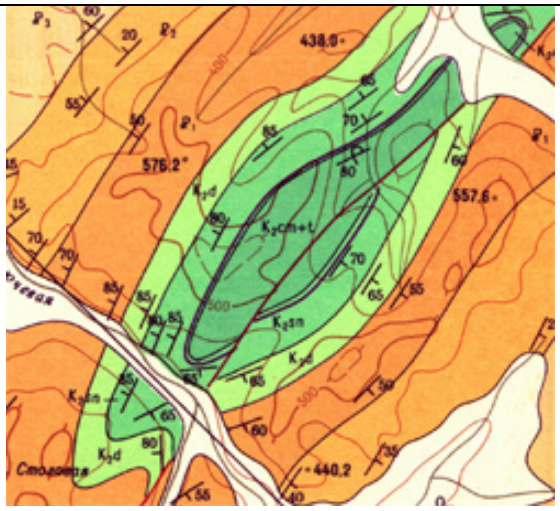
ж



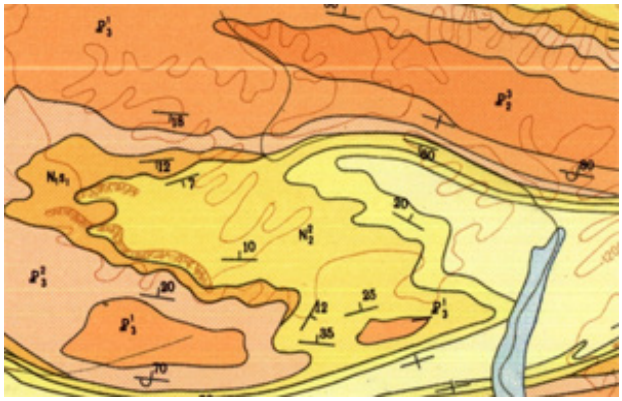
з

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к 6.4.2. Морфологическая классификация складок



и



к

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

УПРАЖНЕНИЯ К 7.1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗРЫВОВ

Подсказка: пронумеруйте разломы и блоки, тогда проще будет их охарактеризовать

Упражнение 7.1

На рис. у.7.1 приведен схематический геологический разрез месторождения арсенопиритовой руды на месторождении Брич-Мулла в Средней Азии (по Г. Вировлянскому).

Определить: 1. тип разломов, 2. взаимный возраст рудных тел и разломов.

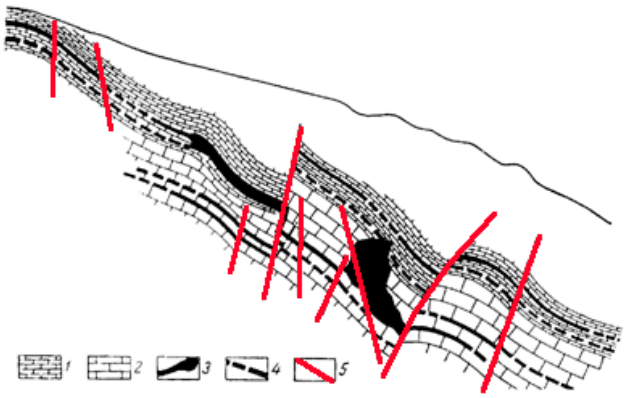


Рис. у.7.1. К упражнению 7.1. Условные обозначения: 1 - бричмуллинские известняки, 2 – верхнефаменские известняки, 3 – рудные тела, 4 – предполагаемые рудные тела, 5 – разломы

Упражнение 7.2

На рис. у.7.2 приведен схематический геологический разрез полиметаллического месторождения Леджвиль в США (по Ж. Лафлину).

Определить: 1. тип разломов, 2 видимое смещение по разломам, 3 - взаимный возраст рудных тел и разлома.

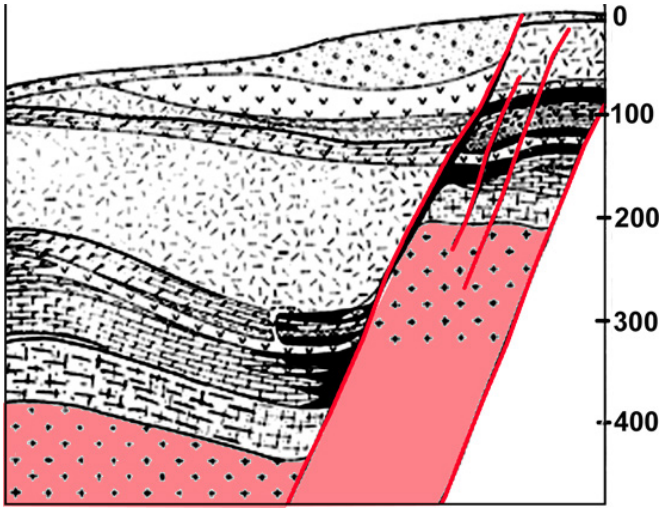


Рис. у.7.2. К упражнению 7.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 7.3

На рис. у.7.3 приведен схематический геологический разрез месторождения свинцовой и медной руды на месторождении Джаргелан в Киргизии (по В.Попову).

Определить: 1. тип разломов, 2 видимое смещение по разлому, 3 взаимный возраст рудных тел и разломов.

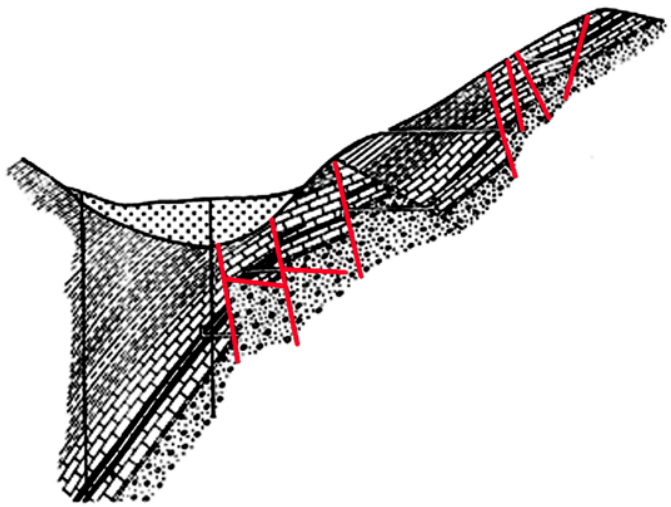


Рис. у.7.3. К упражнению 7.3.

Упражнение 7.4

На рис. у.7.4 приведен схематический геологический разрез залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовки в Донбассе (по А. Добрянскому).

Определить: 1. тип разломов, 2 – взаимный возраст рудных тел и разломов.

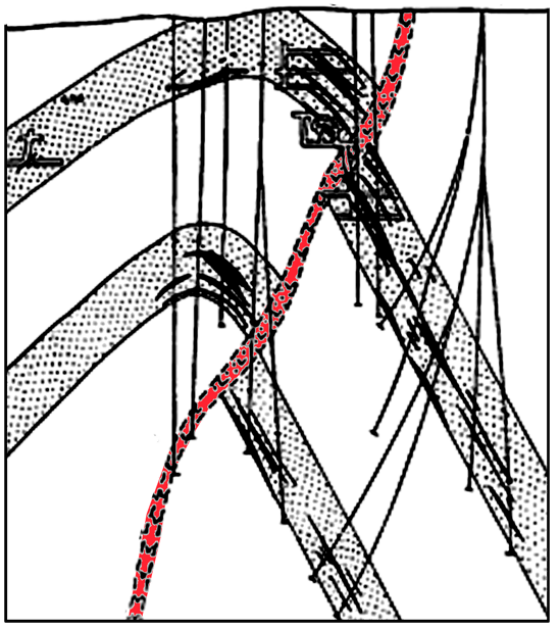


Рис. у.7.4. К упражнению 7.4.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 7.5

На рис. у.7.5 приведен схематический геологический разрез жигулевского разлома (по В. Лобову и др.).

Определить: 1. тип разлома, 2 видимую амплитуду смещения по разлому. Вертикальный масштаб равен горизонтальному.

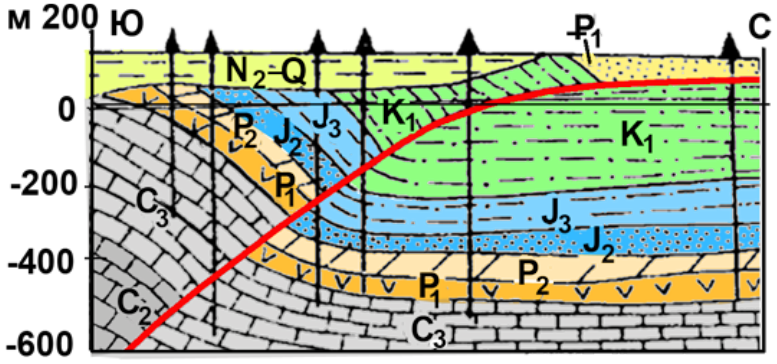


Рис. у.7.5. К упражнению 7.5

Упражнение 7.6

На рис. у.7.6 приведен схематический геологический разрез северо-западного борта Венского бассейна (по Р. Яношеку и др.).

Определить: 1. тип разлома, 2. видимую амплитуду смещения по разлому.

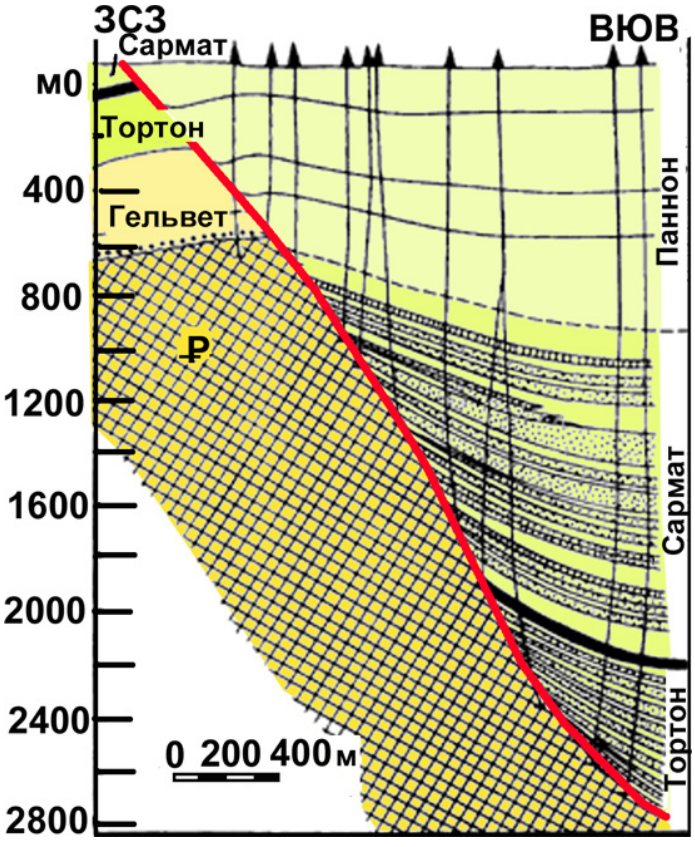


Рис. у.7.6. К упражнению 7.6

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 7.7

На рис. у.7.7 приведен схематический геологический разрез соляного купола в Клодове, Польша (по М. Ксенкжкевичу и др.)

Определить: 1. тип разломов, 2. видимую амплитуду смещения по разломам 3. число генераций разломов, 4. относительный возраст разломов различных генераций.

***Подсказка**: для ответа на пункт 4 сначала присвойте условные имена, или номера различным пачкам.*

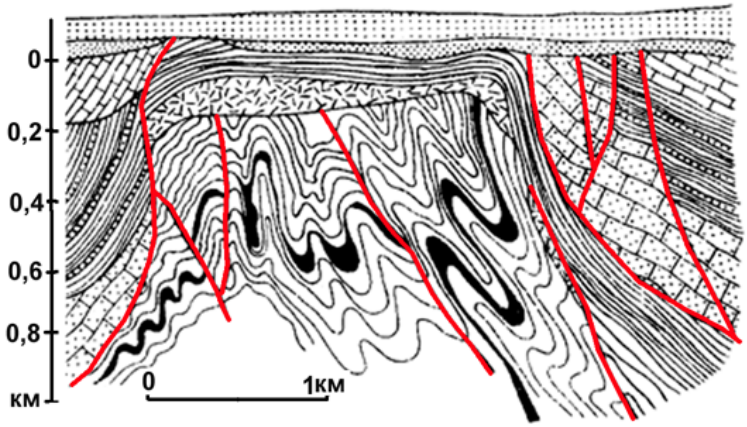


Рис. у.7.7. К упражнению 7.7

Определить: 1. тип разломов, 2. видимую амплитуду смещения по разломам 3. число генераций разломов, 4. – относительный возраст разломов различных генераций.

Упражнение 7.8

На рис. у7.8 приведен схематический геологический разрез нефтеносной антиклинали в районе Локбатан близ Баку (по М. Агабекову). Черное – нефтеносные горизонты, косые штрихи внизу – понтийский ярус, выше – верхние горизонты плиоцена.

Определить типы разломов.

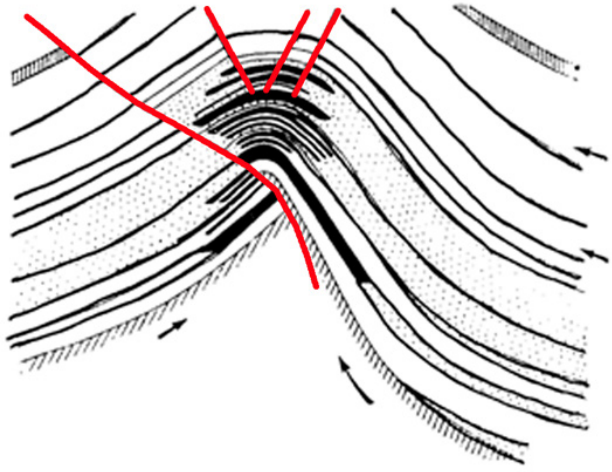


Рис. у.7.8. К упражнению 7.8

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 7.9

На рис. у.7.9 приведен схематический геологический разрез окрестностей Красника в юго-западной части Польши (по М. Пожарискому). крестики – предбайкальский кристаллический фундамент.

Определить: 1. тип разломов, 2. видимую амплитуду смещения по разломам, 3. относительный возраст разломов.

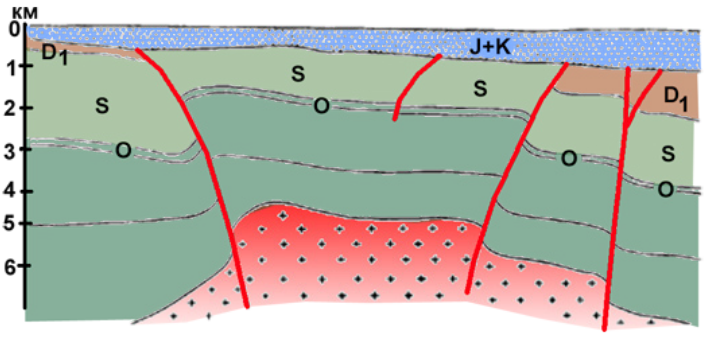


Рис. у.7.9. К упражнению 7.9

Упражнение 7.10

На рис. у.7.10 приведен геологический разрез через Силезско-Краковский рудный район (по Екиерту). W – порфиры и диабазы, затушевано – свинцово-цинковые рудные тела, остальные обозначения – общеупотребительные.

Определить: 1. тип разломов, 2. видимую амплитуду смещения по разломам, 3. относительный возраст разломов.

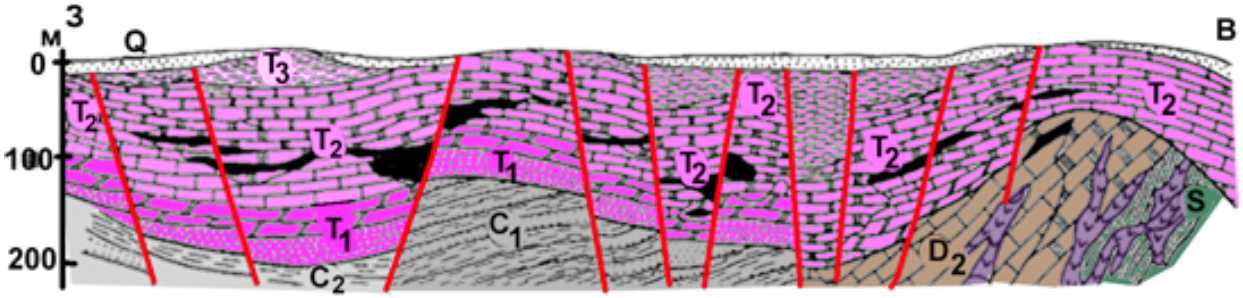


Рис. у.7.10. К упражнению 7.10

Упражнение 7.11

На рис. у.7.11 приведен геологический разрез через Рейнский грабен. Обратите внимание на несколько иную рисовку, по сравнению с приведенной на рис. 7.38.а. Почему так получилось?

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Определить: 1. тип разломов, 2. видимую амплитуду смещения по разломам, 3. относительные перемещения различных блоков по разломам. Обратите внимание на несколько иную рисовку, по сравнению с приведенной на рис. 7.38.а. Почему так получилось?

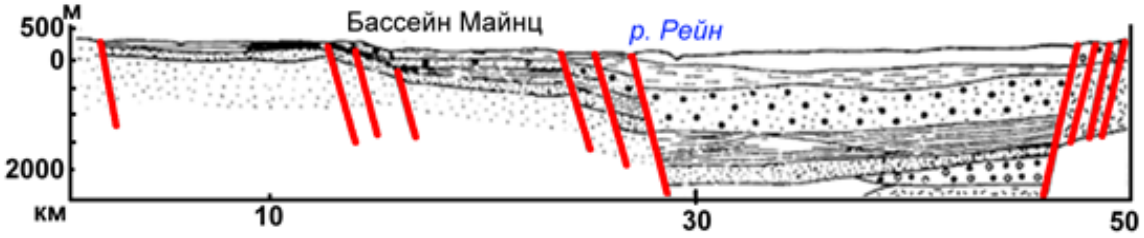


Рис. у.7.11. К упражнению 7.11

Упражнение 7.12

На рис. у.7.12 приведен геологический разрез через хр. Каратау (по М. Гзовскому).

Определить: 1. тип разломов, 2. видимую амплитуду смещения по разломам.

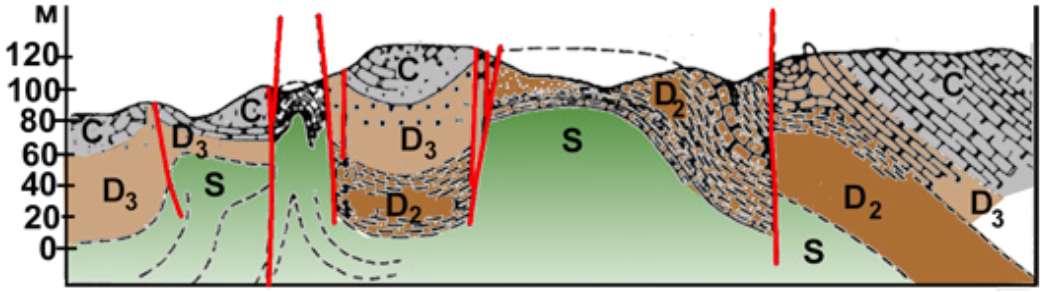
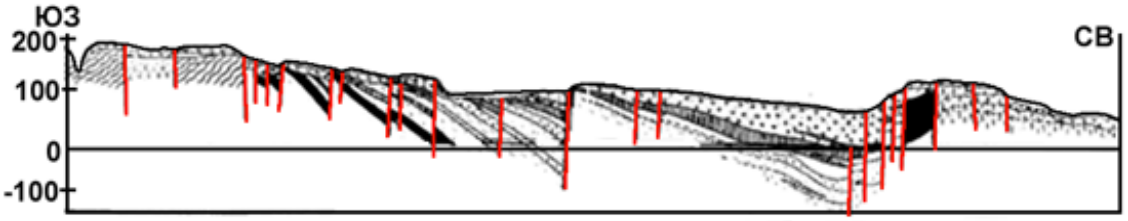


Рис. у.7.12. К упражнению 7.12

Упражнение 7.13

На рис. у7.13 приведен геологический разрез через Рурский бассейн (по Л. Ахорнеру).

Определить: 1. тип разломов, 2. видимую амплитуду смещения по разломам.



© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Рис. у.7.13. **К упражнению 7.13**

Упражнение 7.14

На рис. у7.14 приведен принципиальный тектонический разрез мегантиклинория Большого Кавказа (по Г.Леонову).

Определить: 1. тип разломов, 2. назвать структурную форму, образованную таким сочетанием разломов и блоков между ними.

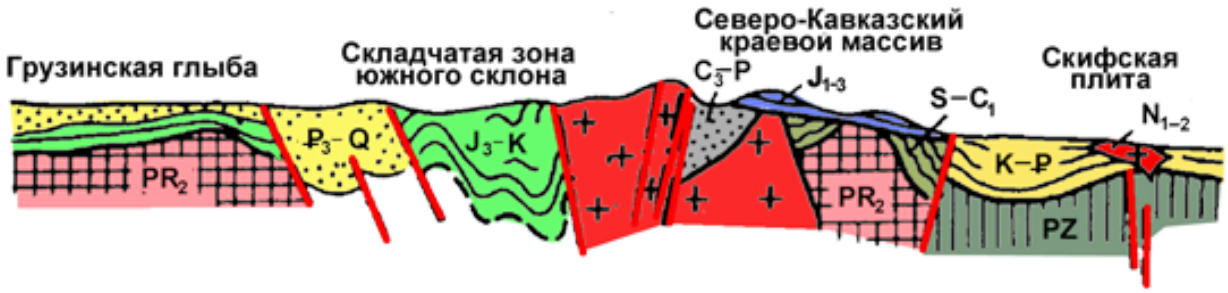


Рис. у.7.14. **К упражнению 7.14**

Упражнение 7.15

На рис. у.7.15 приведен принципиальный тектонический разрез разрез Урала (по А.Перфильеву, Н.Хераскову).

Определить: 1. тип разломов, 2. назвать структурную форму, образованную таким сочетанием разломов и блоков между ними.



Рис. у.7.15. **К упражнению 7.15**

Упражнение 7.16

На рис. у7.16 приведена геологическая карта. Рельеф горизонтален.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Определить: 1. тип разлома, 2 который из блоков поднят, а который опущен.

***Подсказка**: для ответа на пункт 2 сначала по смещению наклонной дайки определите тип складки.*

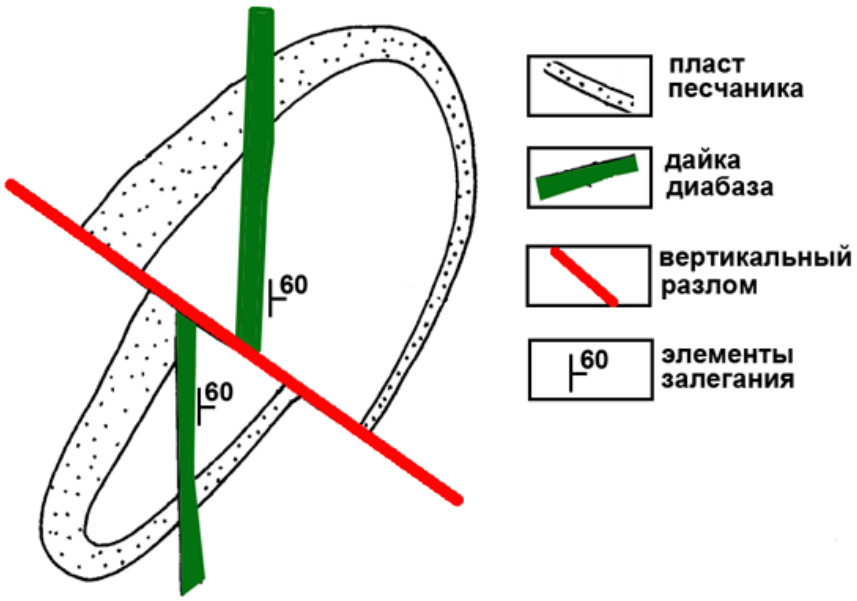


Рис. у.7.16. К упражнению 7.16

Упражнение 7.17

На рис. у.7.17 приведена геологическая карта района Таласо-Ферганского разлома, Тянь-Шань (по В. Буртману).

Определить: 1. тип крутого разлома, 2 .видимую амплитуду разлома.

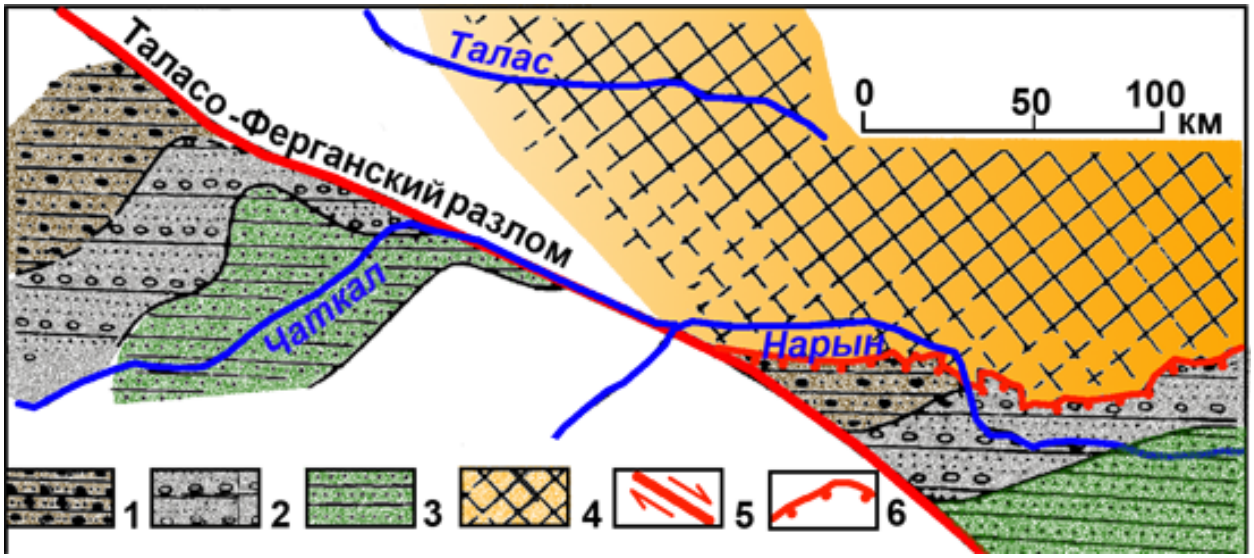


Рис. у.7.17. К упражнению 7.17. Условные обозначения: 1-3 фациальные зоны, 4 – область денудации, 5 – крутой разлом, 6 – надвиг

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 7.18

На рис. у.7.18 приведена геологическая схема участка Шотландских нагорий (по Питчеру). ***Определить***: 1. тип и видимую амплитуду разлома, 2 определить возраст разлома

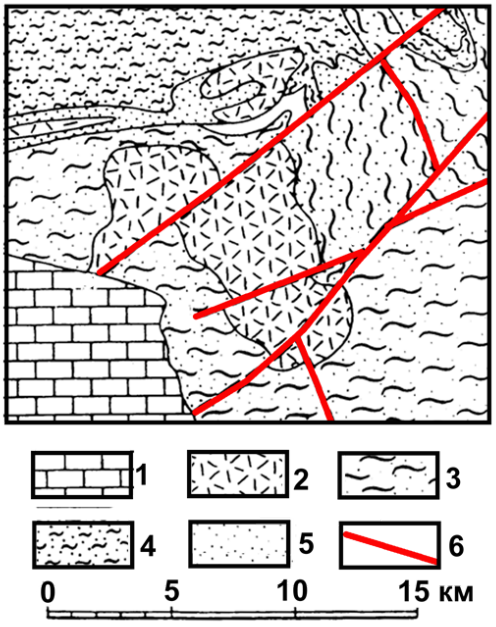


Рис. у.7.18. **К упражнению 7.18**
Условные обозначения: 1- известняки карбона, 2- 5 – докембрийские породы, 2 - граниты, 3 –гнейсы, кварциты, 4 – сланцы, 5 – известняки, 6 – разломы.

Упражнение 7.19

На рис. у.7.19. приведена приведена структурная карта разбитой разломами антиклинальной складки (Техас, по Э. Клоосу). Определить тип и амплитуду разломов

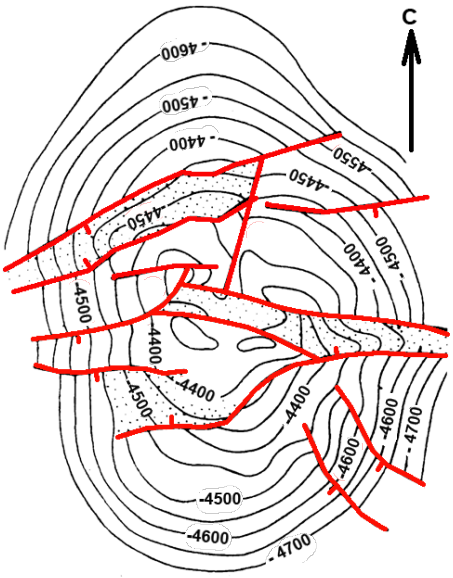


Рис. у.7.19. **К упражнению 7.19.**

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение к главе 7.3.3. Классификации разломов. Определение вида и возраста постседиментационных разломов

Цель упражнения: выработка навыков определения возраста и типа разрыва по геологической карте.

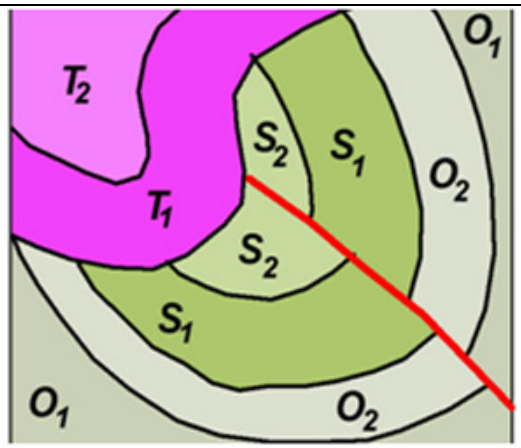
Возраст разрывов по геологической карте определяется по возрасту нарушенных и перекрывающих их пород. Как правило, удается установить лишь приблизительное время проявления разрывов, поэтому принято указывать раннюю и позднюю возможную временную границу их образования.

Нижний предел времени проявления разрыва соответствует возрасту самых молодых разорванных и смещенных разрывом пород. Например, если самыми молодыми на изученном участке породами, пересеченными разрывом, являются пермские образования, то разлом датируется как послепермский.

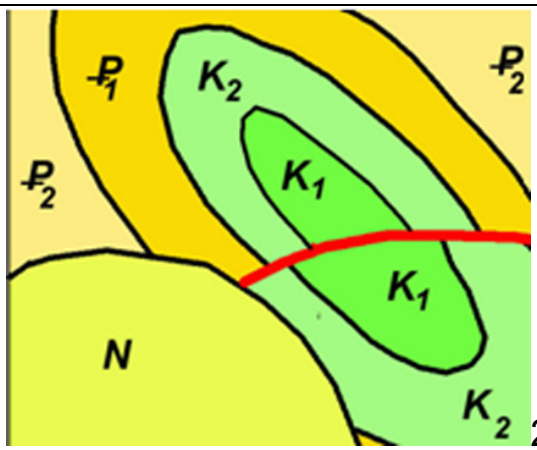
Верхний возрастной предел разрывной дислокации определяется возрастом наиболее древних перекрывающих разрыв отложений. Например, если разрывное нарушение на геологической карте перекрывается палеогеновыми отложениями, то верхний предел времени его проявления будет определен как допалеогеновый.

1.Проанализировать геологическую ситуацию, приведенную на фрагменте карты.

2.Указать тип разрыва (системы разрывов) и его (их) возраст.

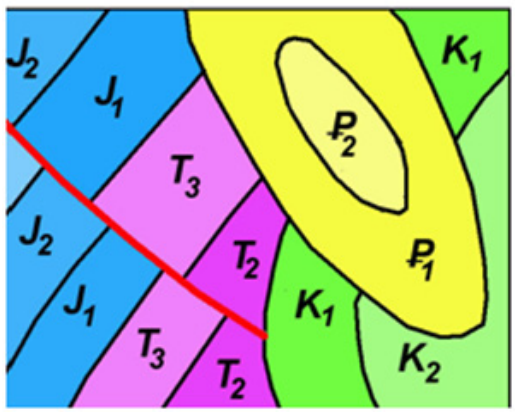


1.

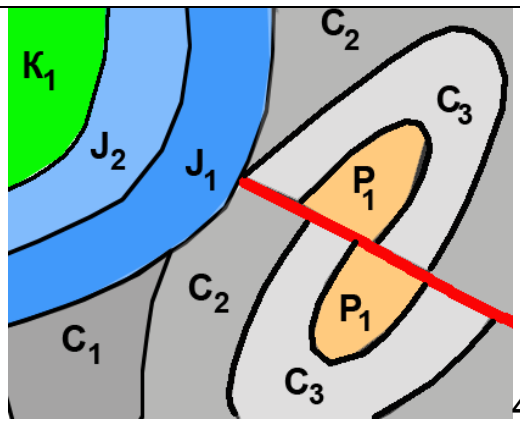


2

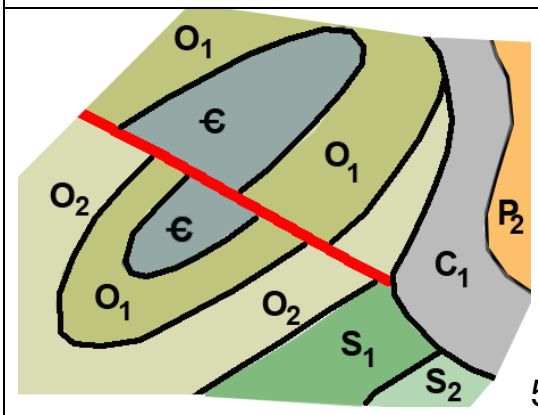
Упражнение к главе 7.3.3. Классификации разломов
Определение вида и возраста постседиментационных разломов



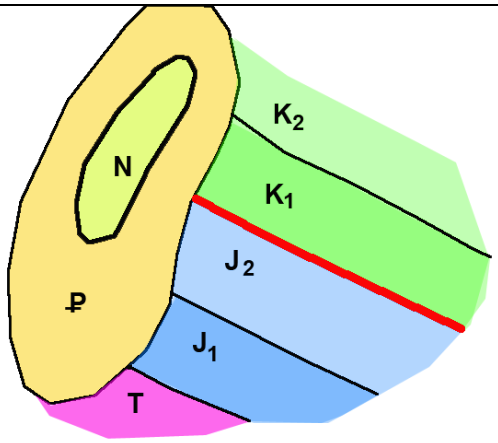
3



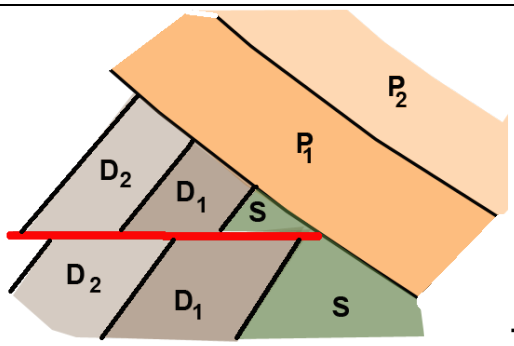
4



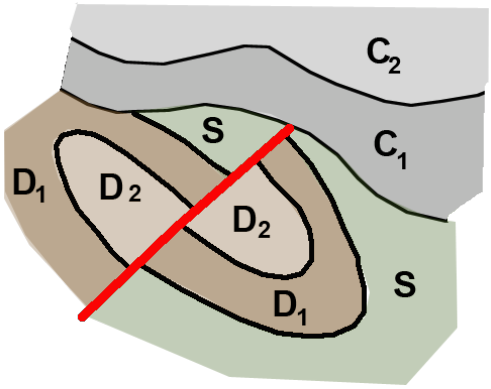
5



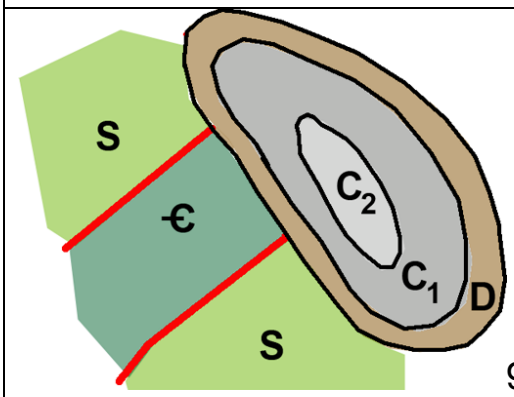
6



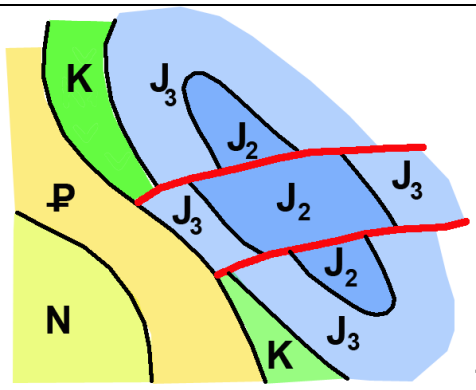
7



8

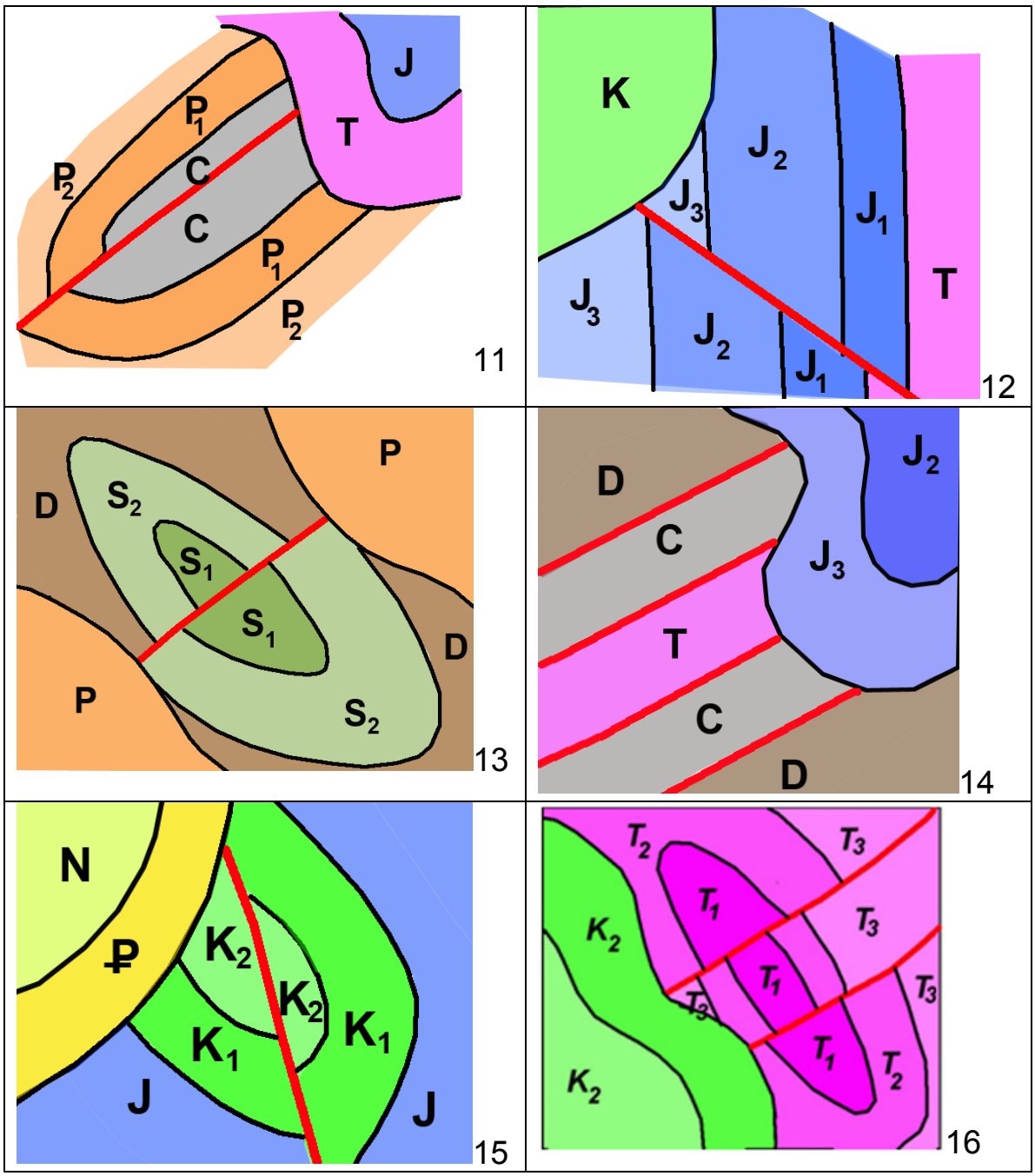


9



10

Упражнение к главе 7.3.3. Классификации разломов
Определение вида и возраста постседиментационных разломов



УПРАЖНЕНИЯ К 10.1. ЗАДАНИЕ ТОЧКИ, КОНТУРА, ЛИНИИ И ПЛОСКОСТИ

Упражнение 10.1

Рассмотрите рис. у.10.1 и у10.2.



Рис. у.10.1. Фрагмент географической карты юго-западного Крыма

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. у.10.2. Космическое изображение района Чатырдаг-Яйла

Определите, где на изображении находятся Хребет Чатыр-Даг, г. Элизи-Бурун, Карстовые пещеры - Мраморная и Эмине-Баир-Хосар, Ангарский перевал. При необходимости, перейдите *по ссылке* к подробной карте этой территории.

При необходимости воспользуйтесь программой Google – «Планета Земля». Для ориентировки на рис. у.10.1 показано местоположение этой территории на Крымском полуострове.

Если Вы хотите проверить себя, или не сумели привязать точки, перейдите ***по ссылке*** в раздел «подсказки и решения» к у.10.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 10.2

Рассмотрите рис. у.10.3 и у.10.4.



Рис. у.10.3. Фрагмент географической карты района Алушты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. у.10.4. Космическое изображение района г. Демерджи

Определите, где на изображении находятся Южная Демерджи, урочище долины Приведений, с. Лучистое, с. Лаванда

При необходимости воспользуйтесь картой с большим разрешением и программой Google – «Планета Земля».

Если Вы хотите проверить себя, или не сумели привязать точки - перейдите ***по ссылке*** в раздел «подсказки и решения» к у.10.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 10.3

Рассмотрите рис. у.10.5 и у.10.6.



Рис. у.10.5 Фрагмент географической карты района Южного Предуралья



Рис. у.10.6 Фрагмент космического изображения района Южного Предуралья

Определите, где на изображении находятся г. Оренбург, п. Саракташ, р. Урал, р. Сакмара, с. Абзаново, с. Исянгулово. При

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

необходимости воспользуйтесь программой Google – «Планета Земля». Если Вы хотите проверить себя, или не сумели привязать точки - перейдите ***по ссылке*** в раздел «подсказки и решения» к у.10.1.

Упражнение 10. 4

Рассмотрите рис. у10.7 и у10.8.

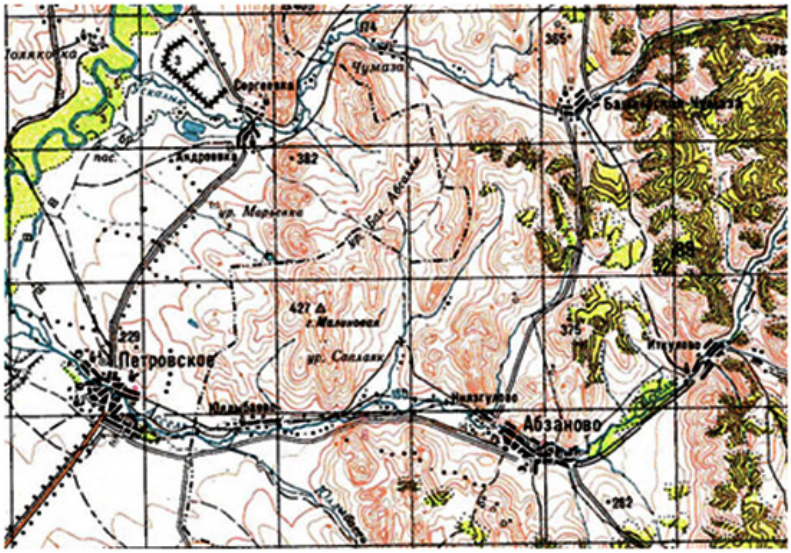


Рис. у.10.7 Фрагмент географической карты р. Ассель в нижнем течении

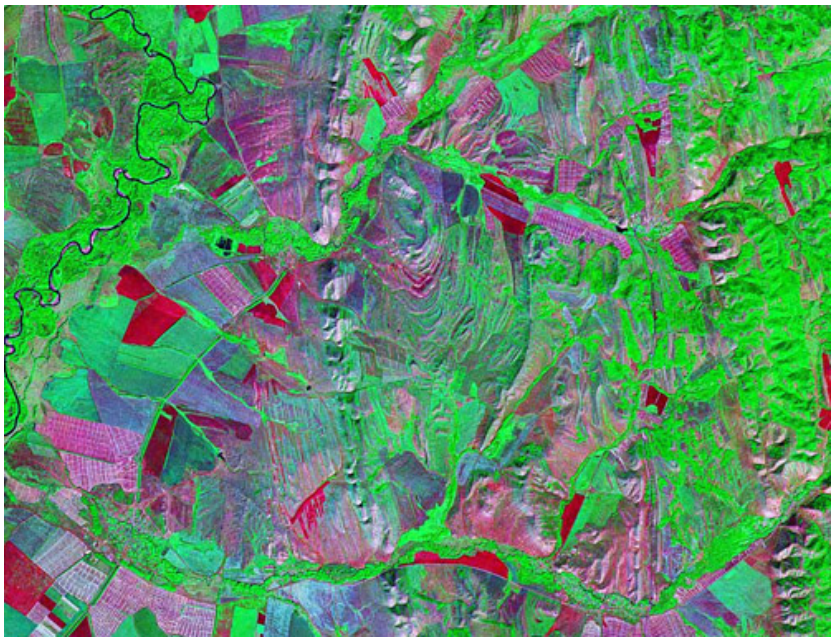


Рис. у.10.8 Фрагмент космического изображения р. Ассель в нижнем течении

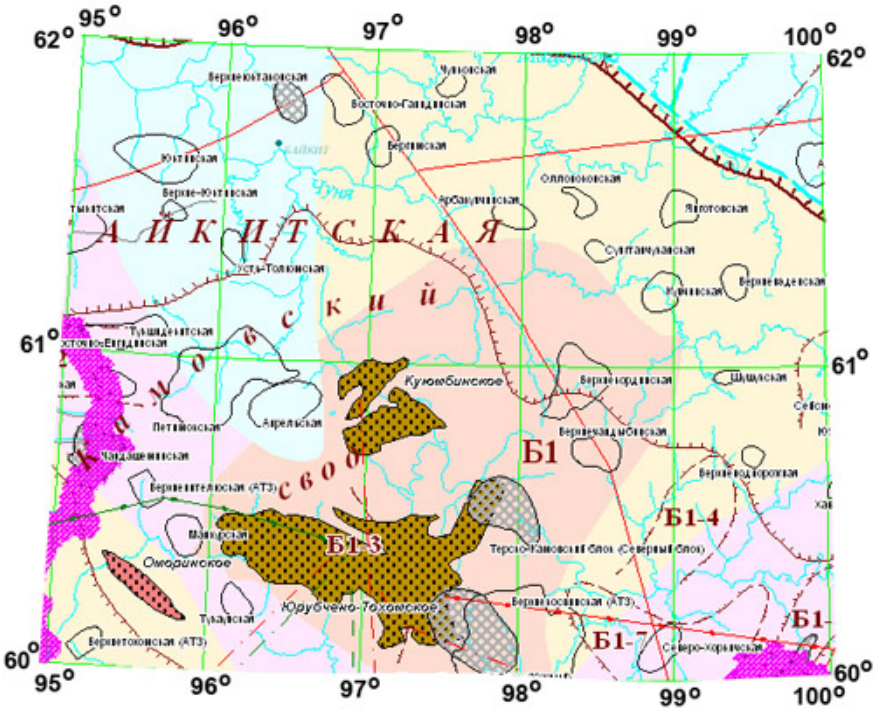
Определите, где на изображении находятся с. Петровское, с. Абзаново, с. Андреевка, с. Башкирская Чумаза, р. Ассель, р. Чумаза. При необходимости воспользуйтесь программой Google – «Планета Земля».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Если Вы хотите проверить себя, или не сумели привязать точки - перейдите ***по ссылке*** в раздел «подсказки и решения» к у.10.1.

Упражнение 10.5. Привязка месторождений

Рассмотрите рис. у.10.9 и у.10.10.



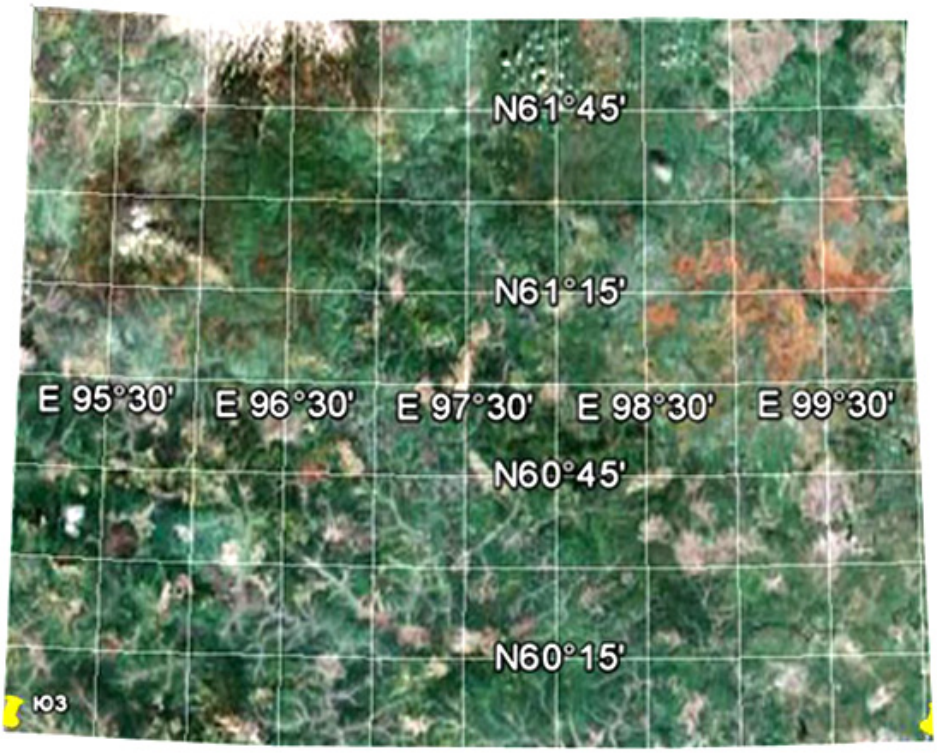
а



б

Рис. у.10.9 Фрагмент страницы атласа нефтегазоносности субъектов Российской федерации Восточной Сибири (а), условных обозначений к ней (б)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



а



б

Рис. у.10.10 Космическое изображение участка Восточной Сибири: с координатной сеткой (а), без координатной сетки (б)

Определите, где на изображении находятся месторождения Юрубченко-Тохомское, Куюмбинское, Оморикское и оконтурьте их. При необходимости воспользуйтесь программой Google – «Планета Земля».

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Если Вы хотите проверить себя, или не сумели привязать точки - перейдите ***по ссылке*** в раздел «подсказки и решения» к у10.1.

Упражнение 10. 6. Задание плоскости способом значков

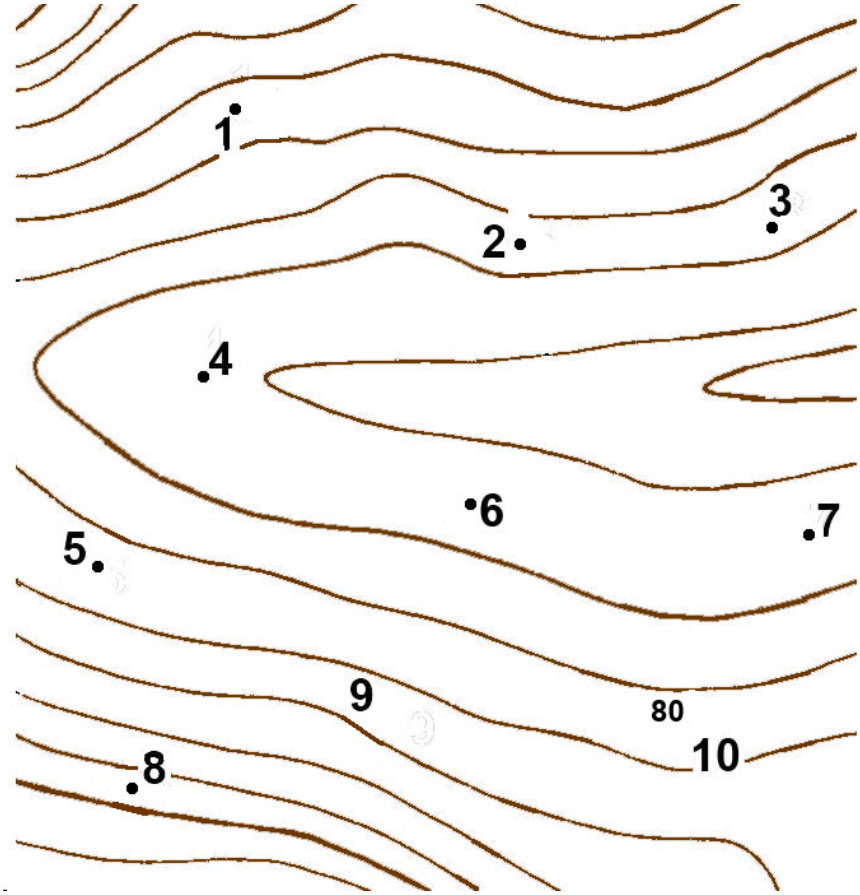


Рис. у.10.11. Топооснова к упражнению 6

На рисунке у 10.11 приведен фрагмент топографической основы[1]. В точках 1 – 10 измерены элементы залегания слоев[2]. Данные замеров приведены в таблице у 10.1. Нанесите их на карту специальными знаками.

Таблица у.10.1 **Численные данные к упражнению 10.11**

1	2	3	4	5
Аз.пад.0 ∠20	Аз.пад.90 ∠ 45	Аз.пад.180 ∠ 60	Аз.пад.270 ∠ 75	Аз.пад.130 ∠ 35
6	7	8	9	10
Аз.пр.45∠90	Аз.пр.90∠90	Гориз.	Аз.пад.180 ∠ 60 перев.	Аз.пад. 0 ∠ 80 перев

Упражнение 10. 7

[1] Для выполнения этого задания горизонтали не нужны. Они приведены (без оцифровки), потому что элементы залегания обычно наносят на топографическую карту с обозначенным рельефом.
[2] В реальности такие сочетания знаков на небольшой площади невозможны. Это – учебное задание.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На рис. у.10.12. изображены различные формы залегания маркирующего слоя (выделено черным). Покажите залегание маркирующего горизонта с помощью знаков элементов залегания.

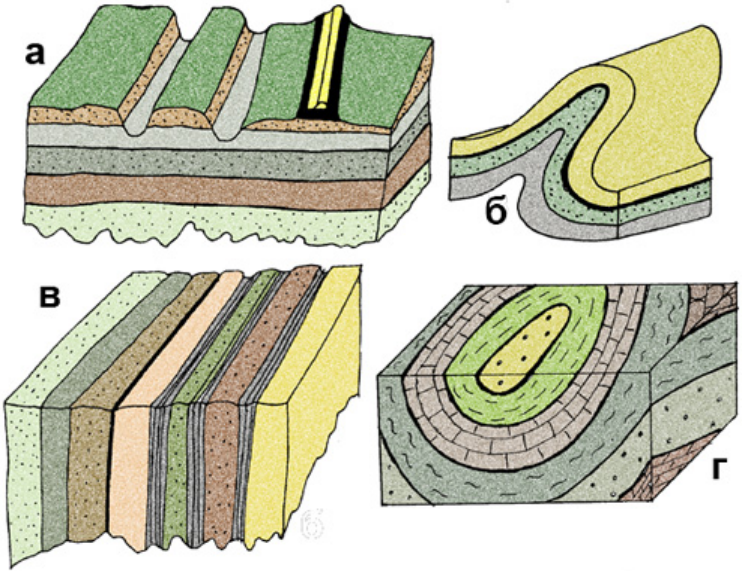


Рис. у.10.12. Геологические ситуации к упражнению 7

Упражнение 10.8

На рис. у.10.13 приведен фрагмент геологической карты. Поставьте элементы залегания закартированного слоя.

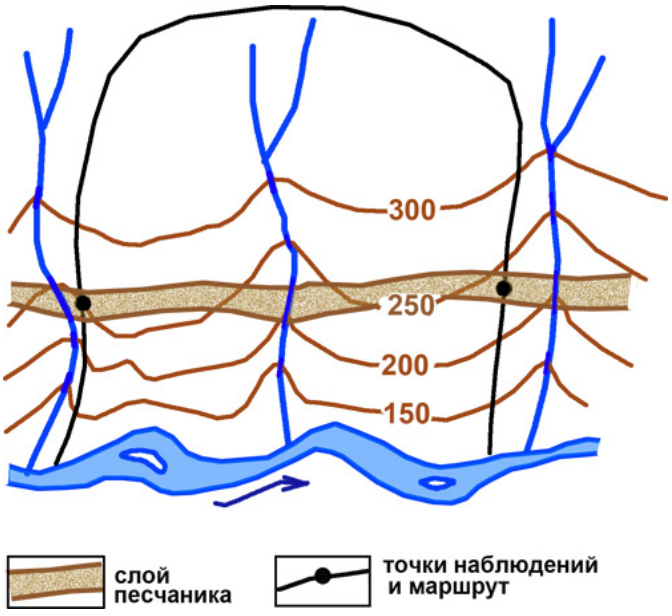


Рис. у.10.13. Геологическая карта к упражнению 10.8

Если Вы хотите проверить себя, или не сумели выполнить задание - перейдите ***по ссылке*** в раздел «подсказки и решения» к 10.1.1.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к графическому заданию 10.1.6.1. Определение элементов залегания по трем точкам по данным бурения

15 вариантов исходных данных для выполнения работы приведены в таблице з.10.1

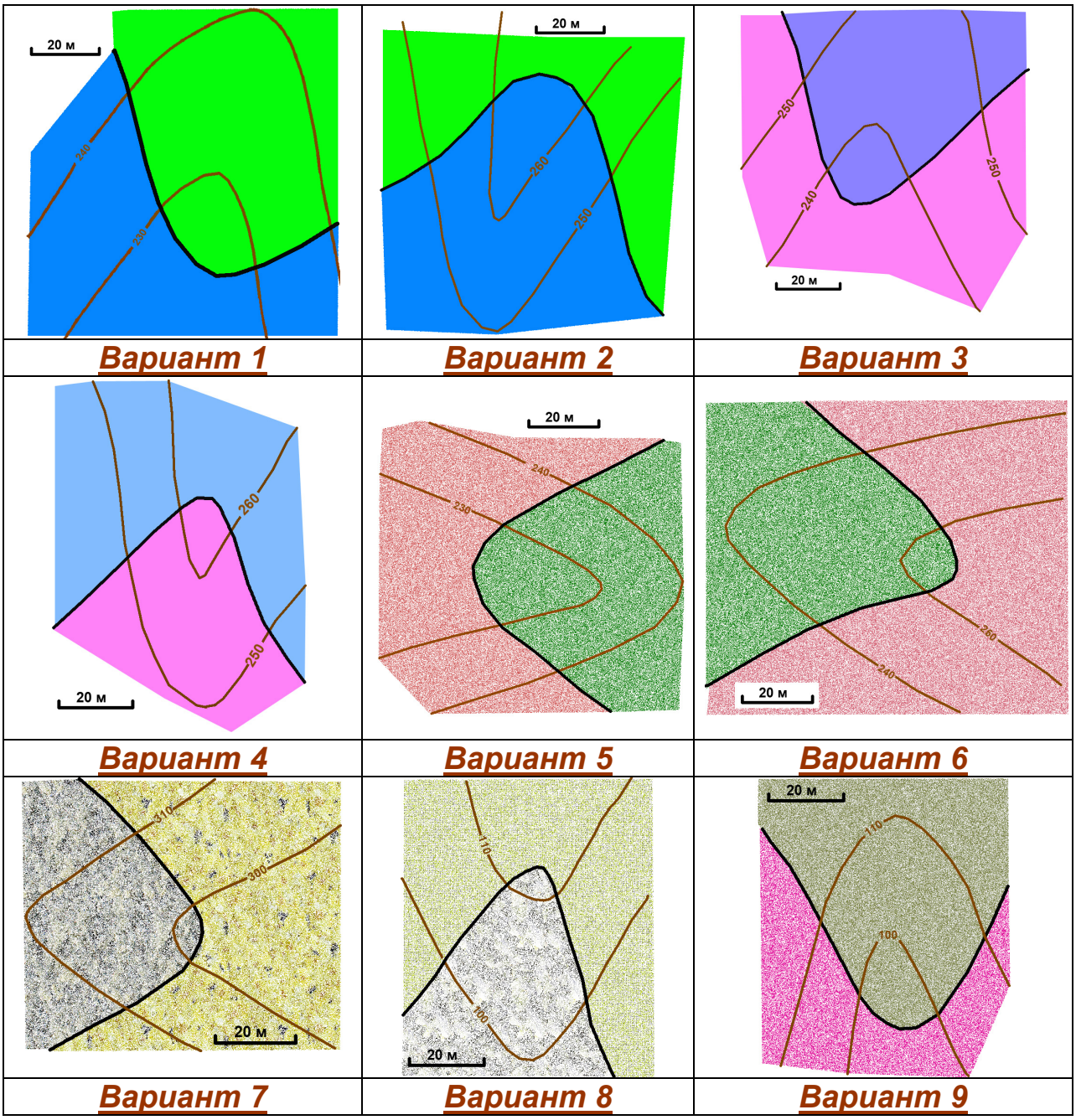
Таблица з.10.1. **Исходные данные к графическому заданию 10.1.6.1**

Номер варианта	Точка 1			Точка 2			Точка 3		
	β, град	L, м	Абс. отм., м	β, град.	L, м	Абс. отм., м	β, град.	L, м	Абс. отм., м
1	20	100	-20	180	250	90	270	80	50
2	30	150	-5	170	300	50	280	70	100
3	40	200	-10	180	175	90	290	60	15
4	50	250	100	150	100	-30	300	50	5
5	60	100	80	140	175	-20	310	100	45
6	70	130	-5	130	100	50	320	150	100
7	80	120	-10	120	120	90	330	200	40
8	90	50	-5	110	225	70	340	140	45
9	100	100	100	20	150	-5	350	130	30
10	110	200	75	30	130	-25	0	20	55
11	120	250	-5	40	300	50	270	30	25
12	130	100	-25	50	120	5	280	130	50
13	140	150	50	60	50	25	290	250	-5
14	150	80	-10	20	100	40	300	300	100
15	160	70	100	30	100	-10	310	50	40

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

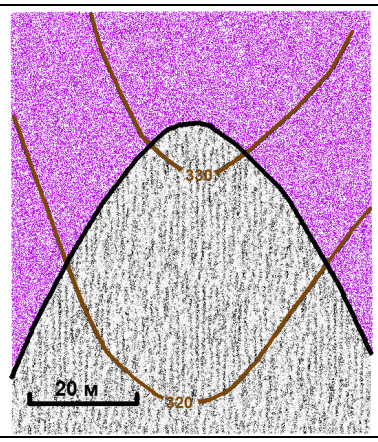
Варианты к графическому заданию 10.1.6.2. Определение элементов залегания по геологической карте

15 вариантов исходных данных для выполнения работы приведены на рис. з.10.1.

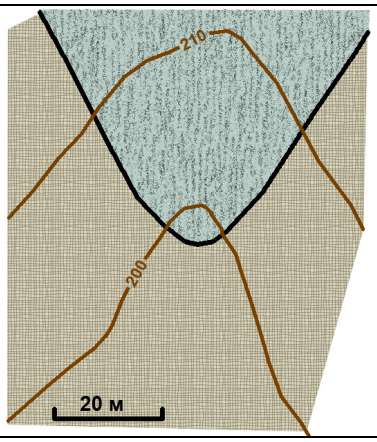


© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

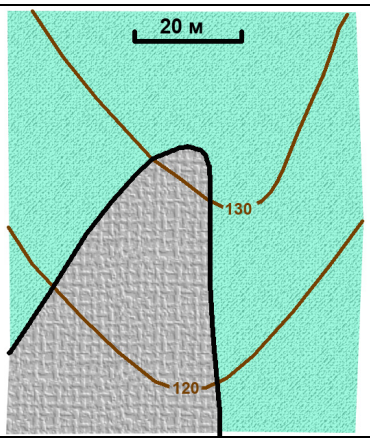
Варианты к графическому заданию 10.1.6.2. Определение элементов залегания по трем точкам по геологической карте



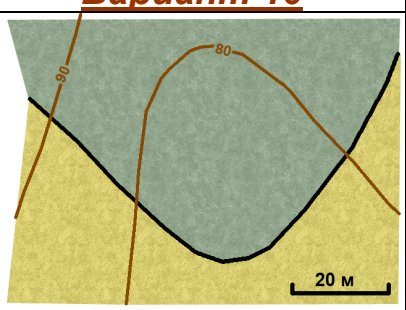
Вариант 10



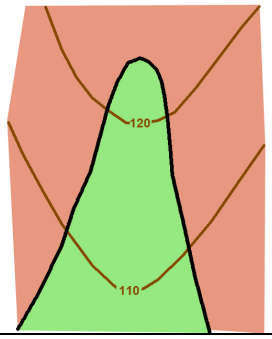
Вариант 11



Вариант 12



Вариант 13



Вариант 14



Вариант 15

Рис. з. 10.1. Варианты для определения элементов залегания по геологической карте

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к графическому заданию 10.1.6.3. Определение элементов залегания по трем точкам по структурной карте

Исходные данные: 15 вариантов исходных данных для выполнения работы приведены на рисунке з.10.2.

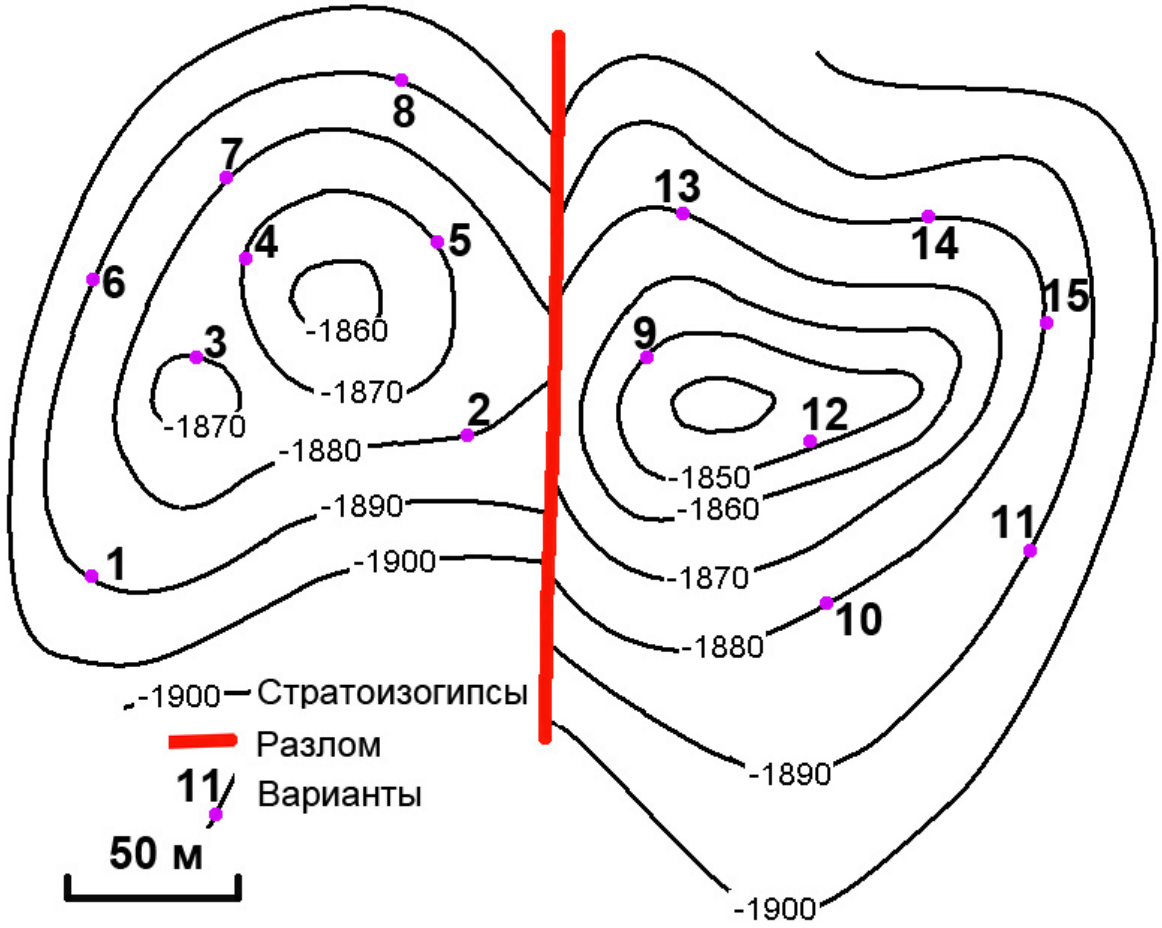


Рис. з.10.2. Исходные данные к заданию 10.1.6.3 – определение элементов залегания по структурной карте.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к графическому заданию к 10.1.7. Определение элементов залегания по двум видимым сечениям

Исходные данные: 30 вариантов исходных данных для выполнения работы приведены в таблице з10.2

Таблица з.10.2. Исходные данные по определению элементов халегания по двум видимым сечениям

Номер варианта	Магнитное склонение, градусы		Видимый азимут падения		Видимый угол падения	
	Западное	Восточное	1 сечение	2 сечение	1 сечение	2 сечение
1	7		92	156	27	14
2		15	75	33	49	16
3	17		59	138	46	33
4		20	82	126	22	46
5	3		125	65	42	29
6		2	107	165	76	23
7	5		115	176	63	36
8		11	112	172	62	35
9	4		124	182	56	44
10		10	152	213	51	46
11	6		132	196	47	78
12		14	139	197	43	66
13	12		148	206	37	61
14		8	142	209	34	58
15	9		128	184	23	56
16		4	125	245	25	50
17	5		140	260	30	55
18		7	145	265	35	60
19	9		35	155	40	65
20		11	40	150	45	70
21	15		50	170	50	45
22		17	20	140	55	40
23	20		10	130	60	35
24		8	5	125	65	30
25	14		20	140	70	25
26		9	40	160	65	20
27	7		50	170	60	15
28		12	90	210	55	10
29	4		120	240	50	15
30		15	50	170	45	20

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

УПРАЖНЕНИЯ К 10.2. МОЩНОСТЬ СЛОЯ И СПОСОБЫ ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Упражнение 10.9

Определение истинной мощности наклонного слоя по ширине его выхода на дневную поверхность и углу падения при горизонтальном рельефе и замере в крест простирания пласта.

Исходные данные приведены в табл. у.10.2.

Таблица у.10.2. **Исходные данные для определения истинной толщины пласта по ширине его выхода на земную поверхность и углу падения при горизонтальном рельефе**

Номер варианта	h_1	h_2	α_1	α_2
1	35	60	5	85
2	50	15	80	15
3	45	80	35	90
4	40	75	70	45
5	65	20	25	75
6	70	25	65	35
7	75	35	20	75
8	90	45	85	15
9	85	30	25	65
10	80	55	75	35
11	55	95	30	70
12	60	85	65	25
13	95	40	15	55
14	90	75	85	25
15	25	60	35	75
Примечание. h_1, и h_2 - ширина выхода пласта на поверхность, м; α_1 и α_2- угол падения пласта в градусах				

Решение необходимо получить при значениях: 1) h_1 и α_1; α_2; 2) h_2 и α_1;α_2.

1. Сделайте вычисления и запишите ответ.

2. Сопроводите решение чертежом в выбранном масштабе и измерьте полученную толщину.

3. Сравните результаты, полученные аналитическим и графическим способами.

Упражнение 10.10

Определение истинной толщины наклонного слоя по ширине его выхода на дневную поверхность и углу падения при наклонном рельефе и замере в крест простирания пласта. Исходные данные для

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

определения истинной толщины пласта по ширине его выхода на земную поверхность и углу падения при наклонном рельефе приведены в табл. у.10.3.

Таблица у.10.3. **Исходные данные для определения истинной толщины пласта по ширине его выхода на дневную поверхность при наклонном рельефе**

Номер варианта	h_1	β_1	β_2	α_1	α_2
1	45	85	5	65	25
2	50	10	80	35	55
3	55	75	15	45	20
4	60	20	70	50	35
5	55	65	25	10	50
6	50	30	60	45	75
7	45	55	35	65	5
8	40	40	85	10	70
9	45	75	45	60	15
10	50	50	15	35	75
11	55	35	55	10	70
12	60	60	30	15	80
13	55	25	65	5	70
14	50	70	20	85	10
15	45	15	75	60	5
Примечание. h_1 - ширина выхода пласта на поверхность, м; β_1 и β_2 - угол наклона рельефа в градусах; α_1 и α_2 - угол наклона пласта в градусах.					

Решение необходимо получить при значениях: 1) β_1 и α_1 , α_2; 2) β_2 и α_1 , α_2 и для следующих случаев: 1) рельеф и пласт падают в одну сторону; 2) рельеф и пласт падают в разные стороны.

1. Сделайте вычисления и запишите ответ.
2. Сопроводите решение чертежом в выбранном масштабе и измерьте полученную толщину.
3. Сравните результаты, полученные аналитическим и графическим способами.

Упражнение 10.11

Определение истинной толщины наклонного слоя по ширине его выхода на дневную поверхность в косом сечении, углу падения, превышению между точками замера при наклонном рельефе и углу между направлением замера и направлением падения слоя (вычисления по формуле Фролова)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Исходные данные для определения истинной толщины **слоя** приведены в табл. у.10.4

Таблица у.10.4. **Исходные данные для определения истинной толщины слоя по формуле Фролова**

Номер варианта	L	α	γ	Δh
1	205	38	6	192
2	207	40	8	194
3	209	42	10	196
4	211	44	12	198
5	213	46	14	200
6	215	48	16	212
7	217	36	18	204
8	216	35	17	203
9	214	37	15	201
10	212	39	13	199
11	210	41	11	197
12	208	43	9	19
13	206	45	7	193
14	204	47	5	191
15	202	49	3	189
Примечание. L - горизонтальное расстояние от кровли до подошвы в косом сечении, м; α- угол падения пласта в градусах; γ- угол между направлением косого сечения и направлением падения пласта в градусах; Δh- разность отметок (превышение) кровли и подошвы, м.				

Решение необходимо получить при случаях падания рельефа и пласта в одну и разные стороны.

1. Сделайте вычисления и запишите ответ.
2. Сопроводите решение чертежом в выбранном масштабе (подумайте, на разрезе, или в плане удобнее изобразить построения) и измерьте полученную толщину.
3. Сравните результаты, полученные аналитическим и графическим способами.

Упражнение 10.12

Определение истинной толщины наклонного слоя по ширине его выхода на дневную поверхность в косом сечении, углу падения слоя, углу наклона рельефа и углу между направлением замера и направлением падения слоя (вычисления по формуле Леонтовского)

$$m = \pm L\,(\sin\alpha \cos\beta \cos\gamma \pm \cos\alpha \sin\beta),$$

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Исходные данные для определения истинной толщины **слоя** приведены в табл. у.10.5.

Таблица у.10.5. **Исходные данные для определения истинной толщины слоя по формуле Леонтовского**

Номер варианта	L	α	β	γ
1	200	60	5	5
2	210	55	10	7
3	220	50	15	10
4	230	45	20	13
5	240	40	25	15
6	250	35	30	17
7	260	30	35	20
8	270	25	40	23
9	260	20	45	20
10	250	15	50	17
11	240	10	55	15
12	230	15	60	12
13	220	20	65	10
14	210	25	70	7
15	200	30	75	5
Примечание. L - видимая толщина пласта в метрах; α- угол падение пласта в градусах; β- угол наклона рельефа в градусах; γ- угол, между направлением замера и падением в градусах.				

Решение необходимо получить при случаях падения рельефа и пласта в одну и разные стороны.

1. Сделайте вычисления и запишите ответ.
2. Сопроводите решение чертежом в выбранном масштабе (подумайте, на разрезе, или в плане удобнее изобразить построения) и измерьте полученную толщину.
3. Сравните результаты, полученные аналитическим и графическим способами.

Упражнение 10.13

В точках наблюдений *К* и *П* обнажены кровля и подошва горизонтально залегающего пласта. Видимая толщина (расстояние между точками *К* и *П*) = *L,* угол наклона вдоль линии замера – *β,* в градусах**.**

Определите истинную толщину слоя при условиях, приведенных в табл. у.10.6 (заполните таблицу).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица у.10.6. **Варианты заданий к упражнению 10.13**

β	Расстояние между кровлей и подошвой (*L*) в м					
	5	10	30	45	60	80
10						
20						
40						
50						
90						

2. Изобразите геологическую ситуацию на чертеже и измерьте толщину.

3. Сравните результаты, полученные аналитическим и графическим способами.

Упражнение 10.14

Рельеф горизонтален. В точке П обнажается подошва пласта (рис. у.10.14). В какой (в каких) точках можно обнаружить кровлю пласта?

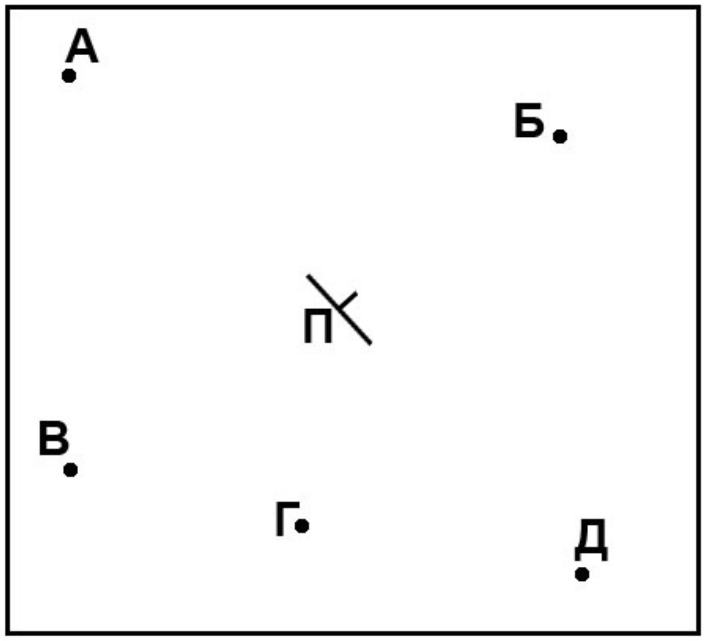


Рис. у.10.14. Фрагмент основы (упражнению у.10.14)

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 10.15

Рельеф горизонтален. В точке П обнажается подошва пласта (рис. у.10.15). В какой (в каких) точках можно обнаружить кровлю пласта?

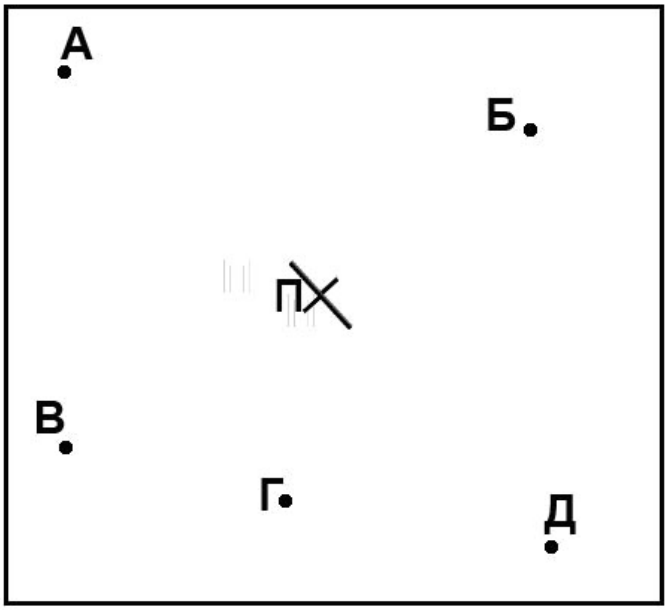


Рис. у.10.15. Фрагмент основы (к упражнению у.10.15)

Упражнение 10.16

Рельеф горизонтален. В точке П обнажается подошва пласта (рис. у.10.16) В какой (в каких) точках можно обнаружить кровлю пласта?

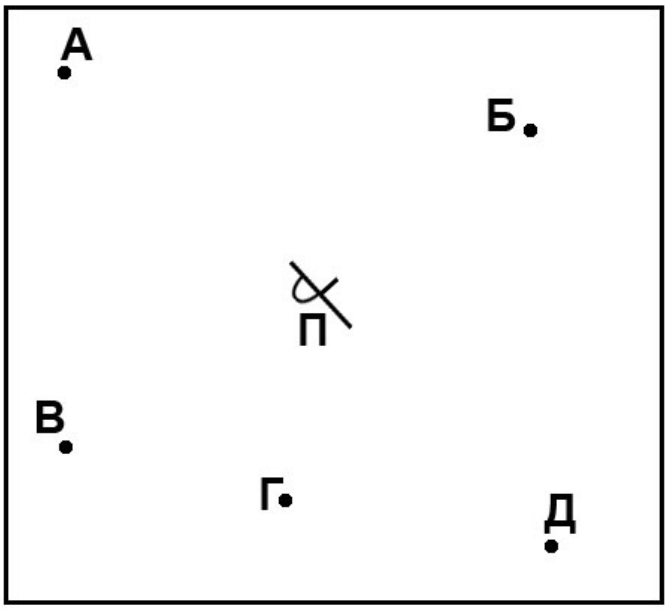


Рис. у.10.16. Фрагмент основы (к упражнению 10.16).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 10.17

Рельеф горизонтален. В точках *1* и *2* обнажаются подошвы пластов (рис. у.10.17). Толщина пластов L. В какой (в каких) точках можно обнаружить кровлю пластов?

Для выполнения задания можно скопировать рисунок и распечатать его, или работать в удобной для Вас программе

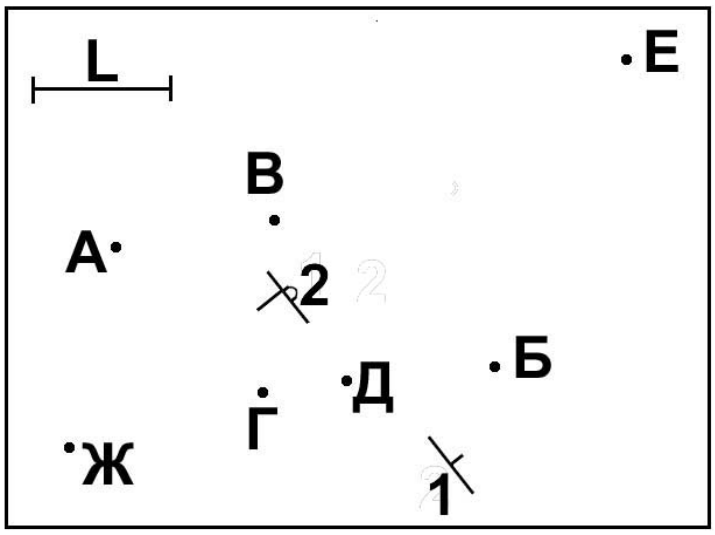


Рис. у.10.17. Фрагмент топографической основы (к упражнению 10.17)

Упражнение 10.18

На рис. у.10.18 приведен фрагмент топографической основы. В т.н. К закартирована кровля горизонтально залегающего пласта. **Определить** абсолютную отметку подошвы пласта на южном и западном склонах холма и нарисовать выход этого пласта на дневную поверхность, если толщина (мощность) пласта равна 10, 20, 30 м.

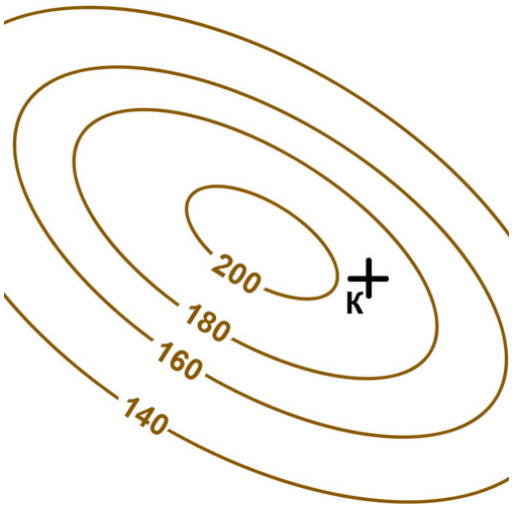


Рис. у.10.18. Фрагмент топографической основы (к упражнениям у.10.18 и у.10.19)

Упражнение 10.19

В табл. у.10.7 приведены значения видимых мощностей (толщин) пластов (l), элементы их залегания (Аз.пад и ∠ пад), азимуты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

направления замера (φ), угол склона рельефа по направлению замера (γ). **Определить** истинную толщину пласта.

Таблица у.10.7

№ пласта	L, м	Аз.пад, град	∠ пад , град	γ , град	φ , град
1	50	0	20	10	200
2	50	45	30	20	20
3	50	90	40	50	70
4	50	150	65	80	330
5	50	180	80	45	330
6	50	200	60	70	180
7	50	270	45	30	90
8	50	300	10	10	0

Упражнение 10.20

Вертикальная скважина встретила кровлю продуктивного пласта на отметке К, а подошву – на отметке П. Угол падения пласта – α. **Определить** истинную толщину пласта при различных значениях параметров (табл. у.10.8).

Таблица у.10.8

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
К, м	15	23	0	-40	54	-126	5	-17	0
П, м	0	-14	-43	-80	0	-211	-28	-47	-76
α, град	0	20	35	45	50	70	23	25	30

Упражнение 10.21

Наклонная скважина со стволом, отклоняющимся от вертикали на угол *γ* (зенитный угол) пробурила кровлю горизонтального продуктивного пласта на глубине *К* м, а подошву – на глубине *П*. **Определить** истинную толщину продуктивного пласта по данным таблицы у.10.9

Таблица у10.9

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
К, м	40	0	25	70	553	500	142
П, м	100	70	90	80	720	550	160
γ град	5	10	15	20	25	30	35

При необходимости перейдите ***по ссылке*** в «подсказки и решения».

Упражнение 10.22

Придумайте численные данные и решите задачу вычисления истинной мощности для вертикальной скважины, пересекающей наклонный слой

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

УПРАЖНЕНИЯ К 10.3. МОНОКЛИНАЛИ

Упражнение 10.23

Дано план местности, изображенный на рис. у.10.19. В точке А встречена граница палеогеновых (Р) и меловых (К) отложений, а в точке Б - граница меловых (К) и юрских (J) отложений. Элементы залегания Аз. пад. 0 ∠20. Сечение горизонталей рельефа 10 м.

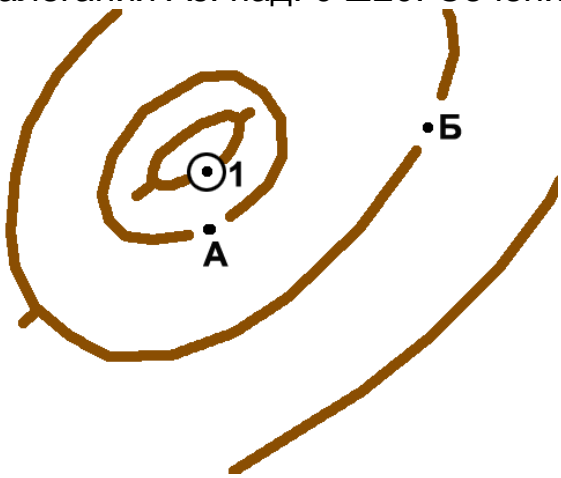


Рис. у.10.19. Фрагмент топографической основы к упражнению 10.23

Определить, на какой глубине будут вскрыты кровля и подошва пласта скважиной, пробуренной в т 1. (пользуйтесь методом заложения).

Упражнение 10.24

На рис. у.10.19 изображен рельеф местности с сечением горизонталей h метров. Масштаб 1:1000. В точке А обнажается подошва горизонтально залегающих алевролитов. В точке Б – геологическая граница между песчаниками и согласно залегающими на них конгломератами. Значения h и элементы залегания приведены в табл. у.10.10.

1. **Построить** геологические границы
2. **Вычислить,** на какой глубине скважина 1 вскроет геологические границы, или доказать, что границы этой скважиной не могут быть вскрыты (пользуйтесь методом заложения).

Таблица у.10.10. **Исходные данные к упражнению 10.24**

h, м	5	10	15	20	25
Аз.пад.	90	120	180	200	270
∠	10	15	30	45	60

Упражнение 10.25

На рис. у.10.20. изображен план расположения скважин, вскрывших геологическую границу на абсолютных отметках, приведенных в табл. у.10.11. Определить элементы залегания геологической границы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к 10.3. Моноклинали

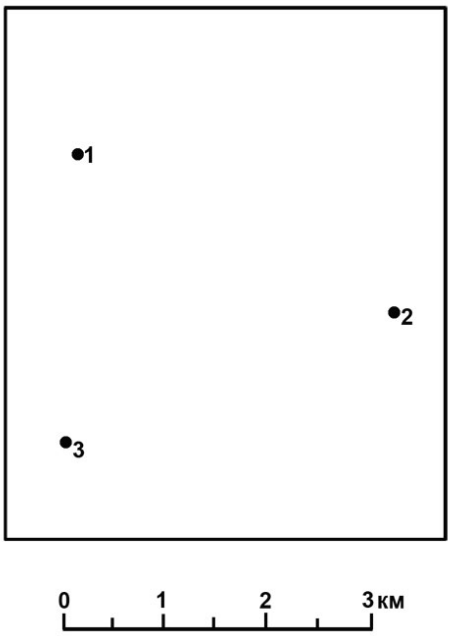


Рис. у.10.20. План расположения скважин к упражнению 4

Таблица у10.2. Исходные данные к упражнению 4

Номер скважины	Абсолютная отметка геологической границы,						
1	-30	-50	-10	0	20	50	100
2	100	-30	-10	20	0	-70	20
3	-30	0	40	10	-50	0	40

Упражнение 10.26

На рис. у.10.21. изображен фрагмент топографической карты.

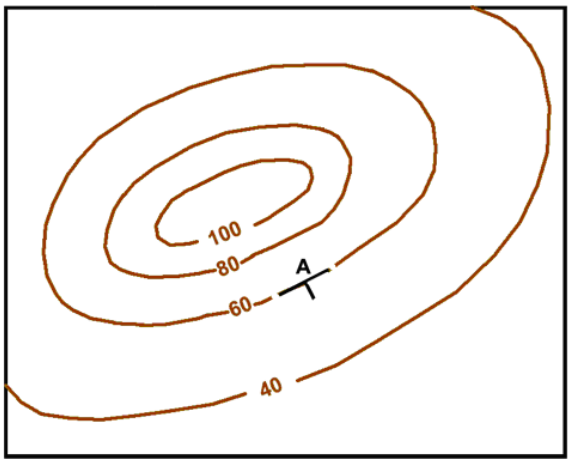


Рис. у.10.21 к упражнению у10.26

В т.н. А описана геологическая граница между моноклинально залегающими песчаниками (вверху) и известняками.

Построить геологическую карту при следующих значениях угла падения:10˚, 20˚, 30˚,40˚,50˚,60˚, 70˚, 80˚.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 10.27

На рис. у.10.22 приведен фрагмент топографической основы и пять геологических границ. Определить:

1. Правильно ли проведены геологические границы, если азимуты простирания их 0˚, 20˚, 90˚,180˚?
2. Какая из границ самая крутая, а какая – самая пологая?
3. Наклон которой из границ направлен в сторону, противоположную склону?

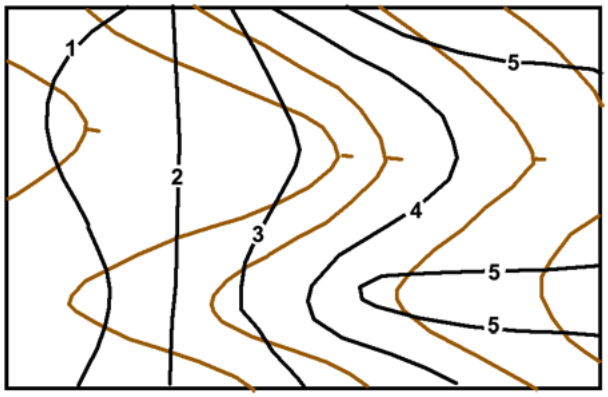


Рис. у.10.22. к упражнению 10.27. Фрагмент топографической основы и геологические границы

Упражнение 10.28

На рис. у.10.23 приведен фрагмент топографической основы и пять геологических границ А, Б, В, Г, Д.

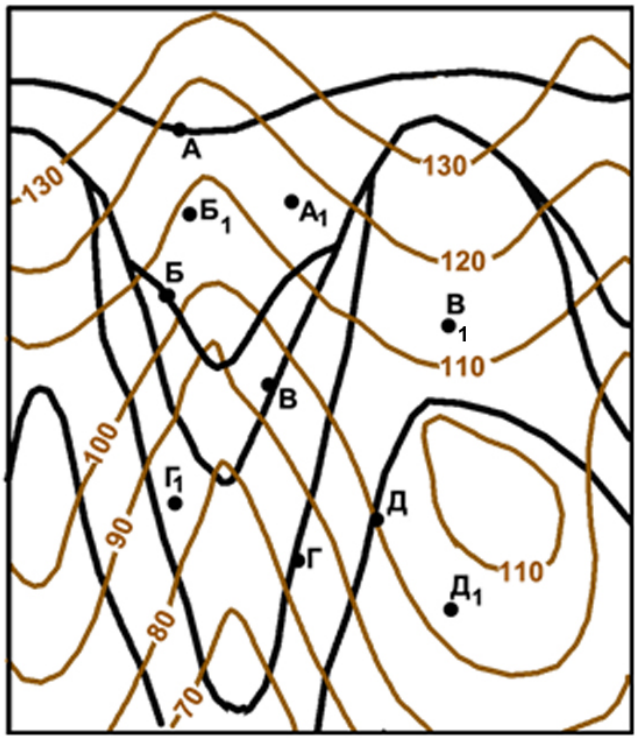


Рис. у.10.23. Фрагмент топографической основы и геологические границы к упражнении.10.28.

Определить глубины залегания геологических границ в т.т. $А_1$, $Б_1$, $В_1$, $Г_1$, $Д_1$ соответственно.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к 10.4. Пликативные дислокации

Изобразить геологическую и структурную карту и разрез (разрезы): структурного носа, структурного залива, структурного седла.

Изобразить геологическую и структурную карту и разрез (разрезы):

симметричной брахиморфной антиклинали,
симметричной брахиморфной синклинали,
наклонной брахиморфной антиклинали,
наклонной брахиморфной синклинали,
опрокинутой (перевернутой) брахиморфной антиклинали,
опрокинутой (перевернутой) брахиморфной синклинали.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к 10.4.1. Изображение флексур

Упражнение 10.29

Изобразите геологический разрез, геологическую и структурную карту флексуры сл с характеристиками, приведенными в таблице у.10.4.1 Остальные параметры выбирайте произвольно. Построения выполнить для конседиментационной и постседиментационной флексур.

Таблица у.10.3. **Характеристики флексур для построения**

Название флексуры	**Элементы залегания верхнего крыла**		
Согласная	Аз. пад. 90 ∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60
Несогласная	Аз. пад. 90 ∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60
Структурная терраса	Аз. пад. 45 ∠ 30	Аз. пад. 135 ∠ 45	Аз. пад. 0 ∠ 60
Вертикальная	Аз. пад. 45 ∠ 30	Аз. пад. 135 ∠ 45	Аз. пад. 0 ∠ 60
Наклонная	Аз. пад. 90∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60
	Элементы залегания смыкающего крыла		
Горизонтальная	Аз. пад. 90 ∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60

Упражнение 10.30

Назовите вид флексуры по изображению её профиля

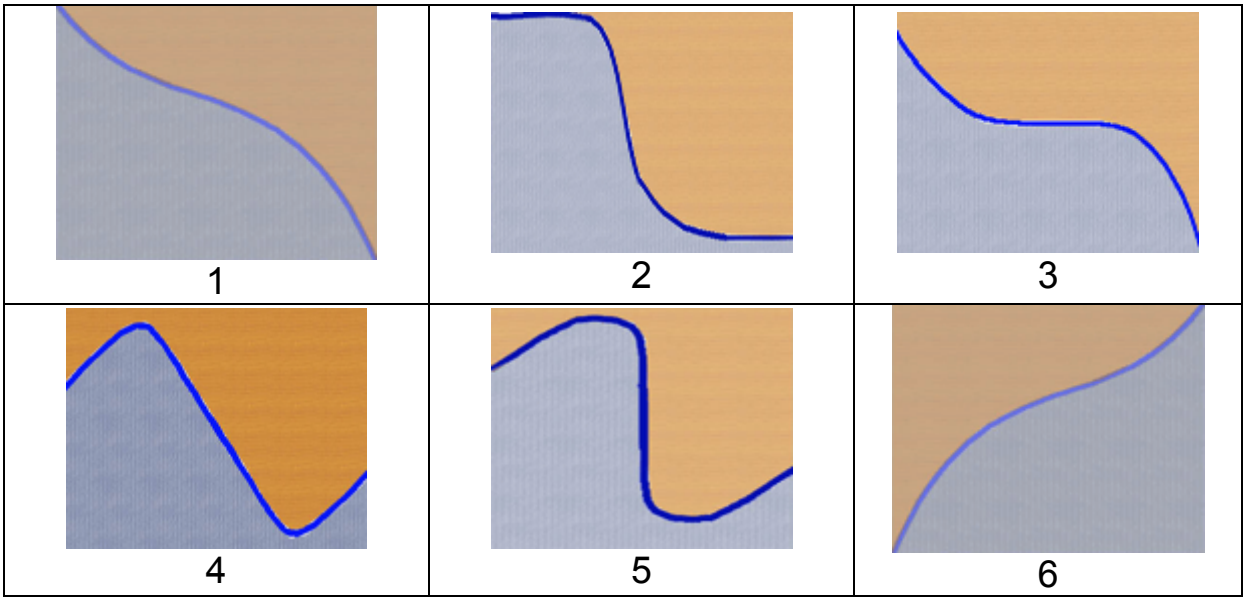


Рис. у.10.24. Профили флексур к упражнению 10.30.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к 10.6. Изображение структур, осложненных разломами

1. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты моноклинали, осложненной согласным наклонным сбросом

2. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты моноклинали, осложненной согласным наклонным взбросом

3. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты моноклинали, осложненной несогласным наклонным сбросом

4. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты моноклинали, осложненной несогласным наклонным взбросом

5. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты согласной флексуры, осложненной согласным наклонным сбросом

6. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты согласной флексуры, осложненной несогласным наклонным сбросом

7. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты согласной флексуры, осложненной согласным наклонным взбросом

8. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты согласной флексуры, осложненной несогласным наклонным взбросом

9. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты несогласной флексуры, осложненной наклонным сбросом

10. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты несогласной флексуры, осложненной наклонным взбросом

11. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахиантиклинали, осложненной сбросом

12. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахиантиклинали, осложненной взбросом

13. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахиантиклинали, осложненной правым сдвигом.

14. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахиантиклинали, осложненной левым сдвигом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

15. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахисинклинали, осложненной сбросом

16. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахисинклинали, осложненной взбросом

17. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахисинклинали, осложненной правым сдвигом.

18. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты брахисинклинали, осложненной левым сдвигом.

19. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты купола, осложненного сбросом

20. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты купола, осложненного взбросом

21. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты купола, осложненного правым сдвигом.

22. Изобразите разрез, структурную и геологическую карты купола, осложненного левым сдвигом.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к графическому заданию 10.7. Определение типа разрыва и амплитуды смещения крыльев по геологической карте без горизонталей рельефа

Исходные данные

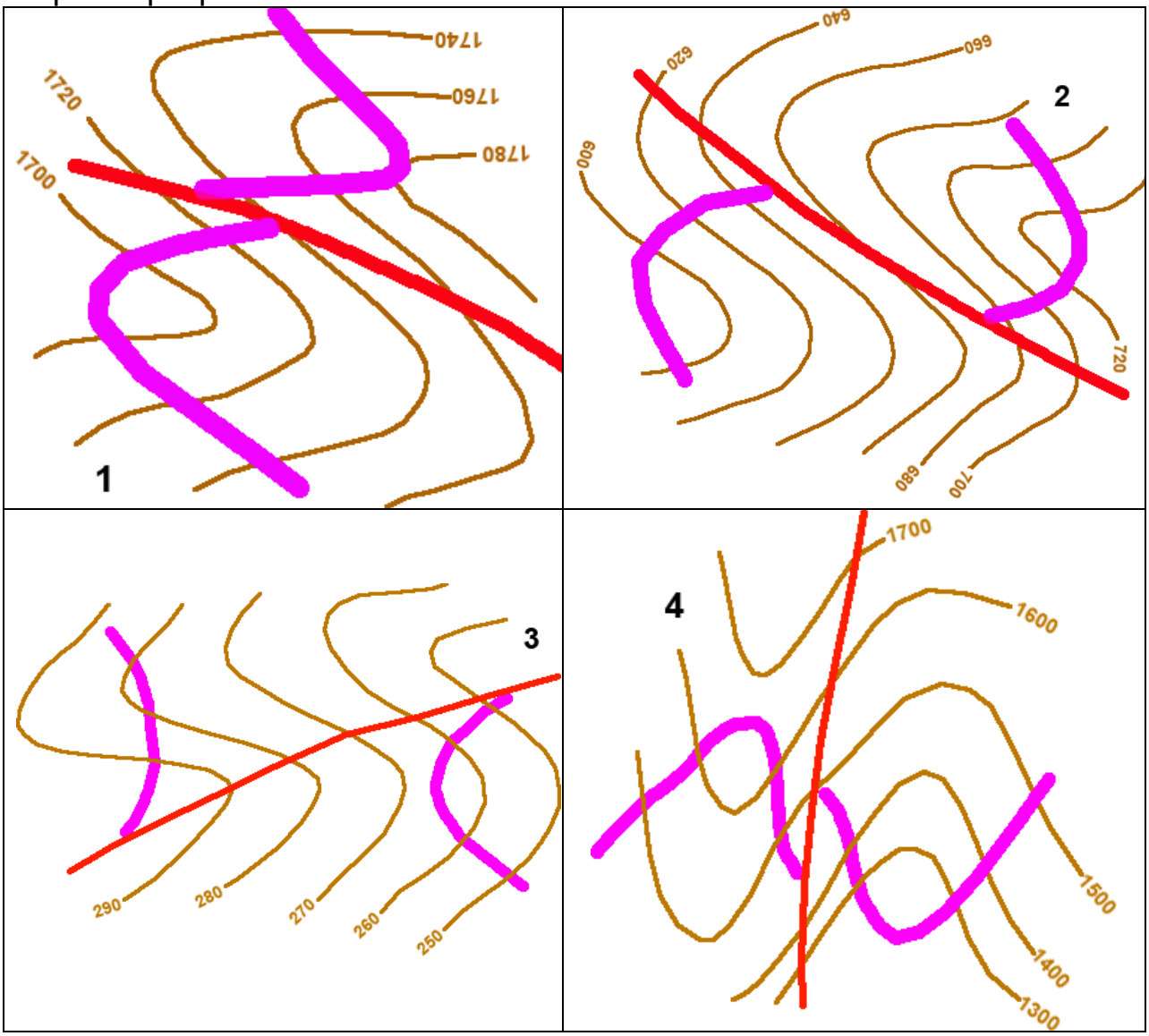
Таблица з10.3. Исходные данные к заданию «определение типа разрыва и амплитуды смещения крыльев по геологической карте без горизонталей рельефа»

Номер варианта	Номер карты	Угол падения слоя	Угол наклона сместителя	Номер варианта	Номер карты	Угол падения слоя	Угол наклона сместителя
1	I	35	60	9	II	30	85
2	I	25	50	10	II	45	65
3	I	40	80	11	II	45	75
4	I	35	70	12	II	35	80
5	I	25	75	13	II	50	75
6	I	35	85	14	II	20	80
7	I	20	70	15	II	30	70
8	I	45	90	16	II	50	70

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

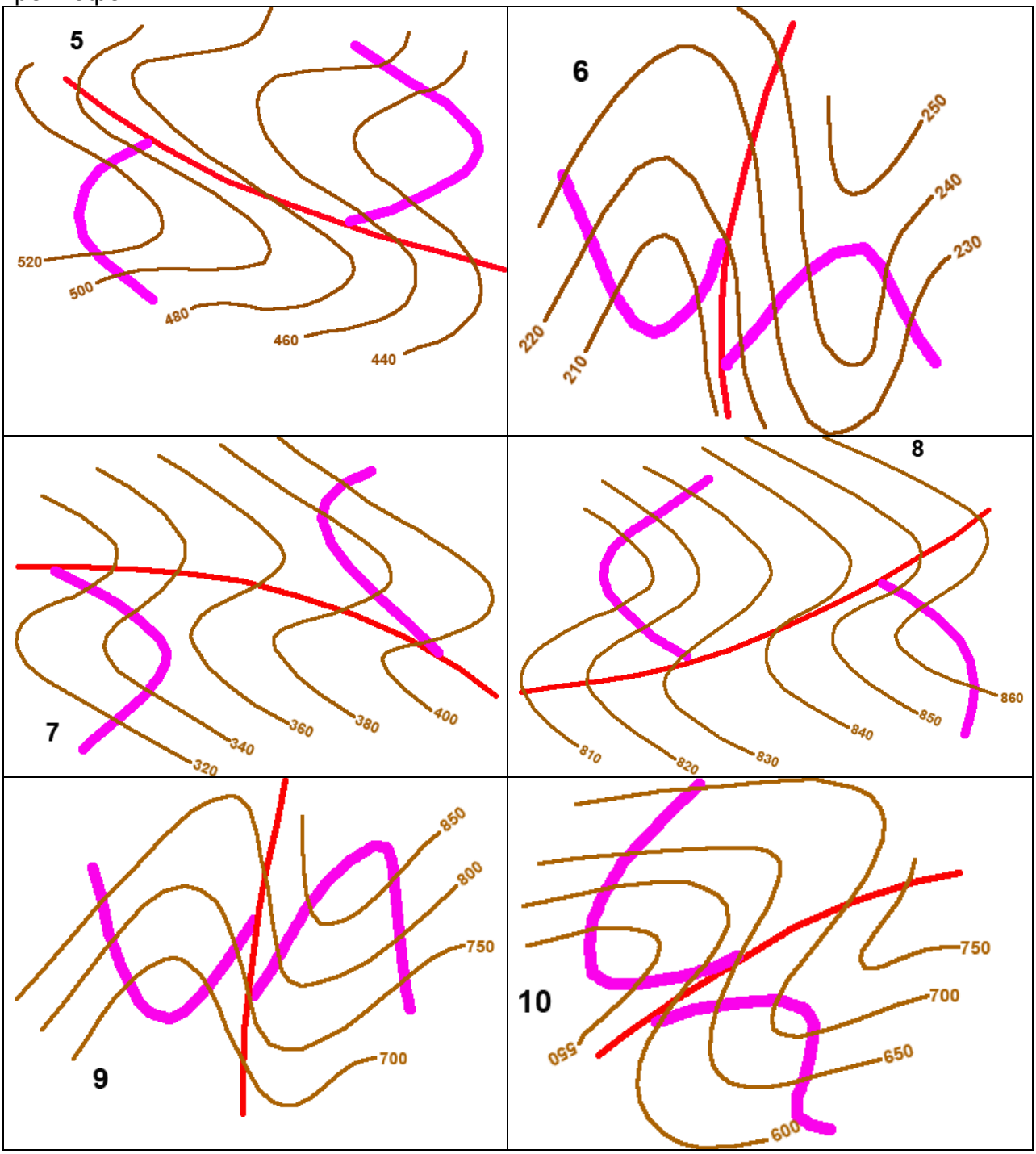
Варианты к графическому заданию 10.8. Определение типа разрывных дислокаций и параметров их элементов по геологическим картам при выраженном рельефе

Скопируйте фрагмент карты своего варианта и определите параметры разлома



© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к графическому заданию 10.8. Определение типа разрывных дислокаций и параметров их элементов по геологическим картам при выраженном рельефе



© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.1. Построение структурной карты методом скатов

ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 11.1. ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ КАРТЫ МЕТОДОМ СКАТОВ. (К ГЛАВЕ 11.2)

Исходные данные: 5 вариантов исходных данных для выполнения работы приведены в таблице з11.1 и на картах.

Каждый вариант содержит 2 карты – «а» – с пятью скважинами и «б» – с двенадцатью скважинами (7 скважин пробурены дополнительно). Сначала сделайте вариант «а», затем – «б» и сравните результат. Вы видите, что несмотря на то, что построения в обоих случаях сделаны верно, благодаря новым данным, полученным по новым пробуренным скважинам, карта изменилась.

Таблица з11.1. Абсолютная отметка маркирующего горизонта

Номер варианта / Номер скважины	1	2	3	4	5
1	-130	-100	-130	-130	-90
2	-110	-110	-110	-110	-110
3	-30	-30	-70	-40	-30
4	-80	-80	-100	-80	-120
5	-100	-130	--80	-80	-100
6	-100	-60	-100	-100	-60
7	-70	-70	-30	-70	-70
8	-90	-90	-90	-90	-90
9	-50	-50	-70	-50	-50
10	-10	-10	-10	-10	-10
11	-70	-70	-50	-50	-60
12	-12	-60	-60	-60	-100

Для выполнения задания скопируйте на листе бумаги (перерисуйте) положения скважин (примерно), проставьте значения абсолютных отметок и выполните работу, или скопируйте и распечатайте карты, или выполните работу на экране.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.1. Построение структурной карты методом скатов

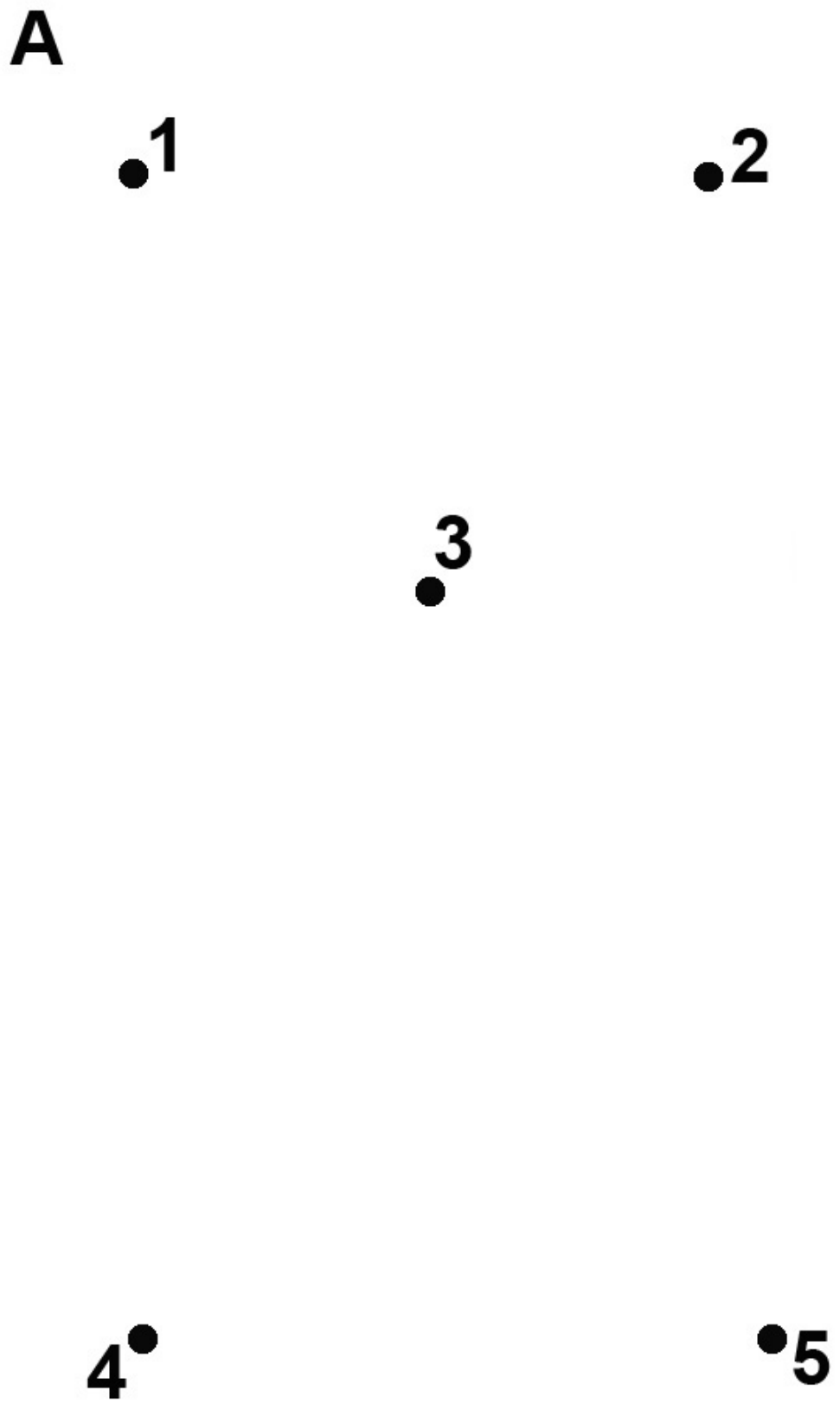


Рис. з11.1. Карта к варианту А.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.1. Построение структурной карты методом скатов

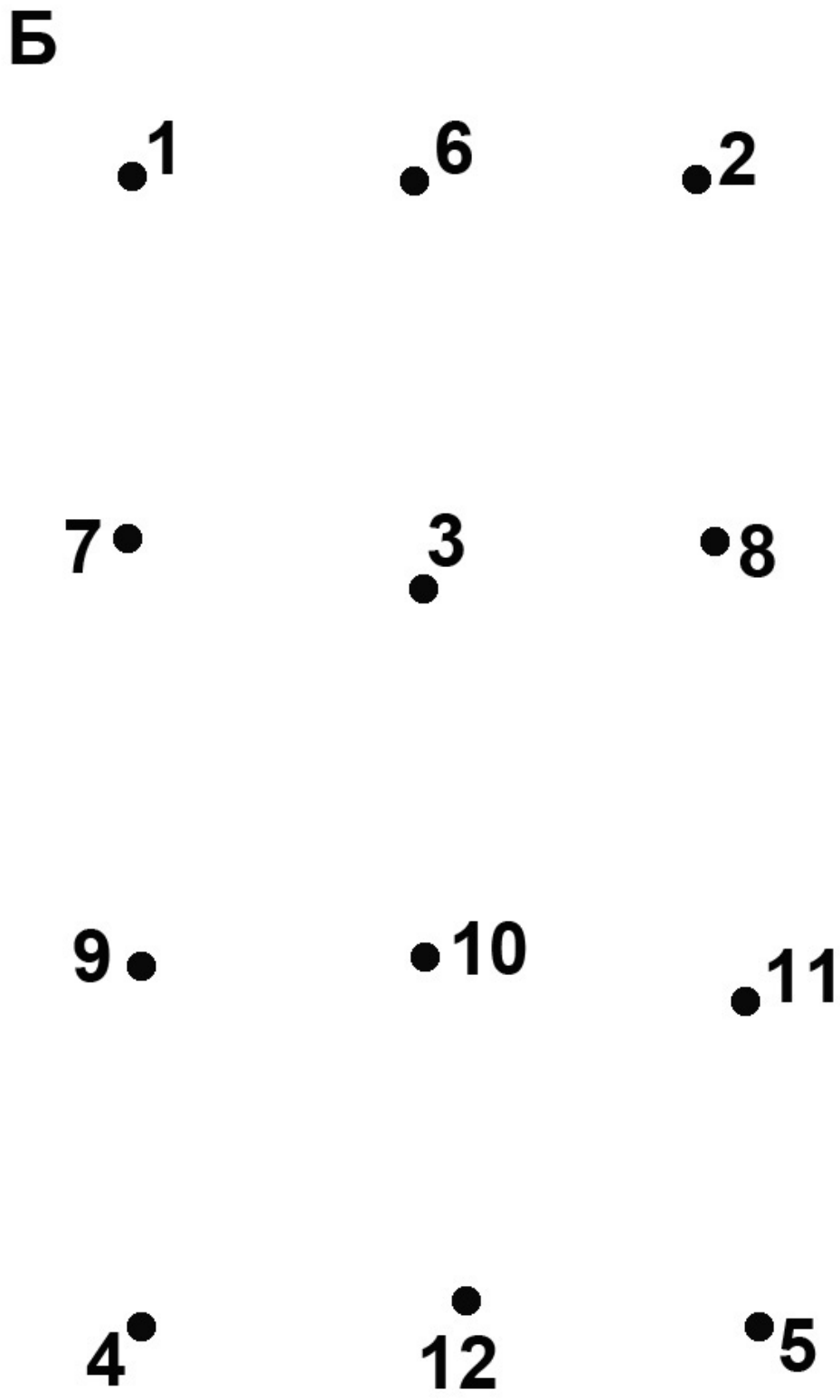


Рис. з11.2. Карта к варианту Б.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.2. Построение структурной карты методом треугольников

ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 11.2. ПОСТРОЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ МЕТОДОМ ТРЕУГОЛЬНИКОВ (К ГЛАВЕ 11.3)

Исходные данные: 5 вариантов исходных данных для выполнения работы приведены на картах.

Каждый вариант содержит 2 карты – «а» – с пятью скважинами и «б» – с двенадцатью скважинами (7 скважин пробурены дополнительно). Сначала сделайте вариант «а», затем – «б» и сравните результат. Вы видите, что несмотря на то, что построения в обоих случаях сделаны верно, благодаря новым данным, полученным по новым пробуренным скважинам, карта изменилась.

Численные данные этой работы и расположение скважин в вариантах те же, что и в работе раздела 11.2. Сравните полученные результаты.

При выполнении задания Б могут быть различные геометрически равноценные варианты разбиения площади на треугольники. В этом случае следует выбрать такой вариант, при котором разница абсолютных отметок между скважинами больше.

Таблица з11.2. Абсолютная отметка маркирующего горизонта

Номер варианта / Номер скважины	1	2	3	4	5
1	-130	-100	-130	-130	-90
2	-110	-110	-110	-110	-110
3	-30	-30	-70	-40	-30
4	-80	-80	-100	-80	-120
5	-100	-130	--80	-80	-100
6	-100	-60	-100	-100	-60
7	-70	-70	-30	-70	-70
8	-90	-90	-90	-90	-90
9	-50	-50	-70	-50	-50
10	-10	-10	-10	-10	-10
11	-70	-70	-50	-50	-60
12	-12	-60	-60	-60	-100

Для выполнения задания скопируйте на листе бумаги (перерисуйте) положения скважин (примерно), проставьте значения абсолютных отметок и выполните работу, или перейдите по ссылке и скопируйте программным способом и распечатайте карты, или выполните работу на экране.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.2. Построение структурной карты методом треугольников



Рис. з10.3. Карта к варианту А

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.2. Построение структурной карты методом треугольников

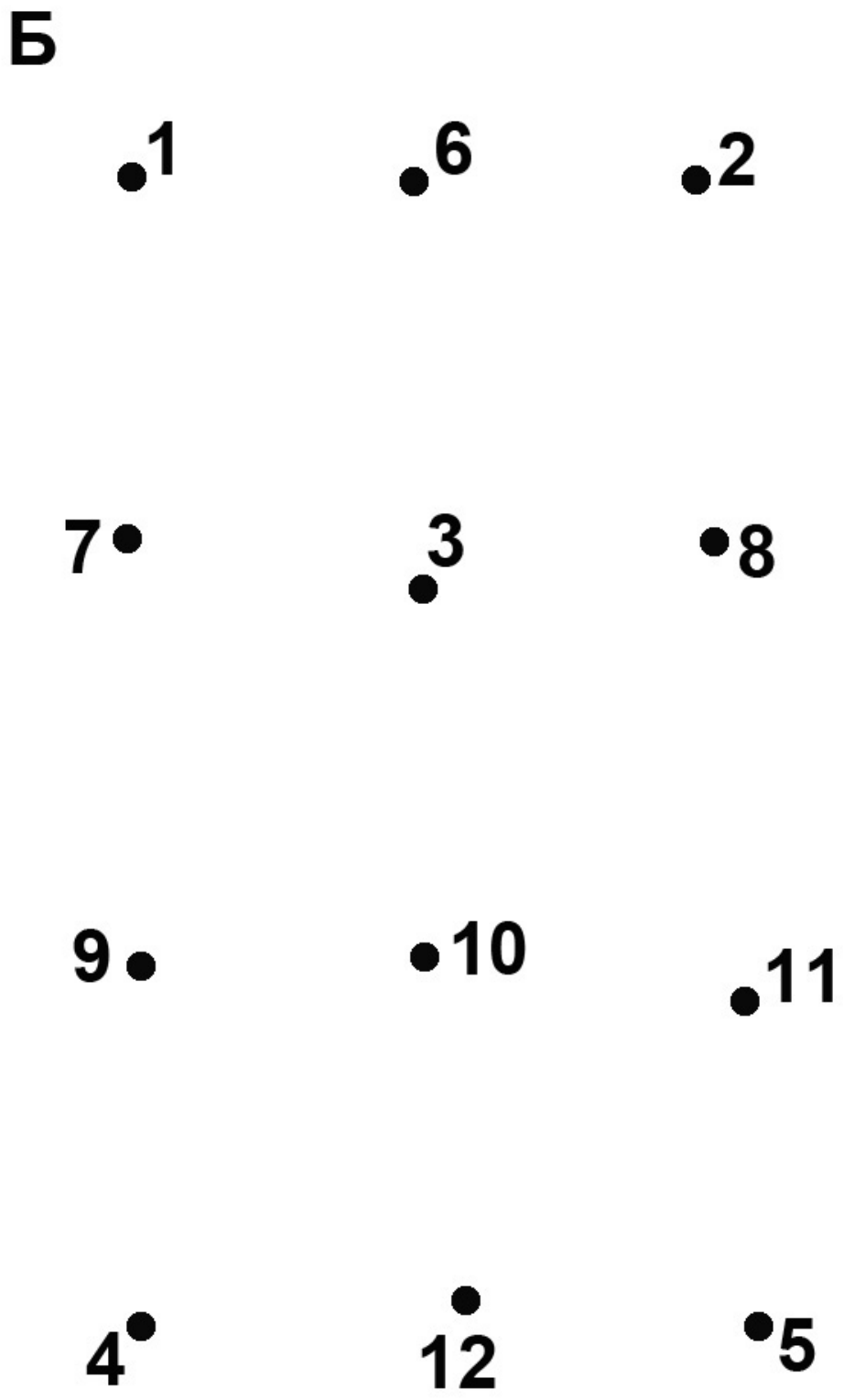


Рис.з11.4. Карта к варианту Б

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.3. Построение выхода пласта на дневную поверхность (к главе 11.6.2)

Исходные данные: на рис. з.11.5 приведен фрагмент топографической основы с нанесенной на ней точкой выхода кровли пласта известняка.

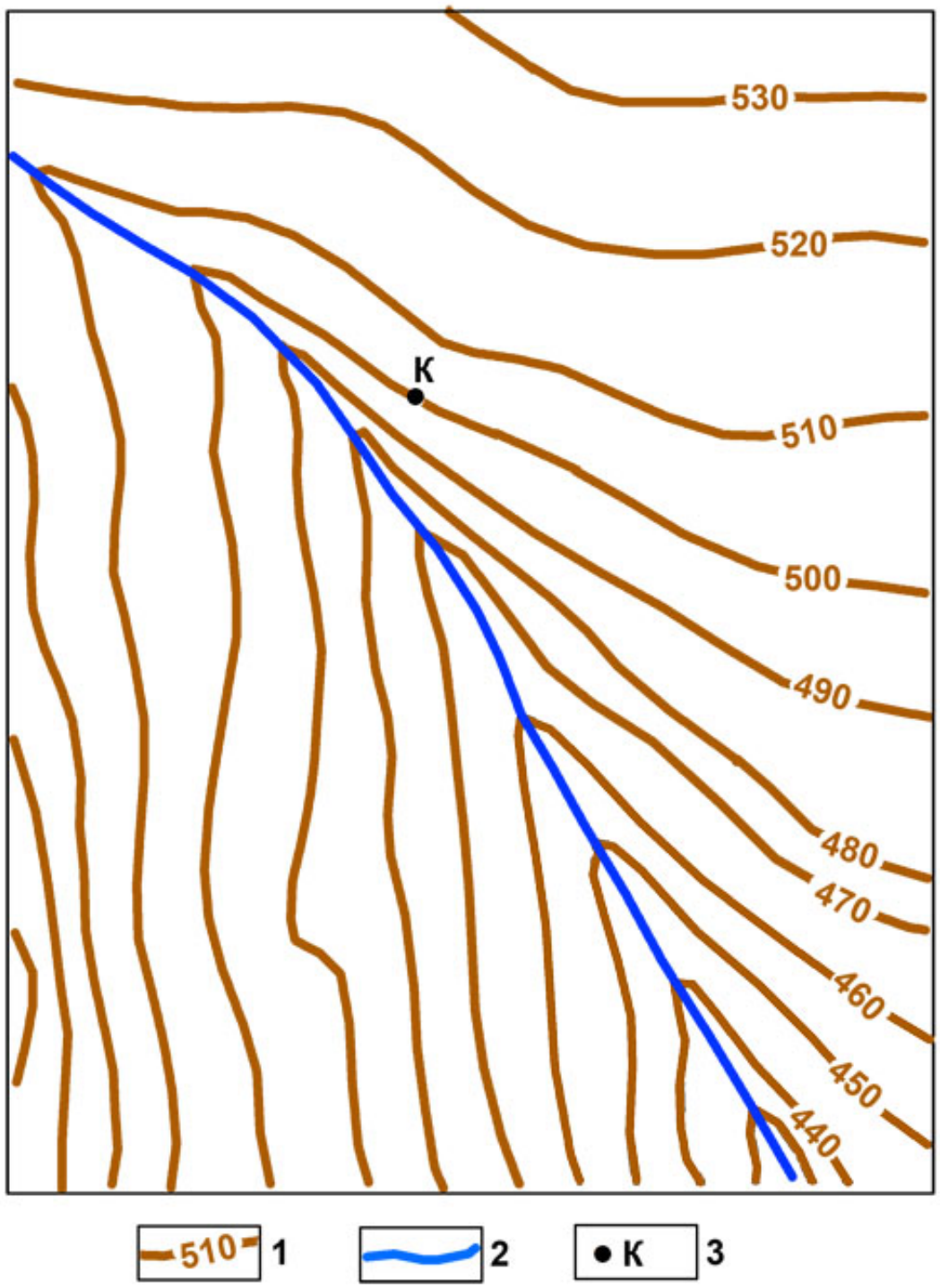


Рис. з.11.5. Карта к заданию 11.3. Условные обозначения 1 – горизонтали, 2 – тальвег ручья, 3 – точка выхода кровли пласта.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.3. Построение выхода пласта на дневную поверхность (к главе 11.6.2)

Таблица з.11.3. Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
Азимут падения, град.	315	310	315	310	305	300	135	140
Угол падения, град	25	20	15	20	15	20	25	30
Истинная толщина, м	30	20	30	20	30	25	20	25
Вариант	9	10	11	12	13	14	15	16
Азимут падения, град.	145	150	155	135	140	145	150	155
Угол падения, град	35	40	45	7	7	10	10	7
Истинная толщина, м	20	25	20	20	25	30	20	25

Требуется построить линии выхода кровли и подошвы пласта на земную поверхность и закрасить общее поле его выхода, присвоив ему произвольный геологический возраст (например, триаса, нижней юры, средней юры, нижнего мела, палеогена и т.д.).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.4. Построение структурной карты методом схождения (к 11.6.4)

Исходные данные приведены в таблицах з.11.4 – з.11.17 (15 вариантов).

Требуется: построить структурную карту кровли юры по данным своего варианта, используя метод схождения и метод треугольников, назвать полученную структуру и сравнить результаты построений методом схождения и методом треугольников. При желании можно построить также карты методом скатов, и гридингом, а также с помощью какой-либо компьютерной программы (самостоятельно) и сравнить результаты. В последнем столбике обозначение н/в означает, что рассматриваемая скважина не вскрыла кровлю юры и данных по этой точке нет.

Таблица з.11.4 **Вариант 1**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40000	90580	68	570	н/в
2	40650	91050	62	570	780
3	40170	90020	72	600	763
4	40700	90480	81	610	н/в
5	41400	91020	76	611	819
6	41050	90180	75	630	н/в
7	41650	90540	76	640	815
8	42350	90940	75	650	842
9	41820	90210	76	660	822

Таблица з11.5 **Вариант 2**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40000	90530	88	590	790
2	40800	91030	83	600	797
3	40490	90060	83	620	800
4	40940	90490	81	610	827
5	41420	90990	86	630	н/в
6	41310	90110	88	650	н/в
7	41100	90490	89	630	н/в
8	42160	90640	82	660	775
9	41990	90170	86	670	н/в

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.4. Построение структурной карты методом схождения (к 11.6.4)

Таблица з11.6 **Вариант 3**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40000	90510	93	590	н/в
2	40360	91050	97	620	838
3	40400	90000	96	620	835
4	40670	90540	91	600	н/в
5	41320	90550	97	620	815
6	41150	90050	92	630	н/в
7	41450	91120	95	640	н/в
8	42080	91000	93	650	834
9	42000	90000	94	651	835

Таблица з11.7 **Вариант 4**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40000	90510	93	596	Н/в
2	40360	91050	97	574	792
3	40400	90000	96	572	787
4	40670	90540	91	582	н/в
5	41320	90550	97	574	769
6	41150	90050	92	554	н/в
7	41450	91120	95	550	н/в
8	42080	91000	93	536	720
9	42000	90000	94	537	721

Таблица з11.8 **Вариант 5**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	30000	40980	77	640	840
2	30450	40890	75	610	н/в
3	30290	40100	72	620	827
4	30640	40420	76	590	н/в
5	31000	41060	75	600	н/в
6	31040	40030	73	600	н/в
7	30910	40570	75	570	788
8	31740	41050	77	630	863
9	31630	40130	75	620	852

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.4. Построение структурной карты методом схождения (к 11.6.4)

Таблица з10.9 **Вариант 6**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	30000	40980	77	514	714
2	30450	40890	75	540	н/в
3	30290	40100	72	524	827
4	30640	40420	76	562	н/в
5	31000	41060	75	550	н/в
6	31040	40030	73	546	н/в
7	30970	40570	75	580	798
8	31740	41050	77	524	757
9	31630	40130	75	530	762

Таблица з10.10. **Вариант 7**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	30000	41060	53	640	н/в
2	30440	40960	52	610	н/в
3	30270	40180	52	600	823
4	30620	40490	56	570	н/в
5	30990	41120	57	620	806
6	31020	40090	53	580	н/в
7	30950	40640	55	550	н/в
8	31740	41100	58	630	Н/в
9	31600	40190	55	600	821

Таблица з10.11. **Вариант 8**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40100	60950	77	600	885
2	40280	60590	78	580	887
3	40040	60210	77	610	883
4	40770	60580	73	570	н/в
5	41020	61100	79	600	н/в
6	40940	60000	78	610	н/в
7	41940	60560	75	620	952
8	41720	61050	72	610	925
9	41720	60070	70	610	918

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.4. Построение структурной карты методом схождения (к 11.6.4)

Таблица з10.12. **Вариант 9**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40100	60950	77	554	929
2	40280	60590	78	576	929
3	40040	60210	77	544	931
4	40770	60580	73	576	н/в
5	41020	61100	79	558	н/в
6	40940	60000	78	546	н/в
7	41940	60560	75	530	858
8	41720	61050	72	534	879
9	41720	60070	70	530	872

Таблица з10.13. **Вариант 10**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	80460	91050	77	600	1003
2	80630	90700	78	580	н/в
3	80390	90320	76	640	1045
4	81130	90680	73	570	н/в
5	81380	91210	79	600	1013
6	81280	90100	73	620	н/в
7	81850	90660	75	620	н/в
8	82080	91150	82	620	н/в
9	82080	90170	70	610	1035

Таблица з16. **Вариант 11**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40100	20700	65	500	н/в
2	40690	20520	69	570	859
3	40000	20150	63	540	842
4	41320	20720	69	570	859
5	40830	21140	67	490	818
6	41100	20000	61	530	835
7	41630	21060	65	530	н/в
8	42160	20920	62	540	841
9	41780	20310	68	540	н/в

Таблица з10.17 **Вариант 12**

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.4. Построение структурной карты методом схождения (к 11.6.4)

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	40100	20700	65	630	н/в
2	40690	20520	69	568	857
3	40000	20150	63	586	899
4	41320	20720	69	568	857
5	40830	21140	67	644	1011
6	41100	20000	61	592	913
7	41630	21060	65	600	н/в
8	42160	20920	62	584	896
9	41780	20310	68	596	н/в

Таблица з10.18. **Вариант 13**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	20220	10830	67	600	н/в
2	20600	10390	65	560	н/в
3	20000	10250	63	586	806
4	21000	10470	66	570	765
5	20890	10940	68	600	808
6	21210	10000	62	594	797
7	21430	10540	75	570	н/в
8	21880	11010	66	590	808
9	22330	10160	72	614	н/в

Таблица з10.19. **Вариант 14**

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	20220	10830	67	534	н/в
2	20600	10390	65	570	н/в
3	20000	10250	63	540	720
4	21000	10470	66	562	765
5	20890	10940	68	536	728
6	21210	10000	62	530	727
7	21430	10540	75	580	н/в
8	21880	11010	66	543	724
9	22330	10160	72	530	н/в

Таблица з.10.20. **Вариант 15**

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание 11.4. Построение структурной карты методом схождения (к 11.6.4)

Номера скважин	Координаты скважин		Альтитуда устья скважины, м	Глубина залегания	
	X (долгота)	Y (широта)		кровли K	кровли J
1	10220	20810	84	640	988
2	10590	20420	85	580	н/в
3	10000	20280	87	610	н/в
4	10990	20500	86	590	н/в
5	10890	20970	83	650	н/в
6	11210	20030	88	620	893
7	11430	20580	86	581	н/в
8	11880	21060	85	650	969
9	12330	20200	88	630	887

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к 11.6.2. Пересечение топографической поверхности и плоскости

Упражнение 11.1

1. На рис. у.11.1 изображены фрагменты топографических основ с выходом на дневную поверхность геологической границы.

Определить, на какой карте граница залегает положе, а на какой - круче.

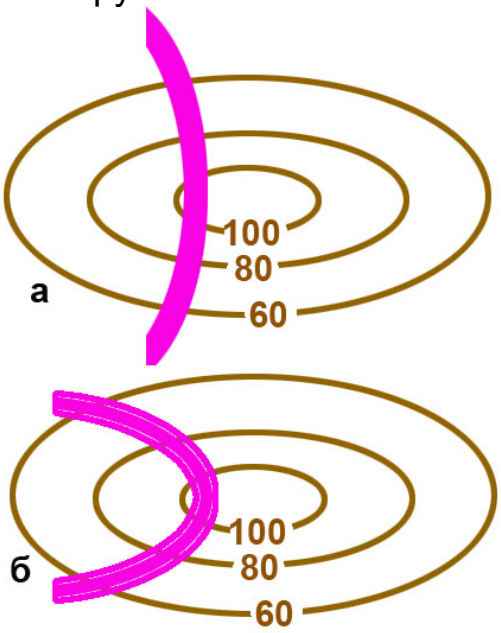


Рис. у.11.1. Фрагменты топооснов и геологические границы

Упражнение 11.2

На рис. у.11.2 изображены фрагменты топографических основ с выходом на дневную поверхность геологической границы.

Определить, как залегают на этих территориях геологические границы, и обозначить это условным знаком.

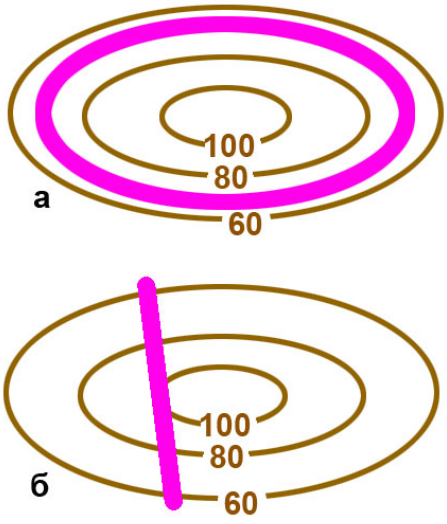


Рис. у.11.2 Фрагменты топооснов и геологические границы

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 11.3

На рис. у10.3. изображены фрагменты топографических основ с выходом на дневную поверхность геологической границы.

Определить, как залегают на этих территориях закартированные геологические границы, и обозначить их залегание специальным условным знаком.

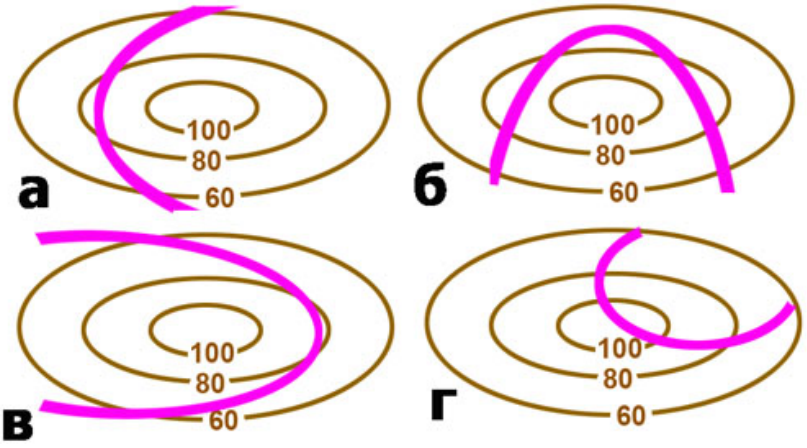


Рис. у.11.3. Фрагменты топооснов и геологические границы

Упражнение 11.4

В точке наблюдения *А* (рис. у11.4) обнажается геологическая граница. Постройте её выход на дневную поверхность, если заложение равно *L*

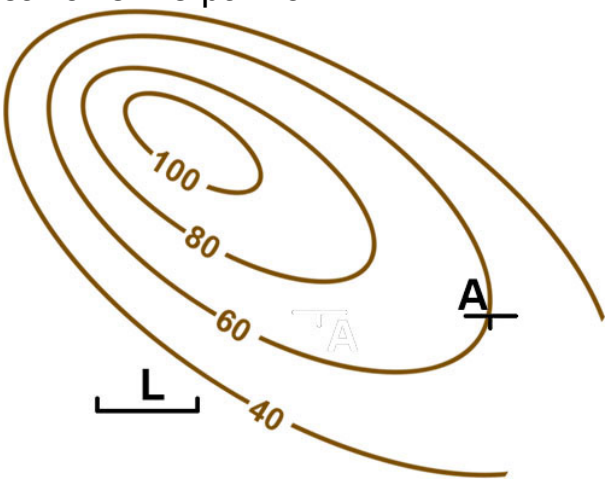


Рис. у.11.4. Топооснова к упражнению 11.4

Упражнение 11.5

В точках наблюдения *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7* (рис. у.11.5) обнажается геологическая граница.

Постройте её выход на дневную поверхность, если углы падения этой границы равны 0º, 30º, 45º, 60º, 90º.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

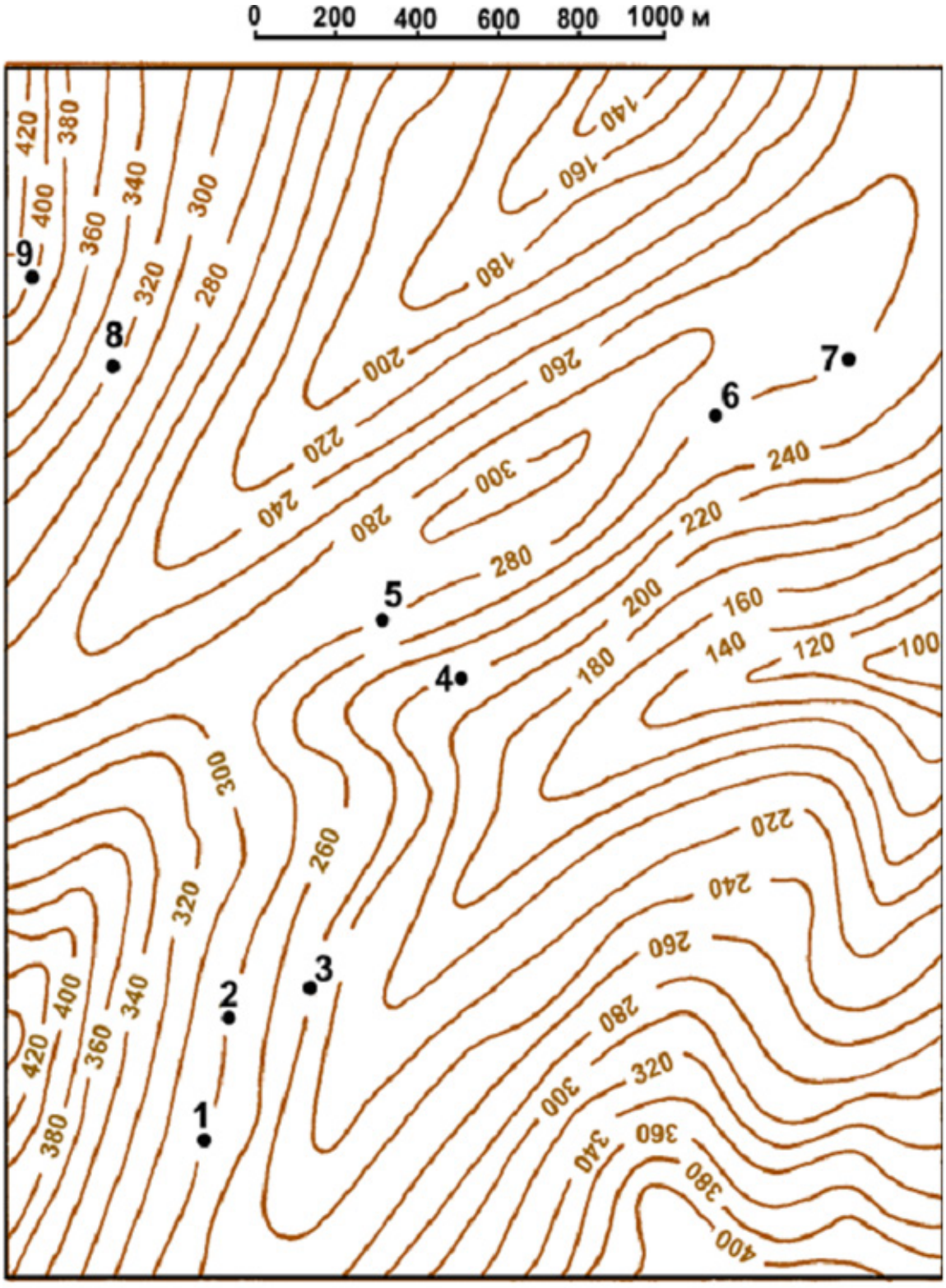


Рис.у.11.5. Фрагмент топоосновы к упражнению 11.5

Для выполнения этого упражнения скопируйте топооснову, определите заложение и выполните задание аналогично тому, как выполнялось задание 5.

Если Вы затруднились с ответами или хотите себя проверить, перейдите по ***ссылке*** в подсказки и решения к 11.6.2.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ВАРИАНТЫ К ЗАДАНИЮ 12.1. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ. ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ЗАЛЕГАНИЕ. КОМПЛЕКСНОЕ ЗАДАНИЕ

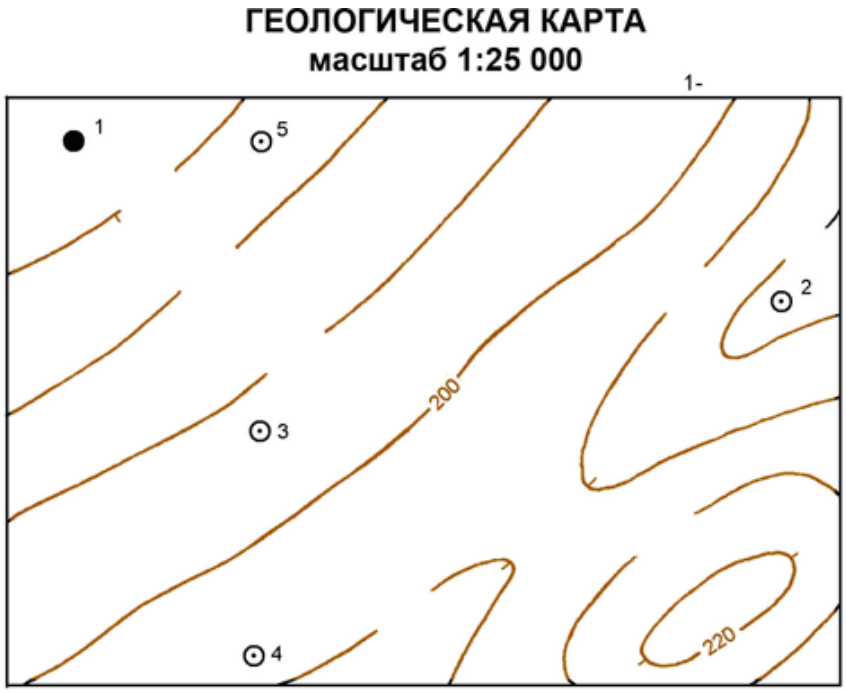
В этом задании предусмотрено 5 вариантов топографических основ и 5 вариантов разрезов скважин, всего 25 вариантов.

Для выполнения работы скопируйте данные своего варианта и выполните работу в соответствии с методическими указаниями.

Обратите внимание на правильность оформления работы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.1. Построение геологической карты по данным бурения скважины. Горизонтальное залегание. Комплексное задание



Разрез скв. № 1



Таблица глубин залегания опорного горизонта в проектных скважинах

№№ скважин	Глубина
2	
3	
4	
5	

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

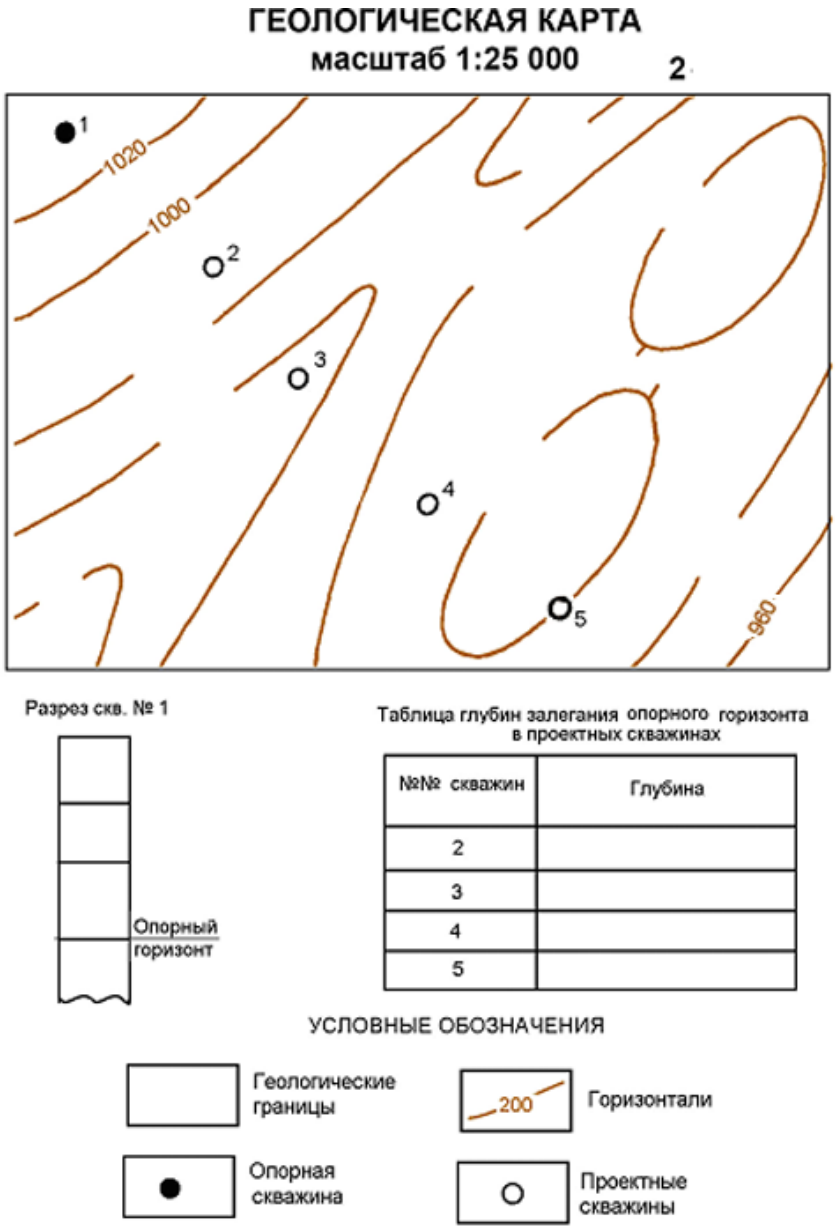


Варианты разрезов опорной скважины к карте 1

1.1		1.2		1.3		1.4		1.5	
Разрез скважины	Толщина, м	Разрез скважины	Толщина, м	Разрез скважины	Толщина, м	Разрез скважины	Толщина, м	Разрез скважины	Толщина, м
N	26	D	32	J	42	K	35	N	35
₽	20	S	25	T	31	J	22	₽	43
K	33	O	40	P	24	T	48	K	22
J	***>45***	***Є***	***>50***	***C***	***>50***	***P***	***>45***	**J**	***>50***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.1. Построение геологической карты по данным бурения скважины. Горизонтальное залегание. Комплексное задание



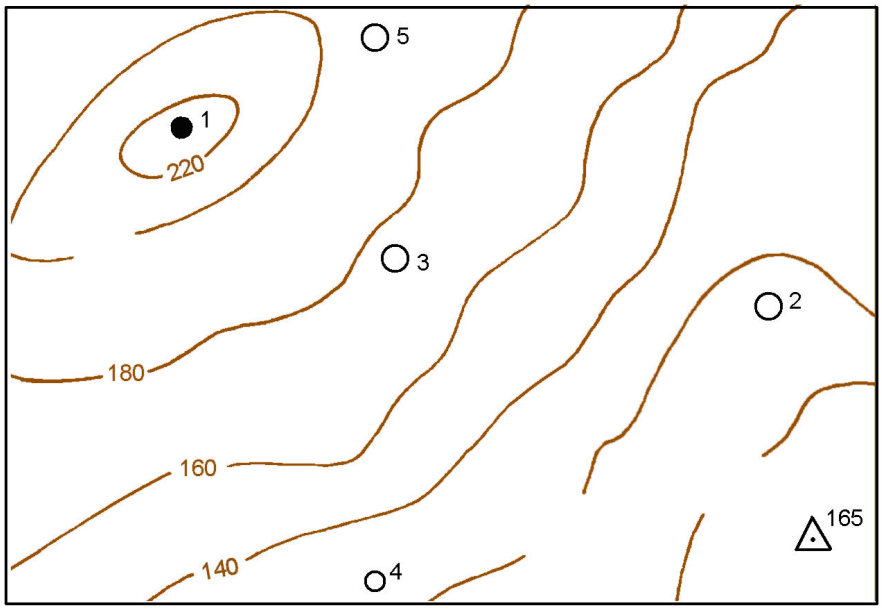
Варианты разрезов опорной скважины к карте 2

2.1		2.2		2.3		2.4		2.5	
разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м
T	23	₽	24	₽	35	D	26	T	27
P	31	K	23	K	23	S	29	P	22
C	24	J	20	J	27	O	22	C	26
D	***>35***	***T***	***>45***	***T***	***>35***	***Є***	***>30***	***D***	***>55***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.1. Построение геологической карты по данным бурения скважины. Горизонтальное залегание. Комплексное задание

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
масштаб 1:25 000 **3 –**



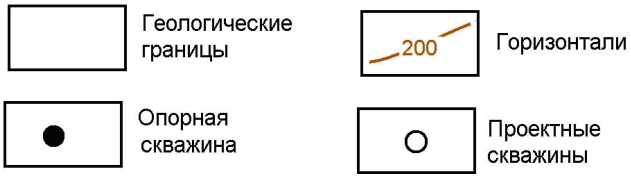
Разрез скв. № 1



Таблица глубин залегания опорного горизонта в проектных скважинах

№№ скважин	Глубина
2	
3	
4	
5	

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



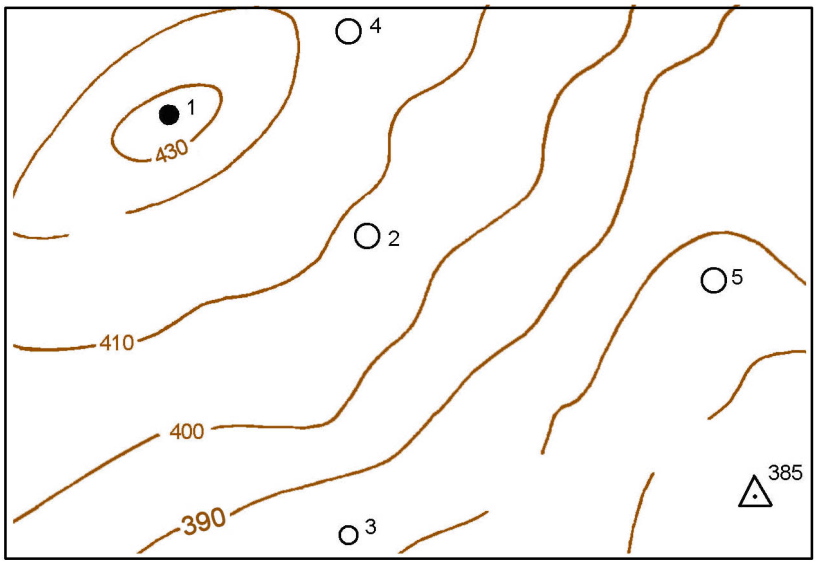
Варианты разрезов опорной скважины к карте 3

3.1		3.2		3.3		3.4		3.5	
разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м
N	30	D	24	P	35	T	19	K	16
₽	22	S	30	C	16	P	33	J	23
K	28	O	27	D	22	C	20	T	34
J	***>35***	***Є***	***>25***	***S***	***>40***	***D***	***>50***	***P***	***>45***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.1. Построение геологической карты по данным бурения скважины. Горизонтальное залегание. Комплексное задание

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
масштаб 1:25 000 **4 –**



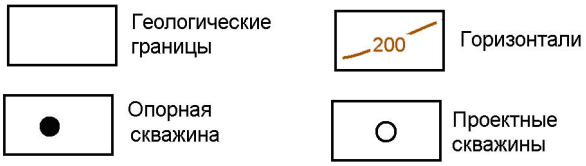
Разрез скв. № 1



Таблица глубин залегания опорного горизонта в проектных скважинах

№№ скважин	Глубина
2	
3	
4	
5	

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

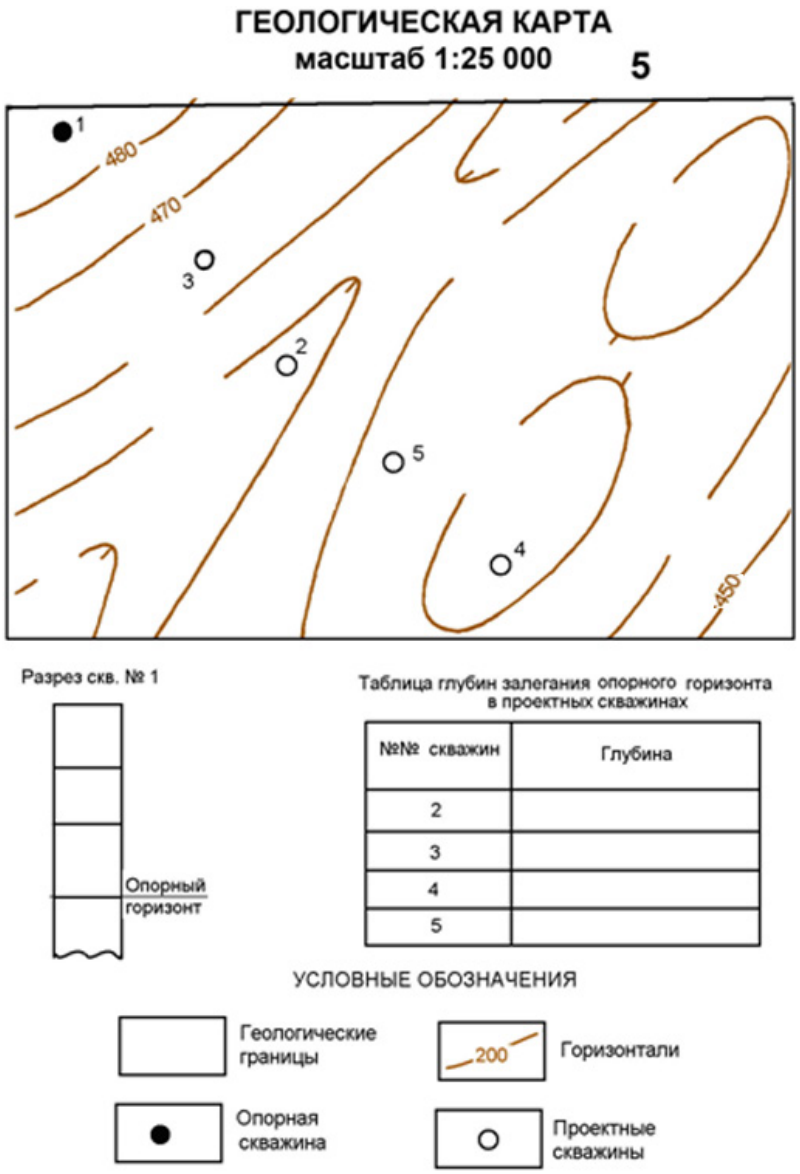


Варианты разрезов опорной скважины к карте 4

4.1		4.2		4.3		4.4		4.5	
разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м
K	14	T	15	₽	18	K	12	P	10
J	11	P	18	K	15	J	13	C	13
T	15	C	10	J	13	T	15	D	16
P	***>35***	***D***	***>30***	***T***	***>10***	***P***	***>25***	***S***	***>35***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.1. Построение геологической карты по данным бурения скважины. Горизонтальное залегание. Комплексное задание

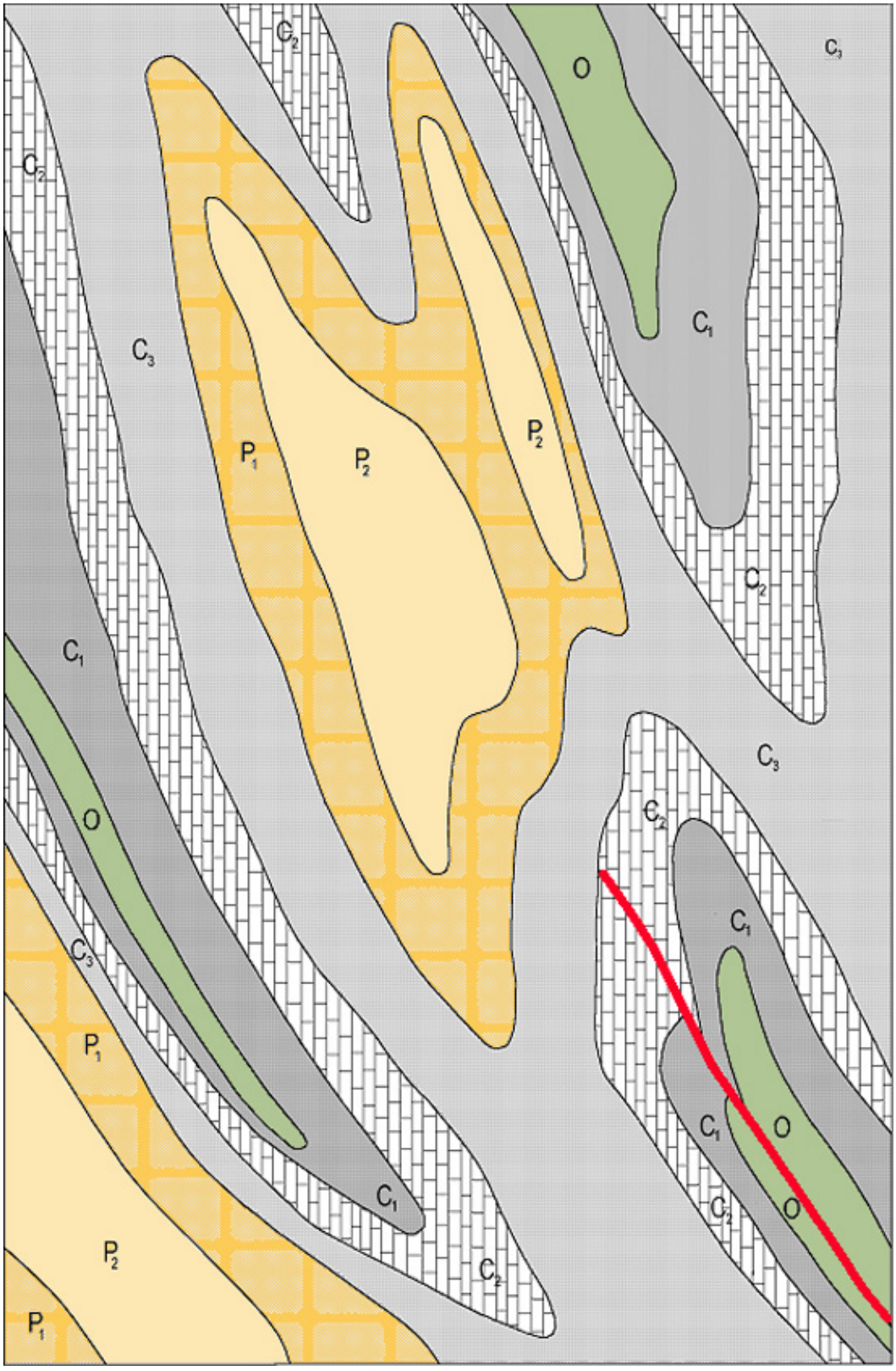


Варианты разрезов опорной скважины к карте 5

5.1		5.2		5.3		5.4		5.5	
разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м	разрез скважины	толщина, м
C	16	J	18	₽	14	K	15	T	17
D	10	T	12	K	11	J	10	P	14
S	13	P	10	J	14	T	16	C	10
O	***>25***	***C***	***>50***	***T***	***>45***	***P***	***>40***	***D***	***>30***

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ВАРИАНТЫ К ЗАДАНИЮ 12.3. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПО УСЛОВНОЙ КАРТЕ СО СКЛАДЧАТЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ

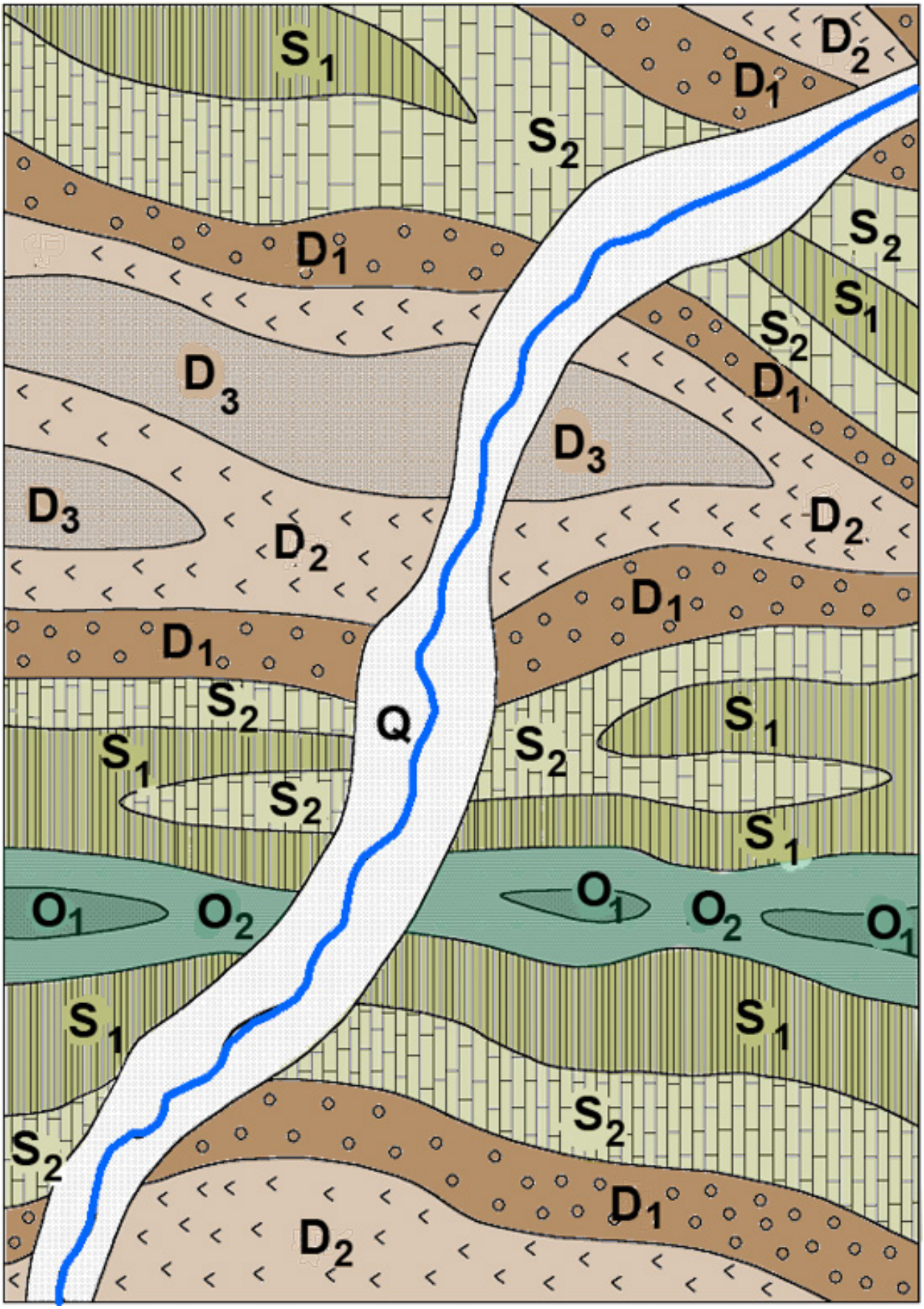


Карта 1

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.3. Построение геологического разреза по условной карте со складчатым залеганием

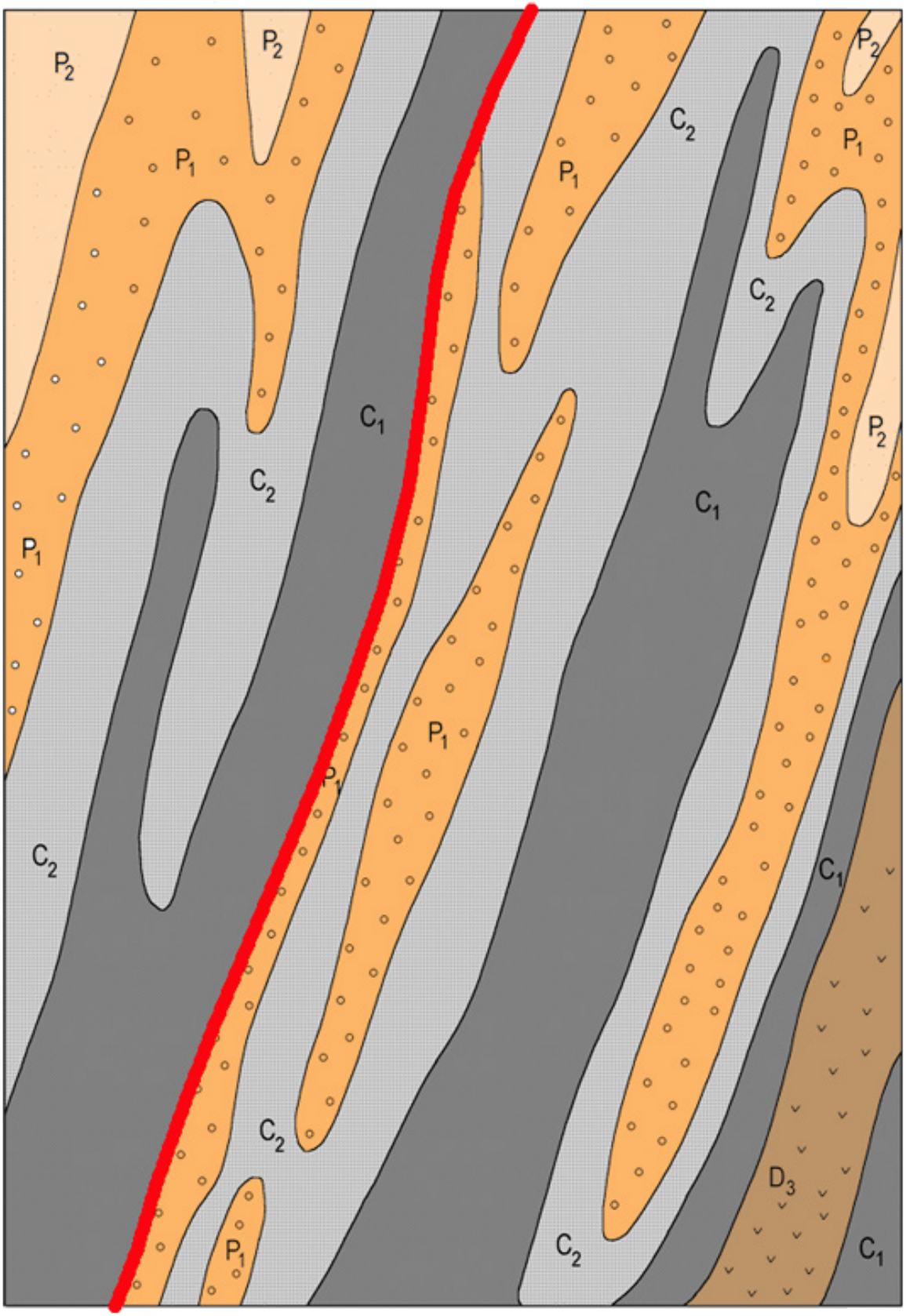
1.



Карта 2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

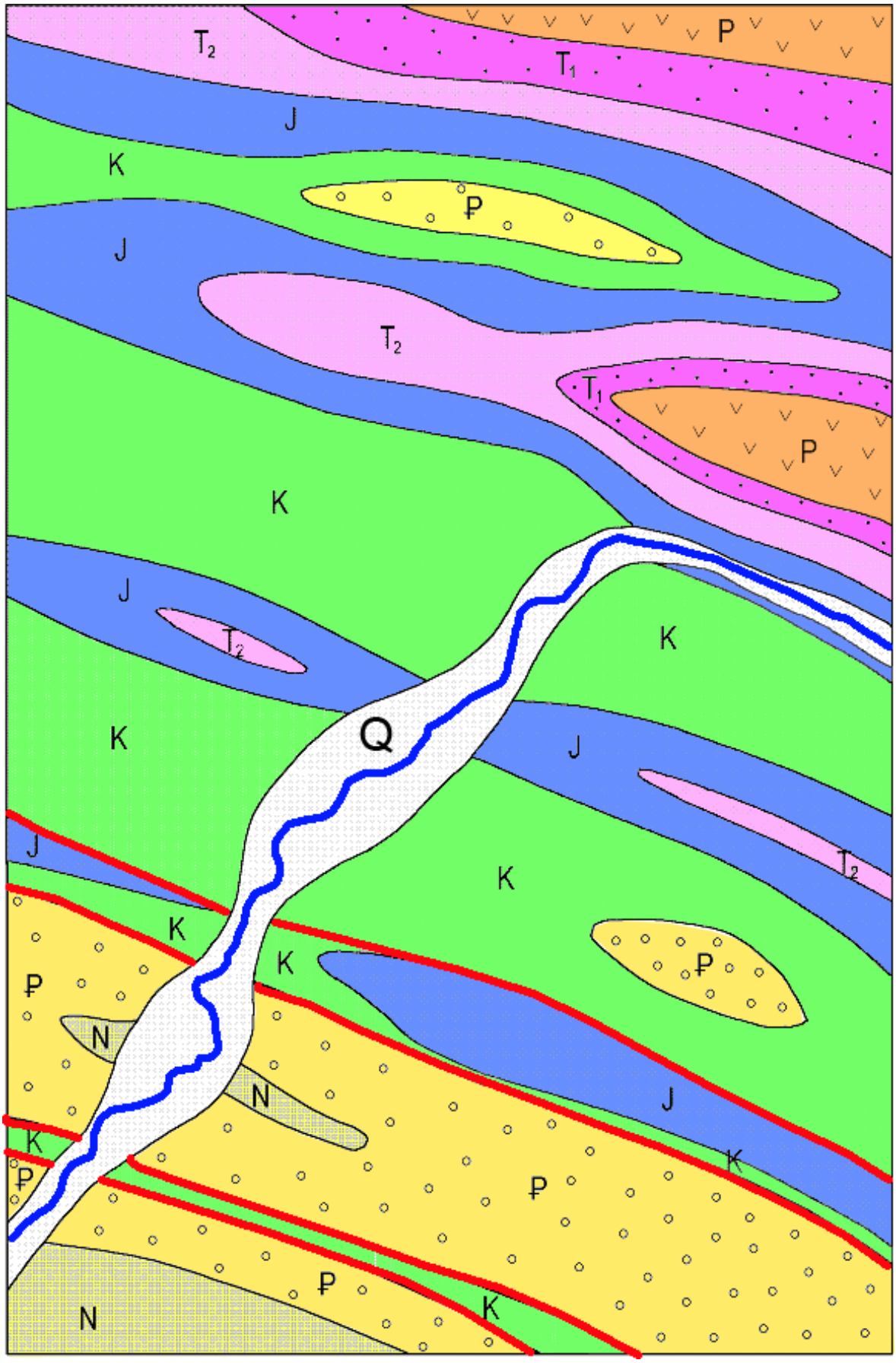
Варианты к заданию 12.3. Построение геологического разреза по условной карте со складчатым залеганием



Карта 3

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

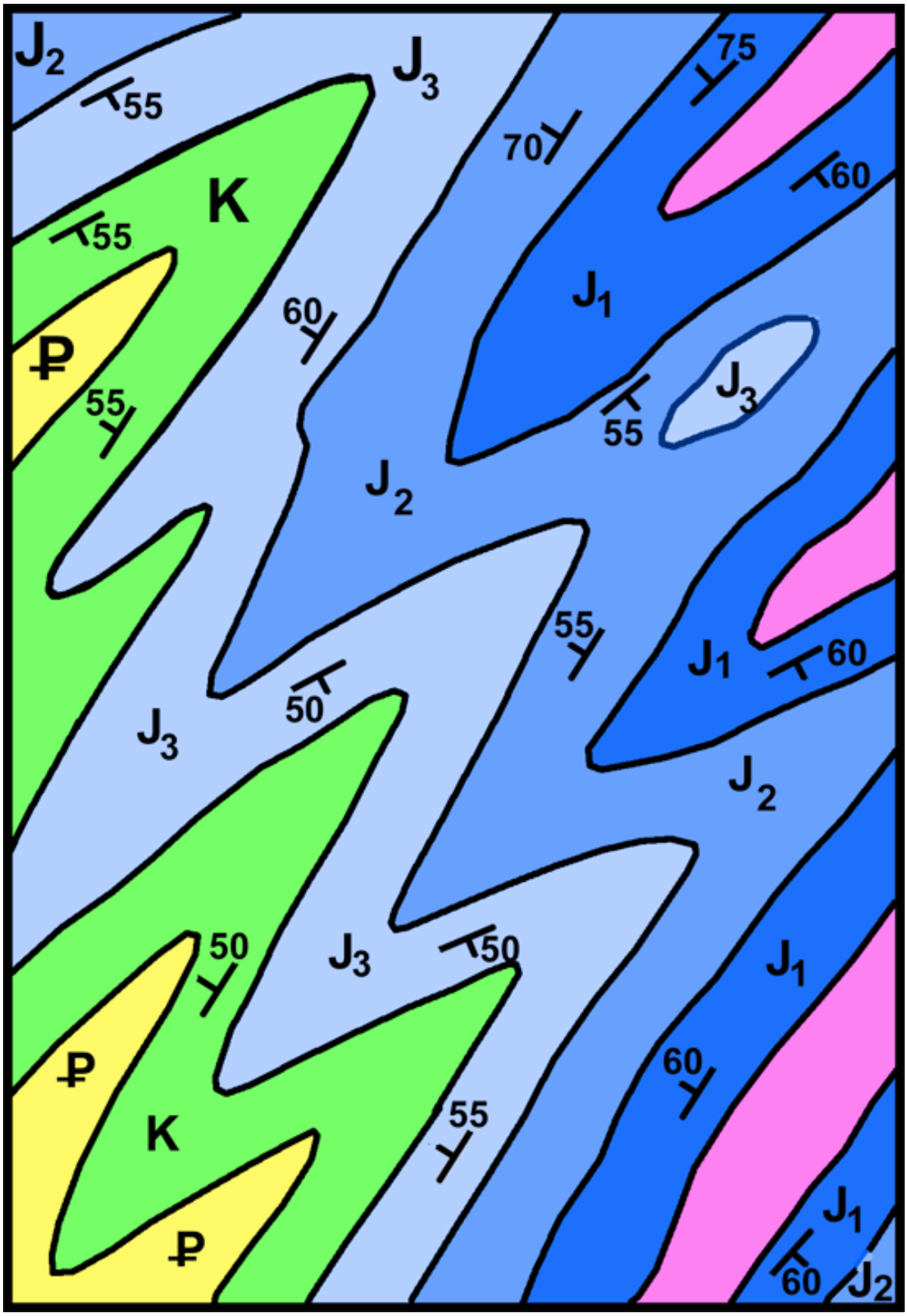
Варианты к заданию 12.3. Построение геологического разреза по условной карте со складчатым залеганием



Карта 4

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

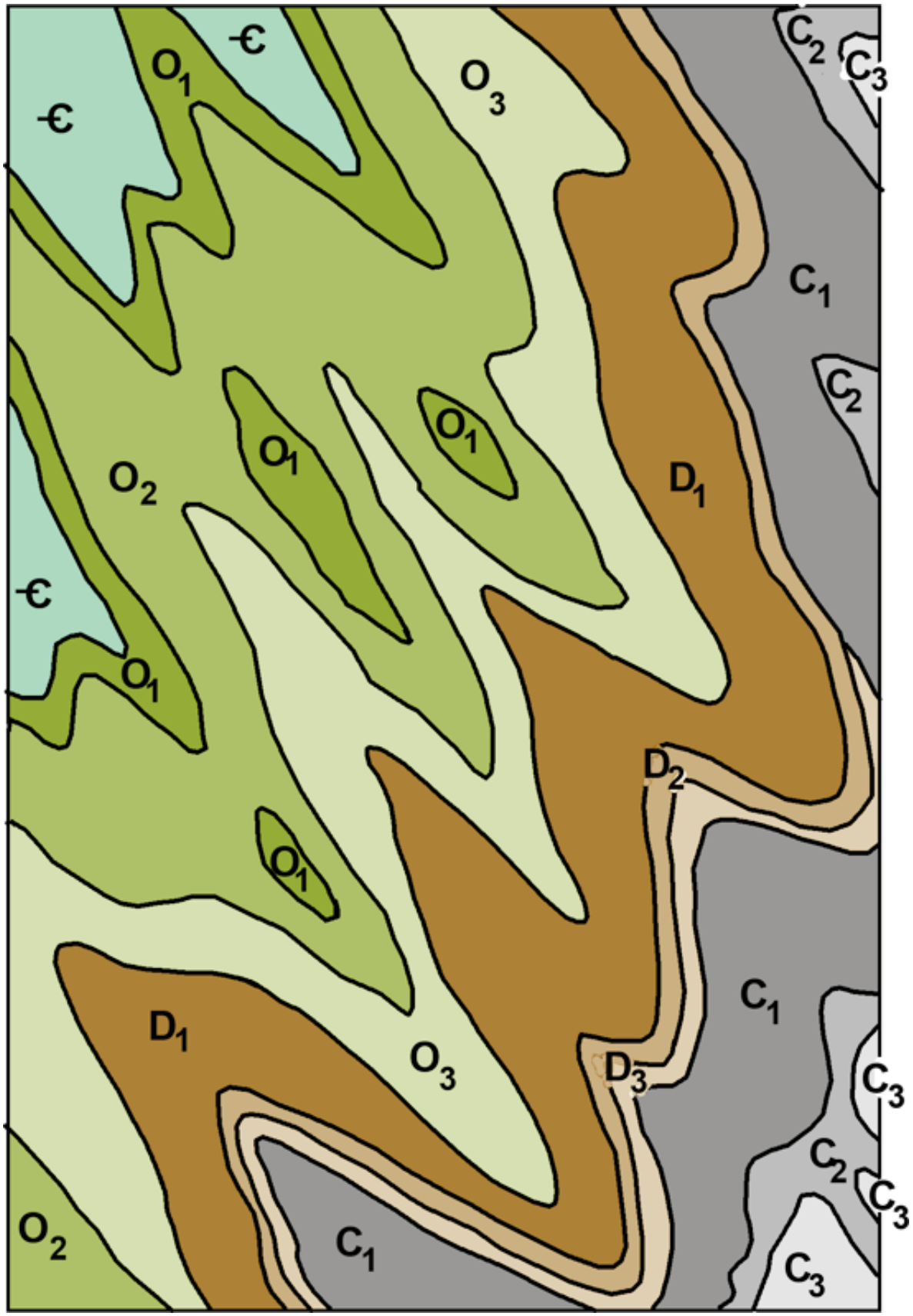
Варианты к заданию 12.3. Построение геологического разреза по условной карте со складчатым залеганием



Карта 5

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

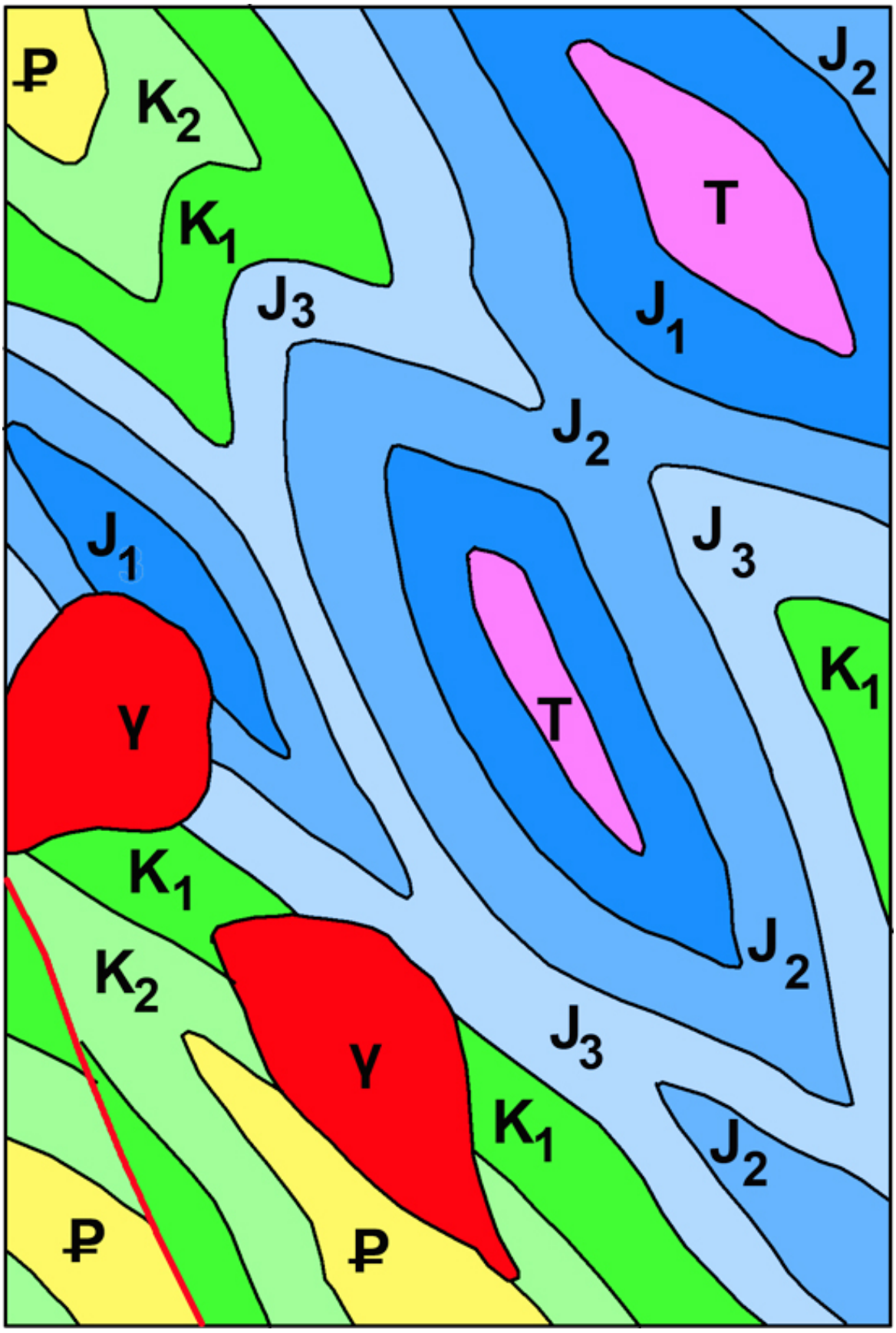
Варианты к заданию 12.3. Построение геологического разреза по условной карте со складчатым залеганием



Карта 6

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

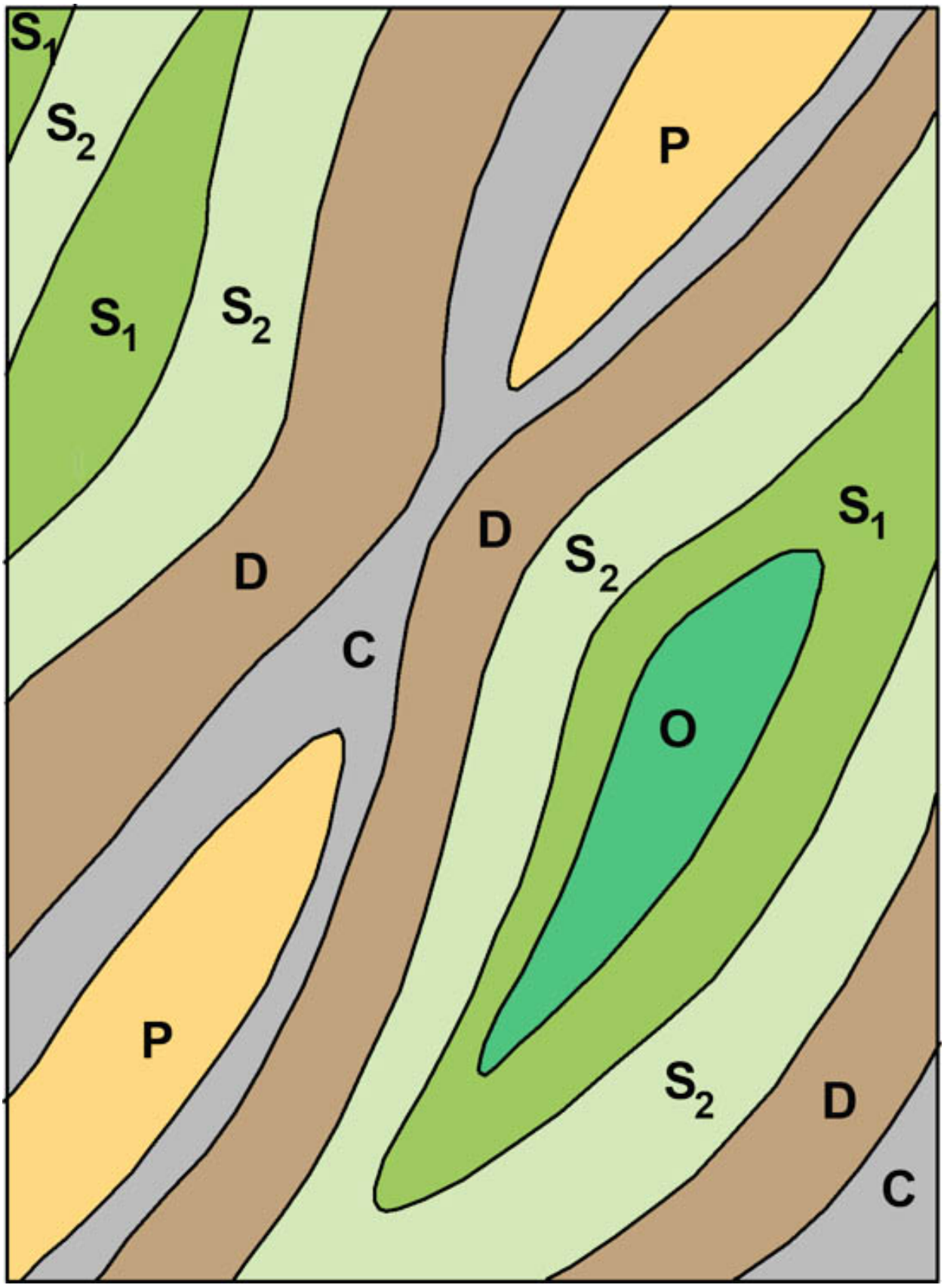
Варианты к заданию 12.3. Построение геологического разреза по условной карте со складчатым залеганием



Карта 7

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.3. Построение геологического разреза по условной карте со складчатым залеганием



Карта 8

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.1. Построение геологического разреза с простым строением по данным бурения

ЗАДАНИЕ 12.4.1. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА С ПРОСТЫМ СТРОЕНИЕМ ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ

Здесь приведено 12 вариантов заданий по теме.

!!! Напоминание: глубина измеряется от поверхности Земли (альтитуды устья скважины) до целевой границы.

Скважины располагаются на расстоянии 2 км друг от друга.

Варианты 1-3

№ скважины	Альтитуда. устья скважины	Глубина залегания подошвы отложений, м					Забой скважины, м (S)
		J	T	P	C	D	
1	207	240	612	975	1220	1475	1500
2	105	105	363	661	895	1146	1300
3	103	135	405	742	1128	1376	1500
4	97	100	430	810	1001	1150	1400
5	132	130	437	832	1068	1347	1400
6	204	237	506	846	1232	1479	1500
7	103	138	504	872	1118	1372	1400

Скважины расположены в следующей последовательности с запада на восток:
Вариант 1 скв. 1, скв. 4, скв. 2, скв. 5, скв. 3.
Вариант 2 скв. 5, скв. 1, скв. 2, скв. 3, скв. 4
Вариант 3. скв. 4, скв. 6, скв. 2, скв. 7, скв. 5.

Варианты 4-6

№ скважины	Альтитуда. устья скважины	Глубина залегания подошвы отложений, м					Забой скважины, м (S)
		J	T	P	C	D	
1	205	140	515	873	1123	1373	1460
2	160	65	265	560	793	1043	1220
3	105	35	306	638	1028	1278	1500
4	106	70	332	710	903	1053	1300
5	132	65	340	735	970	1250	1360
6	96	-	212	539	876	1115	1230
7	168	76	377	709	951	1203	1345
8	128	42	268	597	842	1108	1270
9	103	51	252	613	834	1025	1250

Скважины расположены в следующей последовательности с запада на восток:
Вариант 4. скв. 4, скв. 9, скв. 2, скв. 8, скв. 5.
Вариант 5. скв. 3, скв. 6, скв. 2, скв. 7, скв. 1.
Вариант 6. скв. 1, скв. 4, скв. 2, скв. 3, скв. 5.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.1. Построение геологического разреза с простым строением по данным бурения

Варианты 7-9

№ скважины	Альтитуда. устья скважины	Глубина залегания подошвы отложений, м					Забой скважины, м (S)
		J	T	P	C	D	
1	195	93	462	1280	1385	1530	1600
2	250	75	505	980	1085	1235	1300
3	202	10	343	703	805	950	1000
4	225	30	423	682	787	940	980
5	178	30	476	671	776	925	980
6	210	25	415	865	970	1120	1660
7	175	40	564	1070	1173	1375	1600
8	180	15	452	715	815	1015	1300
9	215	107	641	821	926	1075	1100

Скважины расположены в следующей последовательности с запада на восток:
Вариант 7. скв.1, скв.2, скв.3, скв.4, скв. 5.
Вариант 8. скв. 9, скв. 8, скв. 3, скв. 6, скв. 7.
Вариант 9. скв. 7, скв. 8, скв. 3, скв. 6, скв. 9.

Варианты 10-12

№ скважины	Альтитуда. устья скважины	Глубина залегания подошвы отложений, м					Забой скважины, м (S)
		J	T	P	C	D	
№ скв	Альт. устья скв.	Глубина залегания подошвы отложений, м					Забой скв., м (S)
		J	T	P	C	D	
1	275	79	570	772	1070	1270	1415
2	306	86	423	504	665	1052	1170
3	370	120	360	556	820	1366	1395
4	303	16	166	210	356	1160	1210
5	256	-	10	153	540	1555	1645
6	304	126	437	728	904	1427	1580
7	243	137	512	838	1030	1464	1570
8	415	78	314	496	794	1302	1450
9	268	132	286	423	704	1227	1300

Скважины расположены в следующей последовательности с запада на восток:
Вариант 10. скв. 1, скв. 2, скв. 3, скв. 4, скв. 5.
Вариант 11. скв.7, скв.6, скв. 3, скв.6, скв.9.
Вариант 12. скв. 3, скв. 8, скв. 9, скв. 6, скв. 7.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ВАРИАНТЫ К ЗАДАНИЮ 12.4.2. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА С РАЗЛОМАМИ ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ

Ниже приведены 12 вариантов исходных данных для построения геологических разрезов по данным бурения с разломами. В каждом варианте требуется построить два разреза – в обоих разрезах имеется разлом, причем одинакового вида.

Буква «р» после числа означает, что данная граница является не подошвой, а разломом. Если буква «р» отсутствует, разлом все0равно может быть, только не диагностирован в скважине, а получается по построениям

Прочерк в таблице означает, что данная граница в разрезе скважины отсутствует (сброс).

Если в ячейке помещены два различных числа, это значит, что граница встречена дважды, на разных абсолютных отметках (взброс).

Закрашенные ячейки означают, что в данной скважине геологическая граница отсутствует, а на указанной в последнем столбике глубине встречен уже забой скважины

и в скобках отмечена стратиграфическая принадлежность толщи.

Под каждой таблицей помещена схема расположения скважин. Вертикальная черточка слева обозначает начало разреза (положение западной вертикальной шкалы). Далее указаны расстояния между скважинами.

Рекомендуемый масштаб построений – 1:10 000 вертикальный и горизонтальный.

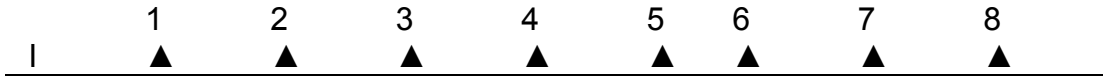
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 1 Разрез 1

№№ Скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м							Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		N	₽	K	J	T	P	C	
1	160	-	50	300	600	1050			1100 (P)
2	160	-	-	140	380	750			870 (P)
3	150	-	-	-	190	470	850		940 (C)
4	140	-	80	200	-	360	680	950	1040 (D)
5	150	-	70	250	350	-	620	860	940 (D)
6	130	-	70	250	440	570	-	750	900 (D)
7	150	-	100	270	480	690	910	-	1050 (D)
8	120	30	190	370	570	800			930 (P)

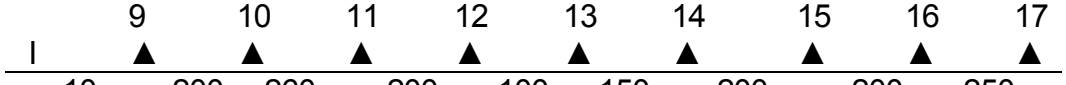
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 1. Разрез 2.

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		₽	K	J	T	P	C	
9	130	-	40	250	600			800 (P)
10	120	-	50	120	400	750		850 (C)
11	125	-	70	200	320	620	900	950 (D)
12	110	-	50	230	350	520	750	850 (D)
13	120	-	80	250	420	500	720	820 (D)
14	125	-	100	270	500	550	680	800 (D)
15	115	-	120	300	570	680		820 (C)
16	100	50	200	350	650	820		900 (C)
17	90	90	250	470	770			850 (P)

Схема расположения скважин на разрезе 2



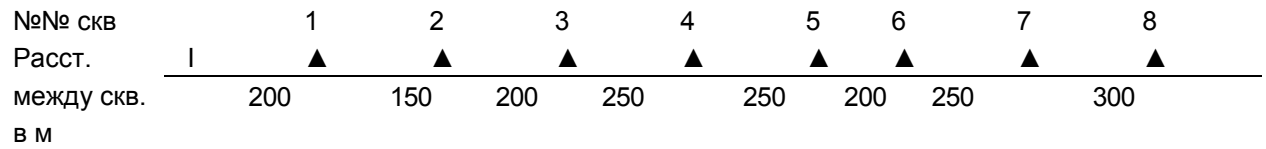
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 2 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		N	₽	K	J	T	P	
1	150	120	300 580	400р 800	1000	1200		1320 (P)
2	155	80	260 540	450 730	910	1120		1200 (P)
3	155	50	230	450 680	520 860	1060		1250 (P)
4	130	20	200	420	580 800	650 1000		1150 (P)
5	100	50	230	440	600	750 р 970		1120 (P)
6	110	70	240	450	630	810 950	860	1050 (C)
7	100	150	320	520	740	950	1020р	1120 (C)
8	120	250	500	700	900	1150	1200р	1250 (C)

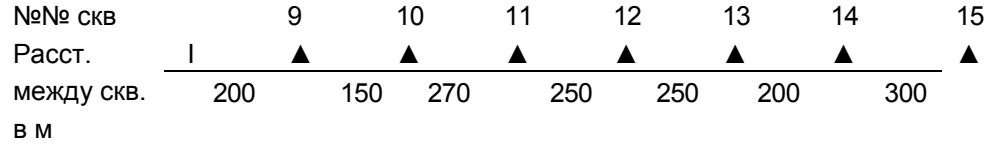
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 2. Разрез 2.

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		N	₽	K	J	T	P	
9	160	30 240	150 480	700	950			1250 (T)
10	150		140 400	250 600	850	1100		1200 (P)
11	140		100	300 500	400 730	950		1150 (C)
12	120		100	270	470 650	570 850	1070	1170 (C)
13	140		160	320	520	820	1020	1130 (C)
14	150	30	200	380	640	840	880р 1000	1120 (C)
15	140	100	300	540	800	1000	1070	1270 (C)

Схема расположения скважин на разрезе 2



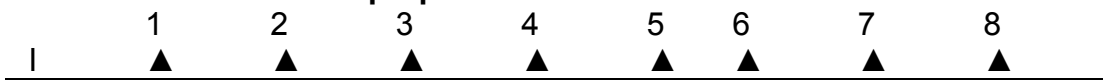
Вариант 3, разрез 1

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м							Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		N	₽	K	J	T	P	C	
1	120	30	190	370	570	800			930 (P)
2	150	-	100	270	480	690	910		1050 (C)
3	130	-	70	250	440	570	-	750	900 (P)
4	150	-	70	250	350	-	620	860	940 (D)
5	140	-	80	200	-	360	680	950	1040 (D)
6	150	-	-	-	190	470	850		949 (C)
7	160	-	-	140	380	750			870 (P)
8	160	-	50	300	600	1050			1100 (P)

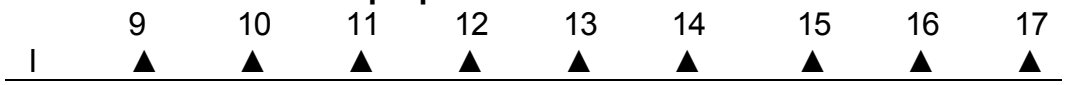
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 3. Разрез 2.

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		₽	K	J	T	P	C	
9	90	90	250	470	770			850 (P)
10	100	50	200	350	650	820		900 (C)
11	115	-	120	300	570	680		820 (C)
12	125	-	100	270	500	550	680	800 (D)
13	120	-	80	250	420	500	720	820 (D)
14	110	-	50	230	350	520	750	850 (D)
15	125	-	70	200	320	620	900	950 (D)
16	120	-	50	120	400	750		850 (C)
17	130	-	40	250	600			800 (P)

Схема расположения скважин на разрезе 2



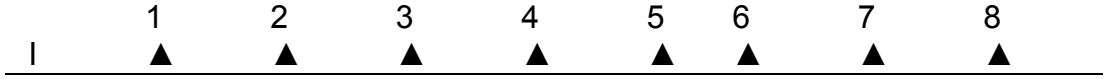
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 4 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		N	₽	K	J	T	P	
1	120	250	500	700	900	1150	1200р	1250 (P)
2	100	150	320	520	740	950	1020р	1120 (P)
3	110	70	240	450	630	810 950	860	1050 (P)
4	100	50	230	440	600	750р 970		1120 (P)
5	130	20	200	420	580 800	650 1000		1150 (P)
6	155	50	230	450 680	520 860	1060		1250 (P)
7	155	80	260 540	450 730	910	1120		1200 (P)
8	150	120	300 580	400р 800	1000	1200		1320 (P)

Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 4. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		N	₽	K	J	T	P	
9	140	100	300	540	800	1000	1070	1270 (C)
10	150	30	200	380	640	840	880р 1000	1120 (C)
11	140	-	160	320	520	820	1020	1130 (C)
12	120	-	100	270	470 650	57085 0	1070	1170 (C)
13	140	-	100	300 500	400	730	950	1150 (C)
14	150	-	140 400	250 600	850	1100		1200 (P)
15	160	30 240	150 480	700	950			1250 (T)

Схема расположения скважин на разрезе 2



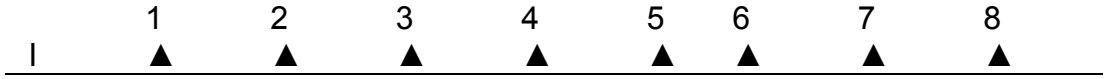
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 5 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м							Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_2	K_1	J_3	J_2	J_1	T_3	T_2	
1	160	-	50	300	600	1050			1100 (T_3)
2	160	-	-	140	380	750			870 (T_3)
3	150	-	-	-	190	470	850		940 (T_2)
4	140	-	80	200	-	360	680	950	1040 (T_1)
5	150	-	70	250	350	-	620	860	940 (T_1)
6	130	-	70	250	440	570	-	750	900 (T_1)
7	150	-	100	270	480	690	910	-	1050 (T_1)
8	120	30	190	370	570	800			930 (T_3)

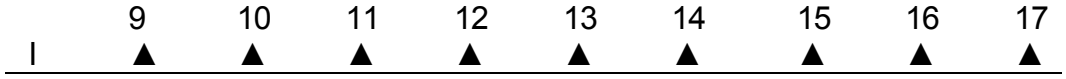
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 5. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_1	J_3	J_2	J_1	T_3	T_2	
9	130	-	40	250	600			800 (T_3)
10	120	-	50	120	400	750		850 (T_2)
11	125	-	70	200	320	620	900	950 (T_1)
12	110	-	50	230	350	520	750	850 (T_1)
13	120	-	80	250	420	500	720	820 (T_1)
14	125	-	100	270	500	550	680	800 (T_1)
15	115	-	120	300	570	680		820 (T_1)
16	100	50	200	350	650	820		900 (T_1)
17	90	90	250	470	770			850 (T_1)

Схема расположения скважин на разрезе 2



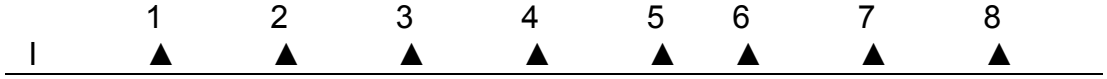
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 6 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		T_3	T_2	T_1	P_2	P_1	C_3	
1	150	120	300 580	400р 800	1000	1200		1320 (C_3)
2	155	80	260 540	450 730	910	1120		1200 (C_3)
3	155	50	230	450 680	520 860	1060		1250 (C_3)
4	130	20	200	420	580 800	650 1000		1150 (C_3)
5	100	50	230	440	600	750 р 970		1120 (C_3)
6	110	70	240	450	630	810 950	860	1050 (C_2)
7	100	150	320	520	740	950	1020р	1120 (C_3)
8	120	250	500	700	900	1150	1200р	1250 (C_3)

Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 6. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		T_3	T_2	T_1	P_2	P_1	C_3	
9	160	30 240	150 480	700	950			1250 (C_3)
10	150		140 400	250 600	830	1100		1200 (C_3)
11	140		100	240	460 640	520р 820	950	1150 (C_3)
12	120		100	270	470 650	570 6700	810	1170 (C_3)
13	140		160	320	520	7500	920	1130 (C_3)
14	150	30	200	380	640	840	1000	1120 (C_3)
15	140	100	300	540	800	1000	1130	1270 (C_3)

Схема расположения скважин на разрезе 2



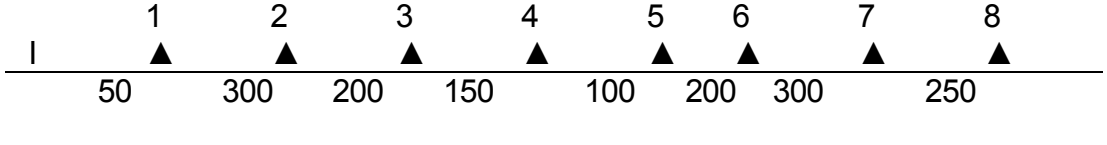
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 7, разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м							Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_2	K_1	J_3	J_2	J_1	T_3	T_2	
1	120	30	190	370	570	800			930 (T_3)
2	150	-	100	270	480	690	910		1050 (T_1)
3	130	-	70	250	440	570	-	750	900 (T_1)
4	150	-	70	250	350	-	620	860	940 (T_1)
5	140	-	80	200	-	360	680	950	1040 (T_1)
6	150	-	-	-	190	470	850		949 (T_2)
7	160	-	-	140	380	750			870 (T_3)
8	160	-	50	300	600	1050			1100 (T_3)

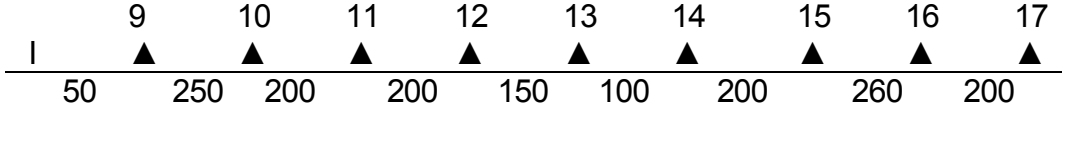
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 7. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_1	J_3	J_2	J_1	T_3	T_2	
9	90	90	250	470	770			850 (T_3)
10	100	50	200	350	650	820		900 (T_2)
11	115	-	120	300	570	680		820 (T_2)
12	125	-	100	270	500	550	680	800 (T_1)
13	120	-	80	250	420	500	720	820 (T_1)
14	110	-	50	230	350	520	750	850 (T_1)
15	125	-	70	200	320	620	900	950 (T_1)
16	120	-	50	120	400	750		850 (T_2)
17	130	-	40	250	600			800 (T_3)

Схема расположения скважин на разрезе 2



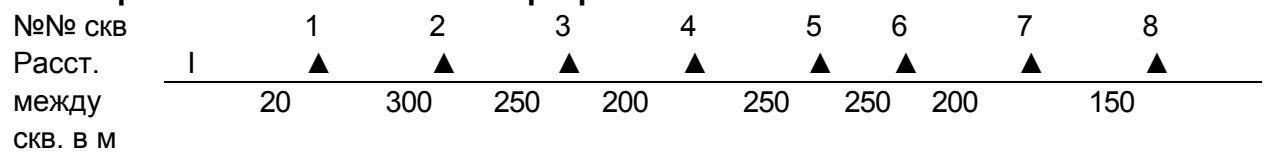
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 8 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложении, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_1	J_3	J_2	J_1	T_3	T_2	
1	120	250	500	700	900	1150	1200р	1250 (T_2)
2	100	150	320	520	740	950	1020р	1120 (T_2)
3	110	70	240	450	630	810 950	860	1050 (T_1)
4	100	50	230	440	600	750р 970		1120 (T_2)
5	130	20	200	420	580 800	650 1000		1150 (T_2)
6	155	50	230	450 680	520 860	1060		1250 (T_2)
7	155	80	260 540	450 730	910	1120		1200(T_2)
8	150	120	300 580	400р 800	1000	1200		1320 (T_2)

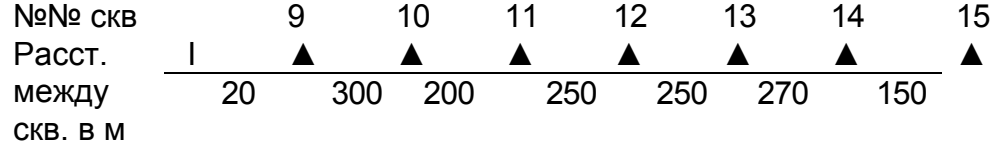
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 8. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложении, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_1	J_3	J_2	J_1	T_3	T_2	
9	140	100	300	540	800	1000	1070	1270 (T_1)
10	150	30	200	380	640	840	880р 1000	1120 (T_1)
11	140	-	160	320	520	820	1020	1130 (T_1)
12	120	-	100	270	470 650	570 850	1070	1170 (T_1)
13	140	-	100	300 500	400	730	950	1150 (T_2)
14	150	-	140 400	250 600	850	1100		1200 (T_2)
15	160	30 240	150 480	700	950			1250 (T_3)

Схема расположения скважин на разрезе 2



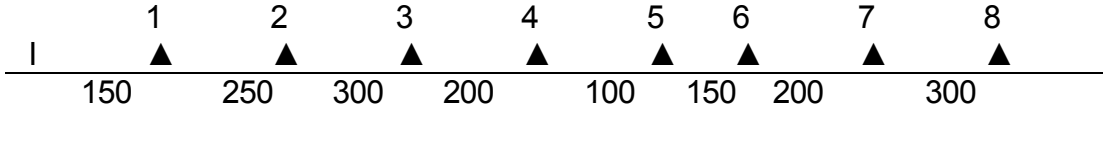
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 9 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м							Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_2t	K_2s	K_1al	K_1a	K_1br	K_1h	K_1v	
1	160	-	50	300	600	1050			1100 (K_1h)
2	160	-	-	140	380	750			870 (K_1h)
3	150	-	-	-	190	470	850		940 (K_1v)
4	140	-	80	200	-	360	680	950	1040 (K_1b)
5	150	-	70	250	350	-	620	860	940 (K_1b)
6	130	-	70	250	440	570	-	750	900 (K_1b)
7	150	-	100	270	480	690	910	-	1050 (K_1b)
8	120	30	190	370	570	800			930 (K_1g)

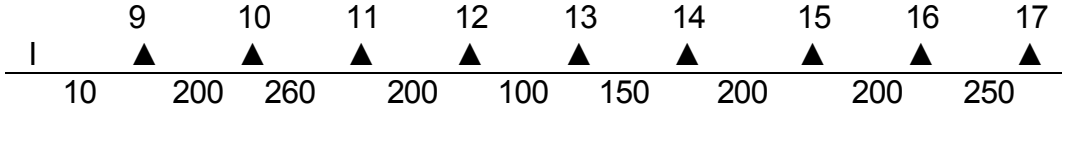
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 9. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложениq, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		K_2s	K_1al	K_1a	K_1br	K_1h	K_1v	
9	130	-	40	250	600			800 (K_1h)
10	120	-	50	120	400	750		850 (K_1v)
11	125	-	70	200	320	620	900	950 (K_1b)
12	110	-	50	230	350	520	750	850 (K_1b)
13	120	-	80	250	420	500	720	820 (K_1b)
14	125	-	100	270	500	550	680	800 (K_1b)
15	115	-	120	300	570	680		820 (K_1b)
16	100	50	200	350	650	820		900 (K_1b)
17	90	90	250	470	770			850 (K_1b)

Схема расположения скважин на разрезе 2



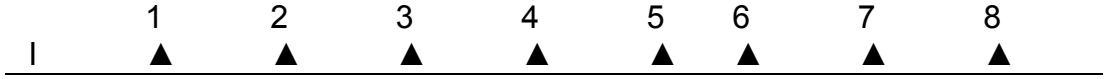
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 10 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		P_2 t	P_2kz	P_2u	P_1k	P_1ar	P_1s	
1	150	120	300 580	400p 800	1000	1200		1320 (P_1s)
2	155	80	260 540	450 730	910	1120		1200 (P_1s)
3	155	50	230	450 680	520 860	1060		1250 (P_1s)
4	130	20	200	420	580 800	650 1000		1150 (P_1s)
5	100	50	230	440	600	750 p 970		1120 (P_1s)
6	110	70	240	450	630	810 950		1050 (P_1s)
7	100	150	320	520	740	950	1020p	1120 (P_1s)
8	120	250	500	700	900	1150	1200p	1250 (P_1s)

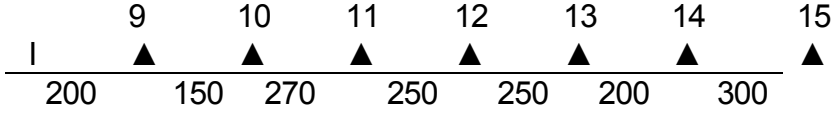
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 10. Разрез 2.

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		P_2t	P_2kz	P_2u	P_1k	P_1ar	P_1s	
9	160	30 240	150 480	700	950			1250 (P_1ar)
10	150	-	140 400	250 600	850	1100		1200 (P_1s)
11	140	-	100	300 500	400 730	950		1150 (P_1s)
12	120	-	100	270	470 650	570 850	1070	1170 (P_1a)
13	140	-	160	320	520	820	1020	1130 (P_1a)
14	150	30	200	380	640	840	880p 1000	1120 (P_1s)
15	140	100	300	540	800	1000	1070	1270 (P_1a)

Схема расположения скважин на разрезе 2



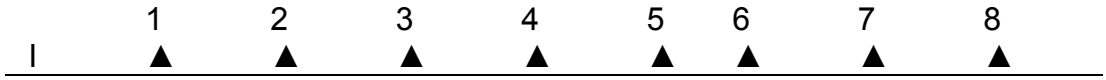
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 11, разрезы 1,3

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м							**Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений**
		C_2b	C_1s	C_1v	C_1t	D_3fa	D_3f	D_2gv	
1	120	30	190	370	570	800			930 (D_3f)
2	150	-	100	270	480	690	910		1050 (D_2 gv)
3	130	-	70	250	440	570	-	750	900 (D_2 ef)
4	150	-	70	250	350	-	620	860	940 (D_2 ef)
5	140	-	80	200	-	360	680	950	1040 (D_2 ef)
6	150	-	-	-	190	470	850		949 (D_2 gv)
7	160	-	-	140	380	750			870 (D_2 f)
8	160	-	50	300	600	1050			1100 (D_3f)

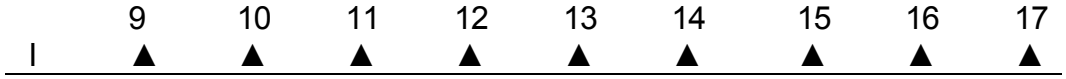
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 11. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						**Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений**
		C_1s	C_1v	C_1t	D_3fa	D_3f	D_2gv	
9	90	90	250	470	770			850 (D_2 f)
10	100	50	200	350	650	820		900 (D_2 gv)
11	115	-	120	300	570	680		820 (D_2 gv)
12	125	-	100	270	500	550	680	800 (D_2 ef)
13	120	-	80	250	420	500	720	820 (D_2 ef)
14	110	-	50	230	350	520	750	850 (D_2 ef)
15	125	-	70	200	320	620	900	950 (D_2 ef)
16	120	-	50	120	400	750		850 (D_2gv)
17	130	-	40	250	600			800 (D_3f)

Схема расположения скважин на разрезе 2



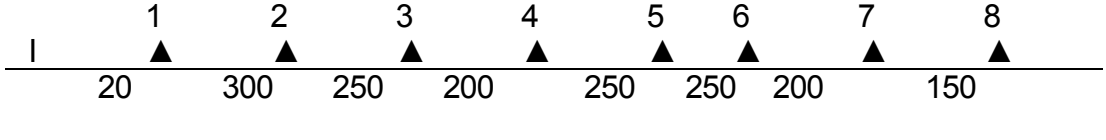
© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты к заданию 12.4.2. Построение геологического разреза с разломами по данным бурения

Вариант 12 Разрез 1

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложений, м						**Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений**
		J_3km	J_3o	J_2k	J_2bt	J_2b	J_2a	
1	120	250	500	700	900	1150	1200р	1250 (J_2a)
2	100	150	320	520	740	950	1020р	1120 (J_2a)
3	110	70	240	450	630	810 950	860	1050 (J_1t)
4	100	50	230	440	600	750р 970		1120 (J_2a)
5	130	20	200	420	580 800	650 1000		1150 (J_2a)
6	155	50	230	450 680	520 860	1060		1250 (J_2a)
7	155	80	260 540	450 730	910	1120		1200 (J_2a)
8	150	120	300 580	400р 800	1000	1200		1320 (J_2a)

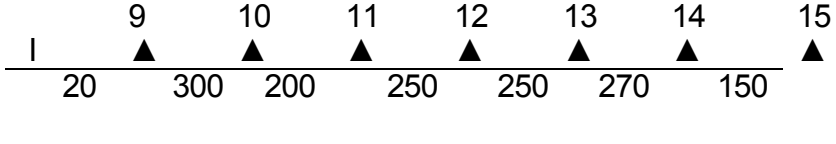
Схема расположения скважин на разрезе 1



Вариант 12. Разрез 2

№№ скв	Альтитуда устья, м	Глубина залегания подошвы или контакта с разломом отложениq, м						Глубина забоя, м. В скобках указан индекс отложений
		J_3km	J_3o	J_2k	J_2bt	J_2b	J_2a	
9	140	100	300	540	800	1000	1070	1270 (J_1t)
10	150	30	200	380	640	840	880р 1000	1120 (J_2a)
11	140	-	160	320	520	820	1020	1130 (J_1t)
12	120	-	100	270	470 650	570 850	1070	1170 (J_1t)
13	140	-	100	300 500	730	940		1140 (J_2a)
14	150	-	140 400	250 600	850	1100		1200 (J_2a)
15	160	30 240	150 480	700	950	1190		1240 (J_2a)

Схема расположения скважин на разрезе 2



© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Варианты заданий к работе 12.6 Построение геологической карты по данным полевых наблюдений (наклонное и горизонтальное залегание слоев)

Варианты заданий к работе 12.6. Построение геологической карты по данным полевых наблюдений (наклонное и горизонтальное залегание слоев)

Номер варианта	Элементы залегания геологических границ		
	т.н. 1-3	т.н. 4 - 7	т.н. 8 - 9
1	25∠65	45∠7	горизонтальное
2	28∠64	48∠6	горизонтальное
3	30∠63	50∠5	горизонтальное
4	31∠62	51∠4	горизонтальное
5	32∠61	52∠10	горизонтальное
6	24∠66	44∠8	горизонтальное
7	23∠67	43∠11	горизонтальное
8	26∠68	42∠15	горизонтальное
9	25∠65	40∠17	горизонтальное
10	22∠63	45∠10	горизонтальное
11	27∠67	43∠15	горизонтальное
12	21∠66	48∠12	горизонтальное

УПРАЖНЕНИЕ 14.1. АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

В этом разделе приведены фрагменты карт, заимствованные из атласа схематических геологических и бланковых карт, изданного под ред. М.М. Москвина, 1976 и переработанные.

Требуется построить геологический разрез и кратко описать геологическое строение территории.

Направление и место геологического разреза выбрать самостоятельно. Так же самостоятельно решить вопрос о необходимости построения рельефа и о преувеличении вертикального масштаба над горизонтальным.

На некоторых картах не приведена стратиграфическая (возрастная) характеристика пород. Вы должны суметь восстановить её самостоятельно.

Разрез оформить по правилам.

При характеристике геологического строения территории необходимо ответить на следующие вопросы: какое залегание (горизонтальное, наклонное, или складчатое?), сколько несогласий и какие, сколько структурных этажей, есть ли разломы и если есть, то какие? Какие элементарные структурные формы показаны на карте? Какими были условия осадконакопления и какой дальнейшая тектоническая история территории?

Далее приведены варианты задания.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

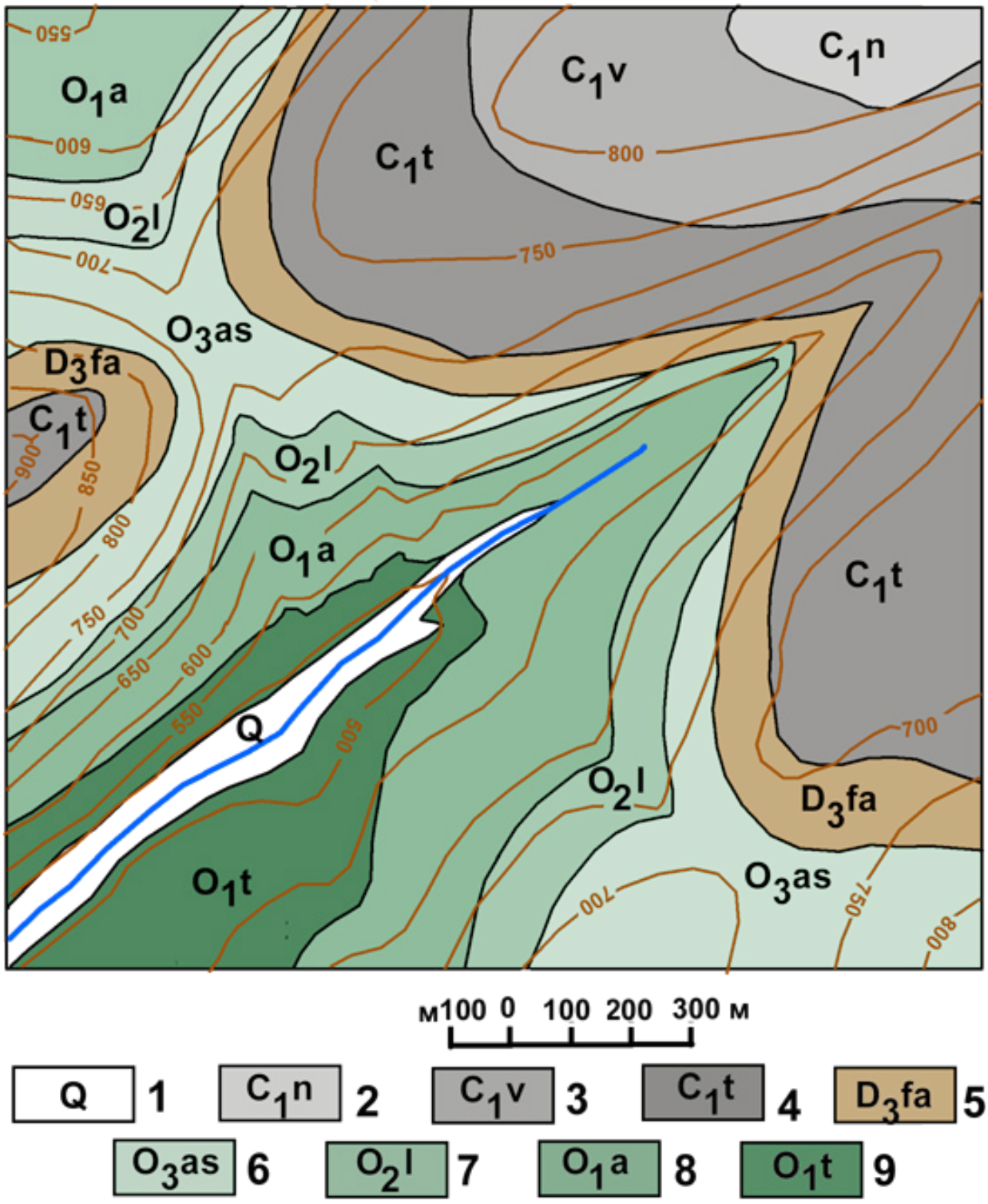


Рис. у.14.1. Карта 1. Условные обозначения: 1 – четвертичная система, галечники и пески; каменноугольная система, нижний отдел; 2 – намюрский ярус, алевролиты и аргиллиты 3 - визейский ярус, мелкозернистые песчаники; 4 – турнейский ярус, крупнозернистые пудинговые песчаники и галечники; 5 - девонская система верхний отдел, фаменский ярус, валунники; ордовикская система: 6 –верхний отдел, ашгильский ярус; известняки; 7 – средний отдел, лландлейский ярус; литокластические туфы липаритового состава; нижний отдел 8 - аренигский ярус; андезит-базальты, 9 - тремадокский ярус, кремнистые сланцы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

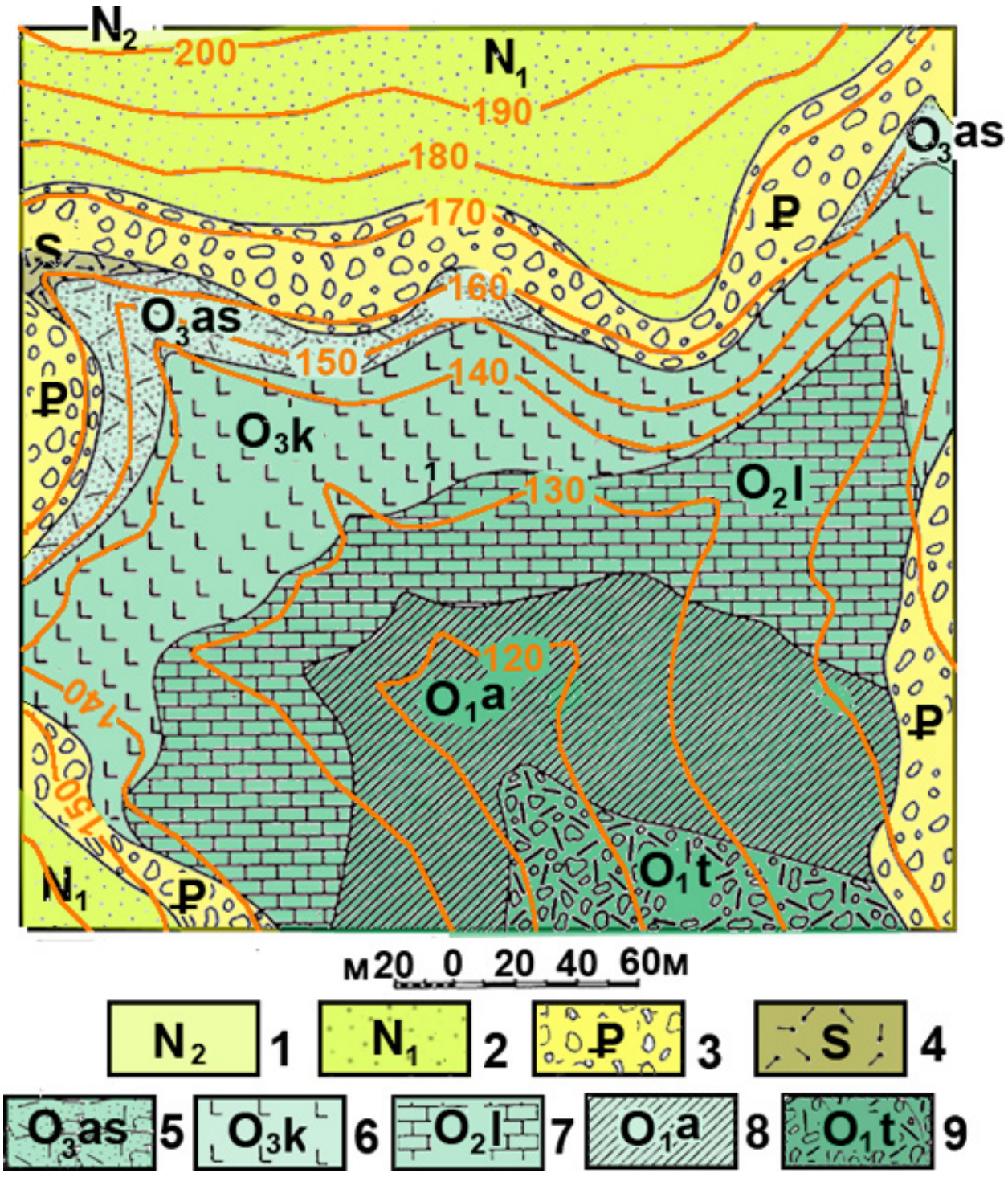


Рис. у.14.2. Карта 2. Условные обозначения: Неогеновая система; 1 – плиоценовый отдел, глины; 2 – миоценовый отдел; известковистые песчаники; 3 – палеогеновая система; конгломераты; 4 – силурийская система; липариты; Ордовикская система верхний отдел 5 - ашгильский ярус; туфопесчаники; 6 - карадогский ярус; базальты; 7 - лландлейский ярус известняки; нижний отдел; 8 – аренигский ярус; песчаники, алевролиты; 9 - тремадокский ярус; туфоконгломераты.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

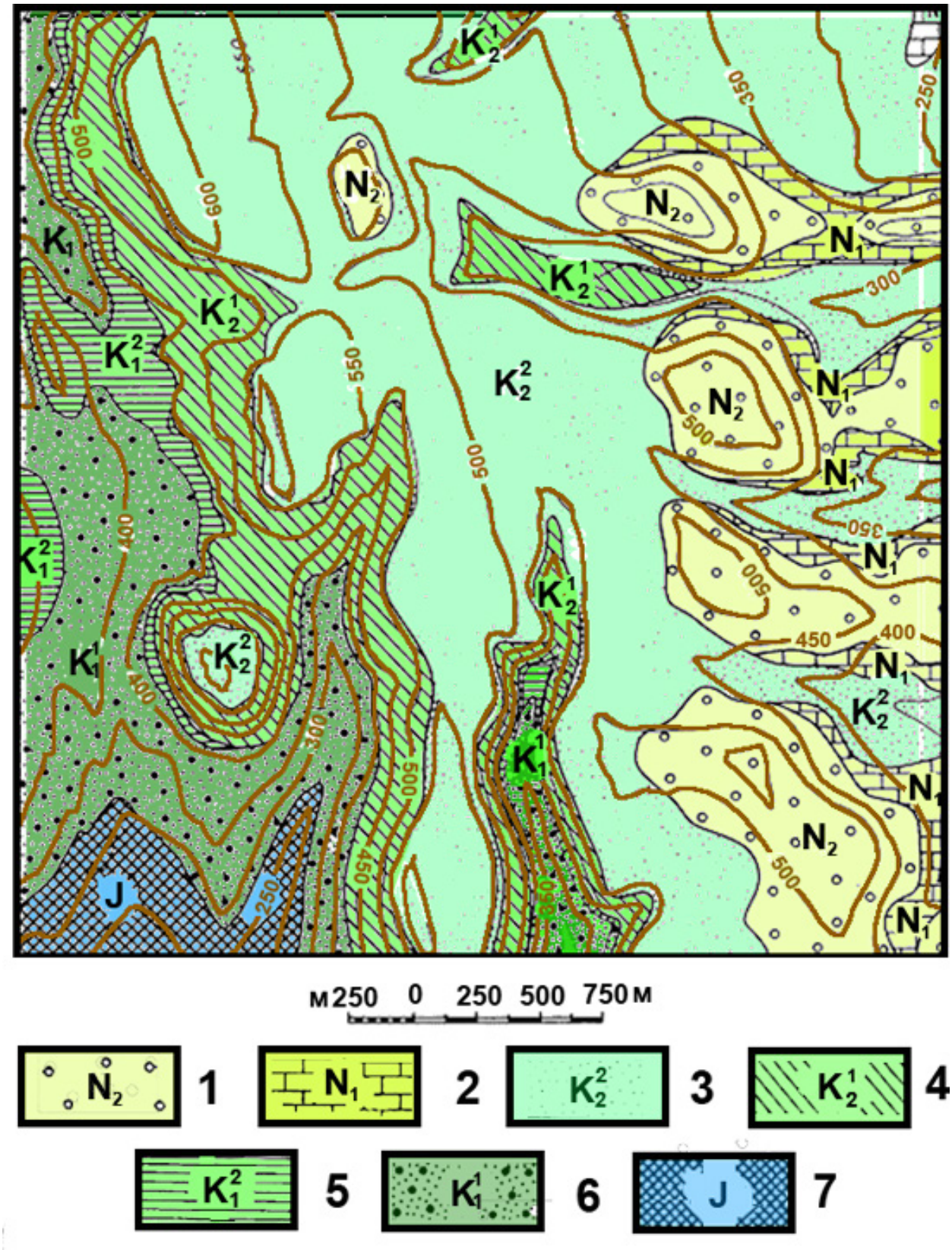


Рис. у.14.3. Карта 3. Условные обозначения: неогеновая система 1 – плиоценовый отдел, известковистые песчаники; 2 – миоценовый отдел; пелитоморфные известняки; меловая система верхний отдел 3 – верхняя пачка криноидные известняки; 4 – нижняя пачка – мергели; нижний отдел 5 - верхняя пачка - известняки; 6 – нижняя пачка – песчанистые мергели; 7 – юрская система верхний отдел – глауконитовые песчаники

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

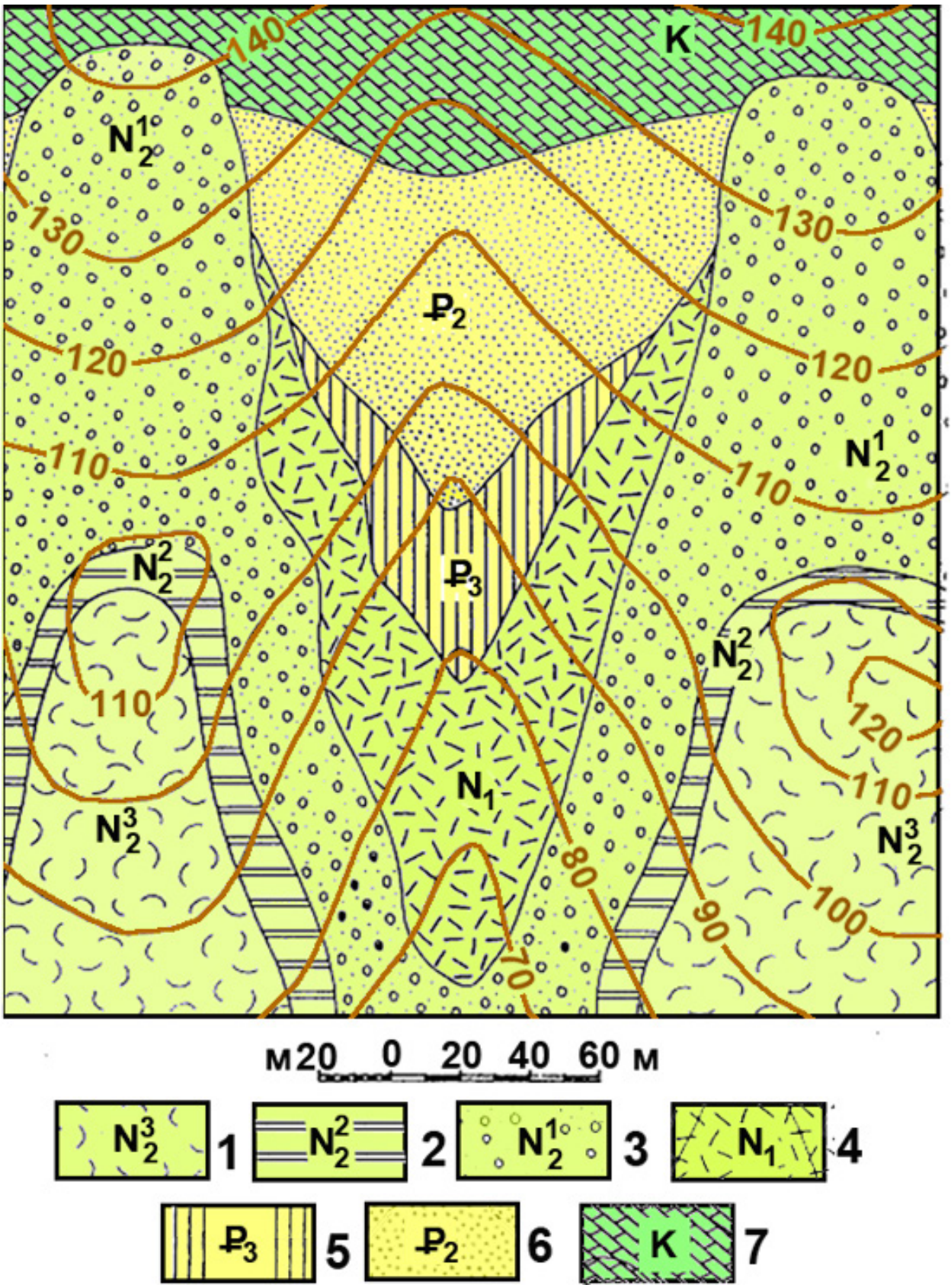


Рис. у.14.4. Карта 4. Условные обозначения: Неогеновая система, плиоценовый отдел, 1 – верхняя пачка; трепелы; 2 – средняя пачка; песчанистые мягкие мергели, 3 – нижняя пачка – кварцевые песчаники; 4 – миоценовый отдел; туфогенные песчаники. Палеогеновая система 5 - олигоценовый отдел известковистые глины; 6 – эоценовый отдел; глауконитовые пески; 7 - Меловая система, верхний отдел, глауконитовые мергели.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

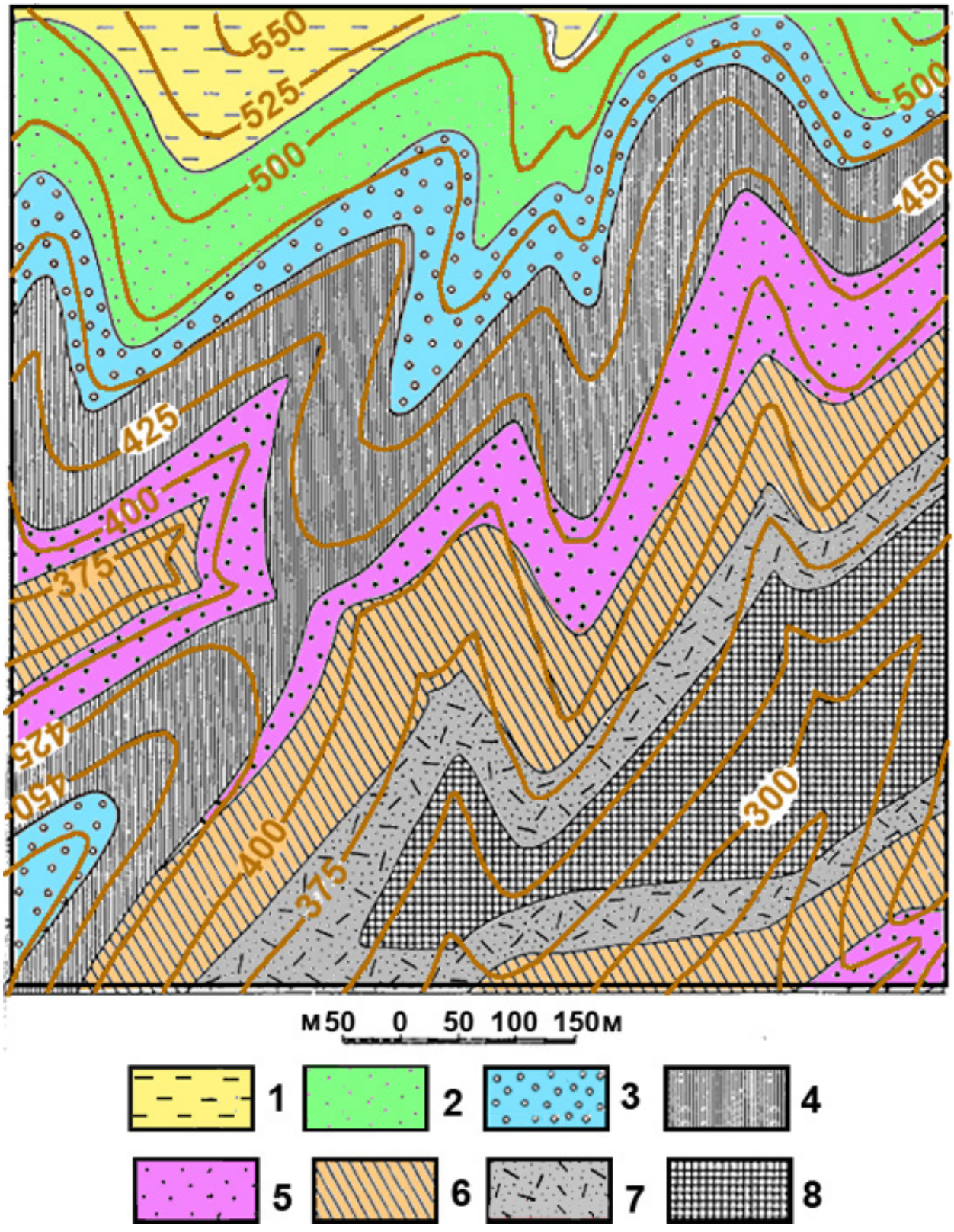


Рис. у.14.5. Карта 5. Условные обозначения: 1 – известняки; 2 – галечники и пески, 3 – песчанистые глины, 4 – пески, 5 – туфопесчаники и туфоалевролиты, 6 - – туфы липаритового состава, 7 - полимиктовые песчаники, 8 – глины с прослоями песчаников, 9 – габбро-диабазы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

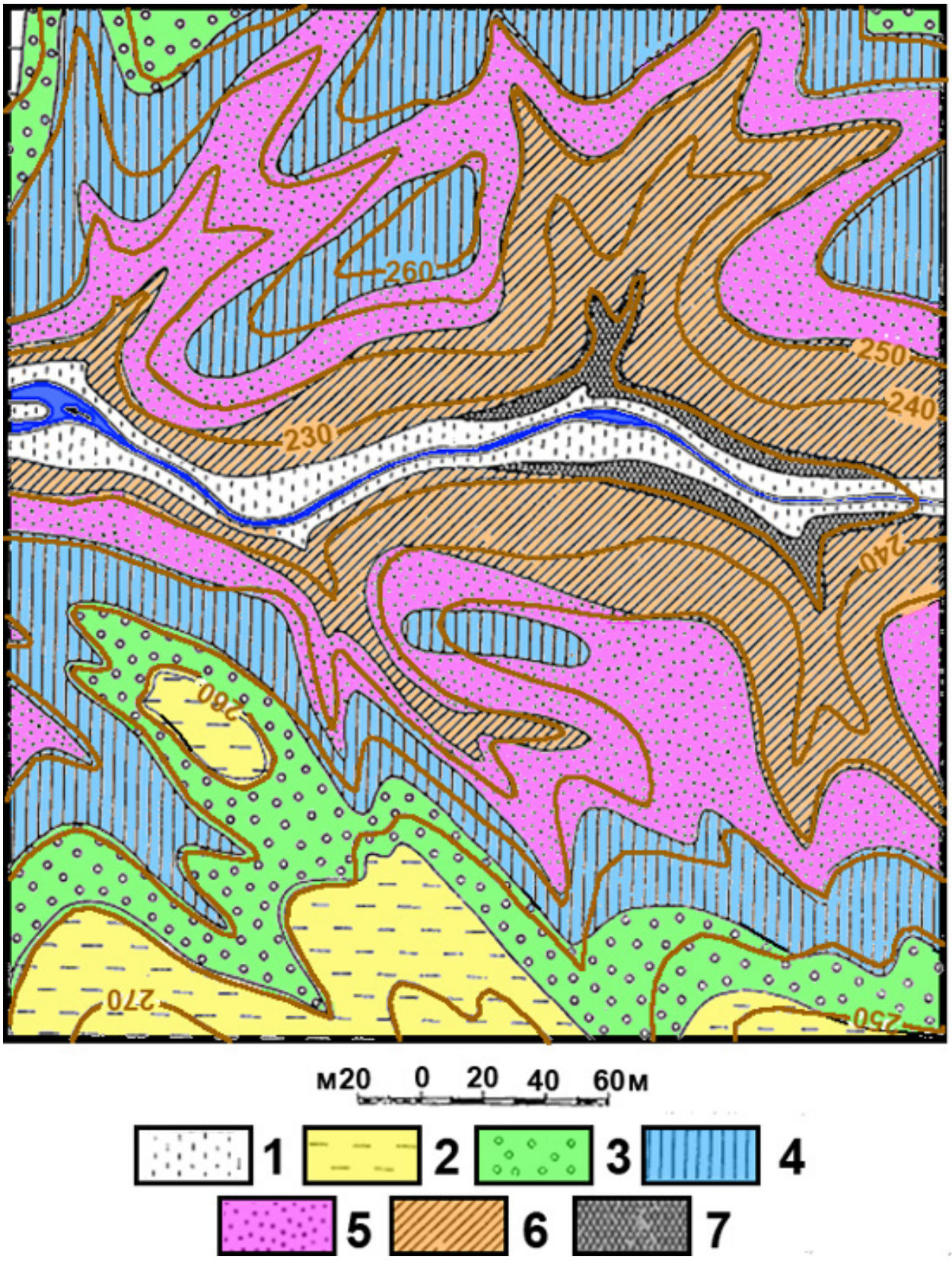


Рис. у.14.6. Карта 6. Условные обозначения: 1 – глауконитовые пески с линзами глин; 2 – супеси и суглинки с дресвой, 3 – галечники с линзами суглинков, 4 – органогенные известняки, 5 – аллювиальные известняки и супеси с галькой, 6 – глины с прослоями песков, 7 - пелитоморфные известняки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

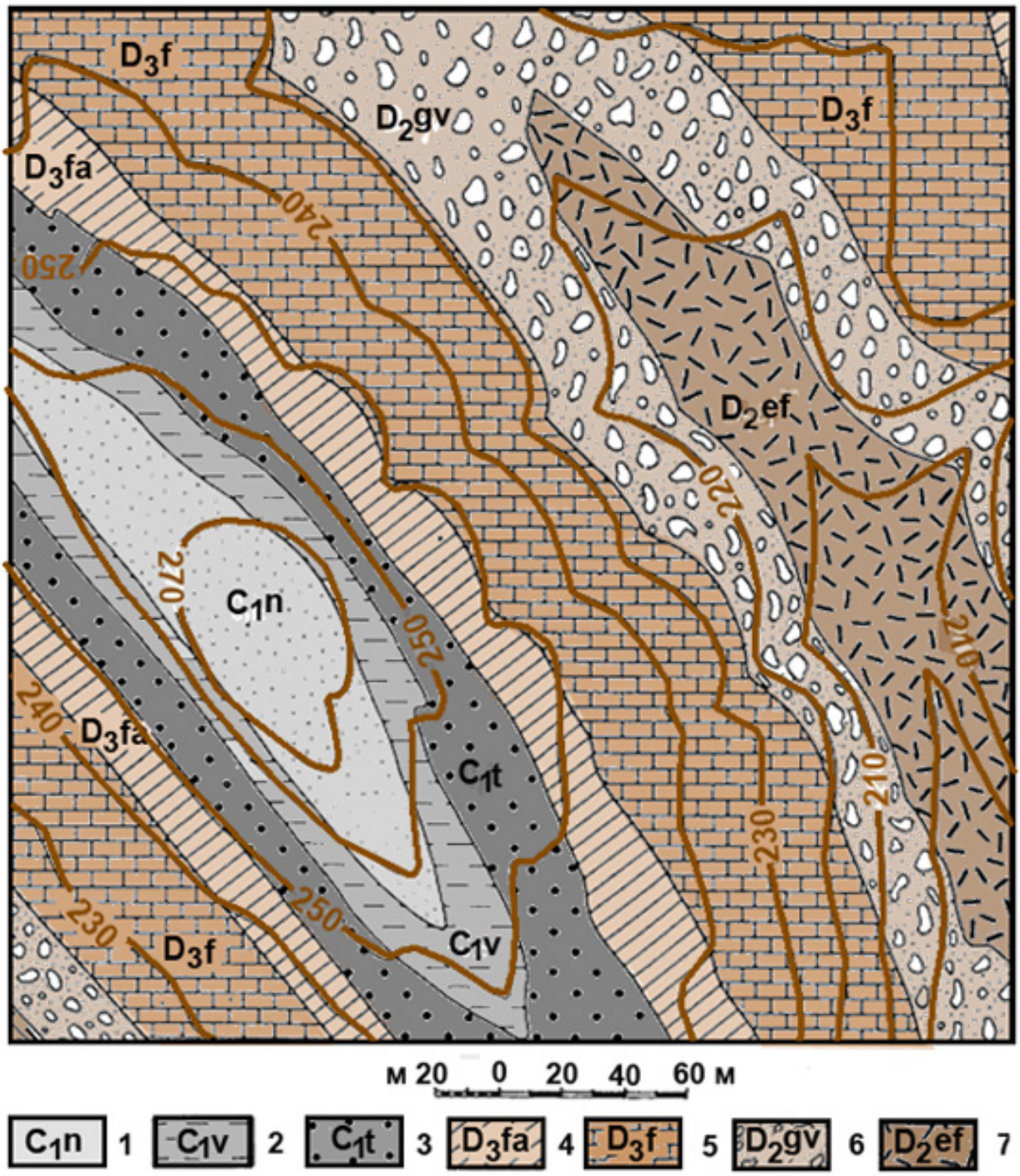


Рис. у.14.7. Карта 7. Условные обозначения: Каменноугольная система, нижний отдел 1 – намюрский ярус, песчаники; 2 – визейский ярус, аргиллиты 3 – турнейский ярус, пудинговые песчаники. Девонская система, верхний отдел, 4 – фаменский ярус, алевролиты, 5 – франский ярус, доломитовые известняки, средний отдел 6 – живетский ярус песчаники и конгломераты, 7 – ейфельский ярус, липариты

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

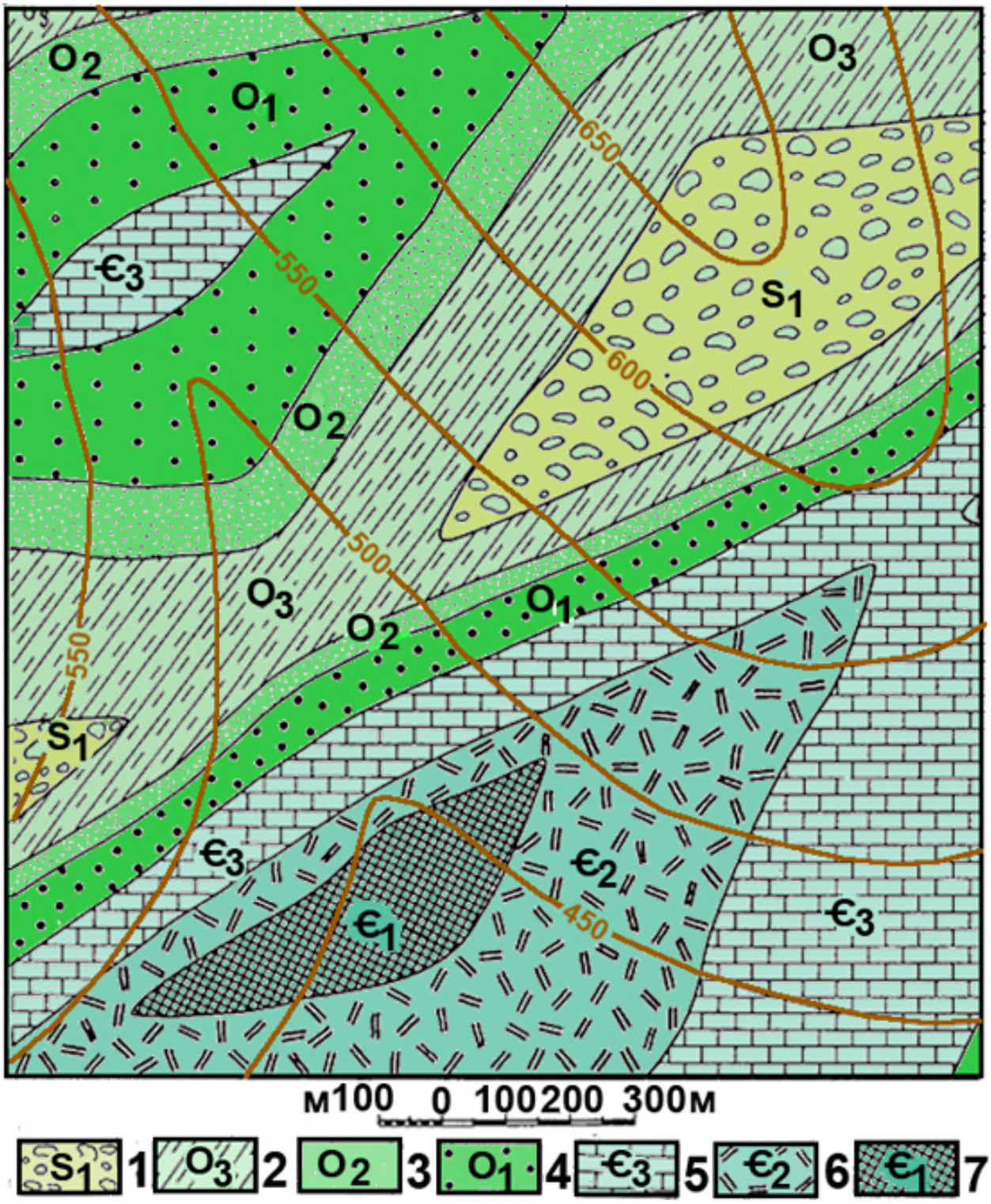


Рис. у.14.8. Карта 8. Условные обозначения: 1 - Силурийская система; нижний отдел, конгломераты. Ордовикская система: 2 – верхний отдел, песчаники, алевролиты с линзами известняков, 3 – средний отдел, песчаники и алевролиты; 4 – нижний отдел песчаники и гравелиты. Кембрийская система: 5 – верхний отдел, известняки, 6 – средний отдел, дациты, 7 – нижний отдел, кремнистые сланцы.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

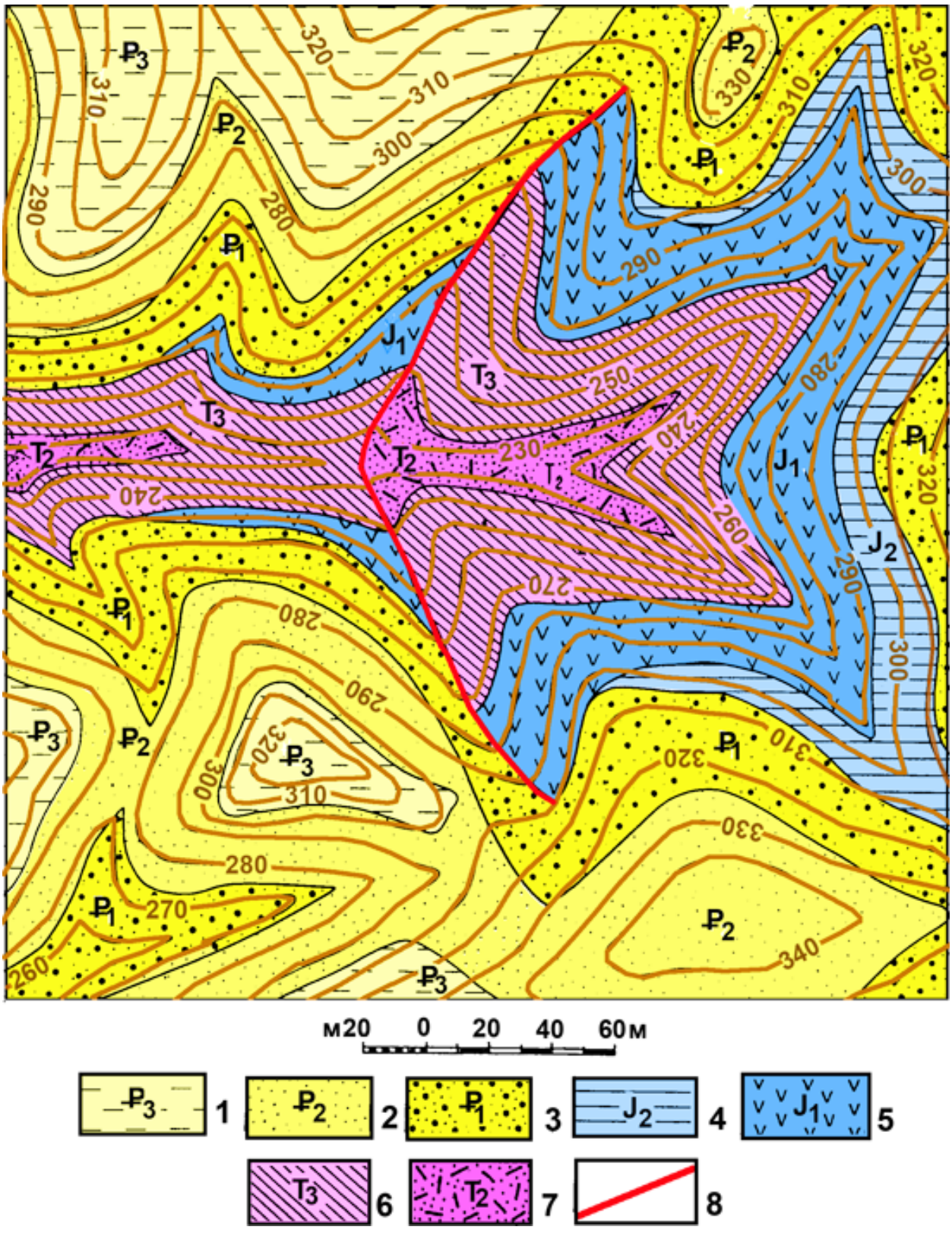


Рис. у.14.9. Карта 9. Условные обозначения: Палеогеновая система 1– олигоценовый отдел, алевролиты, 2 – эоценовый отдел, песчаники, 3 - палеоценовый отдел, гравелиты и конгломераты. Юрская система 4 – средний отдел, туфопесчаники, 5 – нижний отдел, андезиты, триасовая система 6 – верхний отдел песчаники и алевролиты, 7 – средний отдел, туфы липаритового состава. 8 – Разрывное нарушение.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

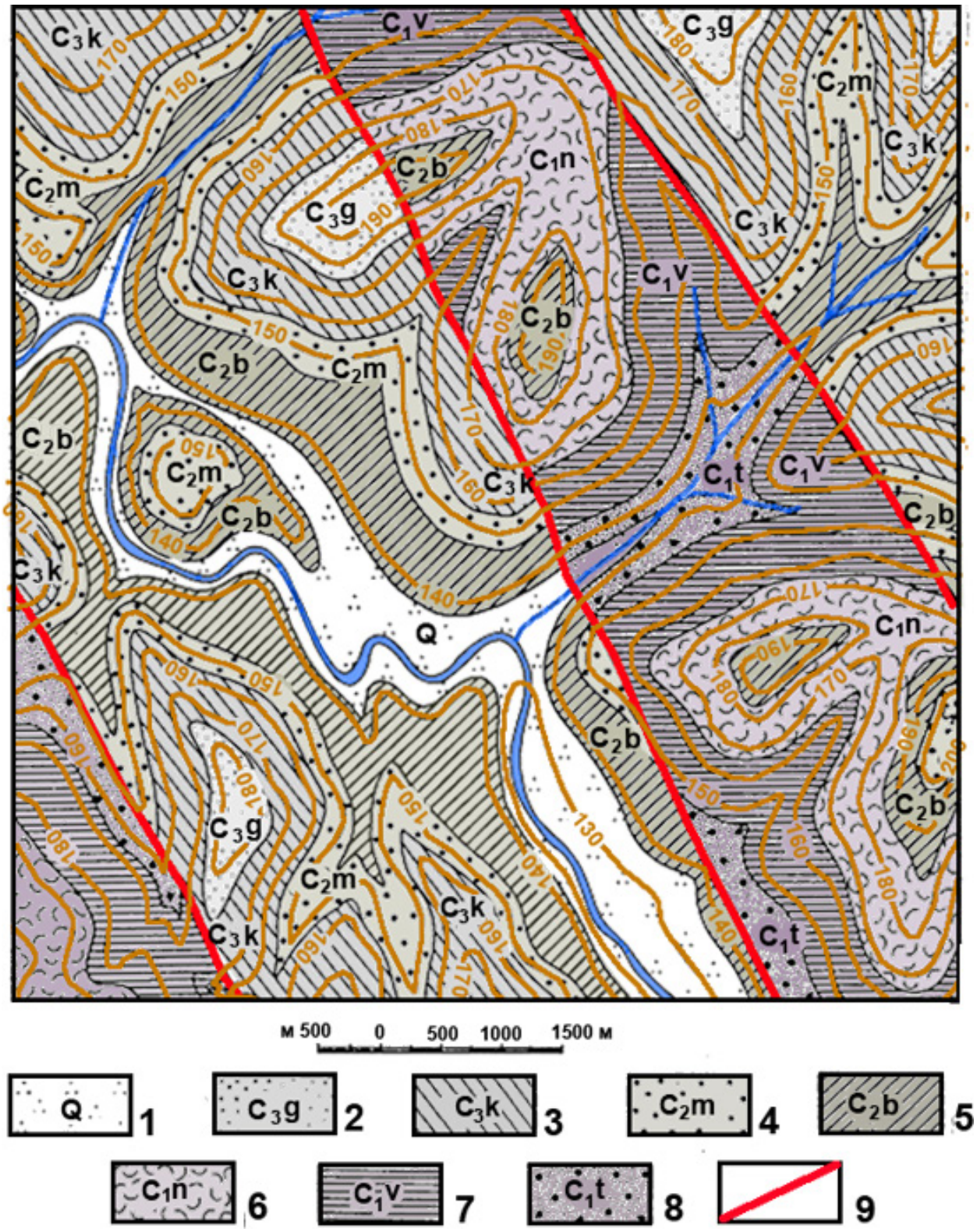


Рис. у.14.10. Карта 10. Условные обозначения: 1 – Четвертичная система аллювиальные пески и супеси. Каменноугольная система, верхний отдел 2 – гжельский ярус известковистые песчаники, 3 касимовский ярус, известняки; средний отдел, 4 московский ярус, песчаники, 5 башкирский ярус, песчанистые глины; нижний отдел 6 – намюрский ярус, опоки, 7 – визейский ярус, глины, 8 – турнейский ярус, гравелиты и песчаники. 9 – Разрывные нарушения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

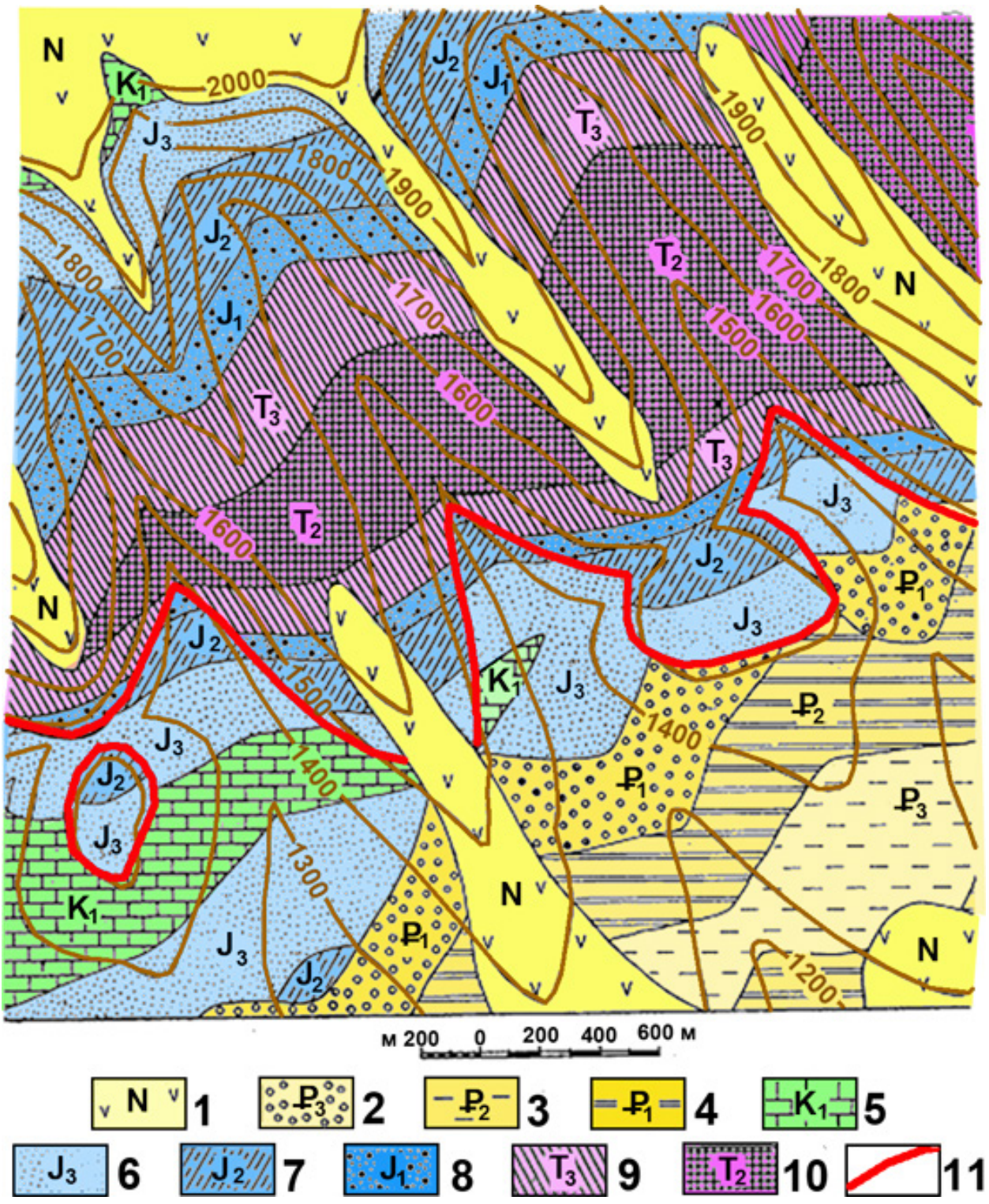


Рис. у.14.11. Карта 11. Условные обозначения: 1 – Неогеновая система, андезиты. Палеогеновая система 2 – олигоценовый отдел, глины, 3 – эоценовый отдел, песчаники и алевролиты, 4 – палеоценовый отдел, конгломераты, 5 – Меловая система, нижний отдел, известняки. Юрская система 6 – верхний отдел полимиктовые песчаники, 7 – средний отдел – алевролиты и аргиллиты, 8 – нижний отдел, полимиктовые песчаники и гравелиты, триасовая система 9 – верхний отдел, туфоалевролиты, 10 – средний отдел, диабазы 11 - Разрывные нарушения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

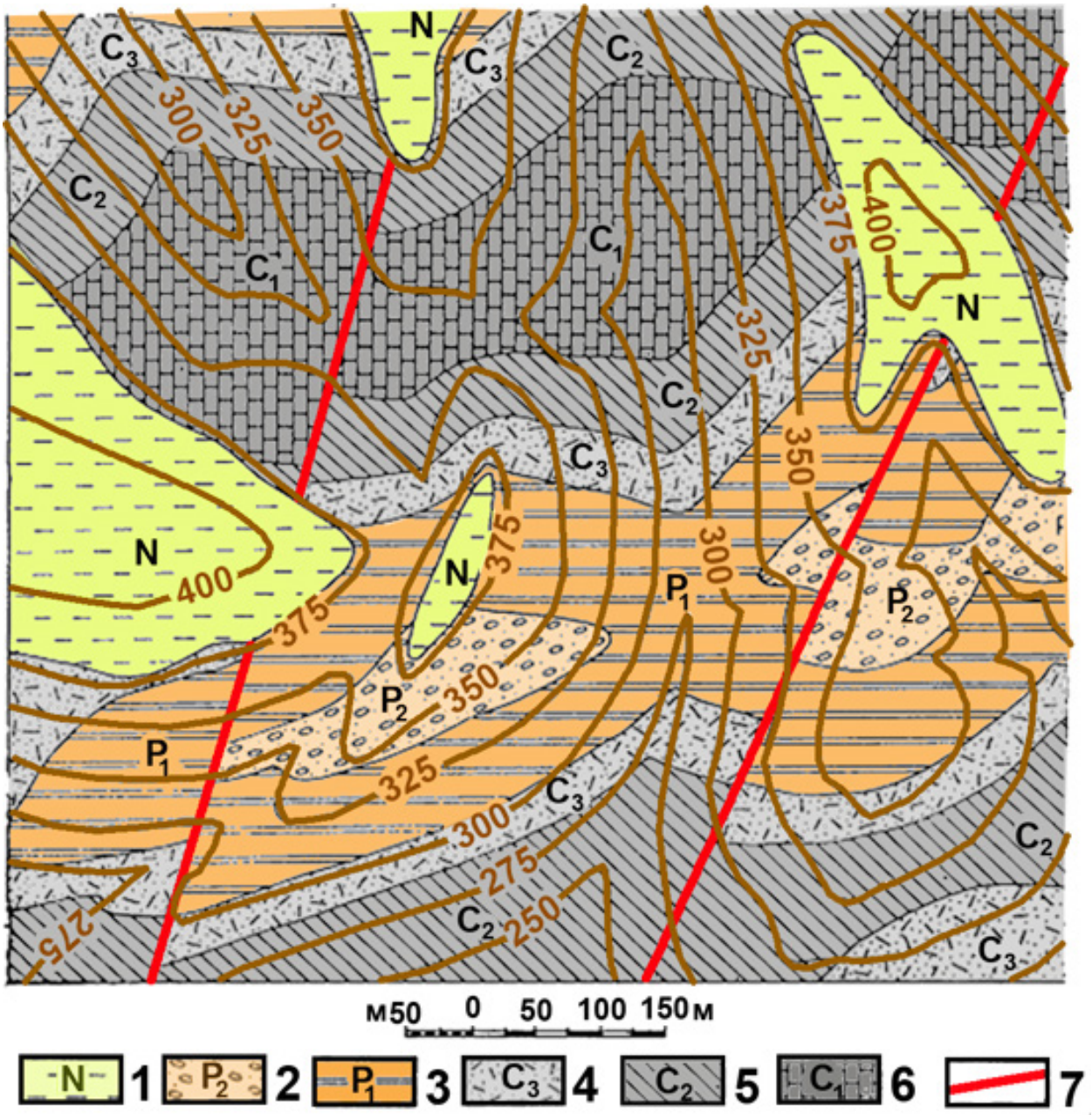


Рис. у.14.12. Карта 12. Условные обозначения: 1 – Неогеновая система, плотные известковистые аргиллиты. Пермская система 2 – верхний отдел отдел, конгломераты, 3 – нижний отдел алевролиты и мелкозернистые песчаники. Каменноугольная система 4 – верхний отдел, туффиты и туфы кислого состава, 5 –средний отдел, глинистые сланцы, 6 – нижний отдел, известняки и доломиты. 7 - Разрывные нарушения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

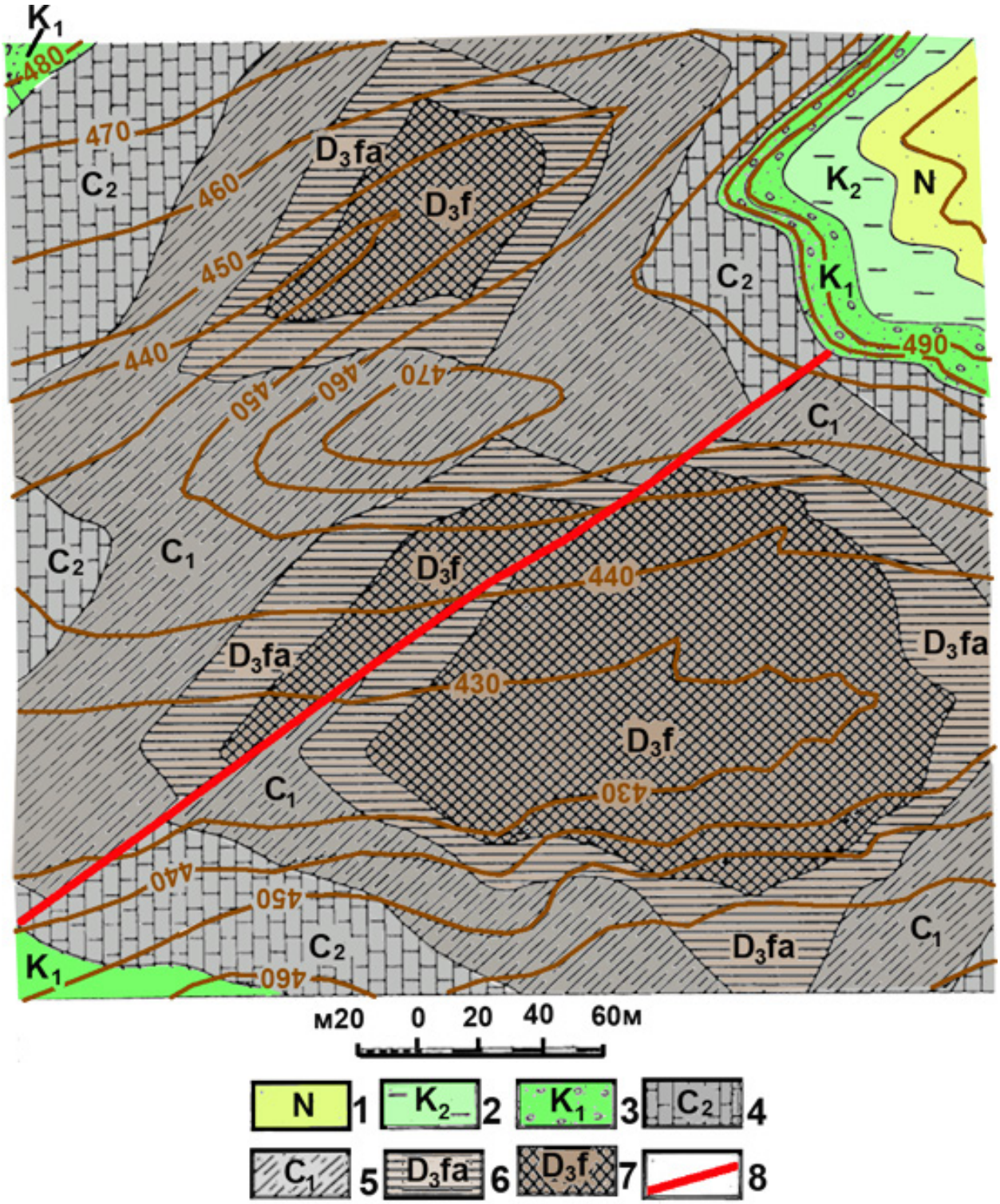


Рис. у.14.13. Карта 13. Условные обозначения: 1 –Неогеновая система, плиоценовый отдел, пески, глины, меловая система 2 – верхний отдел, глинистые известняки, Меловая система 3 – нижний отдел, известковистые песчаники. Каменноугольная система, нижний отдел 4 – намюрский ярус, аргиллиты, алевролиты, песчаники, 5 – визейский ярус, мергели с прослоями известняков, 6 – турнейский ярус, мергели с прослоями известняков. Девонская система, верхний отдел 7 - фаменский ярус, пелитоморфные известняки, 8 – франский ярус, красноцветные песчаники, 8 - разрывные нарушения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

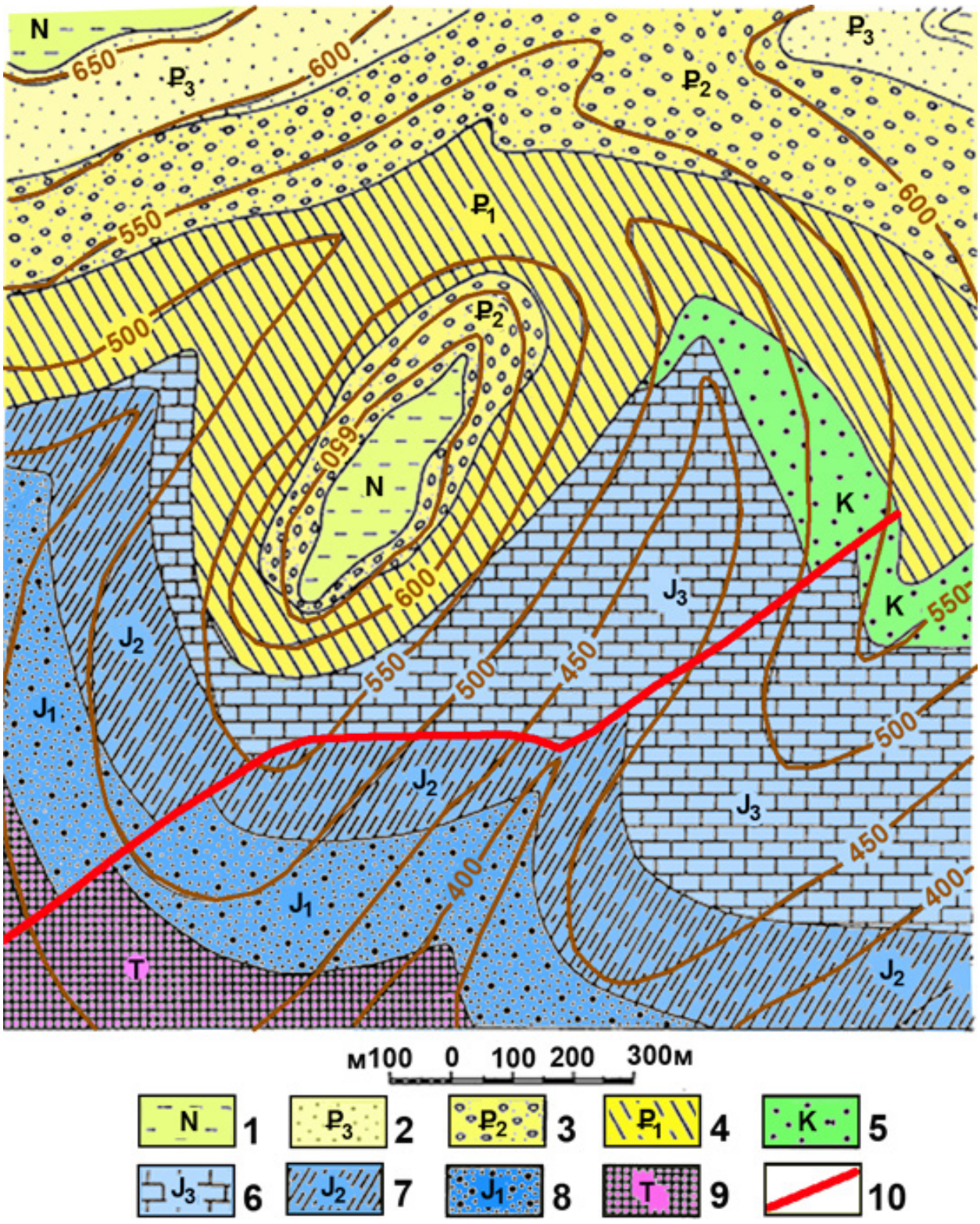


Рис. у.14.14. Карта 14. Условные обозначения: 1 –Неогеновая система, плиоценовый отдел, пески, глины. Палеогеновая система 2 – олигоценовый отдел, пески, 3 – эоценовый отдел, галечники 4 – палеоценовый отдел, мергели. 5 – Меловая система, нижний отдел, песчаники. Юрская система 6 – верхний отдел, пелитоморфные известняки, 7 – средний отдел, алевролиты с прослоями глин, 8 – нижний отдел – гравелиты и грубозернистые песчаники 9 – Триасовая система, верхний отдел, туфопесчаники. 10 - Разрывные нарушения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

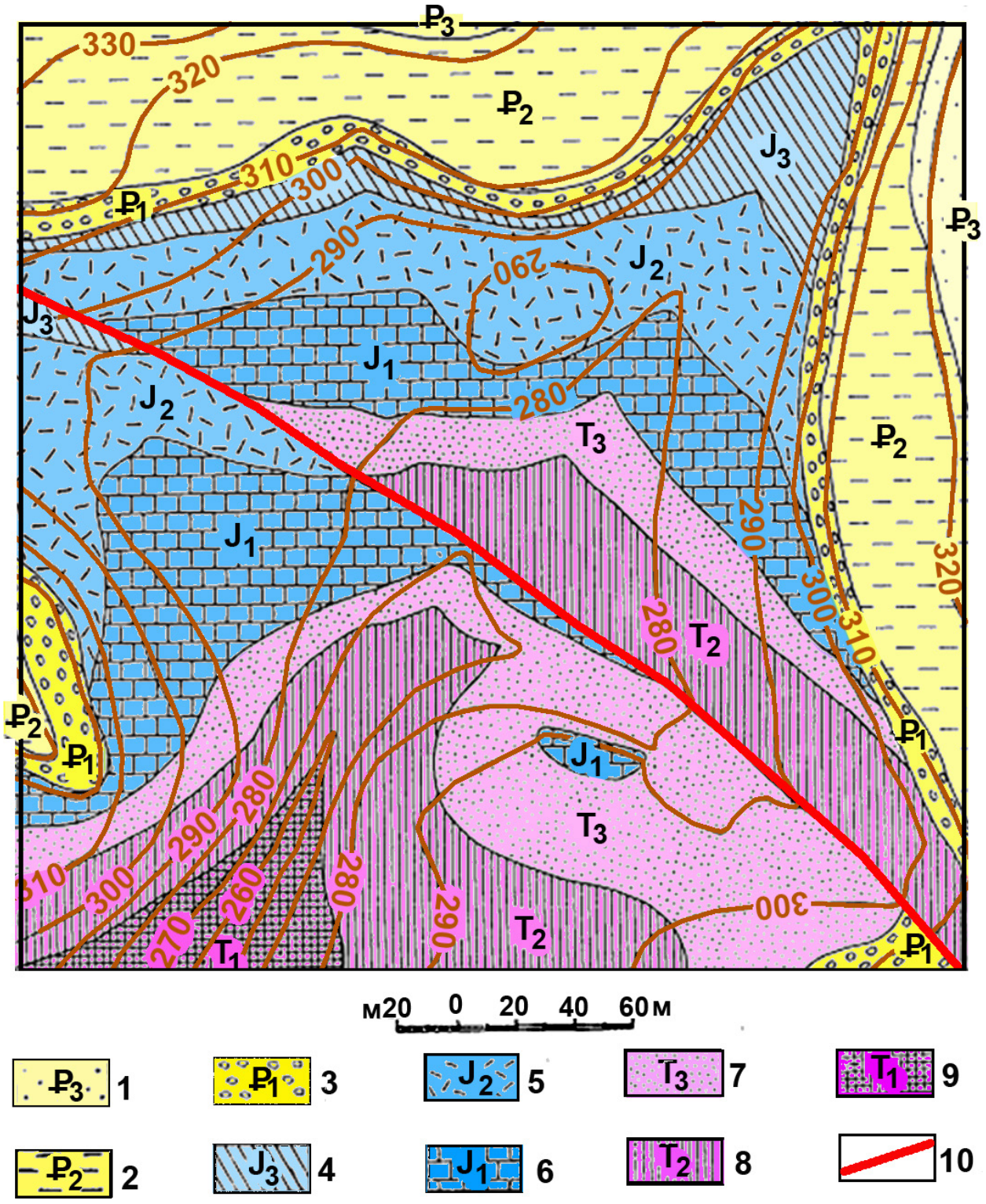


Рис. у.14.15. Карта 15. Условные обозначения: 1 –Палеогеновая система 1 – олигоценовый отдел, глинистые пески, 2 – эоценовый отдел, серые глины 3 – палеоценовый отдел, конгломераты. Юрская система 4 – верхний отдел туфопесчаники, 5 – средний отдел, туфы липаритового состава, 6 – нижний отдел, криноидные известняки. Триасовая система, 7 –верхний отдел, мелкозернистые песчаники с прослоями мергелей, 8 – средний отдел, известковистые глины, 9 – нижний отдел, глауконитовые песчаники, 10 - разрывное нарушение.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

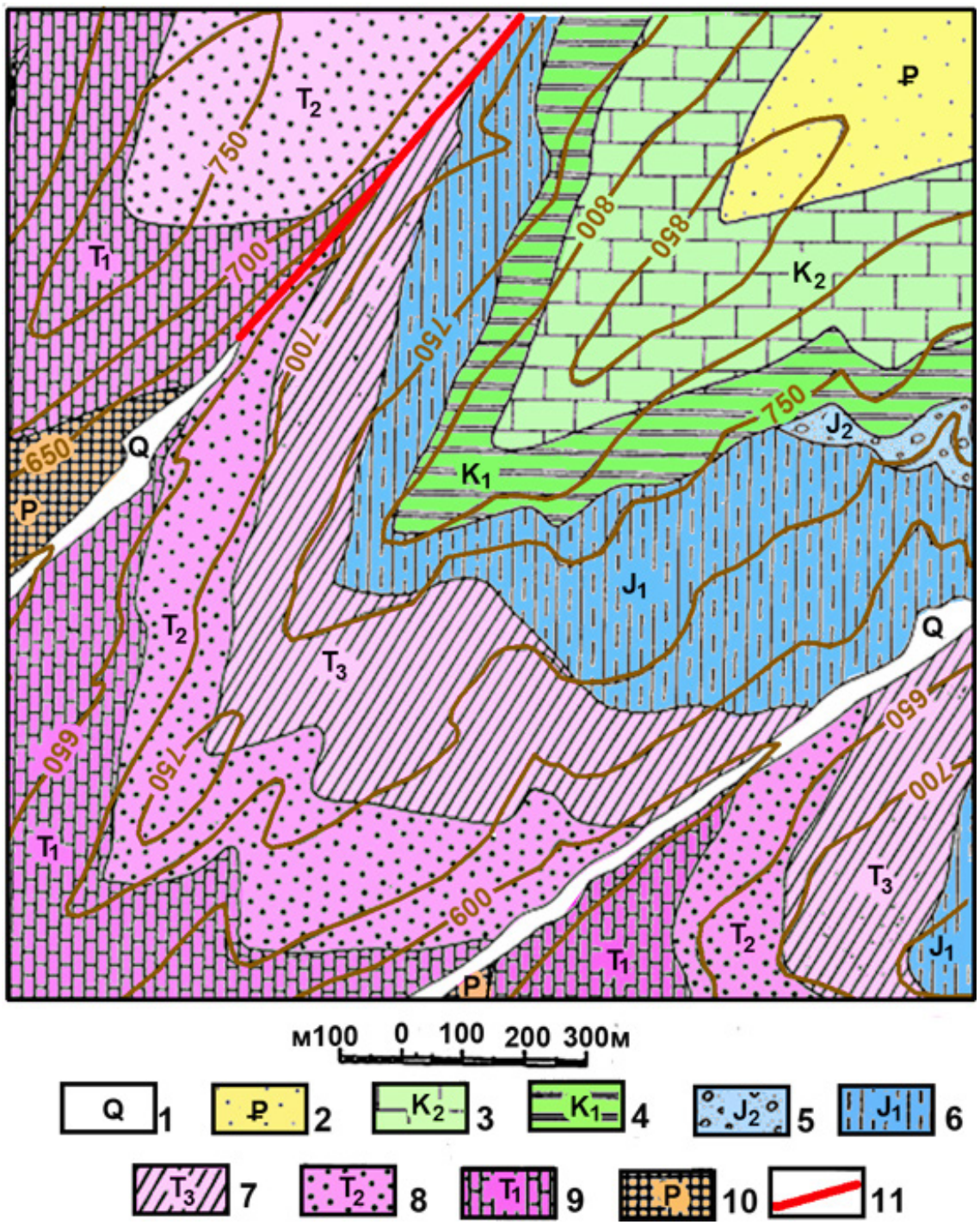


Рис. у.14.16. Карта 16. Условные обозначения: 1 – Четвертичная система, пески, супеси; 2 – Палеогеновая система, глины, суглинки, пески. Меловая система, 3 – верхний отдел, мергели с прослоями глин, 4 – нижний отдел, глауконитовые пески, галечники. Юрская система, 5 – средний отдел, детритусовые известняки, известковистые песчаники; 6 – нижний отдел – темно-серые плотные глины. Триасовая система 7 – верхний отдел, зеленовато-серые алевролиты с прослоями мергелей; 8 – средний отдел – известковистые песчаники; 9 – нижний отдел, криноидные известняки. 10 – Пермская система, верхний отдел, битуминозные известняки. 11 – Разрывные нарушения.

Подсказка: *подумайте, нет ли разрыва под четвертичными отложениями на юго-востоке территории карты.*

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

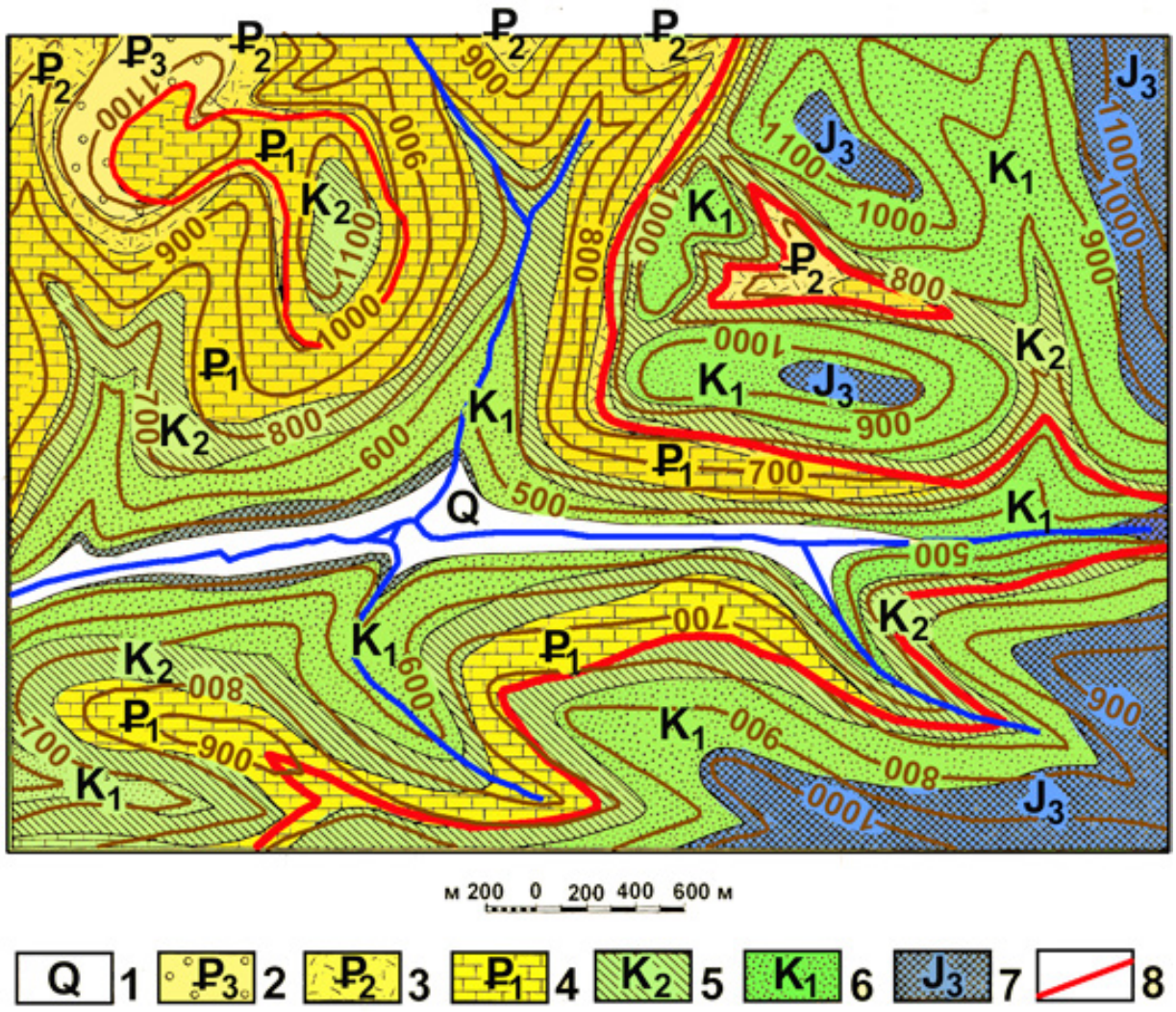


Рис. у.14.17. Карта 17. Условные обозначения: 1 – Четвертичная система, аллювиальные пески и галечники, Палеогеновая система 2 – олигоцен, конгломераты, 3 – Эоцен, туфы липаритового состава, 4 – палеоцен, известняки. Меловая система, 5 – верхний отдел, глины, 6 – нижний отдел, алевролиты, 7 – Юрская система, песчаники, 8 – Разрывные нарушения

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнения к главе 15. Геологическое дешифрирование аэро- и космоснимков

Упражнение 15.1

На рис. у.15.1. приведен крупномасштабный аэрофотоснимок гранитного массива (Казахстан), частично перекрытый четвертичными отложениями.

Отдешифрировать: 1. границу гранитного массива, попытайтесь выделить зону эндоконтакта. 2. сеть трещин в гранитном массиве, 3 – построить розу-диаграмму трещиноватости отдешифрированного участка массива. *Подсказка: четвертичные наносы обычно характеризуются ровным фоторисунком и светлым фототоном.*

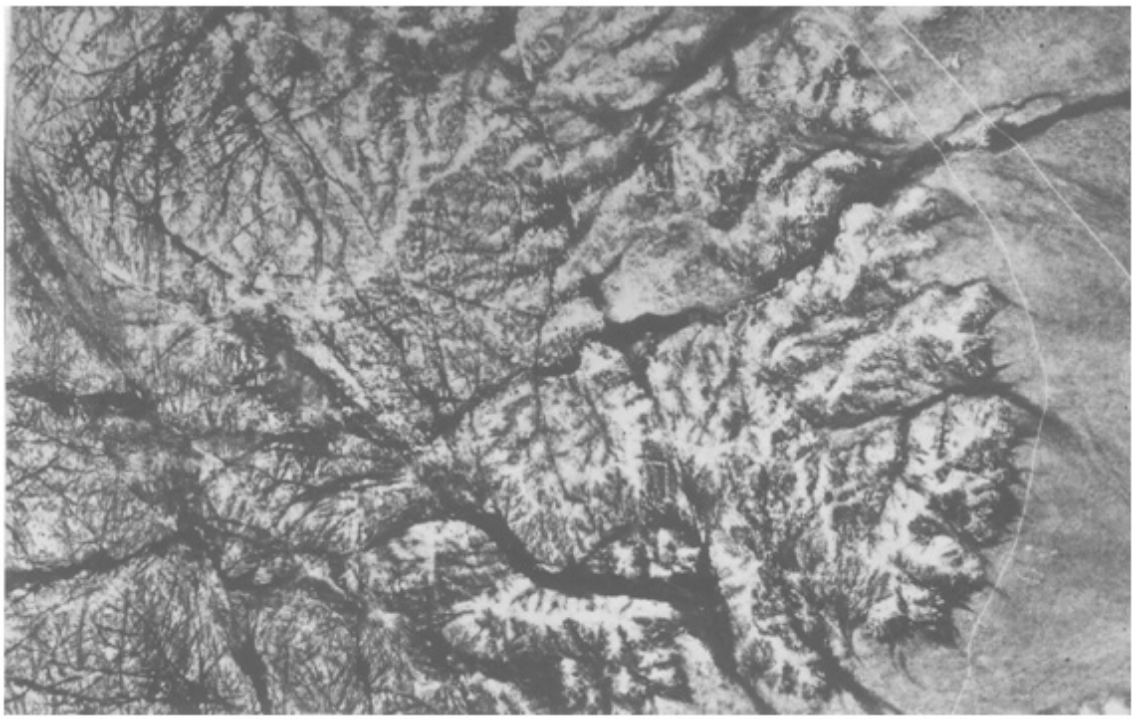


Рис. у.15.1. Гранитный массив. Из фототеки объединения «Аэрогеология». При необходимости перейдите ***по ссылке*** к большому изображению

Упражнение 15.2

На рис. у.15.2. приведен аэрофотоснимок мелкого масштаба.

1. Отдешифрировать береговую линию и морскую косу.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Отдешифрировать разлом.

3. Определить области относительного воздымания и погружения.

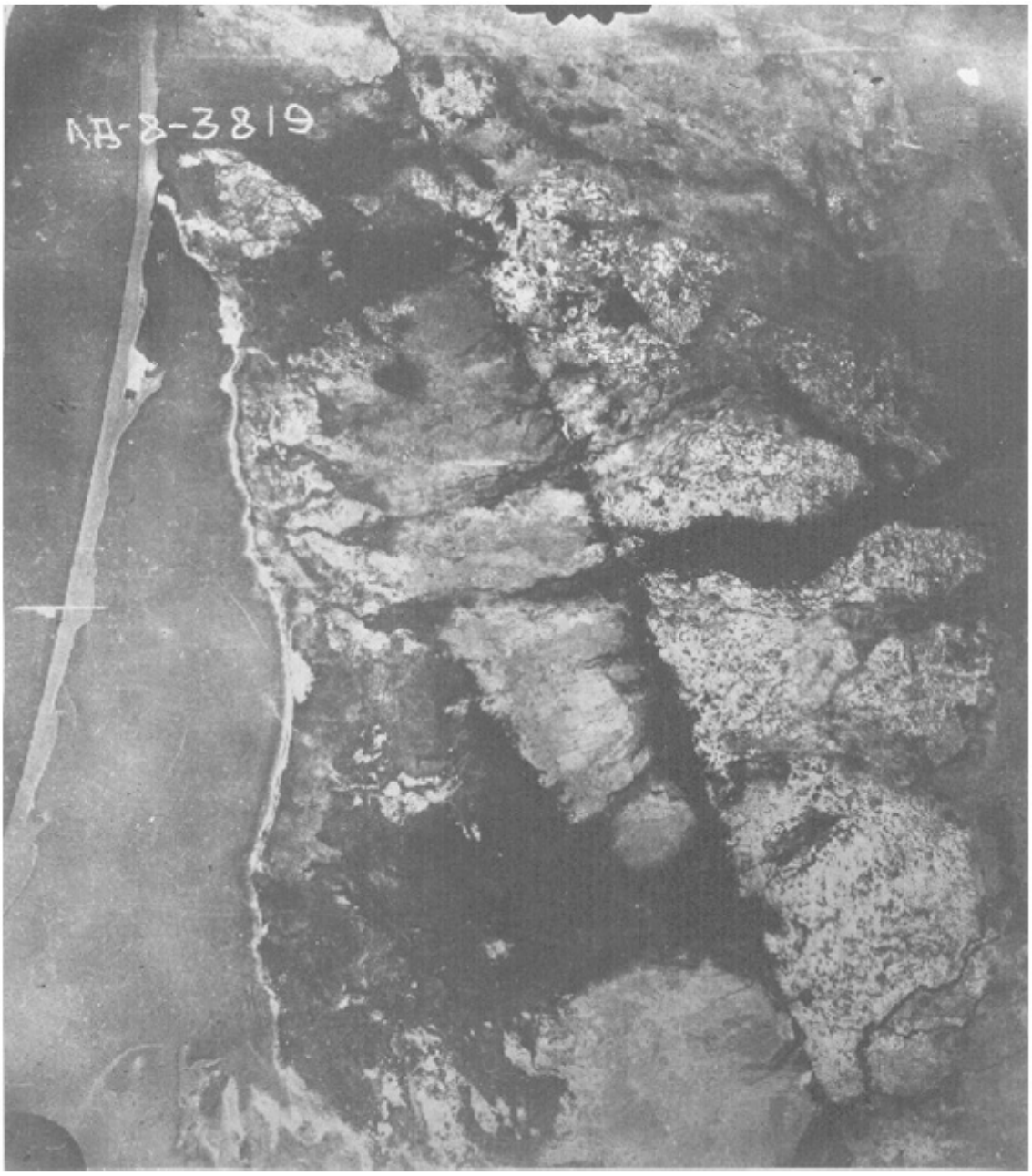


Рис. у.15.2. Разлом. Из фототеки объединения «Аэрогеология». При необходимости перейдите ***по ссылке*** к большому изображению.

Упражнение 15.3

На рис. у.15.3. приведен аэрофотоснимок мелкого масштаба.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

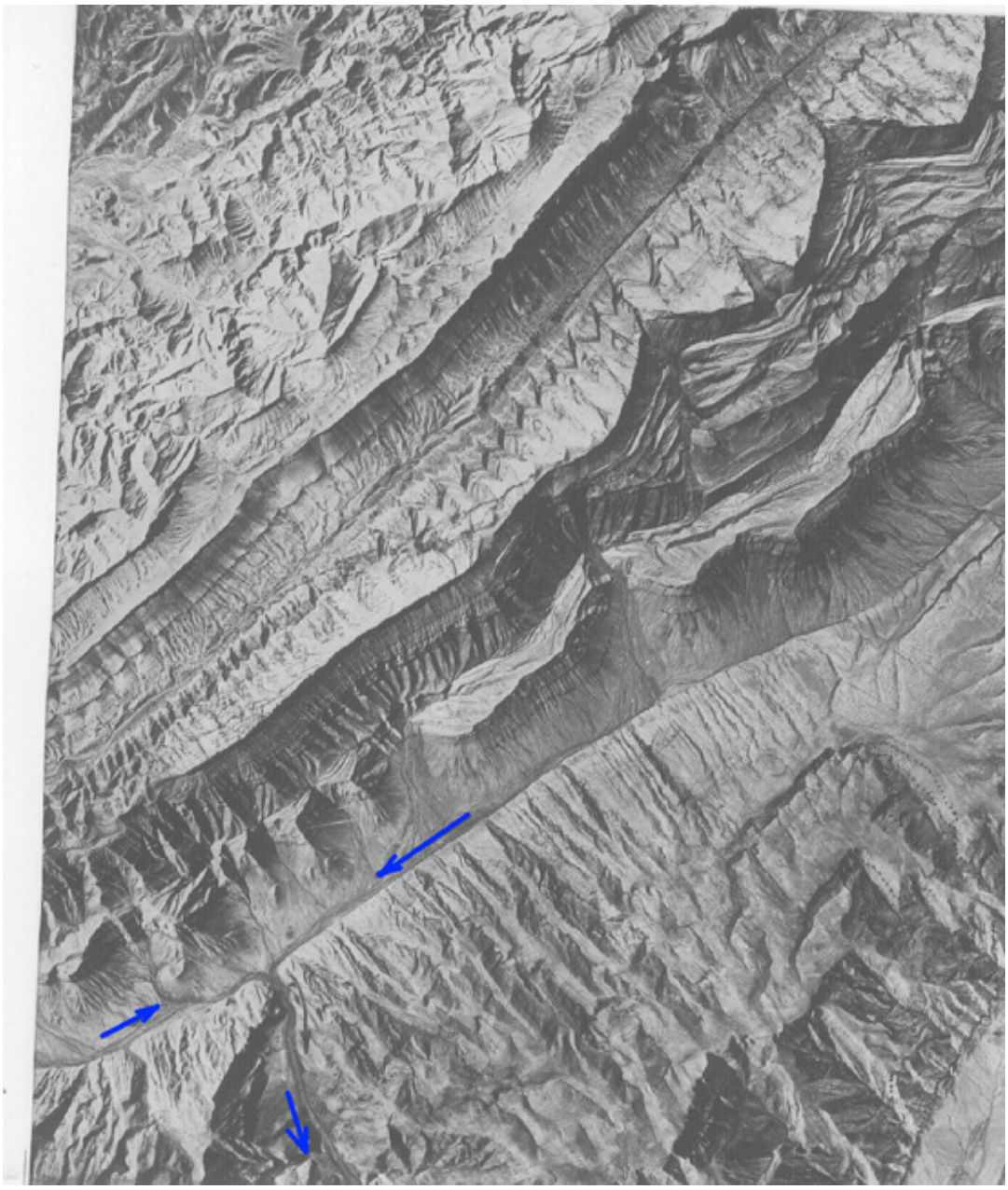


Рис. у.15.3. Пластовые треугольники. Из фототеки объединения «Аэрогеология». При необходимости перейдите ***по ссылке*** к большому изображению.

1. Отдешифрировать реки и речные долины.

2. Отдешифрировать слои осадочных пород.

3. По облику и ориентировке пластовых треугольников определить (примерно) простирание, направление и угол падения (по сравнению с наклоном склона долины) слоев.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 15.4

На рис. у.15.4. приведен аэрофотоснимок среднего масштаба.



Рис. у.15.4. Кольцевая структура. Из фототеки объединения «Аэрогеология». При необходимости перейдите ***по ссылке*** к большому изображению

1 Отдешифрировать дороги, поля и поселок
2. Отдешифрировать реку и ее притоки

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

3. Отдешифрировать кольцевую структуру (на данном снимке кольцевая структура представляет собой куполовидное тектоническое поднятие)

Упражнение 15.5

На рис. у.15.5. приведен мелкомасштабный аэрофотоснимок участка мелководного шельфа.



Рис. у.15.5. Подводные грязевые вулканы. Из фототеки объединения «Аэрогеология». При необходимости перейдите ***по ссылке*** к большому изображению.

1. Отдешифрировать береговую линию.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

2. Отдешифрировать кольцевые структуры (на данном снимке кольцевые структуры представляют собой грязевые вулканы). Обратите внимание на жерла вулканов, изображающиеся маленькими колечками.

Упражнение 15.6

На рис. у.15.6 приведен фрагмент мозаики космических снимков LANDSAT Закавказья Google, «Планета Земля».

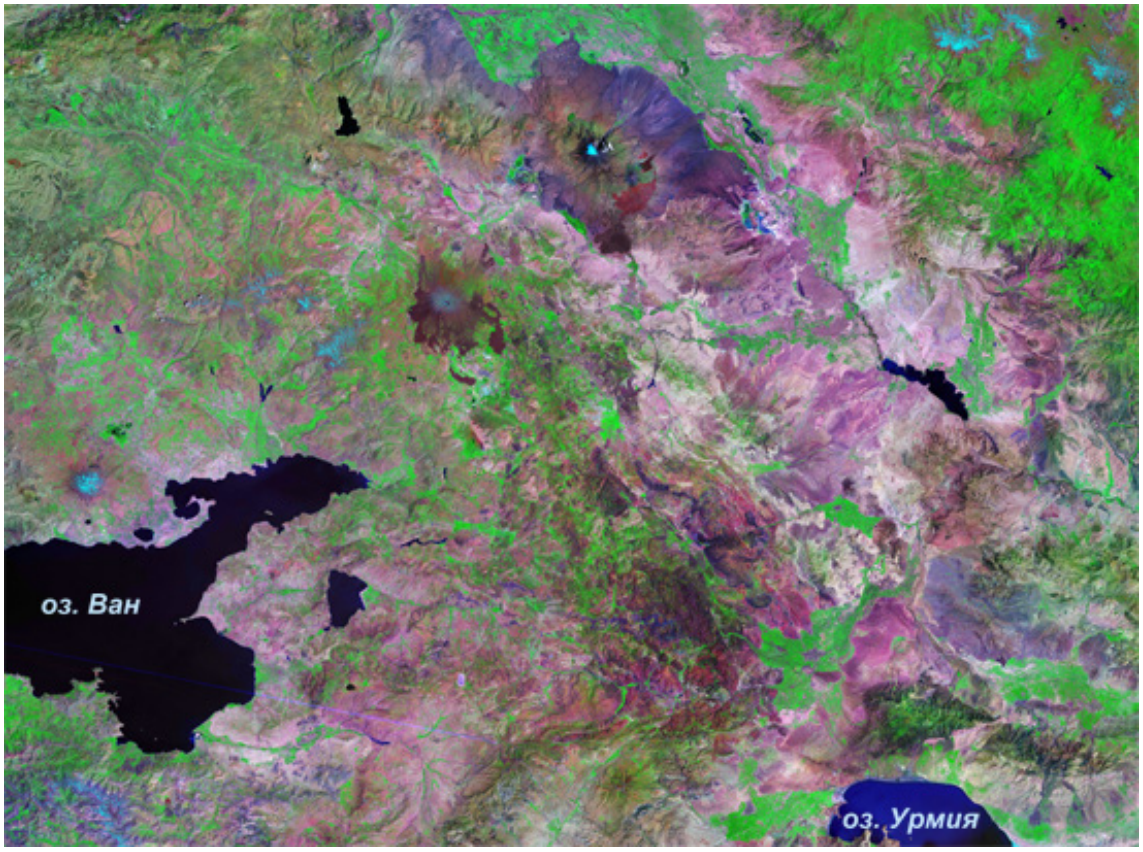


Рис. у.15.6. Закавказье. При необходимости перейдите ***по ссылке*** к большому изображению

1. Отдешифрировать линеаменты
2. Отдешифрировать вулканы.

Подумайте, связано ли положение вулканов с линеаментами, и если да, то как это объяснить?

Упражнение 15.7

На рис. у.15.7 приведен радиолокационный снимок участка разлома Сан-Андреас, а на рис. у.15.7а – фрагмент мозаики

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

«Планета Земля» на ту же территорию.



Рис. у.15.7. Калифорния. Разлом Сан-Андреас. Радиолокационный снимок

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. у.15.7а. Калифорния. Разлом Сан-Андреас. Google, Планета Земля.

1. Отдешифрировать ветвящиеся линеаменты.
2. Выделить участки относительных поднятий и прогибаний.
3. Ответить на вопрос: на каком изображении лучше видна система разломов?

Упражнение 15.8

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

На рис. у.15.8 приведен фрагмент мозаики снимков Landsat территории Западной Сибири (Широтное Приобье) Google, «Планета Земля».

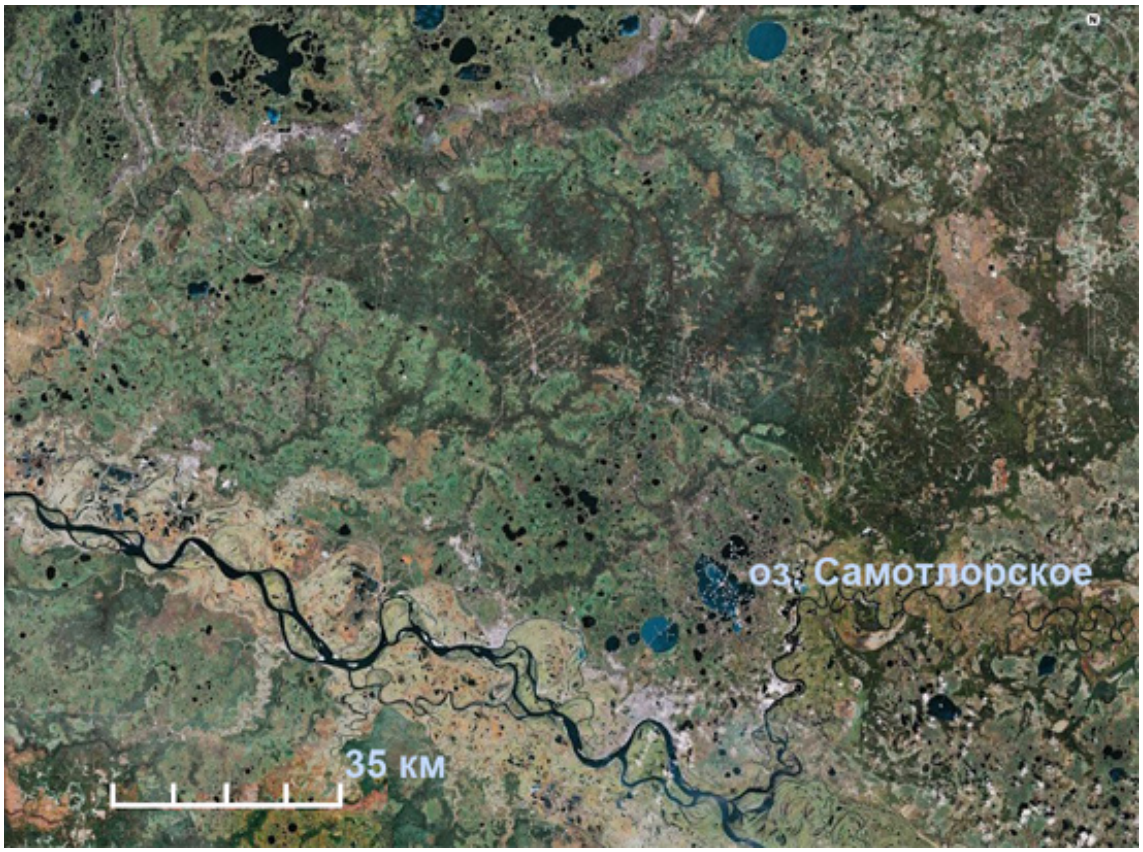


Рис. у.15.8. Западная Сибирь. При необходимости перейдите ***по ссылке*** к большому изображению

1. Привязать снимок.
2. Отдешифрировать линеаменты, и кольцевые структуры (меандры р. Обь к кольцевым структурам не относить).
3. Выделить территории относительных прогибаний и поднятий (участки прогибаний и поднятий выделять по степени извилистости рек – чем более извилисты реки, тем сильнее прогибание
4. Сопоставив схему дешифрирования с фрагментом ***карты нефтегазоносности***, определить, отразилось ли на снимке Самотлорское нефтяное месторождение, и если отразилось – то каким образом? Как отразились на космоизображении другие месторождения?

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 15.9

На рис. у.15.9 приведены аэрофотоснимки различных структур.



а



б

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

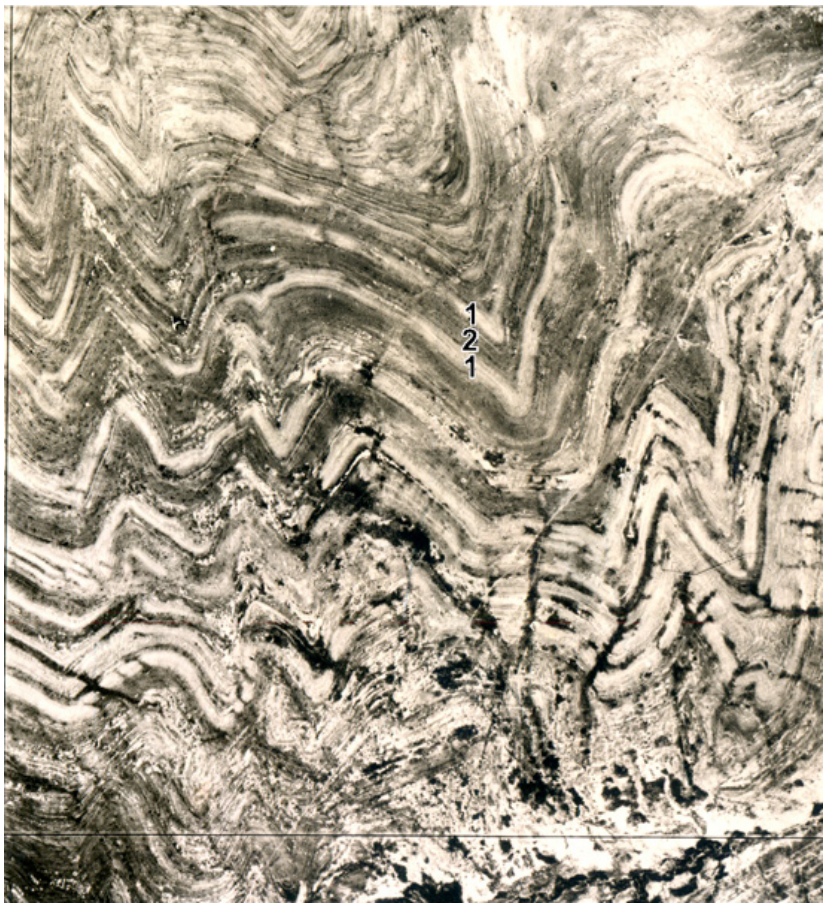


Рис. у.15.9. Аэрофотоснимки а - север Среднесибирского плоскогорья, б – Север Казахстана. В юго-восточной части снимка 1 – гряды прочных известняков, 2 – тени от облаков; в – Центральный Казахстан 1,2 – породы различного литологического состава. Из фототеки объединения «Аэрогеология»

1. Определить характер рельефа (расчлененный, или плоский) на каждом из изображений. Обосновать ответ.
2. Определить тип структуры (горизонтальное, наклонное, складчатое и характер складок) на каждом из изображении. Обосновать ответ.

Если Вы затруднились с ответом, или хотите себя проверить, перейдите по ссылка к разделу «подсказки и решения.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание з.16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Исходные данные: исходные данные по 12 вариантам приведены в таблицах з16.1 – з16.12

Таблица з.16.1**. Вариант 1**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	60	195	скола	26	90	300	скола
2	85	210	скола	27	90	285	скола
3	87	195	скола	28	88	290	скола
4	80	205	скола	29	86	290	скола
5	90	195	скола	30	75	195	скола
6	75	270	скола	31	70	195	скола
7	82	310	скола	32	80	285	скола
8	72	350	скола	33	75	280	скола
9	75	280	скола	34	63	180	скола
10	76	250	отрыва	35	65	185	скола
11	90	190	скола	36	85	220	скола
12	90	290	скола	37	89	215	скола
13	83	280	скола	38	78	215	скола
14	85	275	скола	39	75	300	скола
15	90	359	скола	40	77	275	скола
16	90	310	скола	41	70	191	скола
17	62	190	скола	42	65	180	скола
18	85	310	скола	43	70	185	скола
19	85	190	скола	44	85	285	скола
20	75	250	отрыва	45	75	190	скола
21	90	290	скола	46	78	185	скола
22	85	260	скола	47	80	275	скола
23	80	265	скола	48	79	280	скола
24	83	25-	отрыва	50	80	195	скола

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.2**. Вариант 2**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	60	120	скола	26	59	115	скола
2	68	140	скола	27	62	183	отрыва
3	70	145	скола	28	66	148	скола
4	72	146	скола	29	73	240	скола
5	72	180	отрыва	30	78	230	скола
6	65	190	скола	31	75	240	скола
7	50	234	скола	32	76	235	скола
8	75	185	отрыва	33	70	115	скола
9	80	231	скола	34	68	128	скола
10	80	225	скола	35	62	118	скола
11	65	115	скола	36	60	120	скола
12	60	143	скола	37	63	242	скола
13	70	149	скола	38	63	180	отрыва
14	75	180	отрыва	39	55	240	скола
15	74	195	отрыва “	40	62	225	скола
16	75	235	скола	41	60	148	скола
17	60	125	скола	42	62	159	скола
18	62	133	скола	43	60	160	скола
19	63	135	скола	44	62	131	скола
20	64	140	скола	45	63	148	скола
21	65	141	скола	46	62	148	скола
22	70	15	скола	47	60	158	скола
23	66	140	скола	48	63	145	скола
24	67	138	скола	49	64	148	скола
25	65	135	скола	50	64	161	скола “

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.3**. Вариант 3**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	85	285	скола	26	82	46	отрыва
2	80	283	скола	27	78	58	отрыва
3	270	283	скола	28	75	67	отрыва
4	79	315	скола	29	75	66	отрыва
5	75	15	скола	30	81	351	скола
6	72	86	отрыва	31	82	353	скола
7	66	78	отрыва	32	80	288	скола
8	68	12	скола	33	60	298	скола
9	58	5	скола	34	69	282	скола
10	60	8	скола	35	72	290	скола
11	62	12	скола	36	70	292	скола
12	68	12	скола	37	72	358	скола
13	70	49	отрыва	38	72	162	скола
14	80	352	скола	39	69	278	скола
15	86	348	скола	40	60	289	скола
16	80	280	скола	41	61	281	скола
17	90	48	отрыва	42	68	68	отрыва
18	82	350	скола	43	58	69	отрыва
19	82	348	скола	44	52	72	отрыва
20	83	285	скола	45	60	280	скола
21	80	345	скола	46	68	290	скола
22	82	320	скола	47	69	49	отрыва
23	80	45	скола	48	70	65	отрыва
24	78	48	скола	49	72	70	отрыва
25	76	15	скола	50	68	62	отрыва

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.4**. Вариант 4**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	80	256	отрыва	26	78	181	отрыва
2	82	262	отрыва	27	79	250	отрыва
3	80	270	отрыва	28	70	240	отрыва
4	88	251	отрыва	29	62	135	скола
5	75	243	отрыва	30	85	240	скола
6	72	215	отрыва	31	88	245	скола
7	83	252	отрыва	32	73	305	скола
8	80	242	отрыва	33	88	311	скола
9	88	225	скола	34	70	148	скола
10	90	210	скола	35	72	137	скола
11	70	215	скола	36	75	141	скола
12	65	242	скола	37	70	139	скола
13	78	248	скола	38	82	141	скола
14	69	252	скола	39	80	179	бок. отп.
15	72	260	скола	40	82	188	бок. отп.
16	70	182	бок. отп.	41	84	144	скола
17	68	183	бок. отп.	42	89	155	скола
18	73	220	скола	43	80	250	скола
19	72	198	скола	44	75	129	скола
20	78	203	скола	45	75	168	скола
21	80	218	скола	46	80	182	бок. отп
22	82	268	отрыва	47	75	143	скола
23	80	200	скола	48	78	196	бок. отп
24	83	210	скола	49	76	125	скола
25	85	215	скола	50	78	165	бок. отп.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.5**. Вариант 5**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	78	159	скола	26	74	145	скола
2	79	170	скола	27	75	182	скола
3	78	198	скола	28	79	149	скола
4	69	205	скола	29	80	181	скола
5	60	201	скола	30	82	198	скола
6	69	137	скола	31	81	192	скола
7	70	132	скола	32	90	180	скола “
8	70	141	скола	33	68	260	отрыва
9	70	186	скола	34	72	205	скола
10	72	146	скола	35	73	205	скола
11	70	210	скола	36	77	210	скола
12	70	205	скола	37	78	215	скола
13	73	209	скола	38	75	215	скола “
14	80	256	отрыва	39	80	245	отрыва
15	82	250	отрыва	40	82	258	отрыва
16	80	255	отрыва	41	83	245	отрыва
17	88	115	скола	42	85	225	скола
18	80	110	скола	43	85	220	скола
19	90	105	скола	44	86	126	скола
20	82	113	скола	45	69	115	скола
21	80	125	скола	46	80	118	скола “
22	81	146	скола	47	81	119	скола
23	72	135	скола	48	70	220	скола
24	82	138	скола	49	75	240	отрыва
25	81	121	скола	50	72	239	отрыва

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.6**. Вариант 6**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	80	305	скола	26	78	33	скола
2	80	310	скола	27	83	48	скола
3	88	320	скола	28	84	15	скола
4	78	295	скола	29	75	350	отрыва
5	79	290	скола	30	72	15	скола
6	75	295	скола	31	70	358	отрыва
7	75	25	скола	32	72	63	скола
8	78	30	скола	33	74	350	отрыва
9	79	35	скола	34	34	85	скола
10	79	36	скола	35	82	14	скола
11	20	45	скола	36	80	28	скола
12	78	310	скола	37	78	300	скола
13	78	315	скола	38	77	302	скола
14	80	340	отрыва	39	79	301	скола
15	85	345	отрыва	40	80	285	скола
16	60	320	скола	41	66	33	скола
17	83	338	скола	42	68	48	скола
18	79	359	отрыва	43	70	40	скола
19	69	320	скола	44	72	260	скола
20	80	15	скола	45	83	15	скола
21	78	20	скола	46	84	45	скола
22	80	30	скола	47	85	40	скола
23	74	340	отрыва	48	75	48	скола
24	70	345	отрыва	49	80	33	скола
25	76	45	скола	50	72	14	скола

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.7**. Вариант 7**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	60	115	бок отп.	26	62	145	скола
2	62	125	бок отп.	27	65	120	бок.отп.
3	70	105	бок отп.	28	68	230	скола
4	72	148	скола	29	70	228	скола
5	65	149	скола	30	70	233	скола
6	79	152	скола	31	65	138	скола
7	80	143	скола	32	62	142	скола
8	82	110	бок. отп.	33	80	158	скола
9	85	183	отрыва	34	79	159	скола
10	70	190	отрыва	35	88	186	отрыва
11	65	145	скола	36	80	205	отрыва
12	71	251	скола	37	70	270	скола
13	70	246	скола	38	72	270	скола
14	80	242	скола	39	75	241	скола
15	78	248	скола	40	78	250	скола
16	65	118	бок.отп.	41	81	142	скола
17	66	270	скола	42	80	140	скола
18	72	169	скола	43	79	133	скола
19	68	200	отрыва	44	80	130	скола
20	80	205	отрыва	45	78	145	скола
21	90	210	отрыва	46	80	150	скола
22	88	99	бок. отп.	47	82	245	скола
23	86	114	бок. отп.	48	80	110	бок.отп.
24	78	124	бок. отп.	49	78	115	бок отп
25	78	114	бок. отп. “	50	80	120	бок отп. “

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.8**. Вариант 8**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	80	343	отрыва	26	81	60	скола
2	82	351	отрыва	27	82	55	скола
3	73	12	бок.отп.	28	82	43	скола
4	90	43	скола	29	43	23	бок.отп.
5	58	51	скола	30	82	83	бок.отп.
6	85	43	скола	31	93	20	бок.отп.
7	88	295	скола	32	73	18	бок.отп.
8	86	299	скола	33	75	350	отрыва
9	80	293	скола	34	76	348	отрыва
10	79	297	скола	35	77	352	отрыва
11	82	47	скола	36	32	70	бок.отп.
12	88	325	отрыва	37	82	290	скола
13	84	301	скола	38	82	295	скола
14	78	46	скола	39	90	305	скола
15	75	51	скола	40	86	310	скола
16	77	344	отрыва	41	84	342	отрыва
17	73	293	скола	42	82	352	отрыва
18	10	281	бок.отп.	43	80	46	скола
19	72	292	скола	44	22	73	бок.отп.
20	74	0	отрыва	45	42	90	бок.отп.
21	5	320	бок.отп.	46	83	305	скола
22	79	359	отрыва	47	80	310	скола
23	73	49	скола	48	81	26	скола
24	74	53	скола	49	79	43	скола
25	71	60	скола	50	75	42	скола

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з16.9**. Вариант 9**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	78	45	скола	26	70	60	отрыва
2	79	46	скола	27	75	56	отрыва
3	81	25	скола	28	78	54	отрыва
4	88	80	скола	29	79	58	отрыва
5	78	40	скола	30	81	63	отрыва
6	75	43	скола	31	83	307	скола
7	68	50	скола	32	85	290	скола
8	59	310	скола	33	86	310	скола
9	60	10	отрыва	34	88	314	скола
10	45	12	отрыва	35	80	320	скола
11	50	15	отрыва	36	40	10	отрыва
12	82	330	скола	37	78	325	скола
13	78	328	скола	38	50	14	отрыва
14	79	331	скола	39	72	321	скола
15	82	325	скола	40	74	292	скола
16	84	320	скола	41	81	281	скола
17	86	48	скола	42	83	298	скола
18	88	49	скола	43	86	301	скола
19	45	17	отрыва	44	86	300	скола
20	40	20	отрыва	45	40	20	отрыва
21	78	325	скола	46	30	15	отрыва
22	76	45	скола	47	81	46	скола
23	78	49	скола	48	83	48	скола
24	80	50	скола	49	82	52	скола
25	79	48	скола	50	79	29	скола

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з16.10**. Вариант 10**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	80	190	скола	26	78	195	скола
2	85	290	скола	27	40	210	отрыва
3	87	280	скола	28	45	205	отрыва
4	80	275	скола	29	79	190	скола
5	90	185	скола	30	82	205	отрыва
6	87	191	скола	31	83	280	скола
7	88	285	скола	32	40	230	отрыва
8	84	185	скола	33	30	220	отрыва
9	80	185	скола	34	82	280	скола
10	78	180	скола	35	39	250	отрыва
11	82	190	скола	36	80	190	скола
12	84	195	скола	37	78	290	скола
13	86	275	скола	38	79	280	скола
14	40	240	отрыва	39	78	275	скола
15	40	215	отрыва	40	43	235	отрыва
16	37	210	отрыва	41	50	243	отрыва
17	41	220	отрыва	42	60	247	отрыва
18	80	185	скола	43	81	190	скола
19	78	180	скола	44	42	230	отрыва
20	82	280	скола	45	37	232	отрыва
21	84	285	скола	46	84	250	скола
22	86	195	скола	47	85	290	скола
23	85	192	скола	48	86	265	скола
24	78	193	скола	49	87	285	скола
25	79	290	скола	50	88	290	скола

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.11**. Вариант 11**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	85	275	скола	26	79	245	отрыва
2	80	315	скола	27	78	271	отрыва
3	82	285	скола	28	78	45	отрыва
4	78	282	скола	29	82	56	отрыва
5	80	280	скола	30	81	97	скола
6	76	15	скола	31	78	114	скола
7	78	100	скола	32	76	252	отрыва
8	82	115	скола	33	80	349	отрыва
9	80	12	скола	34	82	288	скола
10	79	10	скола	35	84	15	скола
11	78	5	скола	36	83	5	скола
12	80	8	скола	37	80	8	скола
13	78	12	скола	38	79	13	скола
14	82	10	скола	39	76	15	скола
15	82	12	скола	40	75	7	скола
16	78	49	отрыва	41	78	10	скола
17	79	40	отрыва	42	82	25	скола
18	80	250	отрыва	43	80	30	скола
19	82	248	отрыва	44	79	18	скола
20	81	280	скола	45	80	58	скола
21	80	45	отрыва	46	78	65	скола
22	82	275	скола	47	79	45	отрыва
23	79	250	отрыва	48	84	40	отрыва
24	80	245	отрыва	49	82	105	скола
25	78	252	отрыва	50	80	114	скола

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.1. Определение статистических характеристик трещиноватости и их статистическая интерпретация

Таблица з.16.12**. Вариант 12**

Номера точек	Угол падения	Азимут падения	характеристика трещин	Номера точек	Угол падения	Азимут падения	Характеристика трещин
1	82	255	скола	26	80	160	скола
2	81	262	скола	27	78	65	скола
3	82	270	скола	28	76	210	отрыва
4	73	260	скола	29	75	215	отрыва
5	79	261	скола	30	78	142	скола
6	83	265	скола	31	77	331	скола
7	80	250	скола	32	82	330	скола
8	78	251	скола	33	81	203	отрыва
9	81	243	скола	34	78	218	отрыва
10	76	240	скола	35	80	268	скола
11	82	215	отрыва	36	80	200	отрыва
12	76	250	отрыва	37	82	250	скола
13	78	252	отрыва	38	78	240	скола
14	76	155	отрыва	39	79	135	скола
15	80	242	отрыва	40	79	140	скола
16	79	240	отрыва	41	78	145	скола
17	78	65	отрыва	42	80	105	скола
18	75	210	отрыва	43	82	110	скола
19	77	215	отрыва	44	80	140	скола
20	82	140	скола	45	81	135	скола
21	83	142	скола	46	83	139	скола
22	80	148	скола	47	78	129	скола
23	78	140	скола	48	75	332	скола
24	79	148	скола	49	80	143	скола
25	80	152	скола	50	82	196	отрыва

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Упражнение 16.1 (11 вариантов).

Дано: 1. Элементы залегания максимумов трещин скола.
2. Направление борозд скольжения по отношению к линии пересечения сопряженных трещин.
Определить ориентировку главных осей напряжений.

Таблица у.16.1

Номер п/п	Элементы залегания		Ориентировка борозд скольжения
	1 максимум	2 максимум	
1	320 ∠ 60	145 ∠ 45	вовнутрь
2	230 ∠ 60	100 ∠ 50	вовнутрь
3	260 ∠ 40	80 ∠ 30	наружу
4	220 ∠ 60	140 ∠ 50	наружу
5	0 ∠ 60	160 ∠ 60	вовнутрь
6	160 ∠ 60	100 ∠ 65	наружу
7	210 ∠ 50	30 ∠ 60	наружу
8	80 ∠ 80	350 ∠ 75	наружу
9	330 ∠ 65	135 ∠ 60	вовнутрь
10	300∠ 60	150 ∠ 40	наружу
11	140 ∠ 85	0 ∠ 75	наружу

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание з.16.2. Статистический анализ интенсивности (густоты) разрывов

Исходные данные: исходные данные по 5 вариантам приведены на рисунках 16.1 – 16.5

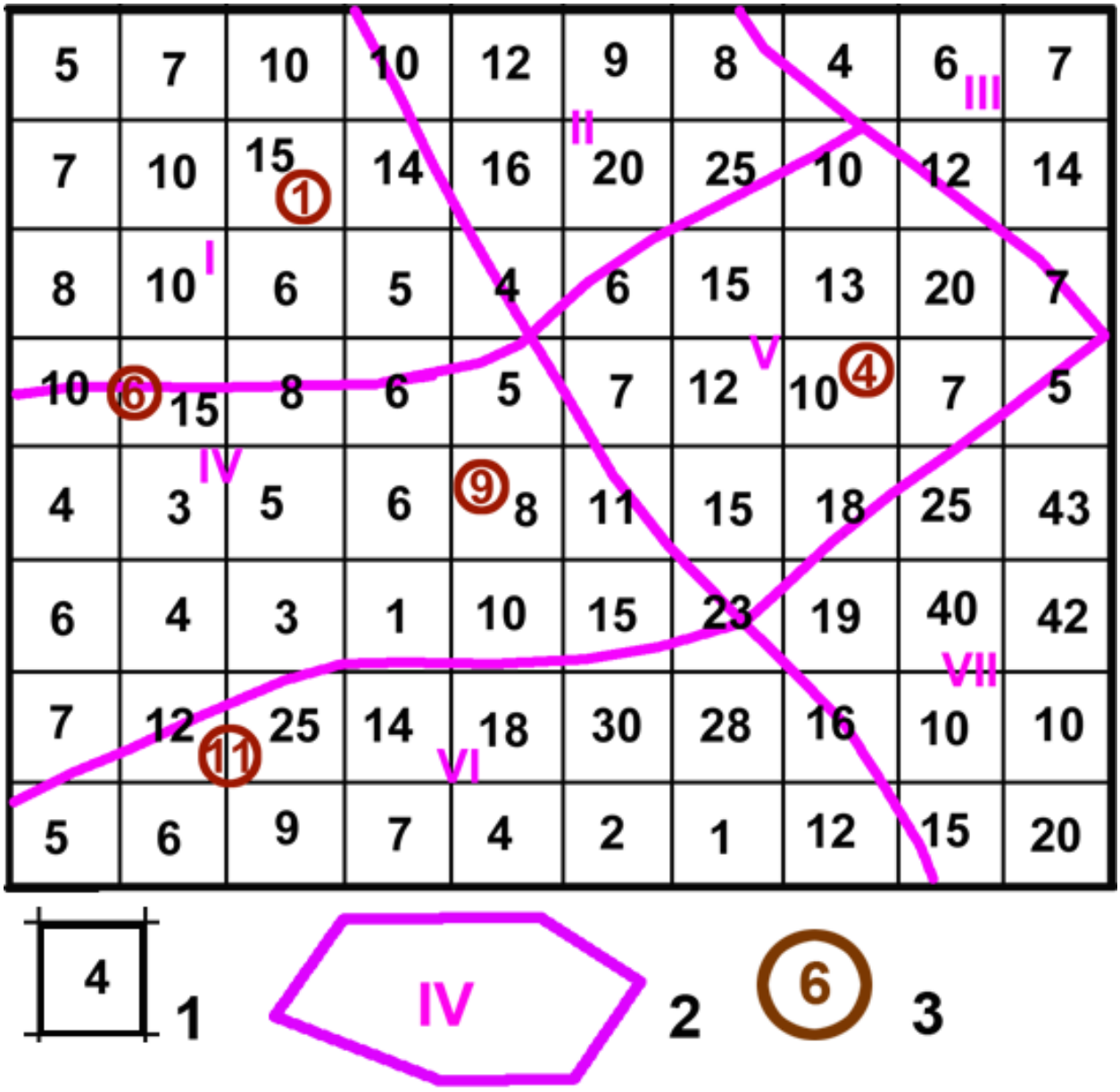


Рис. з.16.1. Карта интенсивности разрывов. 1 вариант

Условные обозначения 1 - Граница элементарной ячейки и интенсивность трещиноватости в ней (в см), 2 - Номера тектонических блоков и их границы (для построения роз-диаграмм трещиноватости в задании 16.2.2), 3 - Точка массовых замеров ориентировки трещиноватости (номер варианта в работе 16.1).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.2.1. Статистический анализ интенсивности (густоты) разрывов

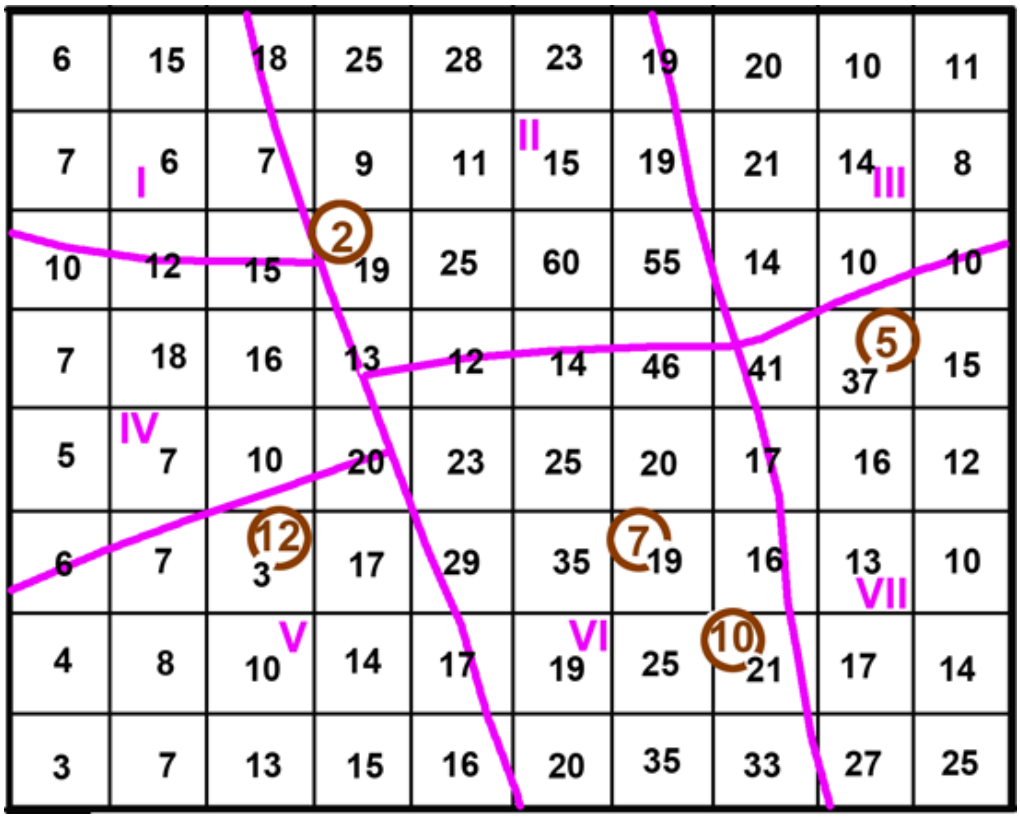
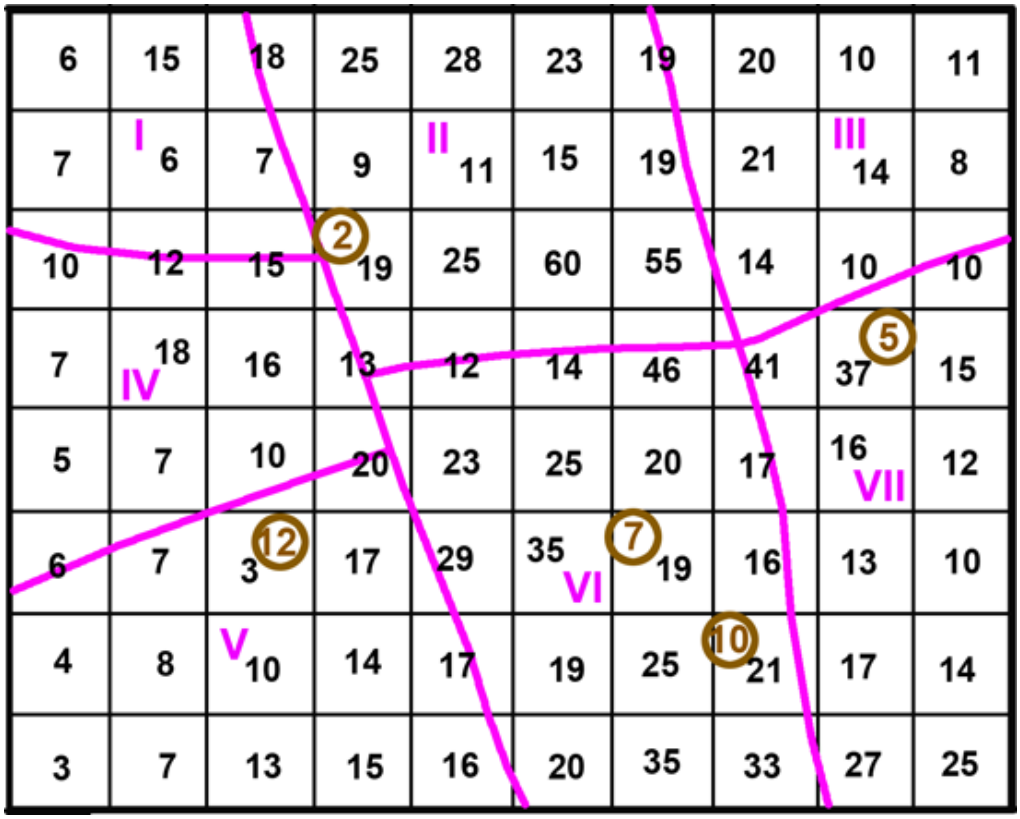


Рис. з.16.2. Карта интенсивности разрывов. 2 вариант. Условные обозначения те же, что на рис. з16.1



© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание к 16.2.1. Статистический анализ интенсивности (густоты) разрывов

Рис. з.16.3. Карта интенсивности разрывов. 3 вариант. Условные обозначения те же, что на рис. з.16.1

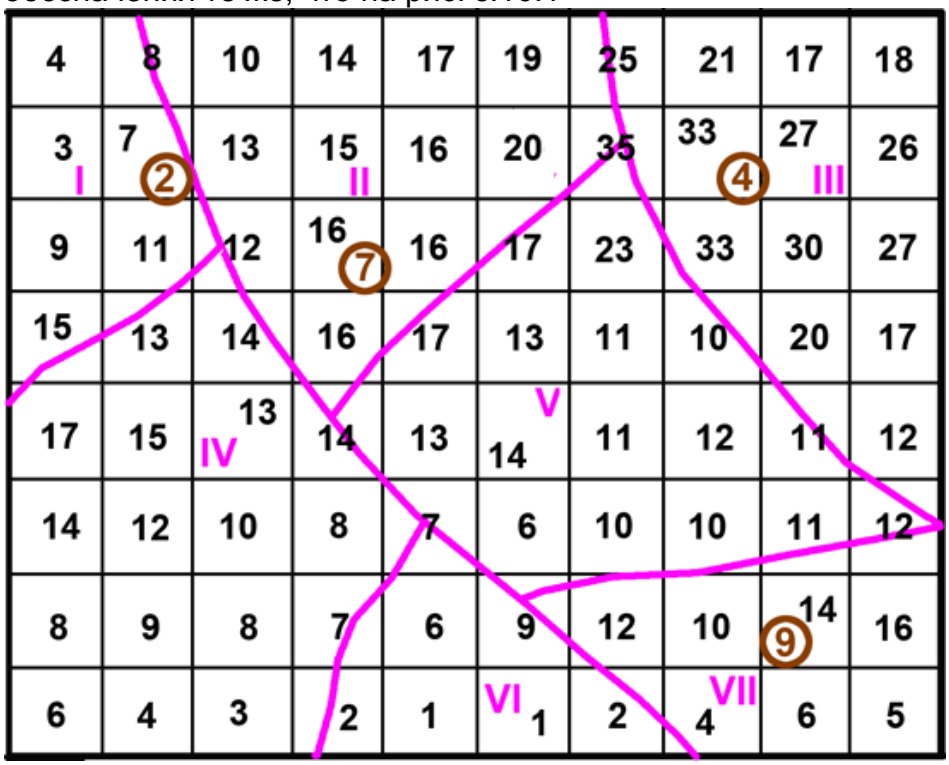


Рис. з.16.4. Карта интенсивности разрывов. 4 вариант. Условные обозначения те же, что на рис. з16.1

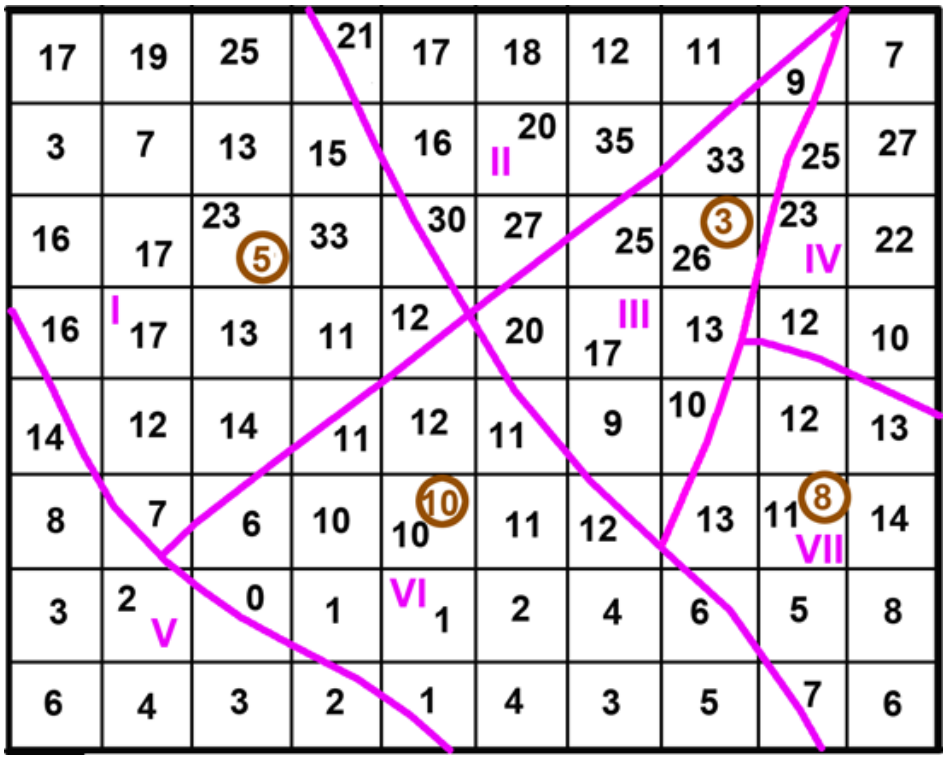


Рис. з.16.5. Карта интенсивности разрывов. 5 вариант. Условные обозначения те же, что на рис. з16.1

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Графическое задание з.16.3. Статистический анализ ориентировки разрывов

Исходные данные: исходные данные по 7 вариантам приведены в таблице з.16.13. В ячейках приведена суммарная длина разрывов (в км), приходящаяся на десятиградусный интервал диаграммы.

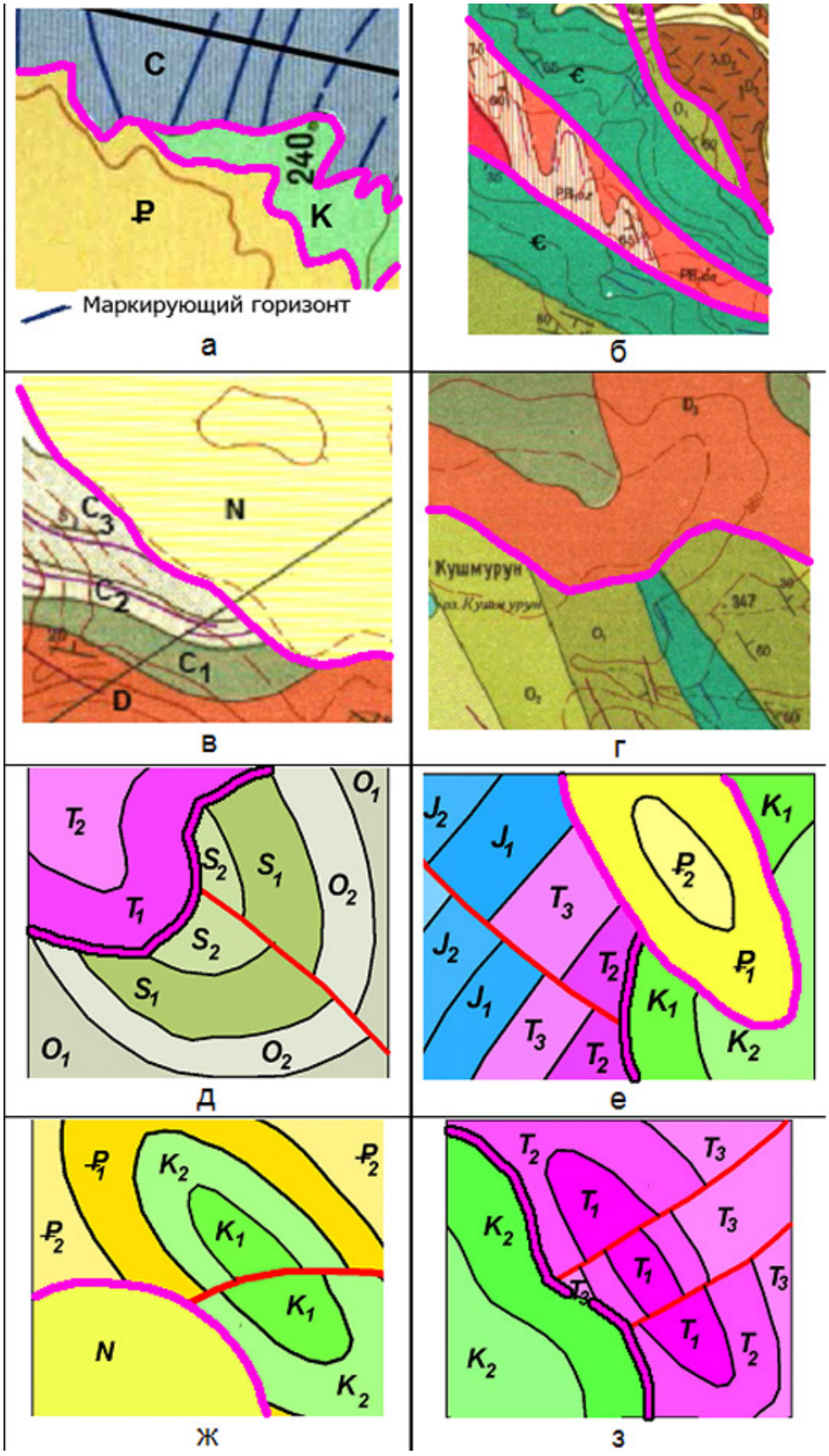
Диаграмму можно построить также с помощью компьютерной программы, например, лепестковая диаграмма в EXEL.

Таблица з.16.13. **Исходные данные к заданию Ориентировка разрывов**

Интервал	Номер элементарной ячейки (номер варианта)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
355 - 5°	20	27	35	14	19	30	25
5 - 15°	30	40	17	15	20	20	10
15 - 25°	14	45	9	17	15	15	15
25 - 35°	17	40	8	20	10	10	20
35 - 45°	16	10	10	25	5	5	25
45 - 55°	23	13	12	20	5	10	30
55 - 65°	25	10	13	17	5	15	25
65 - 75°	24	12	10	19	10	15	10
75 - 85°	37	14	15	17	15	10	5
85 - 95°	43	16	20	26	20	20	10
95 - 105°	15	17	22	25	25	23	15
105 - 115°	16	13	25	30	25	25	20
115 - 125°	17	15	30	14	30	30	30
125 - 135°	14	14	35	15	35	40	40
135 - 145°	14	13	40	13	40	30	10
145 - 155°	30	12	45	12	20	20	5
155 - 165°	33	14	45	10	10	15	5
165 - 175°	25	30	40	12	10	10	5

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Решения задач к 2.2. Несогласия



Несогласия выделены сиреневым цветом

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Решения к упражнению 10.1. Задание точки, контура, линии, плоскости (привязка)

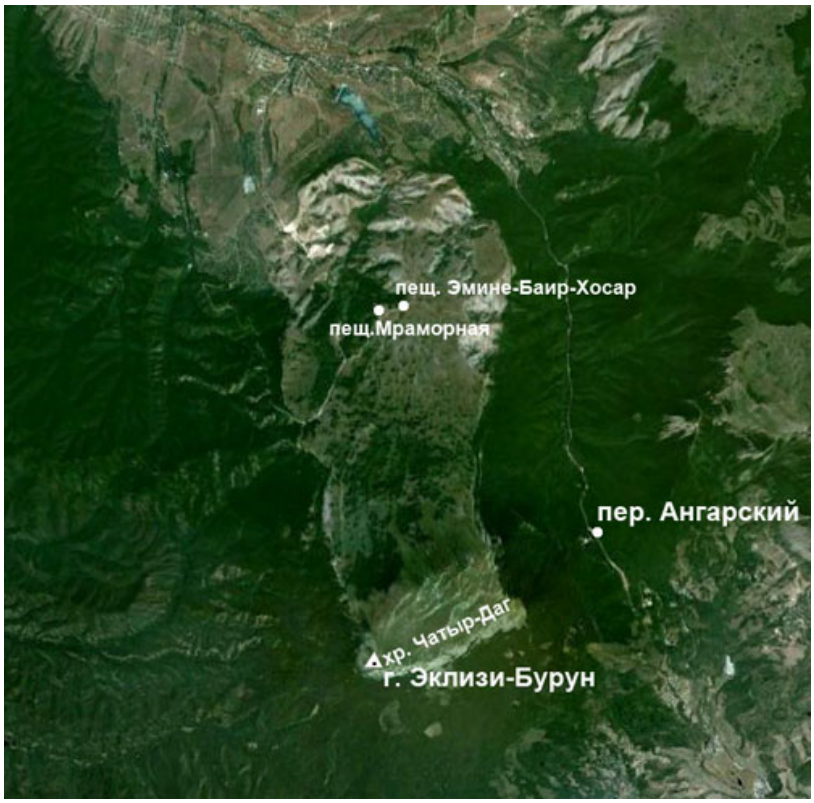


Рис.о.10.1. Ответ к упражнению 10.1.

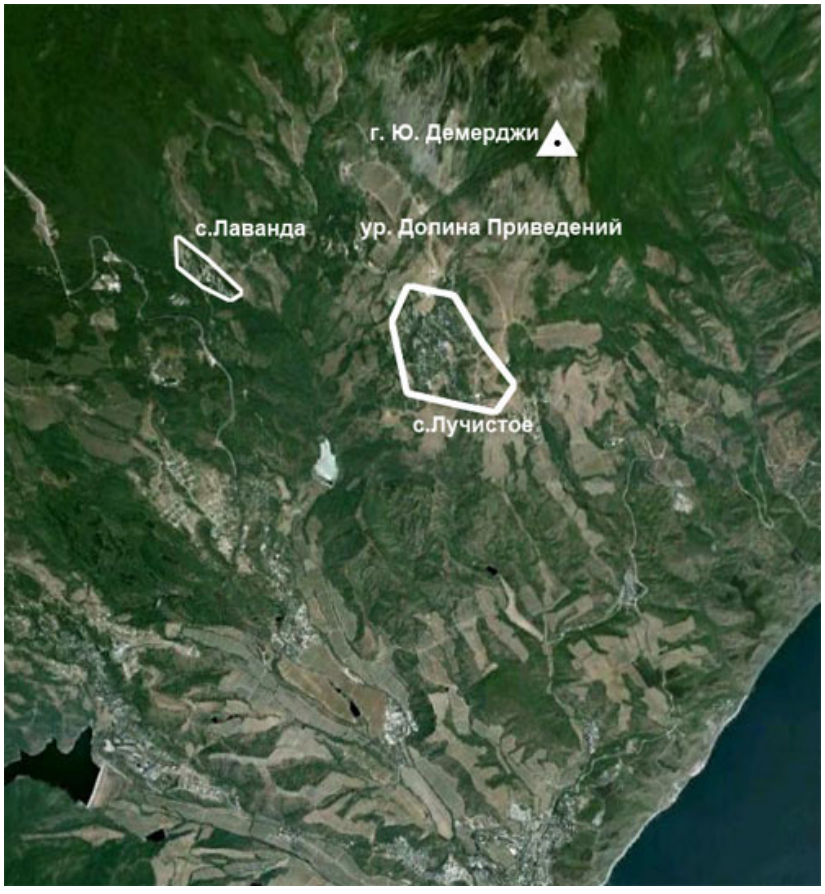


Рис. о.10.2. Ответ к упражнению 10.2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



Рис. о.10.3. Ответ к упражнению 10.3

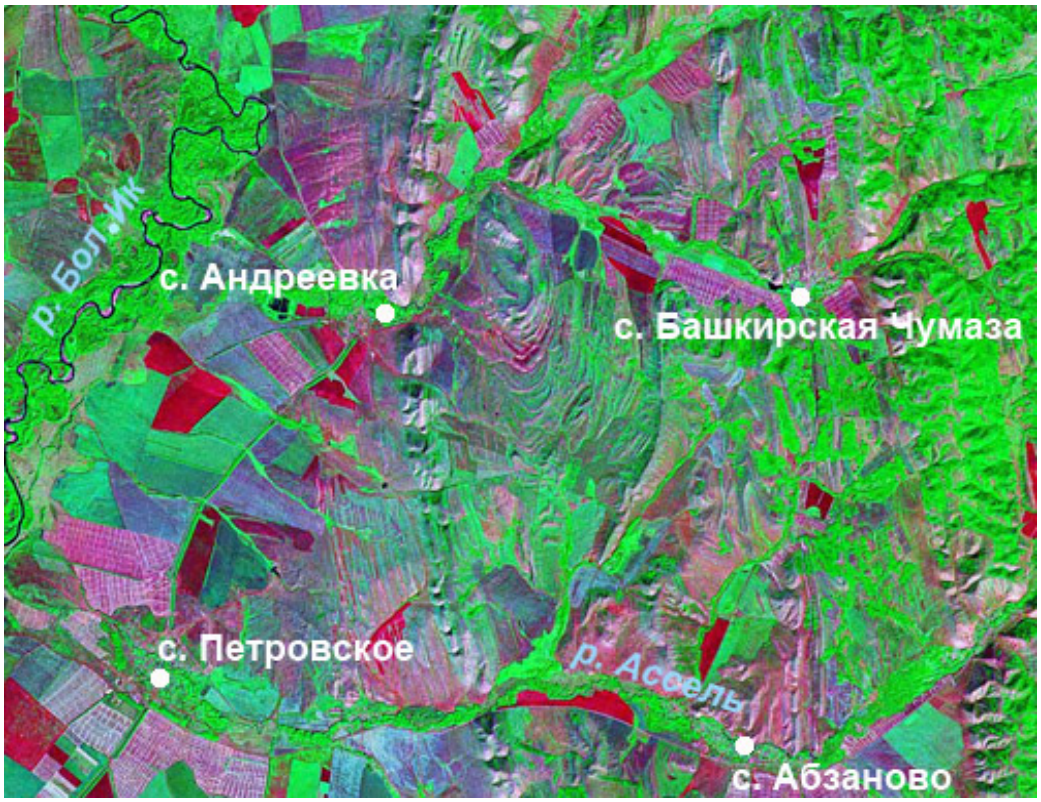


Рис. о.10.4. Ответ к упражнению 10.4

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Решения к упражнению 10.1. Задание точки, контура, линии, плоскости (привязка)

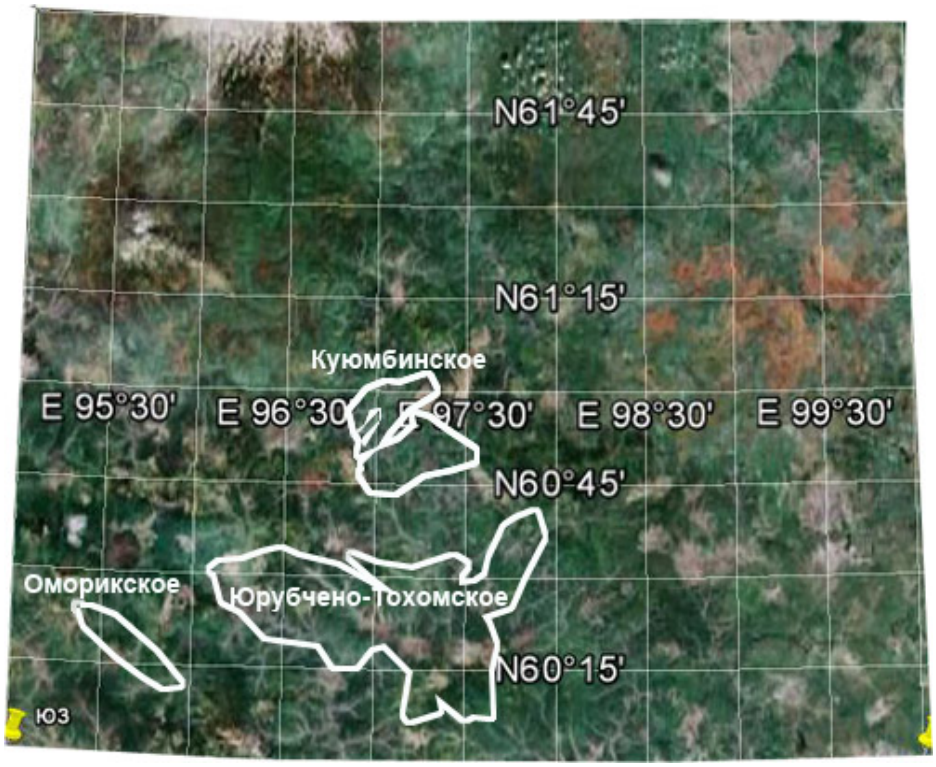


Рис. о.10.5. Ответ к упражнению 10.5

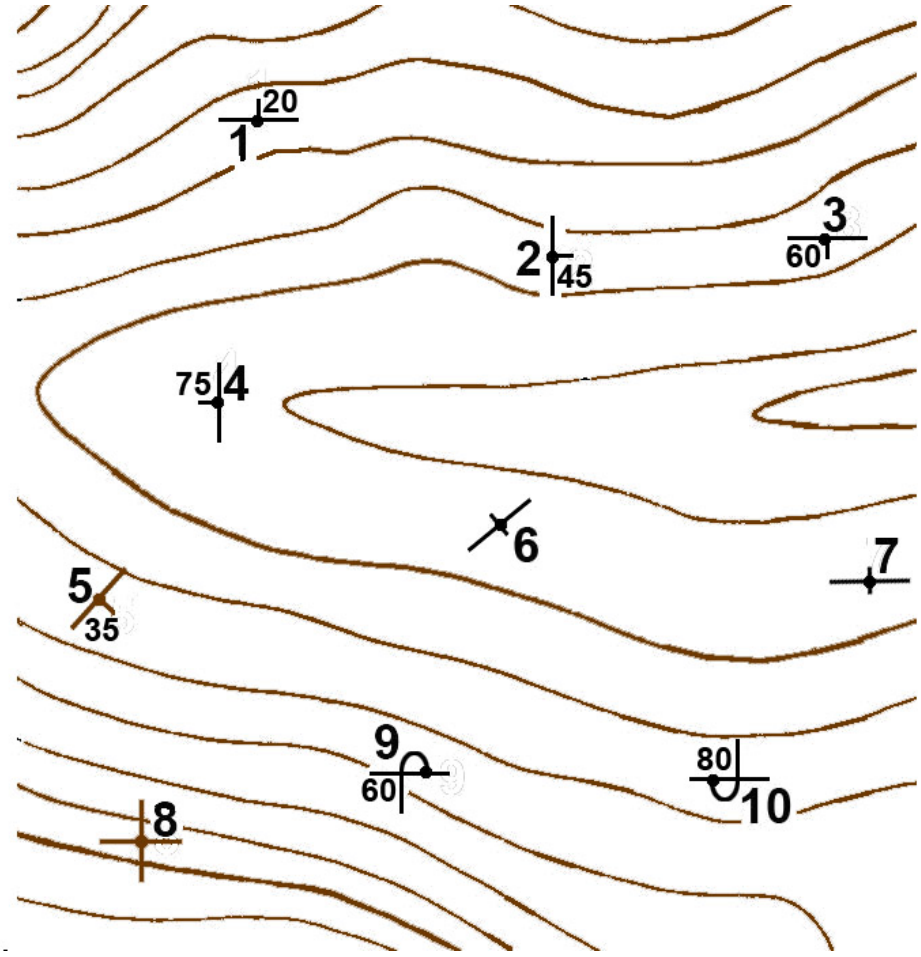


Рис. о.10.6. Ответ к упражнению 10.6

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Подсказки и решения к упражнениям к 10.2. Мощность слоя и способы её определения

РЕШЕНИЯ К УПРАЖНЕНИЮ 10.9

Необходимая формула: H[1] = h sin α, где H – истинная мощность пласта, h – видимая мощность, α – угол падения пласта.

Таблица о10.9

Номер варианта	h_1	α_1	Ответ	h_2	α_1	Ответ	h_1	α_2	Ответ	h_2	α_2	Ответ
1	35	5	3,05	60	5	5,22	35	85	34,86	60	85	59,77
2	50	80	49,24	15	80	14,77	50	15	12,84	15	15	3,88
3	45	35	25,81	80	35	45,88	45	90	45	80	90	80
4	40	70	37,58	75	70	70,47	40	45	28,28	75	45	53,03
5	65	25	27,47	20	25	8,45	65	75	62,78	20	75	19,31
6	70	65	63,44	25	65	22,65	70	35	40,15	25	35	14,33
7	75	20	25,65	35	20	11,97	75	75	72,44	35	75	33,80
8	90	85	89,65	45	85	44,82	90	15	23,29	45	15	11,64
9	85	25	35,92	30	25	12,67	85	65	77,03	30	65	27,18
10	80	75	77,27	55	75	53,12	80	35	45,98	55	35	31,54
11	55	30	27,50	95	30	47,50	55	70	51,68	95	70	89,27
12	60	65	54,37	85	65	77,03	60	25	25,35	85	25	35,92
13	95	15	24,58	40	15	10,35	95	55	77,81	40	55	32,76
14	90	85	89,65	75	85	74,71	90	25	38,03	75	25	31,69
15	25	35	14,33	60	35	34,41	25	75	24,14	60	75	57,95

РЕШЕНИЯ К УПРАЖНЕНИЮ 10.10

Необходимая формула: $H = h \sin(\pm\alpha\pm\beta)$

где H – истинная мощность пласта, h – видимая мощность, α – угол падения пласта, β - угол наклона рельефа. Знаки плюс, или минус следует использовать в зависимости от соотношения направления падения рельефа и слоя. Если пласт и рельеф падают в одну сторону – берем знак «+», если в одну сторону – используется знак «-», так, чтобы результат получился положительным.

Таблица о10.10

Номер варианта	h	α_1	α_2	β_1	β_2	Ответ при $\alpha_1\beta_1$		Ответ при $\alpha_1\beta_2$		Ответ при $\alpha_2\beta_1$		Ответ при $\alpha_2\beta_2$	
						Породы и рельеф падают:		Породы и рельеф падают:		Породы и рельеф падают:		Породы и рельеф падают:	
						одинаково	по разному	одинаково	по разному	одинаково	по разному	одинаково	по разному
1	45	65	25	85	5	22,5	15,4	42,3	39	42,3	39	22,5	15,4
2	50	35	55	10	80	35,4	21,1	45,3	35,4	45,3	35,6	35,6	21,1
3	55	45	20	75	15	47,6	27,5	47,6	27,5	54,8	45,0	31,5	4,8
4	60	50	35	20	70	56,4	30	52	20,5	49,1	15,5	58	34,4
5	55	10	50	65	25	53,1	45	31,5	14,2	49,8	14,2	53,1	23,2
6	50	45	75	30	60	48,3	12,9	48,3	12,9	48,3	35,4	35,4	12,9
7	45	65	5	55	35	39	7,8	44,3	22,5	39	34,5	28,9	22,5
8	40	10	70	40	85	30,6	20	39,8	38,6	37,6	20	16,9	10,4
9	45	60	15	75	45	31,8	11,6	43,5	11,6	45	39	39	22,5

[1] Здесь приведены иные, чем в учебнике условные обозначения. Это сделано, потому что они также используются в практике, и учащийся должен привыкать пользоваться различными стандартами

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

10	50	35	75	50	15	49,8	12,9	38,3	17,1	41	21,1	50	43,3
11	55	10	70	35	55	38,9	23,2	49,8	38,9	53,1	31,5	45,1	14,2
12	60	15	80	60	30	57,9	42,4	42,4	15,5	38,6	20,5	56,4	45,9
13	55	5	70	25	65	27,5	18,8	51,7	47,6	54,8	38,9	38,9	4?8

РЕШЕНИЯ К УПРАЖНЕНИЮ 10.11

Необходимая формула Фролова :

$m = \pm L \sin\alpha \cos\gamma \pm \Delta h \cos\alpha$, где Δh - превышение (разность абсолютных отметок) между концами линии замера. m – истинная мощность слоя, α - угол падения слоя, γ - угол, между направлением падения слоя и направлением замера. L – расстояние между концами замера.

Если рельеф и пласт падают в противоположные стороны, перед обоими произведениями ставится знак плюс. В случае совпадения направления падения пласта и рельефа из большего произведения вычитают меньшее. Этой формулой удобно пользоваться для определения истинной толщины пласта по геологической карте. Величину Δh измеряют по линии, соединяющей точки пересечения проекций кровли и подошвы пласта на горизонтальную плоскость с какими либо горизонталями рельефа, разница отметок которых дает величину Δh.

Таблица о10.11

№ варианта	L	α	γ	Δh	Ответы. Падение слоя и рельефа	
					в одну сторону	в разные стороны
1	205	38	6	192	25,8	276,8
2	207	40	8	194	16,9	280,4
3	209	42	10	196	7,9	283,4
4	211	44	12	198	0,9	285,8
5	213	46	14	200	9,7	287,6
6	215	48	16	212	11,7	295,4
7	217	36	18	204	43,7	286,3
8	216	35	17	203	47,8	284,8
9	214	37	15	201	36,1	284,9
10	212	39	13	199	24,7	284,6
11	210	41	11	197	13,4	283,9
12	208	43	9	19	126,2	154
13	206	45	7	193	8,1	281
14	204	47	5	191	18,4	278,9
15	202	49	3	189	28,2	276,2

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

РЕШЕНИЯ К УПРАЖНЕНИЮ 10.12

Необходимая формула Леонтовского

$m = \pm L (\sin\alpha \cos\beta \cos\gamma \pm \cos\alpha \sin\beta)$,

Где L - видимая толщина пласта в метрах (расстояние от кровли до подошвы пласта по косому сечению - величина замера), α- угол падения пласта в градусах, β- угол наклона рельефа в градусах, γ- угол, между направлением замера и падением в градусах

Если рельеф и пласт падают в противоположные стороны, перед обоими произведениями ставится знак плюс. В случае совпадения направления падения пласта и рельефа из большего произведения вычитают меньшее. Этой формулой удобно пользоваться для определения истинной толщины пласта по геологической карте.

Таблица о10.12

№ варианта	L	α	β	γ	Ответы. Падение слоя и рельефа	
					в одну сторону	в разные стороны
1	200	60	5	5	163,2	180,6
2	210	55	10	7	147,2	189
3	220	50	15	10	123,7	196,9
4	230	45	20	13	93,3	204,5
5	240	40	25	15	57,4	212,7
6	250	35	30	17	16,4	221,2
7	260	30	35	20	29,1	229
8	270	25	40	23	76,8	237,8
9	260	20	45	20	113,7	231,8
10	250	15	50	17	145,2	224,8
11	240	10	55	15	170,5	216,7
12	230	15	60	12	163,3	221,5
13	220	20	65	10	156	218,7
14	210	25	70	7	148,7	209
15	200	30	75	5	141,5	193,1

РЕШЕНИЯ К УПРАЖНЕНИЮ 10.17

1. Необходимо определить, где находится точки 1 и 2. Они находятся в вершине прямого угла значка элементов залегания.
2. Решаем задачу для точки 1 (нормальное залегание).

Истинная мощность слоя – L. Следовательно, видимая (горизонтальная в нашем случае) мощность будет $L+\Delta$, причем Δ будет

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

тем больше, чем положе залегает слой. Следовательно, единственная подходящая точка – это точка Е (рис. о.10.7).

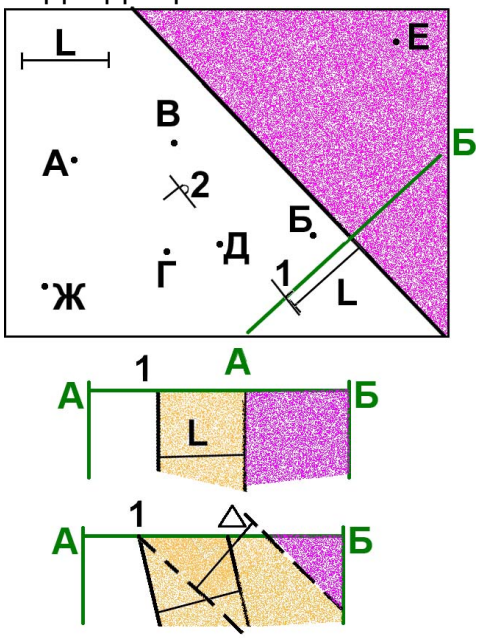


Рис. о.10.7. Решение к упражнению 10.17 для точки 1

3. Решаем задачу для точки 2 (опрокинутое залегание).

Вдоль линии падения в разрезе ситуация, показанная в т.2 может выглядеть так (рис. о10.8).

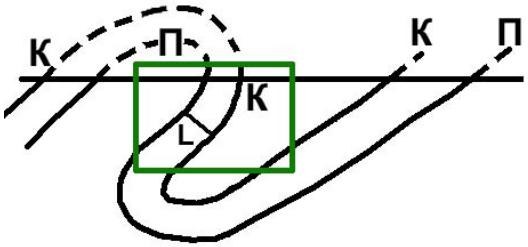


Рис. о. 10.8. Решение к упражнению 10.17 для точки 2

Опрокинутое (перевернутое) залегание может появиться при формировании опрокинутых складок. Мы на карте видим фрагмент, соответствующий участку, выделенному зеленым прямоугольником. Следовательно, граница кровли слоя может появиться, так же, как в первом случае, за пределами полосы шириной в L. Если же на территории имеется антиклинальный изгиб, то границу кровли с нормальным залеганием мы можем найти далеко на юго-западе (точка Ж).

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Решения к 11.6.2. Пересечение топографической поверхности и плоскости

Упражнение 11.1

Плоскость **а** залегает круче, а плоскость **б** – положе, так как у плоскости **а** заложение меньше (она меньше «слушается» рельефа).

Упражнение 11.2

Плоскость **а** залегает горизонтально, плоскость **б** – вертикально.

Упражнение 11.3

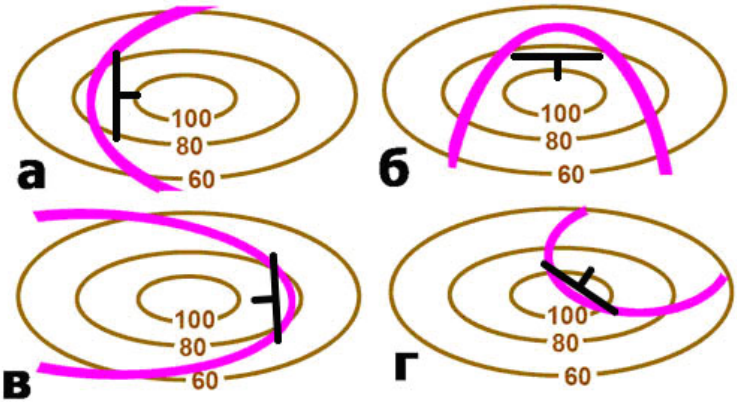


Рис. о.11.1. Ответ к упражнению 11.3

Упражнение 11.4

Падение ориентировано в ту сторону, в которую геологическая граница пересекает горизонтали с меньшими абсолютными отметками.

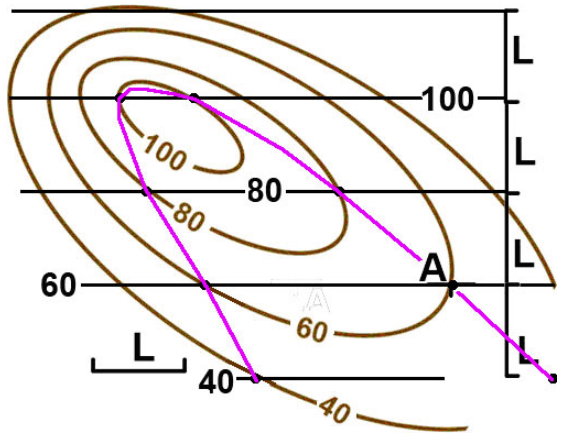


Рис. о.11.2. Ответ к упражнению 11.4

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Ответ к 15.4. Геологическое дешифрирование стереоизображения аэрофотоснимков различных структурно-формационных комплексов. Графическое задание

Широтный разрез может быть таким:

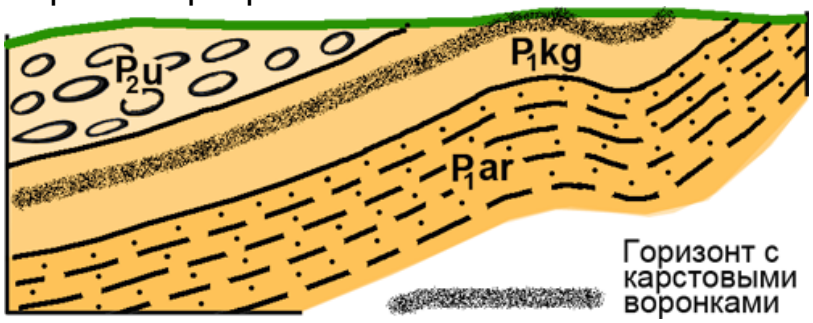


Рис. о.15.1. Вариант геологического разреза к снимку

В этом случае мы отражаем наличие замыкание синклинальной складки и объясняем всего два двойных ряда карстовых воронок.

Возможны и другие рисовки геологического разреза:

1. Связанное с несогласным налеганием уфимского яруса на кунгурский и перекрытие западного ряда воронок.
2. Срезание их пологим разломом.

Эти варианты Вы можете изобразить самостоятельно.

© Милосердова Л.В. 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ГОРНЫЙ КОМПАС И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Горный компас - один из старейших и важнейших инструментов геолога, поэтому необходимо уметь им пользоваться. Это универсальный прибор. С его помощью можно определять азимуты направлений и высоты до недоступных предметов, ориентировку в пространстве векторов и плоскостей.

П.1.1. Устройство горного компаса

Существуют различные модификации горного компаса (рис. п.1.1).



Рис. п.1.1. Горные компасы: 1 – горный компас Брайтона, 2 – горно-геологический компас ГГК-2, 3, 4 – горный компас ГК-2, 5 – горный компас геологоразведка, 6 – горный компас ГК-1

Один из наиболее удобных и распространенных – компас ГК-2 (рис. п.1.2). На его примере описано устройство компаса и рассмотрены приемы работы. Еще встречаются горные компасы старого образца, без уровня (рис. п.1.1 – 1, 5) и более новые новые модификации (рис. п.1.1 – 2).

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 1. Горный компас и его применение
П.1.1. Устройство горного компаса

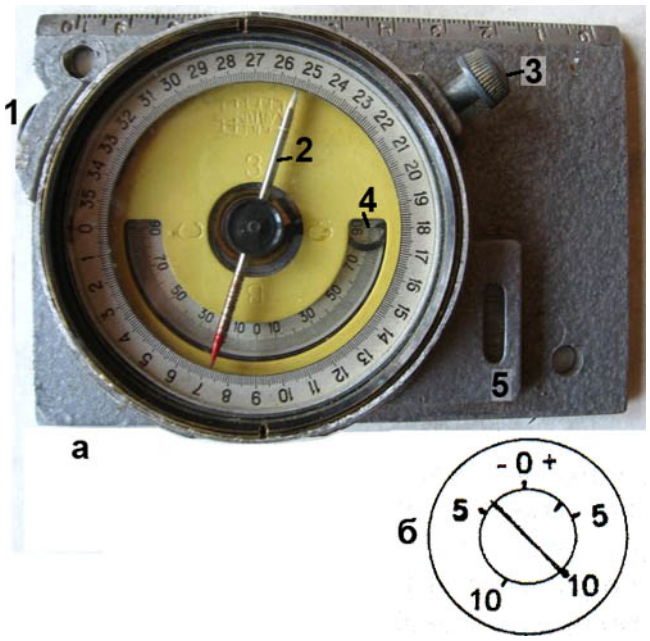


Рис. п.1.2. Горный компас ГК-2. а – общий вид, б – трибка (располагается на обратной стороне компаса), объяснения в тексте

Компас монтируется на прямоугольной пластине. Длинная ее сторона снабжена линейкой и в одном из углов имеется отверстие, с помощью которого компас можно насадить на вертикальный штырь (палку). Благодаря этому увеличивается устойчивость компаса, что существенно при визировании на отдаленные точки. Сам компас круглой формы смещен к одному из коротких краев прямоугольной пластины. Эта сторона компаса называется передним или северным его концом. Компас снабжен лимбом, нулевая отметка которого расположена примерно на середине короткой стороны основания, ближе к краю. Лимб разделен на 360º, причем, в отличие от туристического компаса, градуировка делается против часовой стрелки. Также обратно расположены буквы, обозначающие запад и восток. Цена деления горного компаса – 1º, средняя квадратичная погрешность измерений – 1º. Магнитная стрелка компаса, насажена на острие и, когда компас находится в горизонтальном положении, может свободно вращаться на нем. Северный конец стрелки выкрашен в белый цвет, а на южный намотана медная спираль, служащая грузом для уравновешивания действия вертикальной составляющей магнитного поля Земли в северном полушарии (2 рис. п. 1.2.а). Для фиксации (арретирования) стрелки служит стопорный винт (3, рис п. 1.2.а), при закручивании которого стрелка прижимается к защитному стеклу.

Компас снабжен клинометром – отвесом, позволяющим измерять углы наклона. Шкала клинометра представляет собой половину окружности, градуированную от 0º до 90º в обе стороны (4, рис. П.1.2.а). На нижней части отвеса прорезано окошечко. В нижней стороне ее выступает короткая стрелка, острие которой расположено

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

точно по оси отвеса. Отвес работает только при вертикальном положении основания компаса. Когда длинная сторона основания расположена горизонтально, отвес показывает 0, когда горизонтально расположена короткая сторона пластинки, отвес показывает 90°. Обычно стрелка отвеса неподвижно зафиксирована. Чтобы она пришла в движение, следует нажать фиксирующую кнопку (1, рис. п. 1.2.а) при вертикальном положении пластинки компаса.

Кроме того, горный компас снабжен водяным уровнем, пузырек которого позволяет установить его в горизонтальном положении (5, рис. п.1.2.а).

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

П 1.2. Магнитное склонение и внесение поправок.

С помощью трибки (специального винта), расположенной на обратной стороне компаса (рис. п.1.2, б), лимб можно поворачивать в пределах 10° в одну и 10° в другую сторону. Трибка стопорится маленьким винтом, который находится на лицевой стороне компаса сбоку.

Возможность поворота лимба в горном компасе предусмотрена потому, что северный географический полюс не совпадает с магнитным, и угол между географическим и магнитным меридианами зависит от района замера (магнитное склонение). Кроме того, в некоторых регионах имеются местные магнитные аномалии, и, наконец, положение магнитного полюса меняется со временем. Обычно, направление магнитного меридиана и магнитное склонение указывается на крупномасштабных топографических картах. При необходимости направление истинного севера можно определить наблюдая ориентировку полуденного направления с помощью гномона – вертикальной палки-штыря, длиной примерно 1 м (чем больше длина гномона, тем точнее измерения) установленного на горизонтальной площадке (рис. п.1.3).

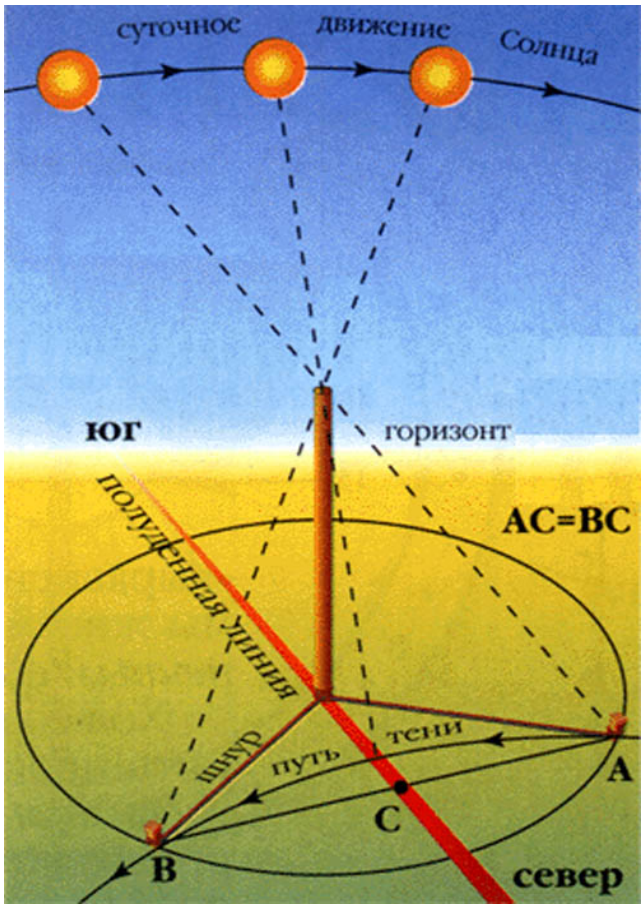


Рис. п.1.3. Определение направления тинного меридиана по полуденному правлению

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

В солнечный день, с интервалами примерно 5 минут следует отмечать положение тени, падающей от верхушки гномона. Положение тени, и её длина будут меняться в течение дня. Тот момент, когда тень будет самая короткая и есть истинный полдень для данного места, а направление – направлением ***истинного севера***.

Чтобы увеличить точность построений, можно прочертить вокруг гномона серию окружностей, и отмечать положение точек, когда тень пересечет одну и ту же окружность. Биссектриса будет направлением истинного севера. Остается замерить разницу между истинным севером по солнцу и магнитным севером – по компасу и внести соответствующие коррективы, повернув лимб.

Если, относительно наблюдателя, магнитный полюс смещен к востоку от географического (например, на 5°) – склонение называется восточным. Для получения истинного азимута к магнитному азимуту надо прибавить величину магнитного склонения, то есть с помощью трибки повернуть лимб компаса по часовой стрелке и против начальной отметки с указанием севера поставить не нулевое деление лимба, а деление, отвечающее 355° (-5° по шкале трибки).

Если, относительно наблюдателя, магнитный полюс смещен к западу от географического (например, на 15°) – склонение западное. Для получения истинного азимута от магнитного азимута надо отнять величину магнитного склонения, то есть повернуть лимб компаса против часовой стрелки и против начальной отметки с указанием севера поставить не нулевое деление лимба, а деление, отвечающее 15° (15° по шкале трибки).

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

П.1.3. Определение элементов залегания с помощью горного компаса

Обычно поверхности напластования несколько изогнуты, поэтому, данные, полученные горным компасом, относятся только к замеряемой площадке, и не могут быть отнесены за пределы точки наблюдений. Однако в обнажении мы имеем залегание со всеми его характерными особенностями, и данные, полученные с помощью горного компаса можно точно привязать к конкретному месту. Поэтому умение измерять элементы залегания горным компасом необходимо каждому геологу. Измерение элементов залегания наклонных поверхностей (геологических границ, разрывов и др.) горным компасом производится в обнажениях, то есть в выходах горных пород на поверхность. Обычно замеряют азимут и угол падения.

Для измерения азимута падения к измеряемой поверхности пласта прикладывают компас так, чтобы его северный конец был направлен по падению, а пузырек уровня был бы на середине (это свидетельствовал о горизонтальном положении компаса а рис. п.1.4, а).

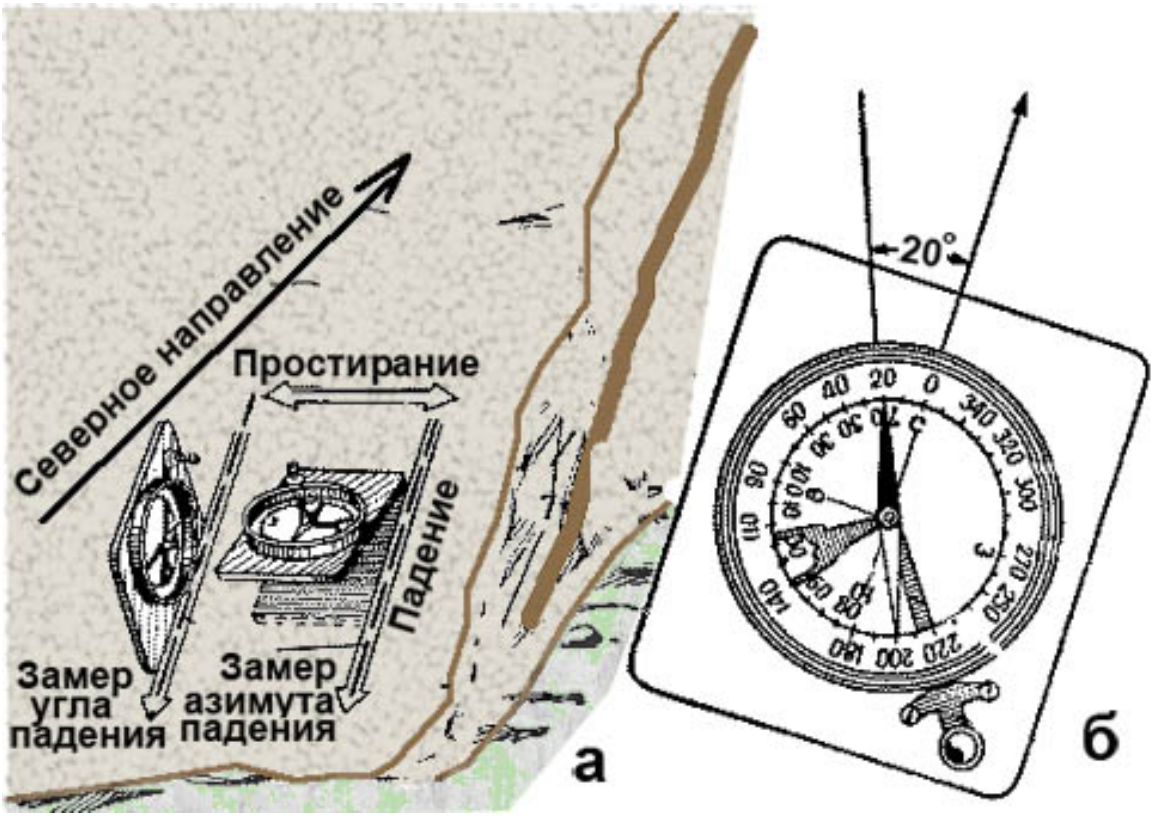


Рис. п.1.4. Измерение элементов залегания горным компасом

Когда короткая сторона компаса примыкает к пласту и горизонтальна – она находится на линии простирания, следовательно, длинная,

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

перпендикулярная ей сторона компаса в этом положении совпадает с азимутом падения. Магнитная стрелка может свободно двигаться только при горизонтальном положении компаса. Освободив стрелку, снимают отсчет по северному концу стрелки (рис. п1.4.б. Так как поправка на магнитное склонение уже внесена, стрелка показывает истинный (географический) азимут падения слоя.

Для измерения угла падения зажимают стрелку компаса винтом. Не меняя положения компаса относительно стран света, кладут его на замеряемую плоскость и поворачивают на бок, так, чтобы длинное ребро пластины основания лежало на измеряемой плоскости, а шкала клинометра была бы внизу. В этом положении нажимают фиксирующую кнопку отвеса и убеждаются, что он пришел в движение. Отпустив кнопку, и тем самым, зафиксировав показания отвеса, можно снять компас с замеряемой плоскости и прочитать значение угла падения.

Стандартная запись элементов залегания имеет следующую форму: Аз. пад. 240 $\angle$56. Знак градуса у цифр не ставится. Точно так же замеряют азимут и угол наклона и любого другого направления. При этом совмещают длинную сторону компаса с измеряемым направлением; приводят компас с помощью уровня в горизонтальное положение; снимают отсчет по магнитной стрелке и зажимают ее; развертывают компас в вертикальное положение и снимают отсчет угла падения.

При замерах компасом старого образца (без уровня) сначала определяют направление линии простирания с помощью клинометра. Для этого ставят компас на ребро, так, чтобы шкала клинометра была бы внизу и, нажав стопор, вращают компас так, чтобы клинометр показал максимальную отметку. Это направление падения. Далее измерения ведут так же, как и в предыдущем случае. Компасами нового поколения можно пользоваться так же, как описано для первого случая. Можно также замерить азимут падения, а затем, прислонив крышку компаса к слою, снять замер угла падения с винта, соединяющего крышку с пластиной компаса.

Элементы залегания в виде условных знаков наносят на карту с помощью транспортира. Для этого на карте через точку, в которой был произведен замер, проводят линию меридиана, а от него вправо с помощью транспортира откладывают значение истинного азимута линии падения. Перпендикулярно ему по направлению падения проводят линию падения и цифрами указывают величину угла падения. Замеры всегда следует наносить на карту, находясь на обнажении, так как возможные ошибки и неточности на месте легче выявляются и исправляются.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

п.1.4. Визирование (определение азимутов направлений, высот недоступных предметов и превышений)

Чтобы определить азимут на какой-либо ориентир, компас направляют на него северным концом (оптически совмещают длинную сторону компаса и ориентир). Компас при этом держат в горизонтальном положении и берут отсчет по северному концу стрелки. Точность и надежность измерений возрастает, если компас насадить отверстием на какую-нибудь палку и опереть на землю. Если нужно определить обратный азимут (от ориентира до наблюдателя) компас ориентируют так же, но отсчет берут по южному концу стрелки.

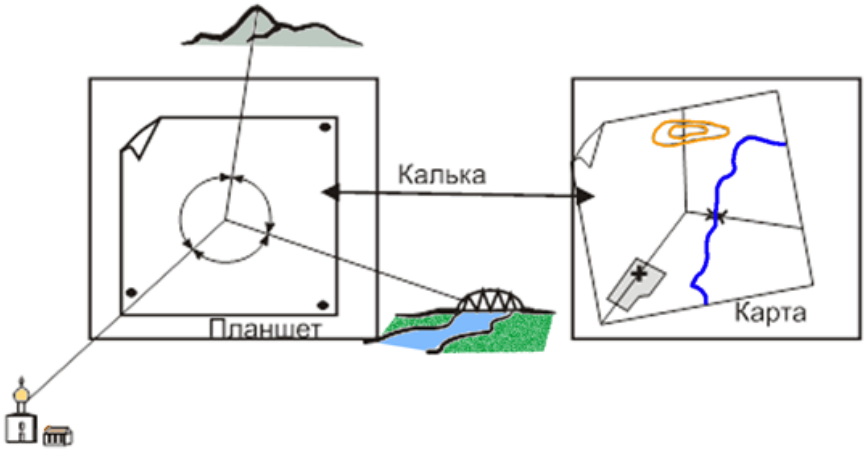
Если крышка Вашего компаса снабжена зеркальцем, то для увеличения точности наблюдений, следует совместить отражение визируемого предмета с центром зеркальца и визиром (маленькие штырьки на компасе) и взять отсчет по северному концу стрелки (рис. п.1.5). Вы при этом оказываетесь отвернувшимся от предмета визирования.



Рис. п.1.5. Взятие азимута на ориентир с помощью компаса с зеркалом

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Если взять азимуты на три предмета, расположенные от Вас в разных направлениях, несложно определить место своего стояния, аналогично тому, как переносили данные методом засечек из контурных точек (рис. п.1.6).



а б

Рис. п.1.6. Определение положения пункта геологических наблюдений методом засечек: а – засечки на местности, нанесенные на кальку, б – перенос данных на карту

Для определения превышений недоступных предметов ребро линейки направляют на вершину измеряемого объекта (компас в вертикальном положении), одновременно нажимая на кнопку стопора клинометра (эклиметра). Затем, опустив кнопку, фиксируют положение отвеса и по шкале определяют угол наклона. Измерив угол и одну из сторон прямоугольного треугольника (например, основание измеряемого объекта), определяют искомую высоту (рис. п.1.7).

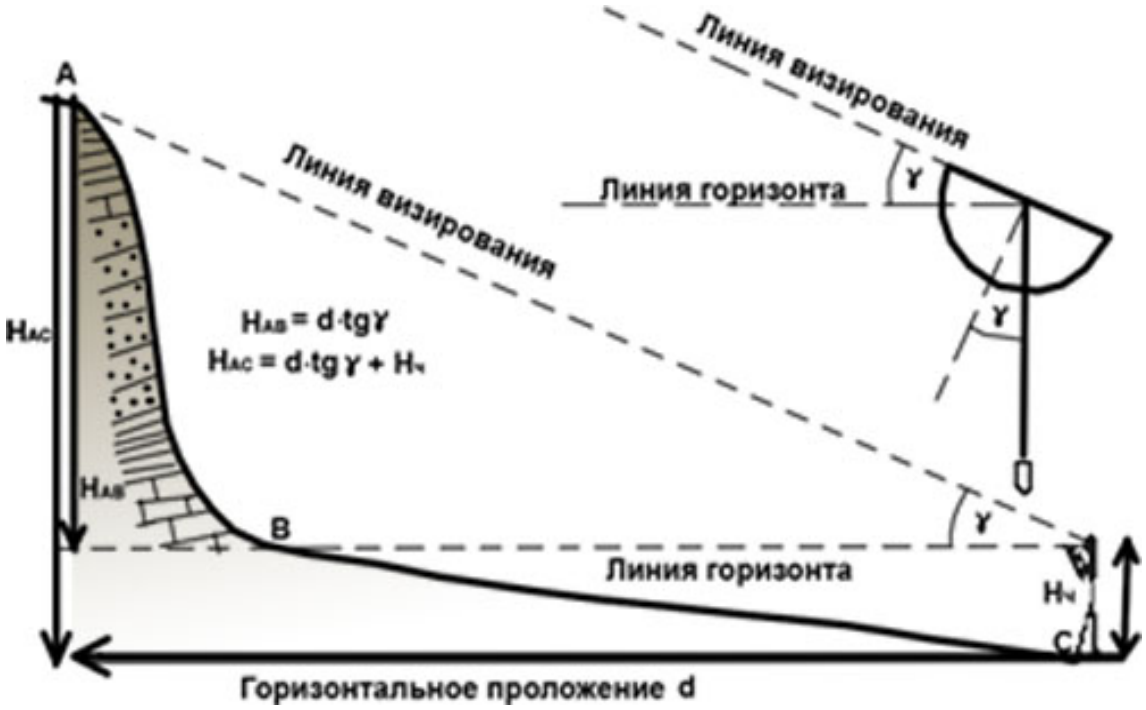


Рис. п.1.7. Определение превышений с помощью эклиметра горного компаса

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Например: необходимо измерить высоту обрыва. Последовательность действий следующая:

– отойти от обрыва на такое расстояние, чтобы видеть его вершину,

– эклиметром измерить угол (γ),

– измерить расстояние от точки наблюдения до основания обрыва (*d),*

– решить прямоугольный треугольник.

H_{AC} = d tg γ, + $H_{ч,}$ где H_{AC} – высота обрыва, γ – угол, замеренный эклиметром, d – расстояние от точки наблюдения до основания обрыва, $H_{ч}$ – рост человека, замеряющего высоту обрыва.

Точно так же, наводя последовательно линейку компаса на разные высоты обрыва и получая различные значения γ можно вычислить мощности недоступных толщ в обрыве.

Возможны и другие применения горного компаса.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЛИНЕЙНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ (ГРАДУИРОВАНИЕ)

Здесь рассмотрены самые простые случаи интерполяции, при равномерном (линейном) изменении параметра (при построении структурных карт – абсолютной отметки картируемой поверхности).

При интерполяции можно просто составить пропорцию

L/l=H/h, где

L – расстояние между точками (скважинами), между которыми проводится интерполяция;

l – искомое расстояние

H – разность абсолютных отметок исходных точек (поверхности в скважинах)

h – сечение стратоизогипс, или разница высот между изогипсой и исходной точкой.

Вычислив расстояния, их остается только отмерить по линейке.

Чаще применяются графические способы.

Работа проводится в следующей последовательности:

Проанализировать, через какие значения высот при заданном сечении должны быть проведены стратоизогипсы. Например, значения - 237 и - 356. Значит *стратоизогипсы должны быть проведены через* – 240, - 250, - 270, - 270 м.

Разность высот (абсолютных отметок) между интерполируемыми точками (скважинами) разделить на величину сечения стратоизогипс.

Например, интерполируется перепад высот между скважинами, абсолютные отметки в которых – 273м и – 236 м. При выбранном сечении стратоизогипс равном 10 м. Вычисляем: [- 273м – (- 356м)] : 10 = 3,7. Это значит, что расстояние между скважинами нужно разделить на 3,7 частей, то есть со стороны скважины с отметкой – 273 нужно отложить 0,3 части, затем 3 раза по 1 части и останется – 0,4 части.

Само деление можно делать одним из двух способов:

- с помощью треугольника,

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- с помощью специальной палетки, называемой «высотной арфой».

Способ треугольника

- Из точки, соответствующей одной из скважин (А) под произвольным углом (примерно 40 - 60^0 (рис. п.2.1) к прямой АБ, провести отрезок АВ, равный (пропорциональный) количеству частей: на которые надо делить расстояние АБ. В нашем примере – 3,7.

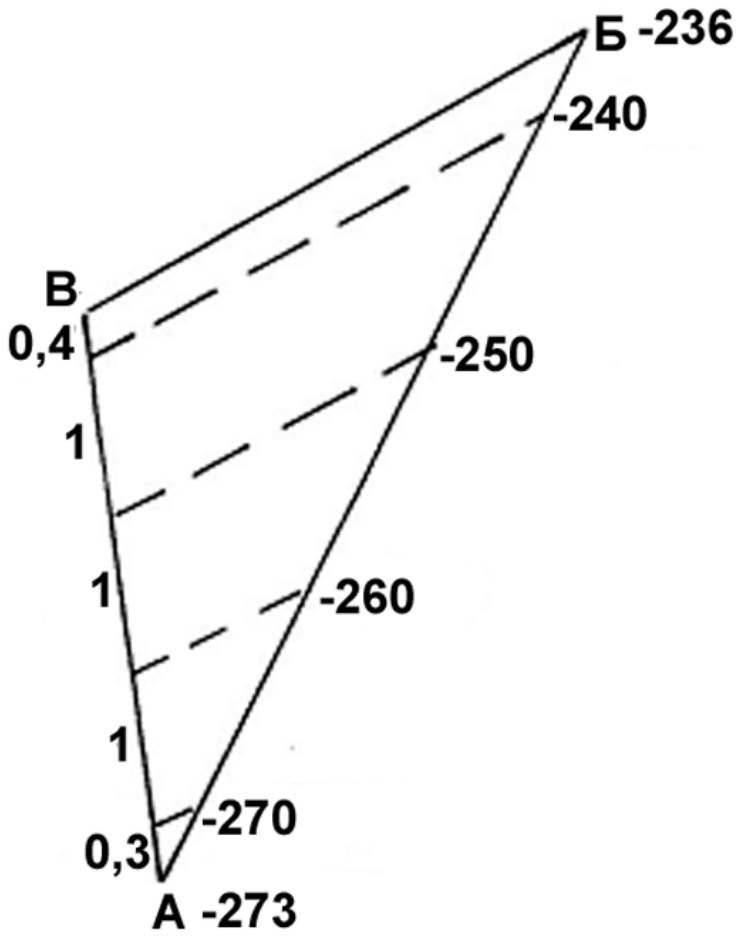


Рис. п.2.1. Интерполирование способом треугольника

- Точку В соединить с точкой Б.
- На отрезке АВ отложить 0,4, 1, 1, 1, 0,3 см.
- Через полученные отметки провести отрезки параллельные БВ до пересечения с отрезком АБ.

- Точки пересечения этих отрезков с АБ и будут искомыми

Способ «высотной арфы»

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

- с помощью специальной палетки, называемой «высотная арфа».

«Высотная арфа» это специальная масштабная сетка, состоящая из серии параллельных линий, расположенных на расстоянии 2-3 мм друг от друга и пронумерованных от 0 до 10, или 15. Обычно ее делают на прозрачной бумаге, или кальке.

- «Высотную арфу» наложить на план расположения скважин так, чтобы скважина А оказалась между нулевой и первой линией на расстоянии 0,3 от линии 1. (рис. п.2.2).

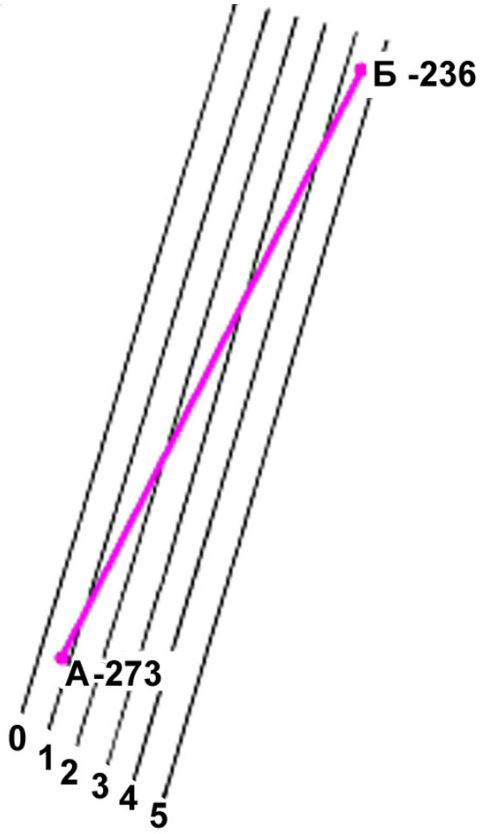


Рис. п.2.2. Интерполирование способом высотной арфы

- Повернуть «высотную арфу» вокруг точки , соответствующей скважине А до тех пор, пока скважина Б не окажется между 4-й и 5-й линиями на расстоянии 0,4 от линии
- Точки пересечения линий «высотной арфы» с отрезком АБ и будут искомыми точками, через которые должны пройти стратоизогипсы.
- Переколоть точки пересечения линий «высотной арфы» с отрезком АБ на чертеж и надписать.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ЗАДАНИЕ МАСШТАБА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА

Выбор масштаба чертежа обусловлен его назначением, количеством и разнообразием деталей на нем, размером стандартного листа бумаги и рядом других факторов.

Учебные задания обычно выполняются на листах бумаги формата А4 и чертеж должен занимать большую его часть.

Например, на листе бумаги, размером примерно 30х20 см надо поместить объект, наибольший размер которого 280 м (28 000 см). Размеры отличаются друг от друга почти в 1000 раз, следовательно, масштаб нужно взять равным 1: 1 000 (в 1 см 10 м).

Таким образом, чтобы определить масштаб чертежа, надо:

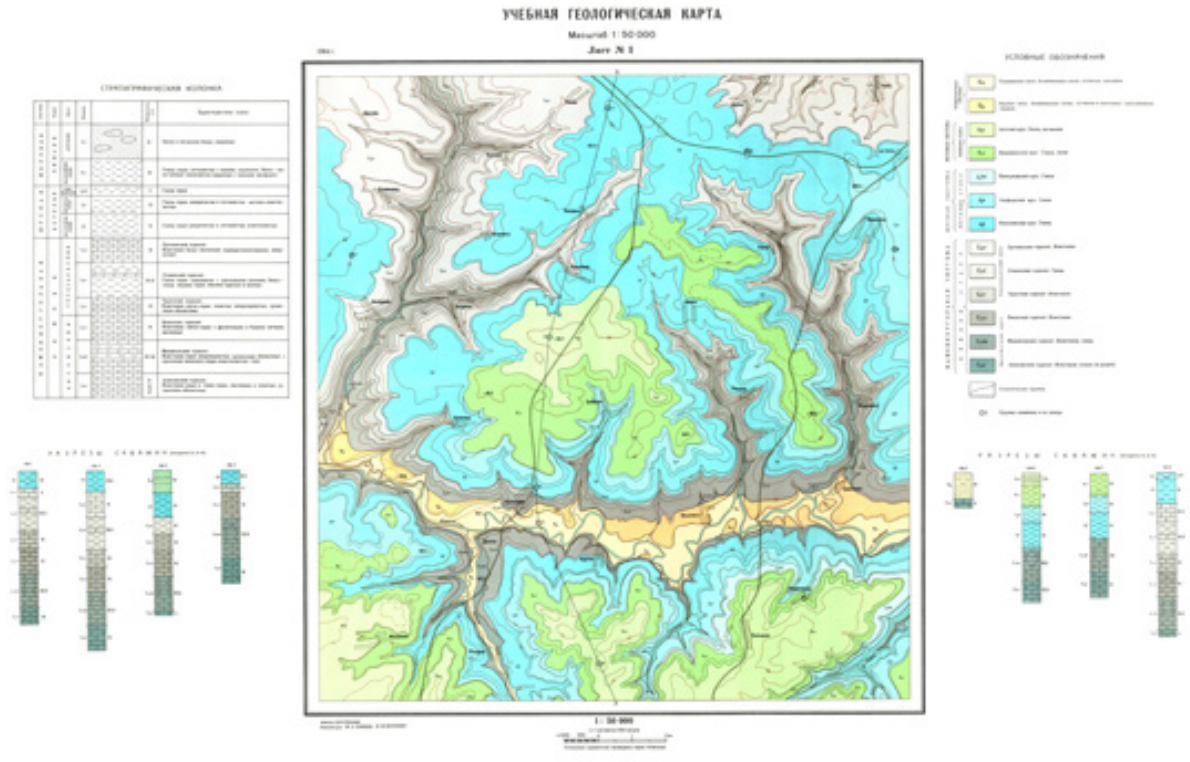
– наибольший размер объекта, подлежащий вычерчиванию поделить на длину листа бумаги;
– полученный результат представить в виде правильной дроби с числителем 1;
– знаменатель – округлить в большую сторону до 1-2 значащих цифр с соответствующим числом нулей, например 1:50, 1:100, 1:200, 1:250, 1:500 и т.д.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. УЧЕБНЫЕ КАРТЫ

Здесь приведены учебные карты, необходимые для геологических построений. Эти карты заимствованы из Атласа учебных геологических карт, под ред. Москвина М.М., Зайцева Ю.А. 1 изд. 1956 г., 2 изд. 1972 г., 3 изд. 1980 г. В приложении отобраны карты с преимущественным развитием осадочных горных пород. Присутствуют карты различных годов изданий, поэтому в их номере участвуют № карты в оригинальном издании и последние две цифры года издания. Карты помещены в приложении по-порядку – от первых номеров к последующим.

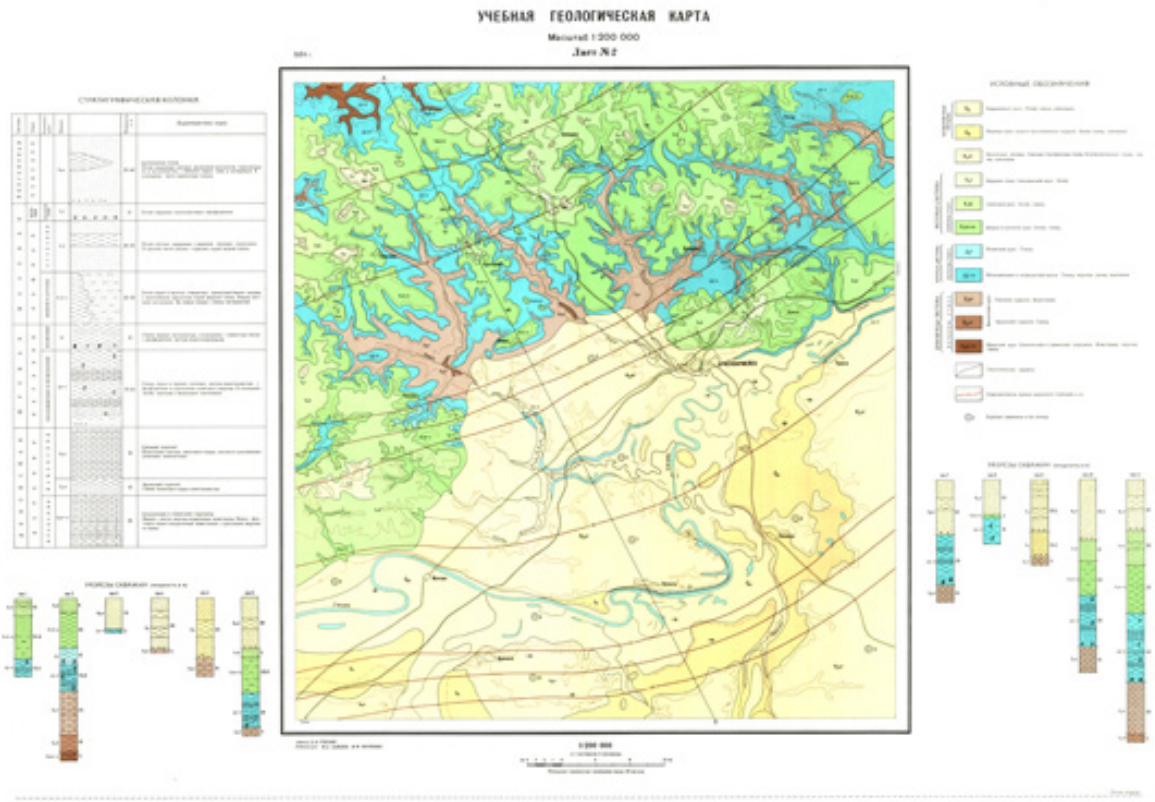
Копируя карту и распечатывая её, ориентируйтесь на линейный масштаб.



Карта № 1-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



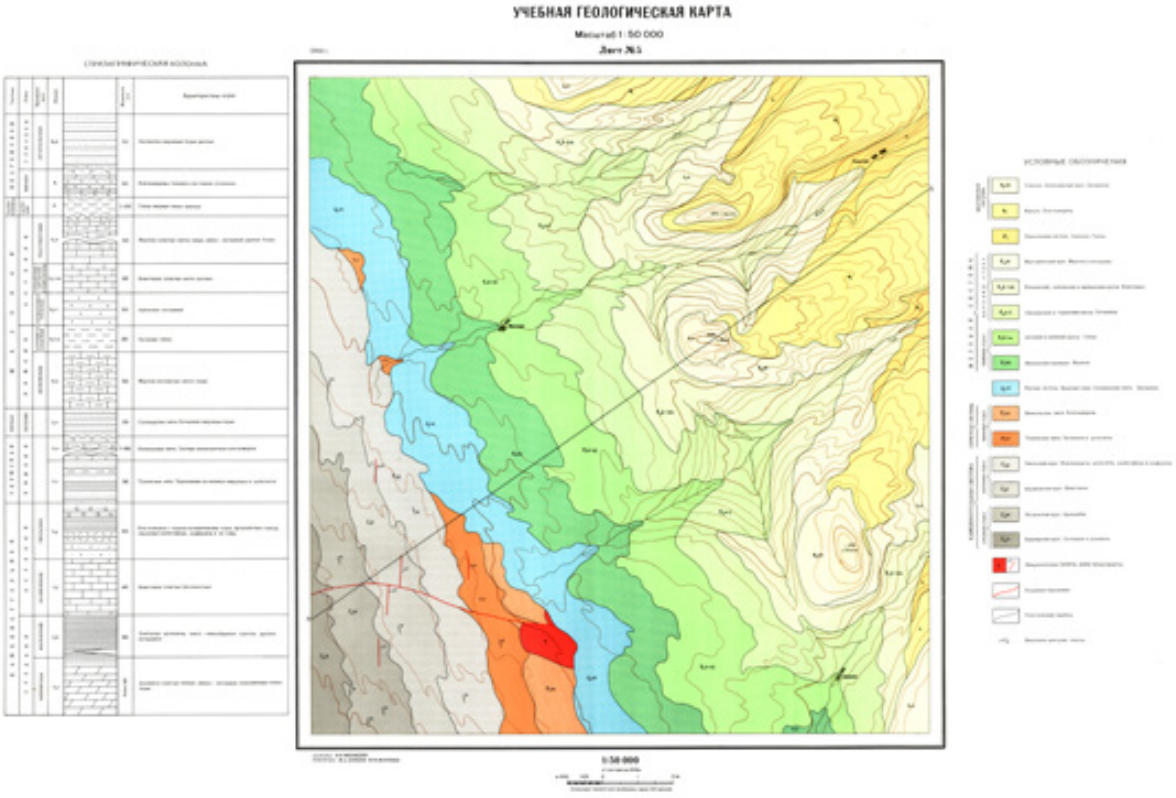
Карта № 2-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



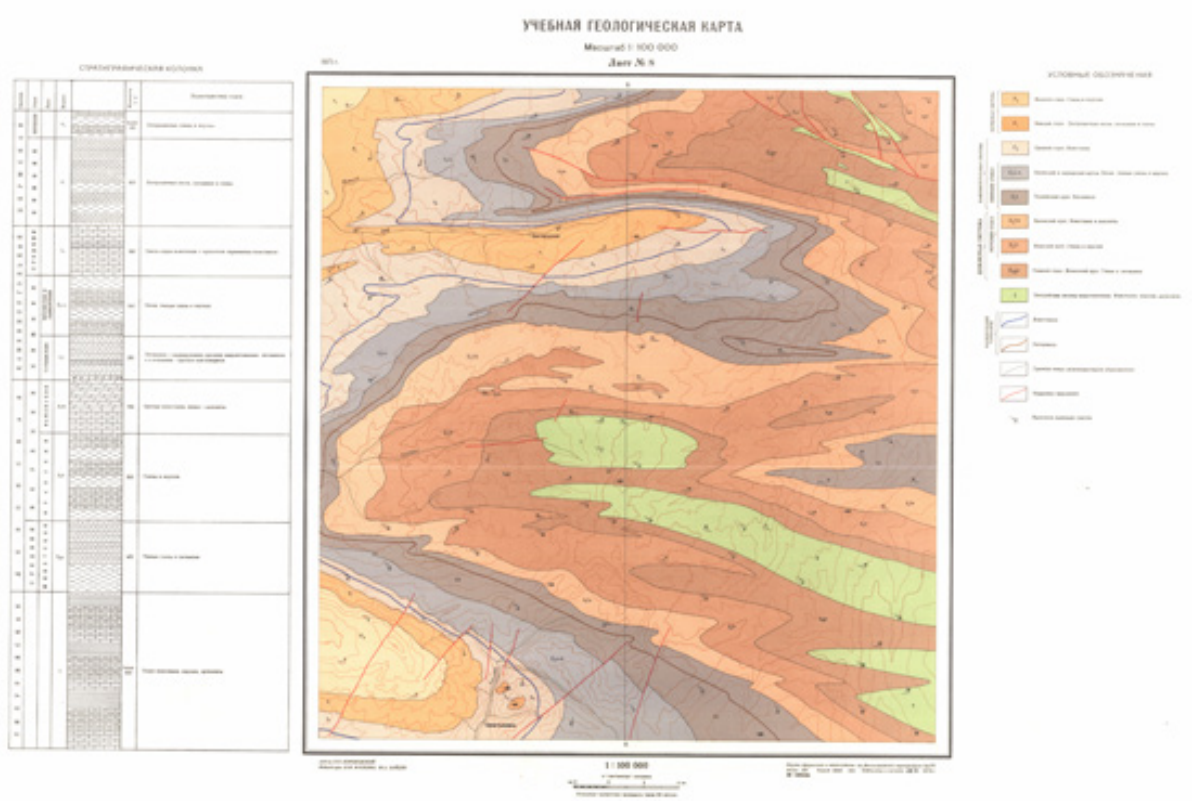
Карта № 3-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



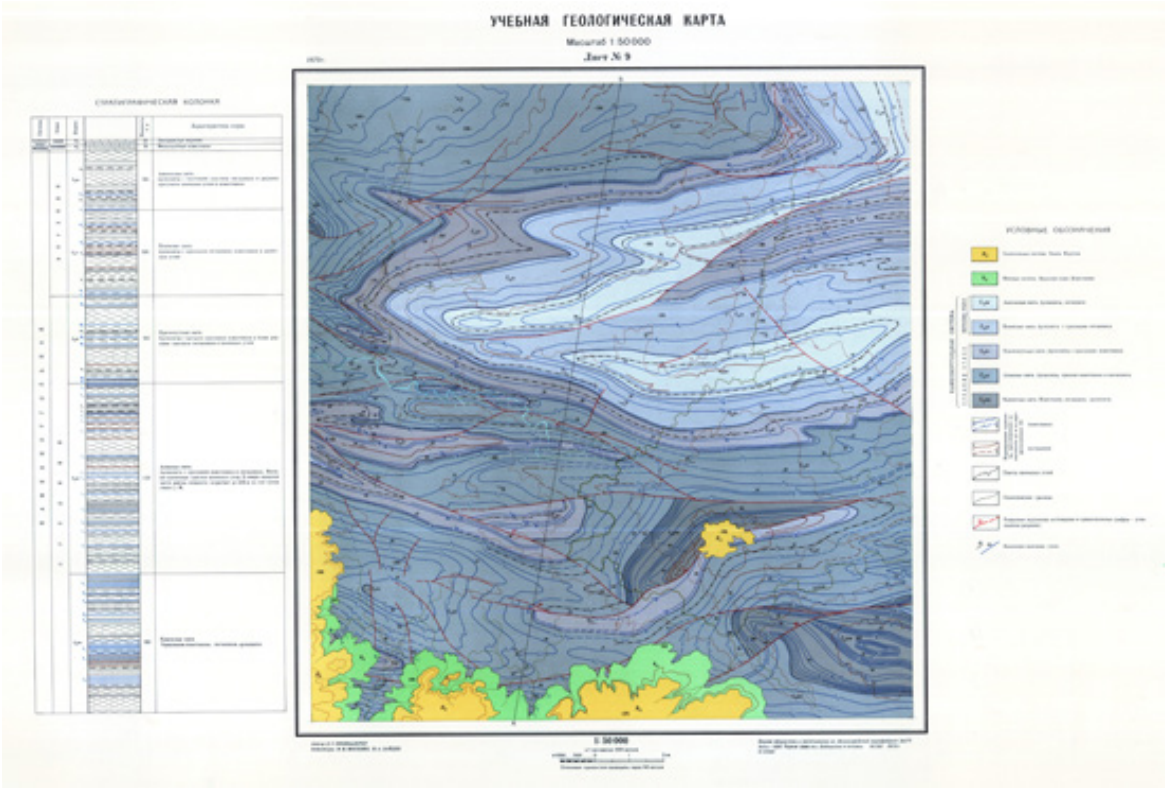
Карта № 5-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



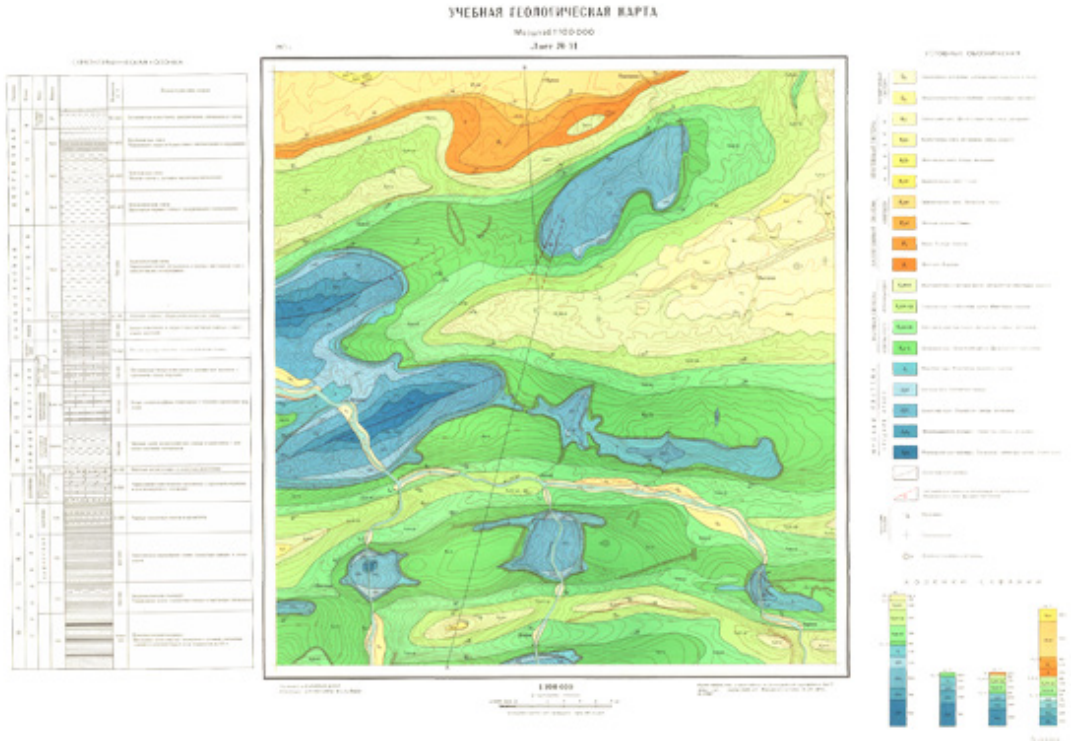
Карта № 8-71. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



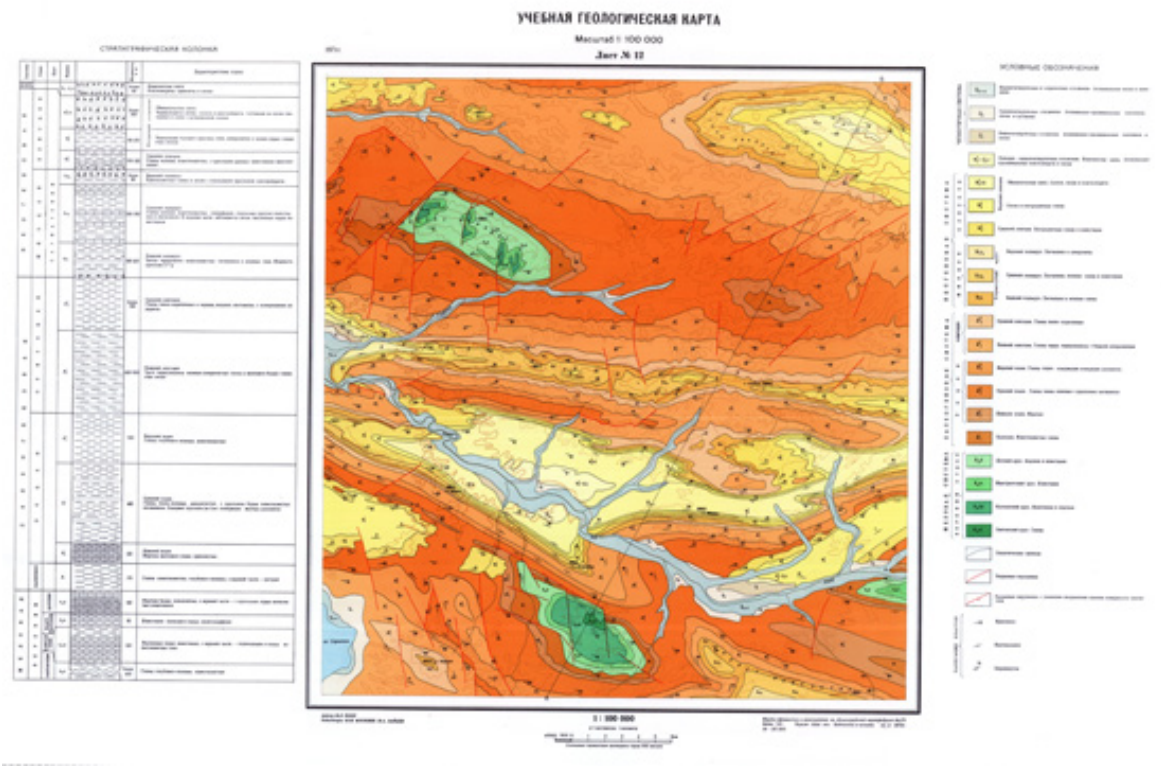
Карта № 9-70. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



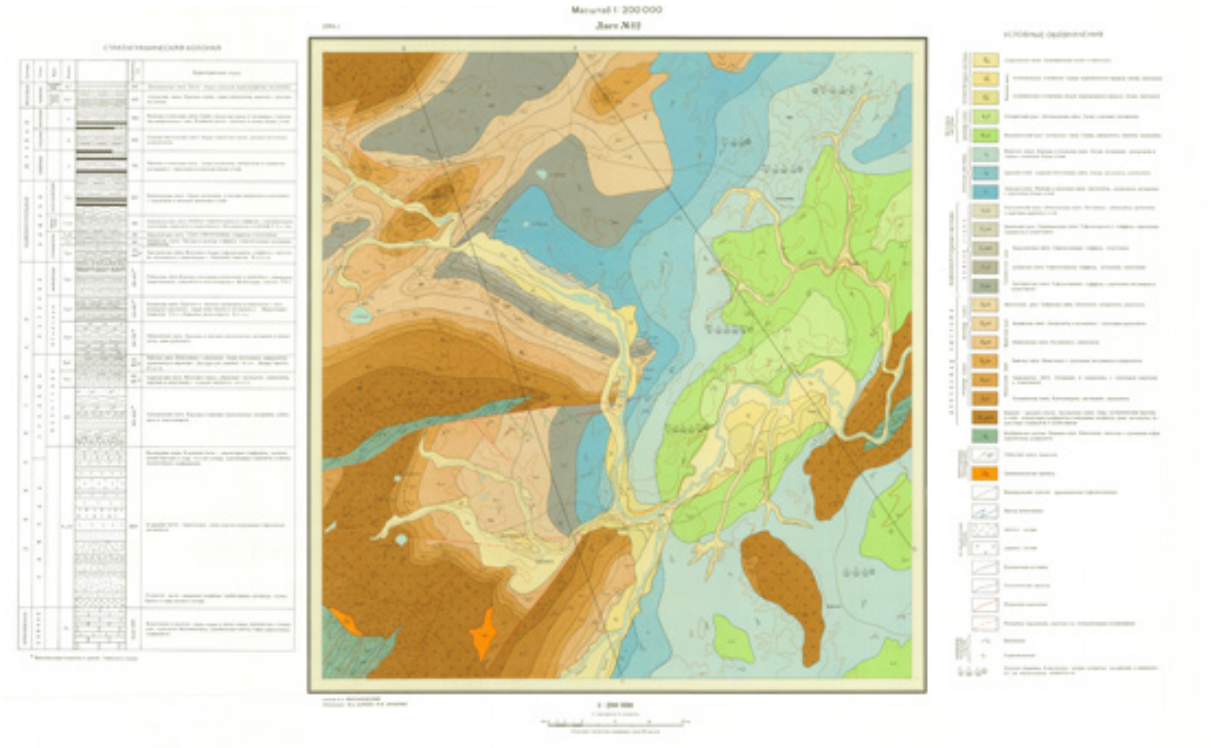
Карта № 11-71. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



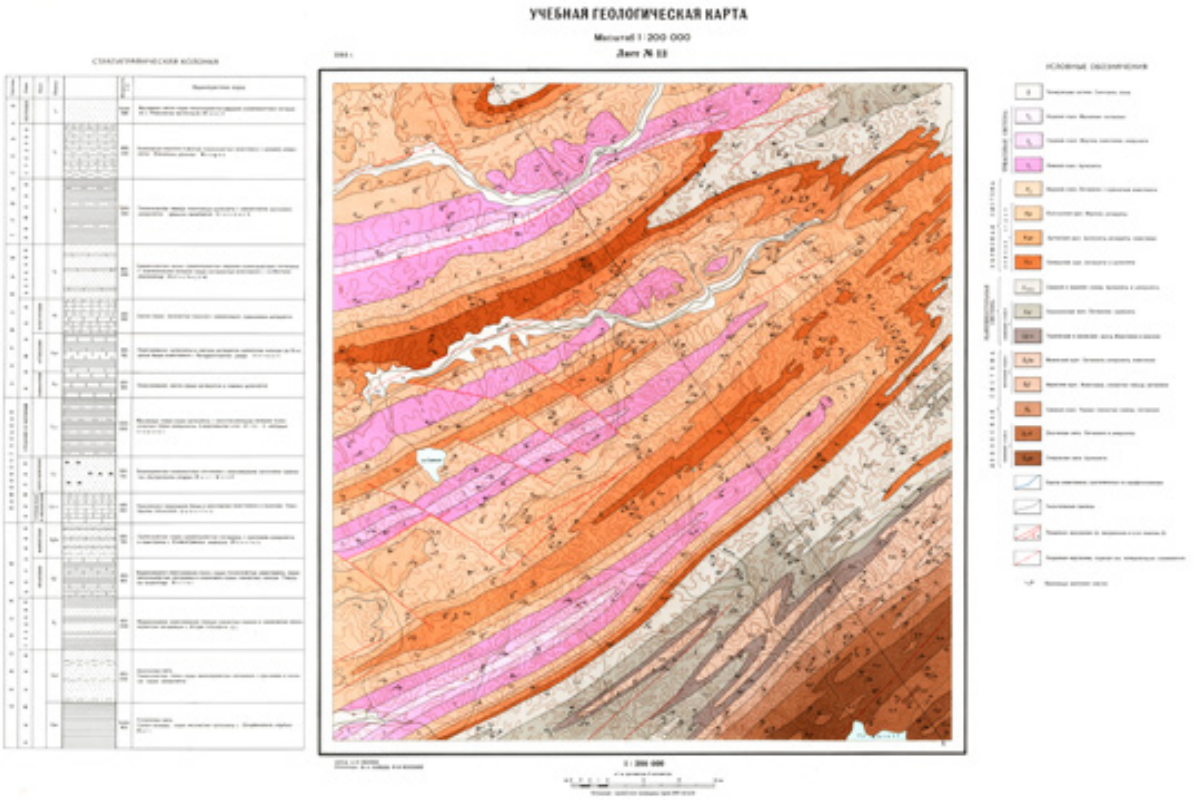
Карта № 12-71. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



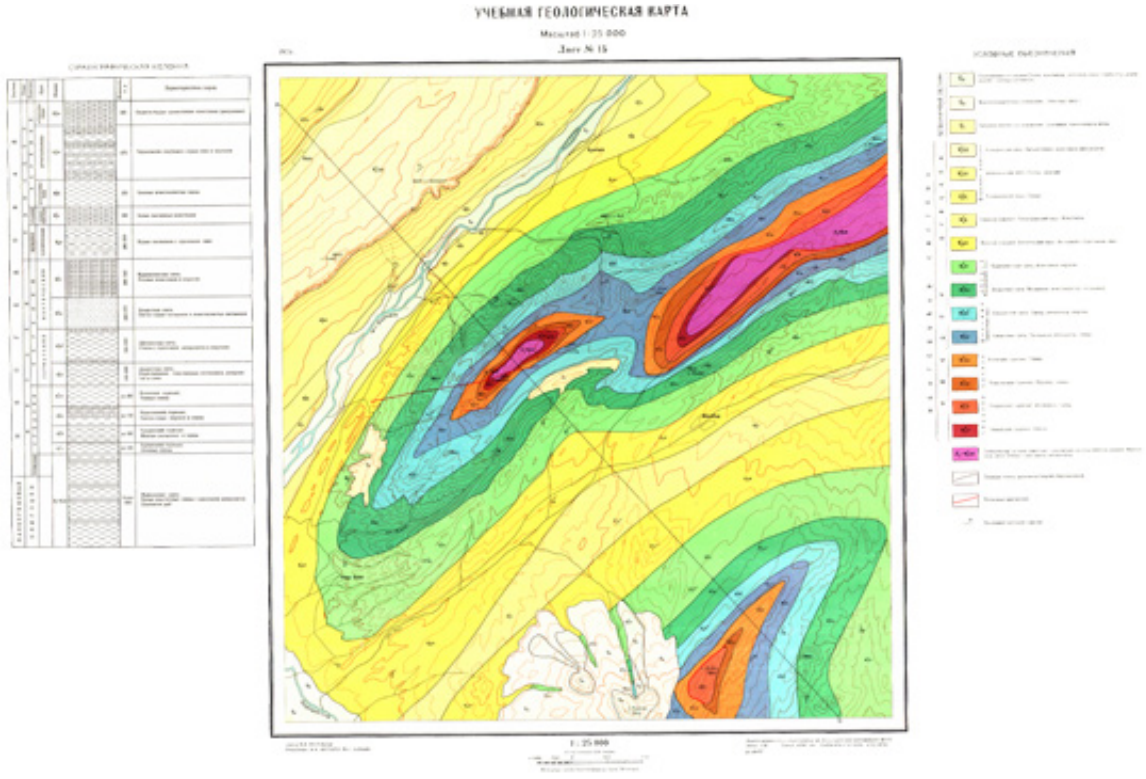
Карта № 12-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



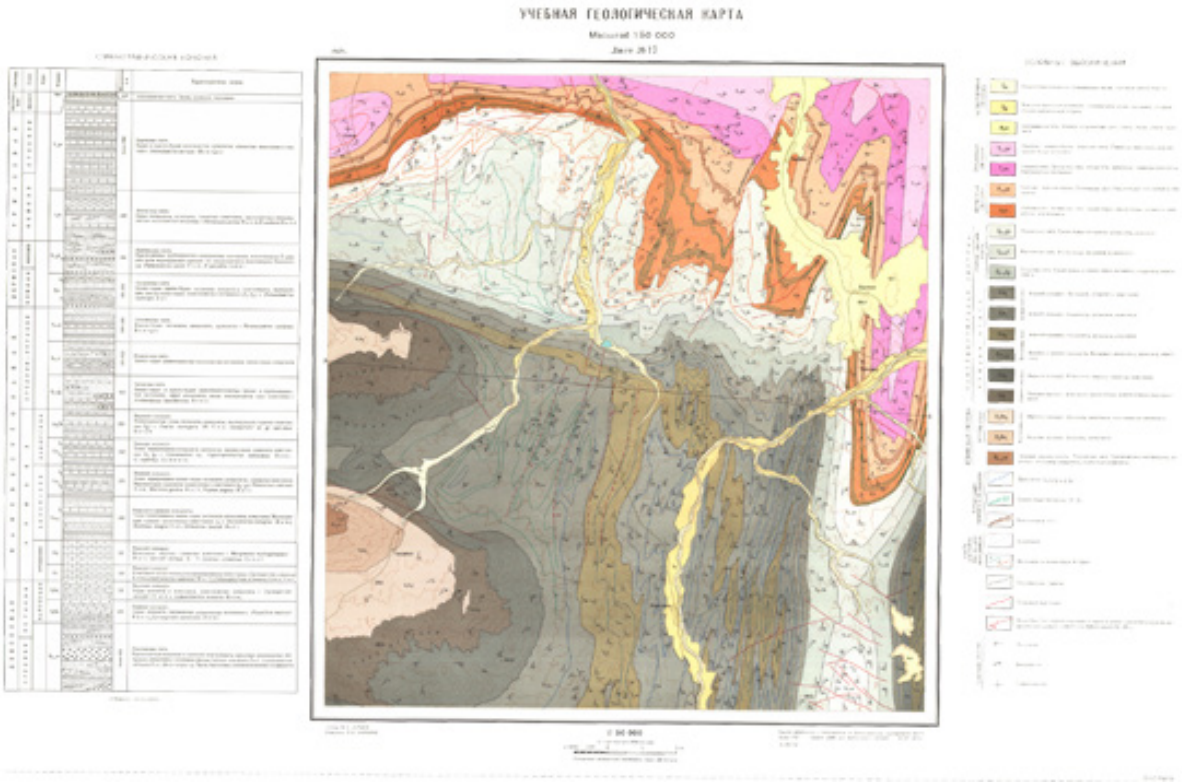
Карта № 12-71. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



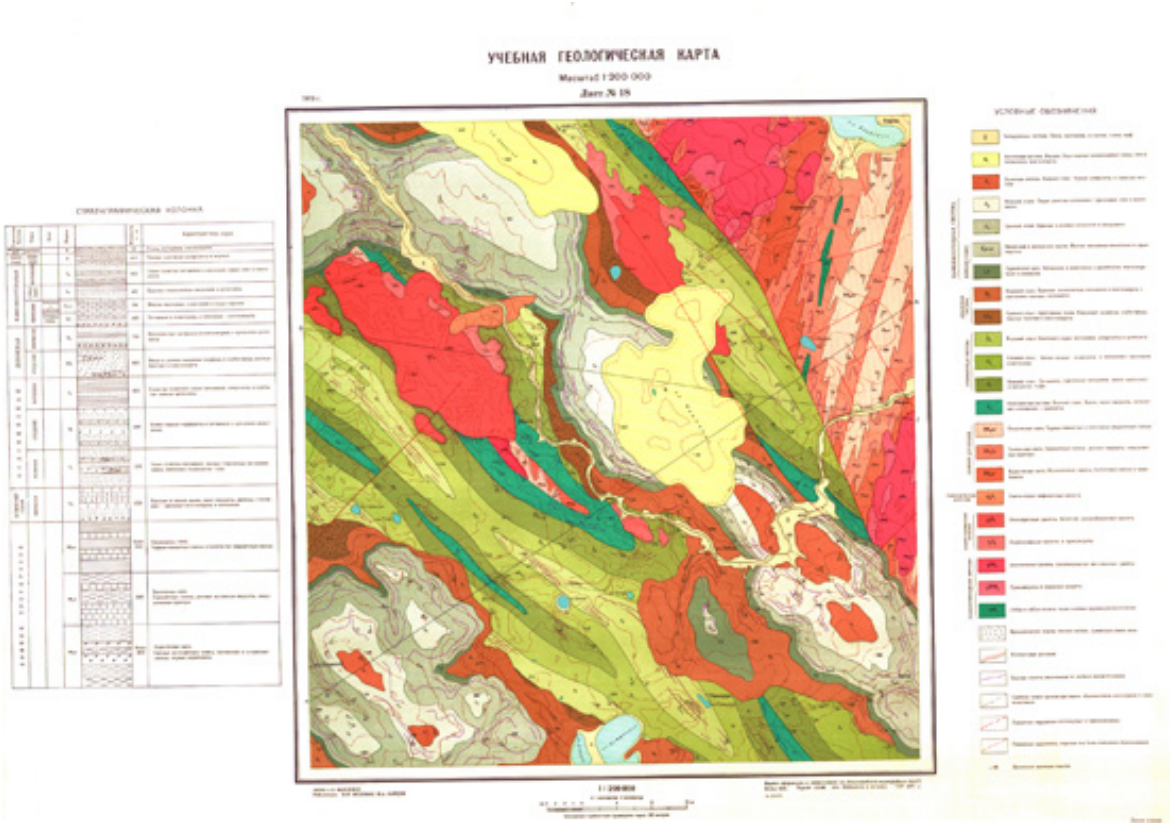
Карта № 15-71. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



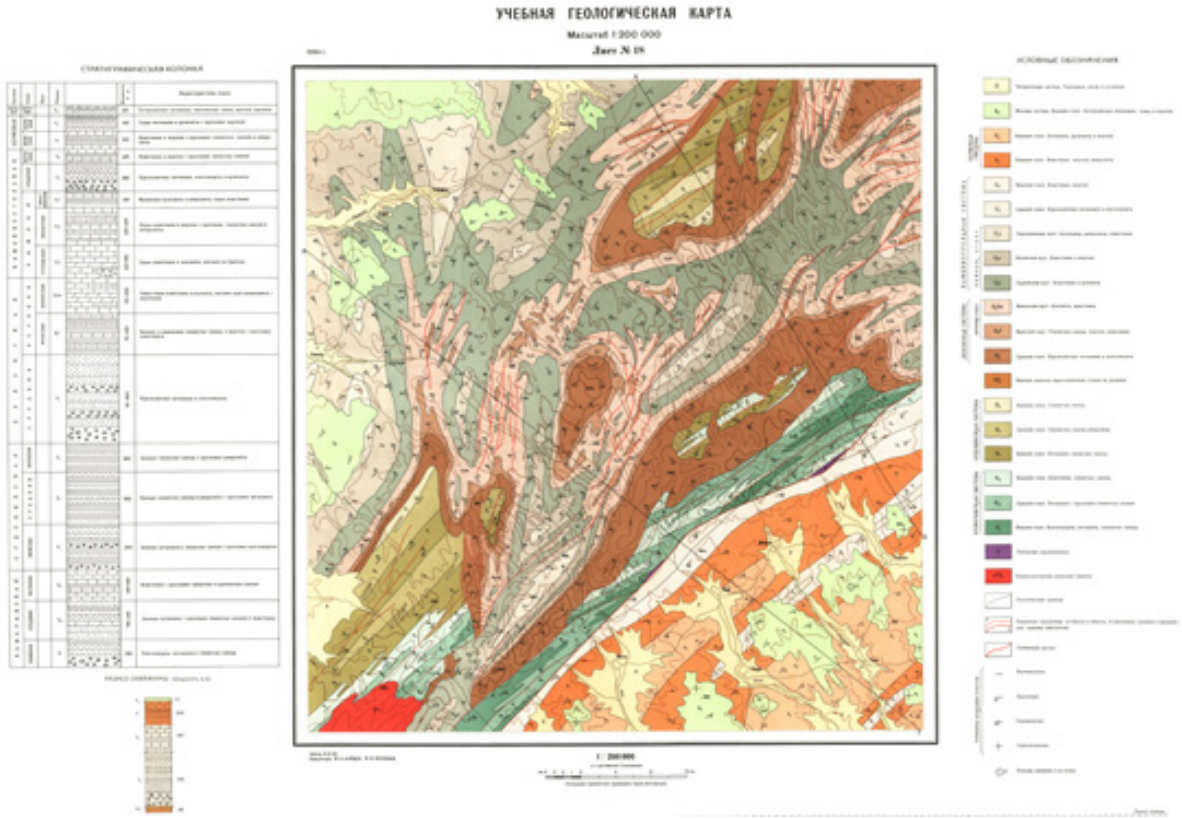
Карта № 17-69. К большому изображению, пригодному для копирования Вы можете перейти по ссылке



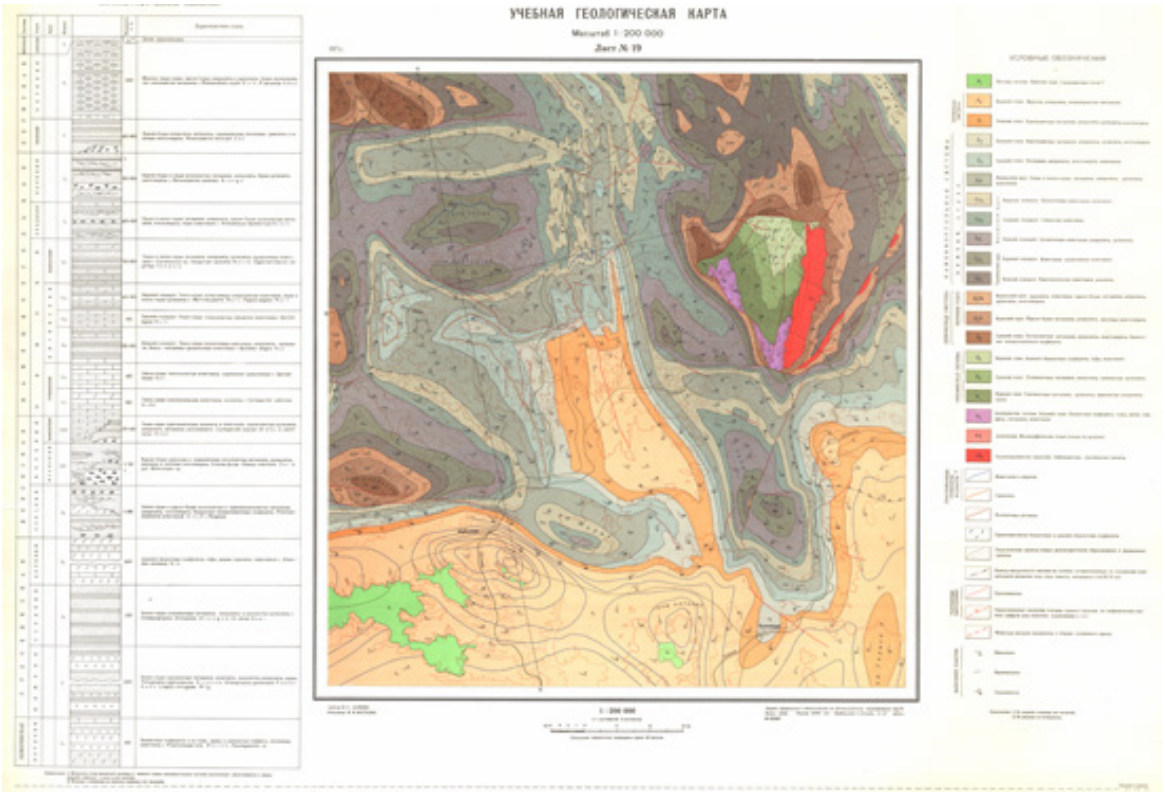
Карта № 18-69. К большому изображению, пригодному для копирования Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



Карта № 18-84. К большому изображению, пригодному для копирования Вы можете перейти по ссылке



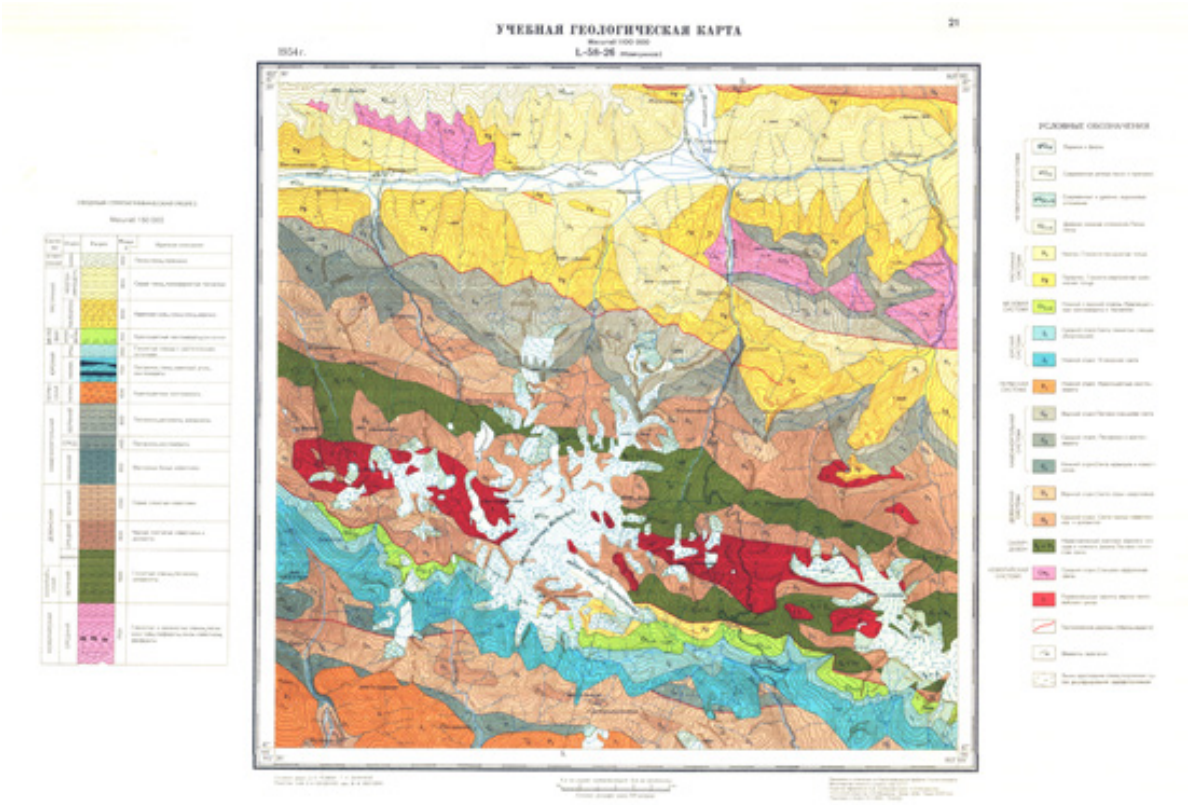
Карта № 19-71. К большому изображению, пригодному для копирования Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



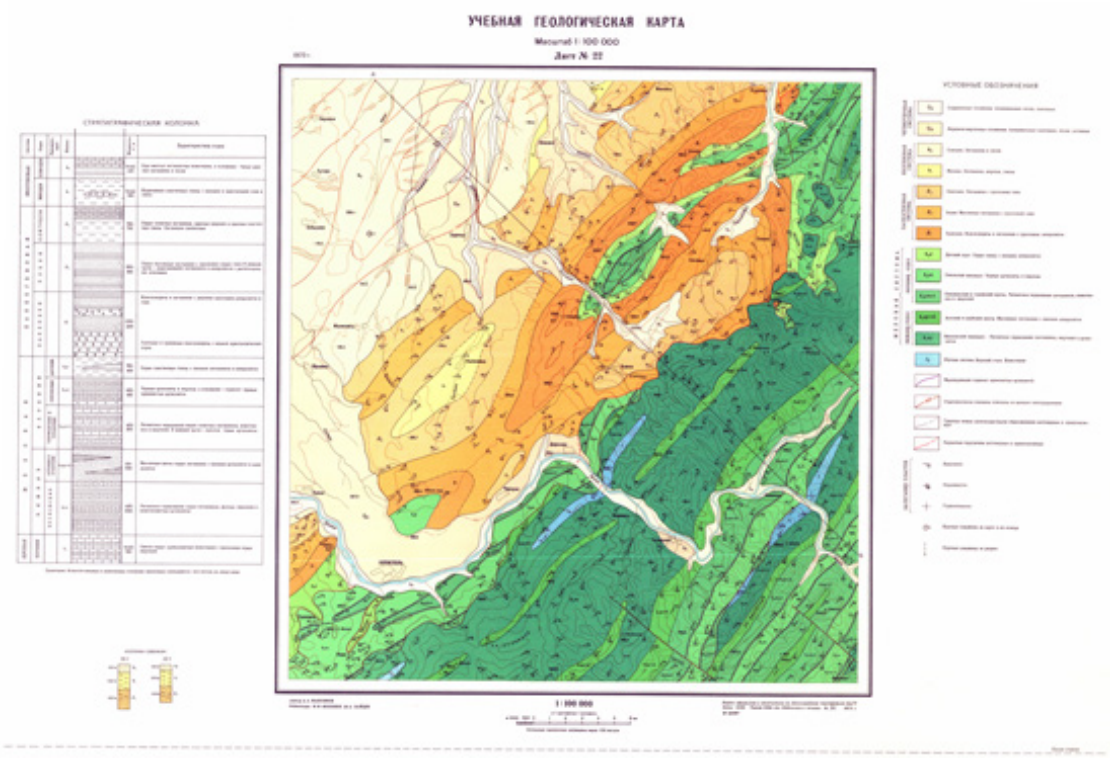
Карта № 19-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



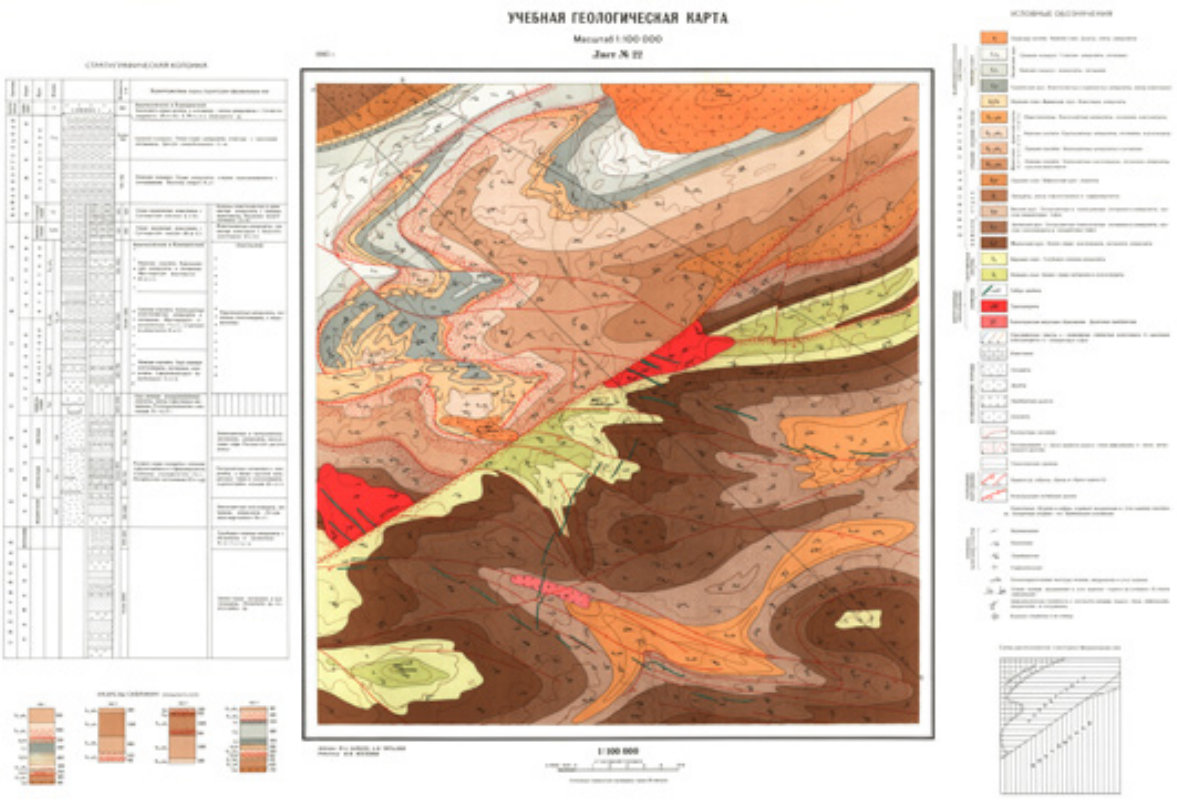
Карта № 21-54. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



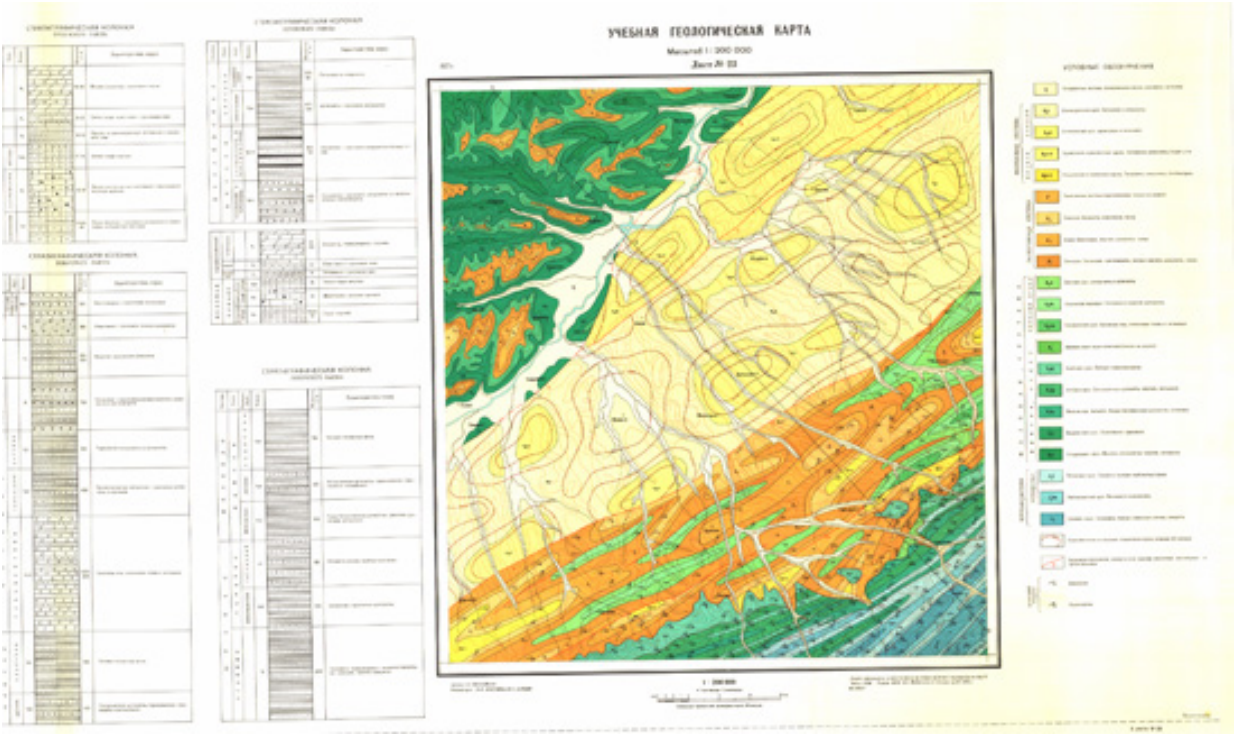
Карта № 22-70. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



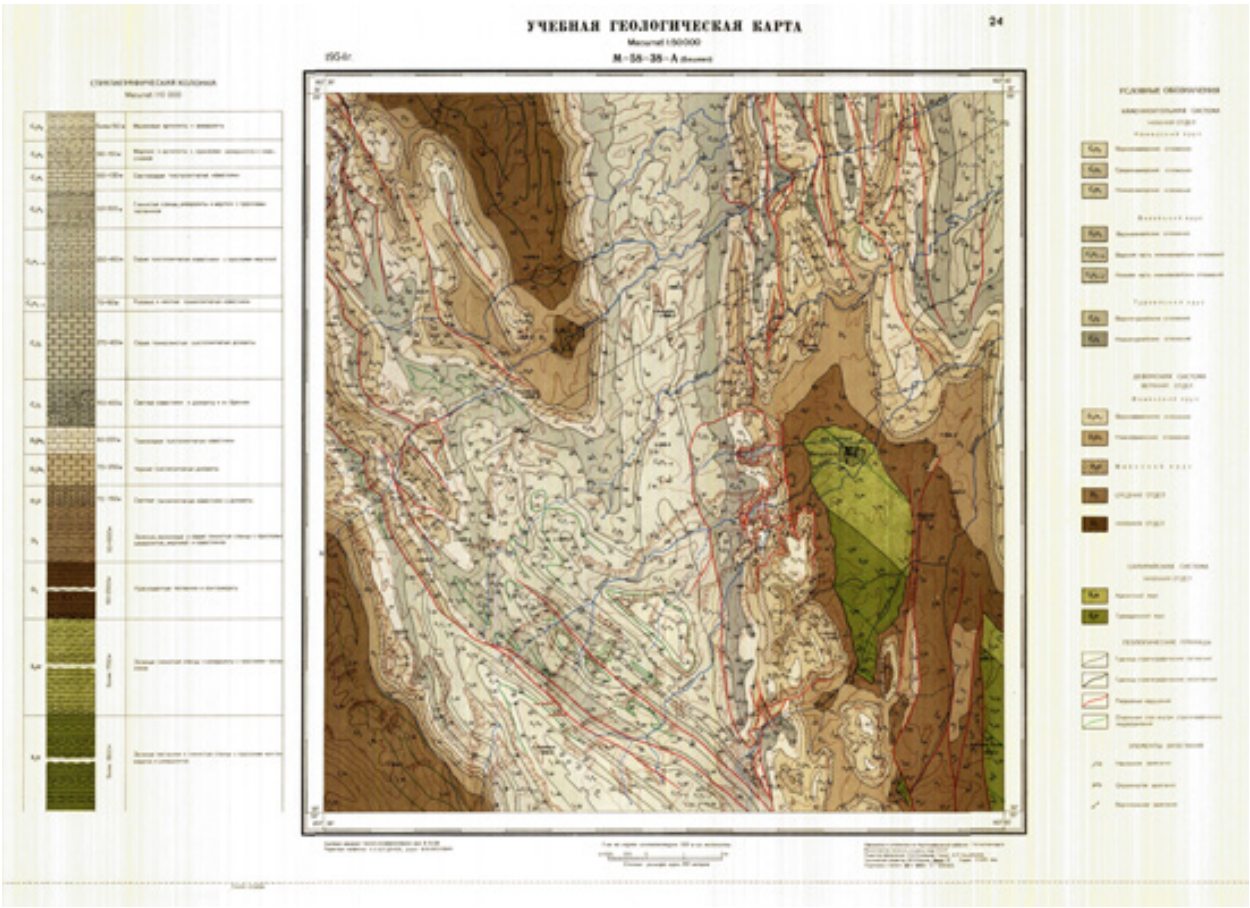
Карта № 22-85. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



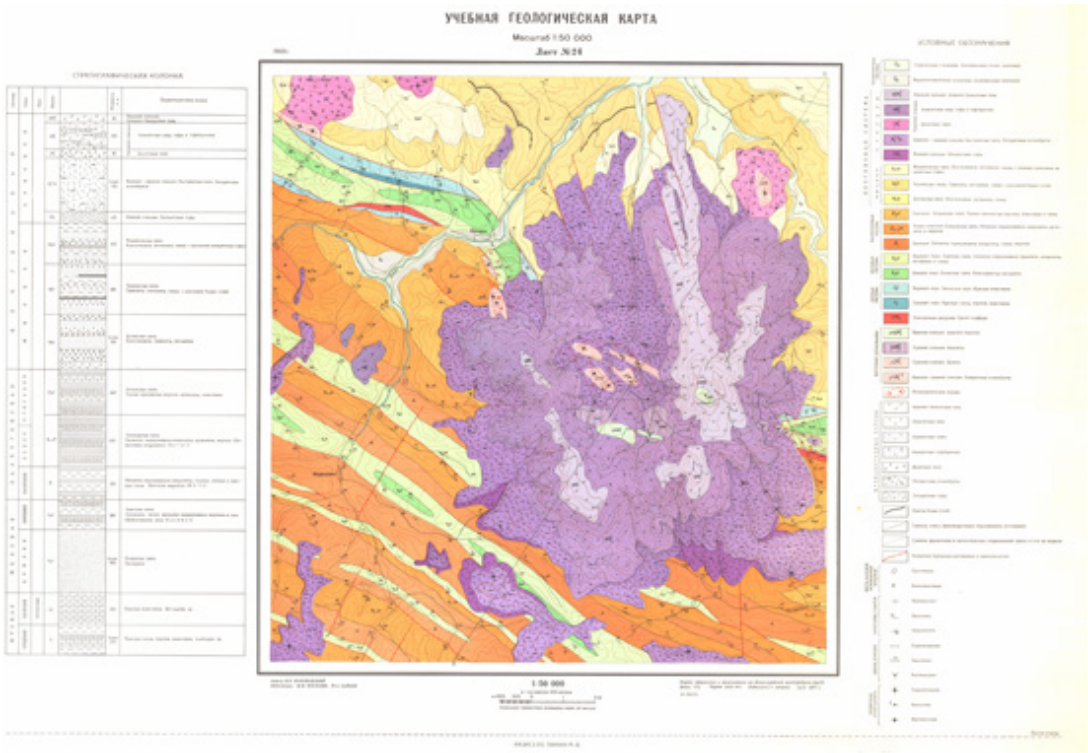
Карта № 23-71. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



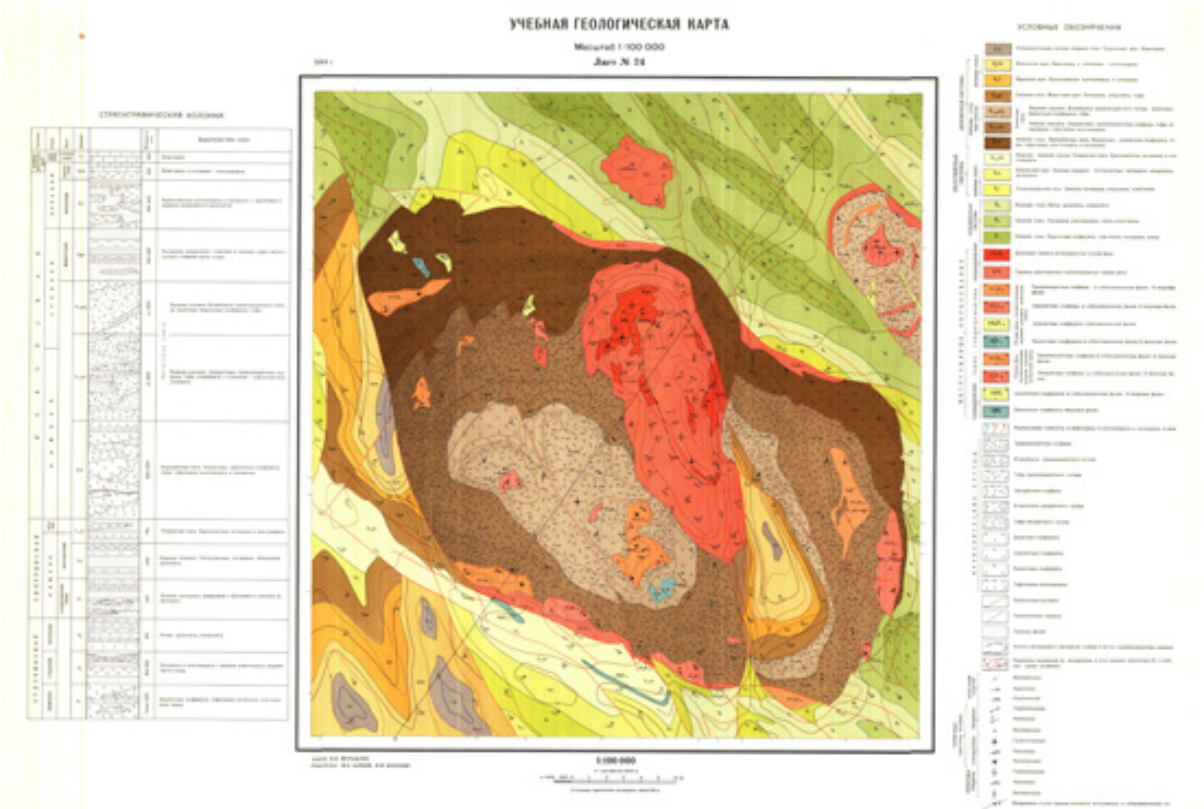
Карта № 24-54. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



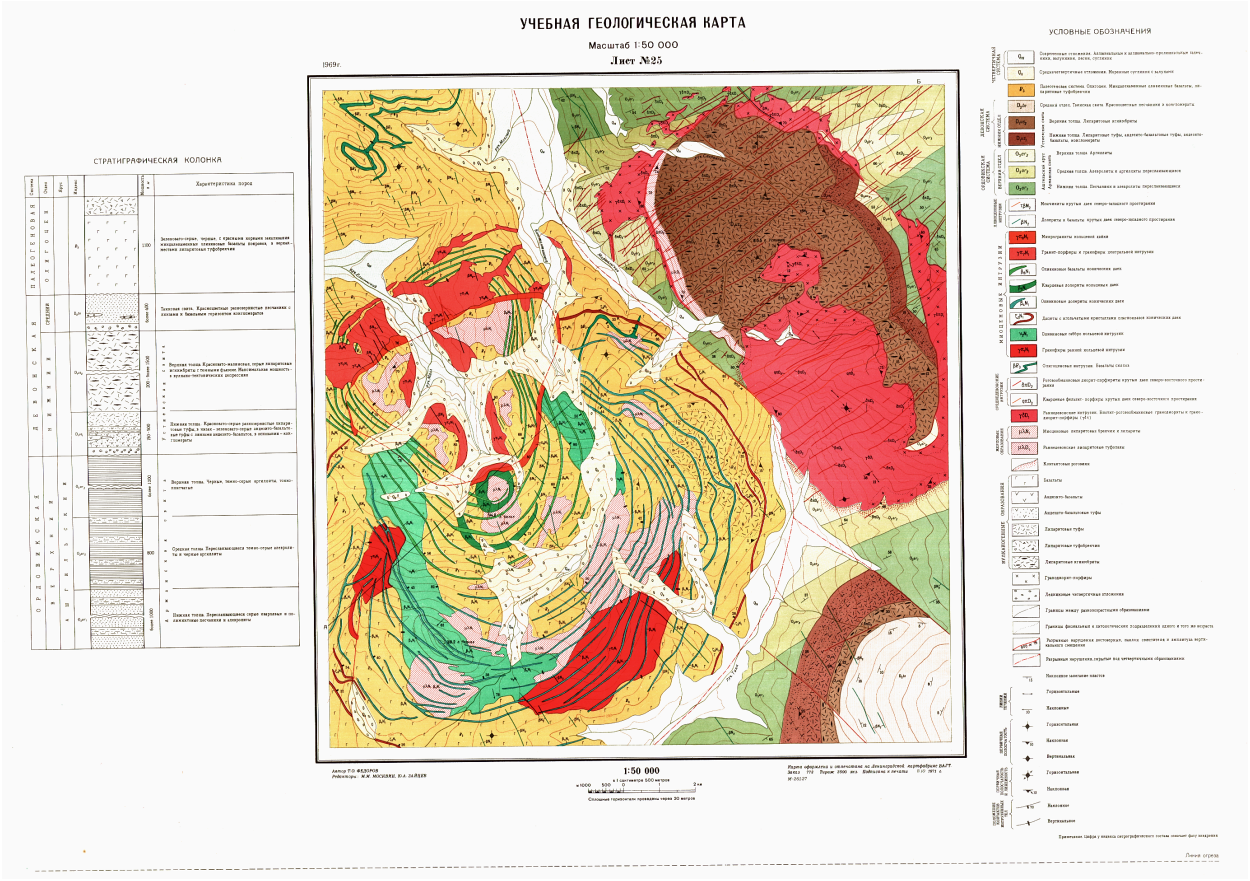
Карта № 24-69. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



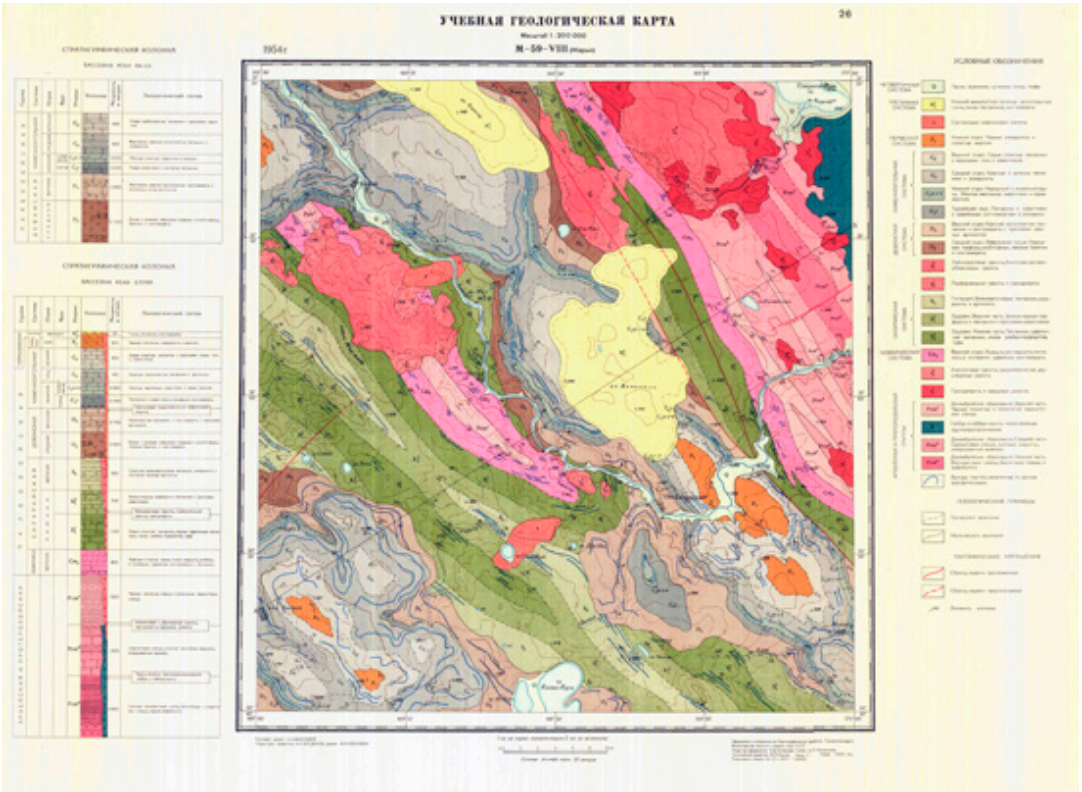
Карта № 24-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



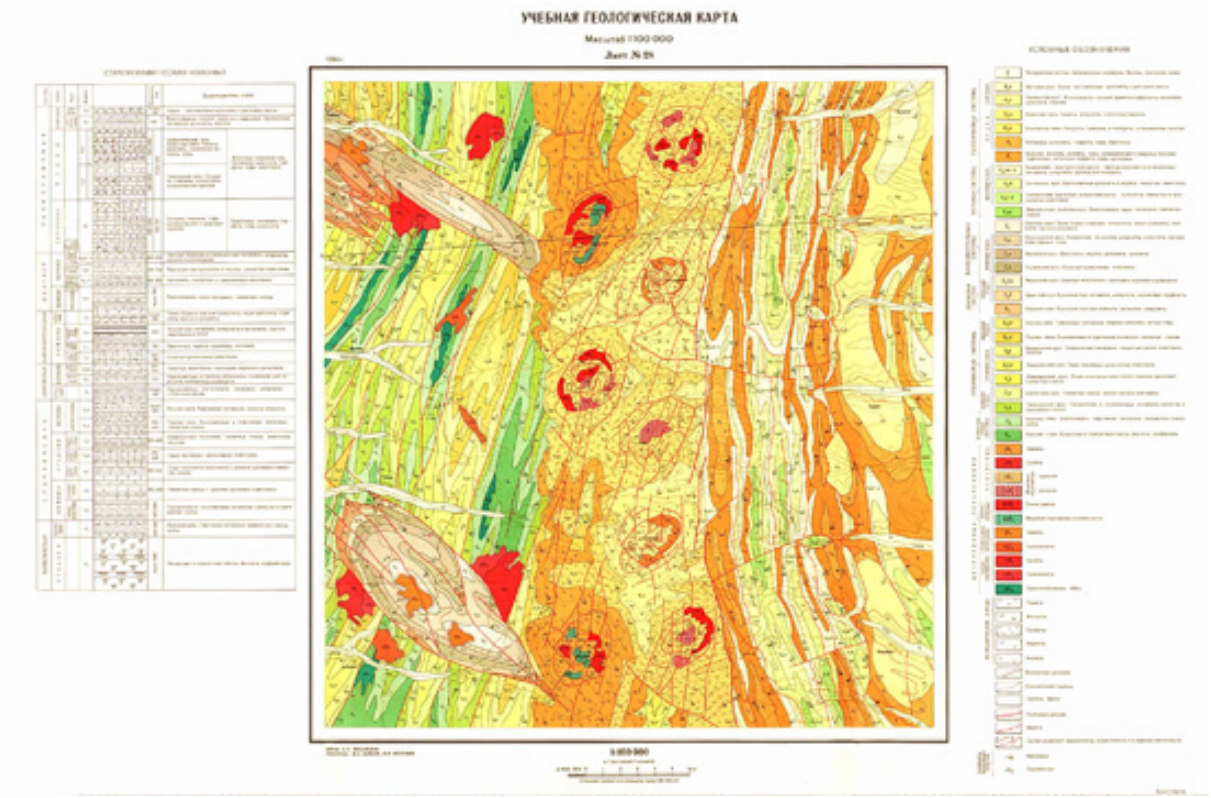
Карта № 25-59. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти [по ссылке]



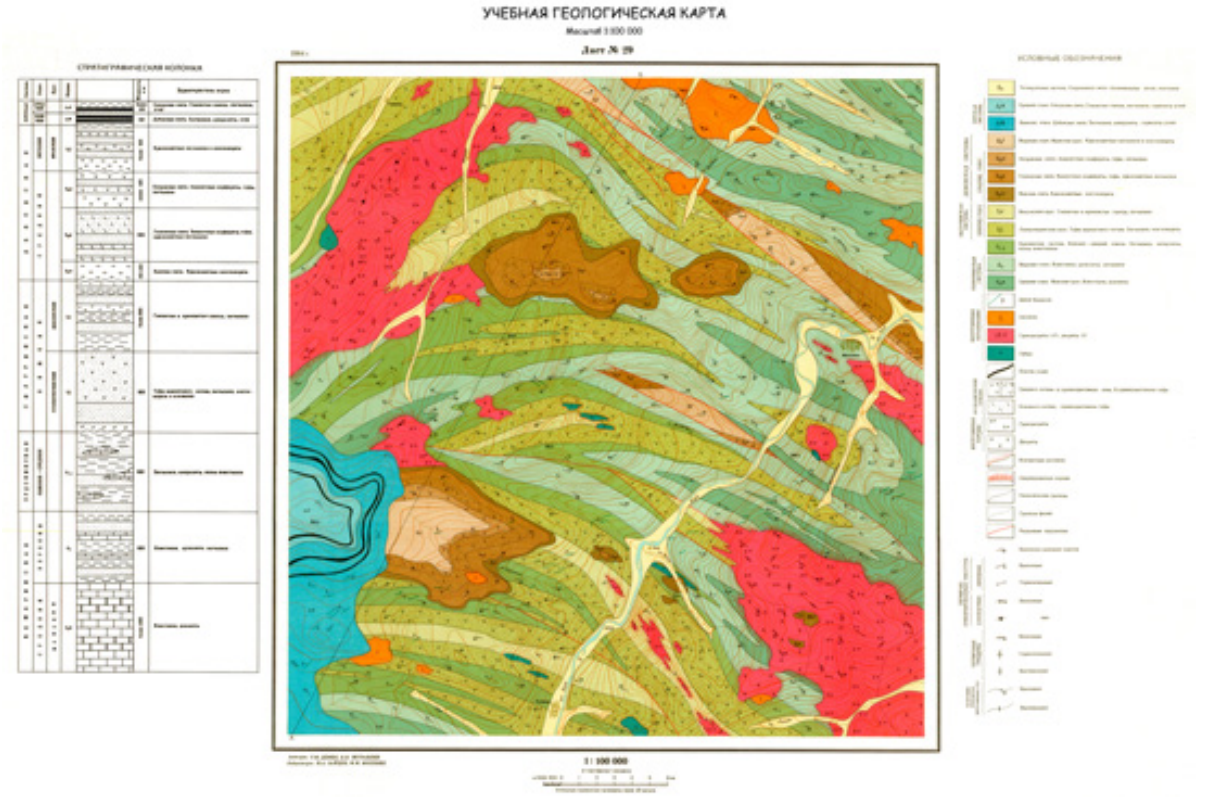
Карта № 26-54. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти [по ссылке]

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 4. Учебные карты



Карта № 28-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке



Карта № 29-84. К большому изображению, пригодному для копирования, Вы можете перейти по ссылке

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ПРОГРАММА LESSA И КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ (приложение подготовлено при участии студента Нгуен ван Тханг)

Одной из программ для компьютерного анализа рисунка изображения является программа LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), которую можно использовать для улучшения достоверности и объективности дешифрирования космических снимков, созданная А.А. Златопольским.

Эта программа

– выделяет на изображении короткие штрихи – микролинеаменты, контролирующие структуру изображения – его фоторисунок;
– формирует из штрихов длинные линеаменты и вычисляет статистические характеристики их распределений.

Так как программа работает в режиме полутонового изображения (градации серого, 8 бит на пиксел), сначала требуется приготовить к работе изображение.

Для этого необходимо:

- С помощью программы Photoshop, или любой другой растровой программы вырезать из снимка нужный для работы фрагмент и перевести его в режим «градации серого».
- Запланировать размер изображения и перевести его в заданную величину, варьируя число пикселей. Удобно работать с картинкой размером примерно 1000x1000 пикселей. В этом случае выделенных программой штрихов и роз-диаграмм достаточно, чтобы получилась представительная карта, обычно хватает вычислительной мощности компьютера.

Для обнаружения штрихов программа:

– Выделяет элементарные ячейки (в нашем случае - размером 9x9 пикселей).
– Каждая элементарная ячейка совмещается с маской, представляющей собой наполовину затемненный многоугольник, или многоугольник с щелью (в численном выражении – матрицу, состоящую из 0 и 1). Вычисляется разница между яркостью маски и элементарной ячейки – отклик, который запоминается программой (рис. п.5.1).

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

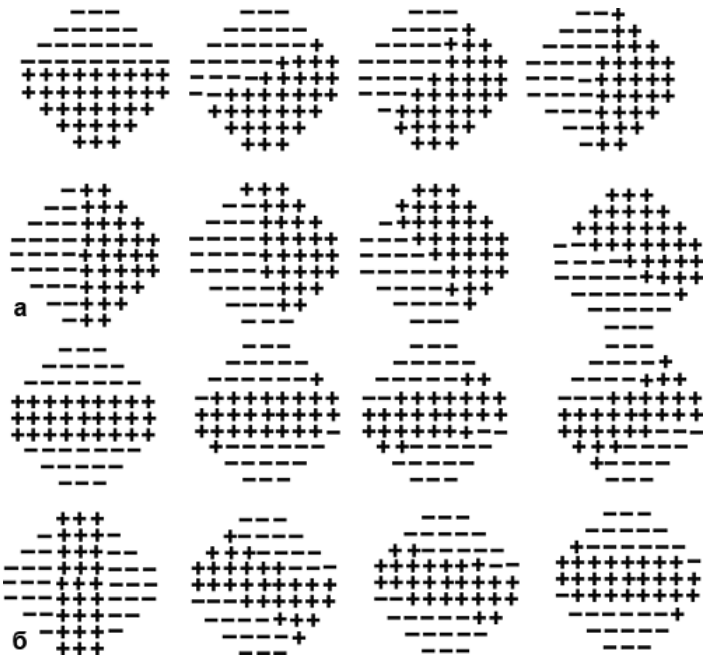


Рис. п.5.1. Маска и её положение при последовательном повороте: а – в случае сектора, б – в случае щели

– Маска поворачивается на фиксированный угол (в нашем случае 12.5°), снова вычисляется разность и результат запоминается. Эта процедура повторяется до тех пор, пока маска не пройдет полный круг. Направление, для которого вычисленная разность оказывается максимальной и превосходит заданный порог, помечается как штрих (микролинеамент).

– Маска смещается на половину размера элементарной ячейки и процедура повторяется. В результате формируется карта штрихов (микролинеаментов), характеризующая структуру фотоизображения. Выявляются штрихи, размер которых не меньше 5 - 10 пикселей. Разным цветом выделяются штрихи разных направлений (рис. п.5.2). Для дальнейшей работы важно определить ландшафтную природу выявленных штрихов. Если они, как это часто бывает, обусловлены мелкой гидросетью, спрямленными элементами ландшафта и другими дешифровочными признаками разрывов, по ним можно проводить статистический, и затем – структурный анализ линеаментов. Если же штрихи обусловлены преимущественно антропогенными объектами - просекамии в лесу, сейсмическими профилями и т.д., необходимо «отстроится» от них, меняя разрешение снимка. Особую роль в формировании систем штрихов имеют границы и структура сельскохозяйственных угодий, которые зачастую также имеют прямолинейные границы. Однако, как правило, направления этих границ обусловлены гидросетью, и системы штрихов в таких районах нередко можно использовать для линеаментного анализа.

На рисунках хорошо видно, что на участках изображения с различным фоторисунком и рельефом программа строит различные по структуре системы штрихов.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

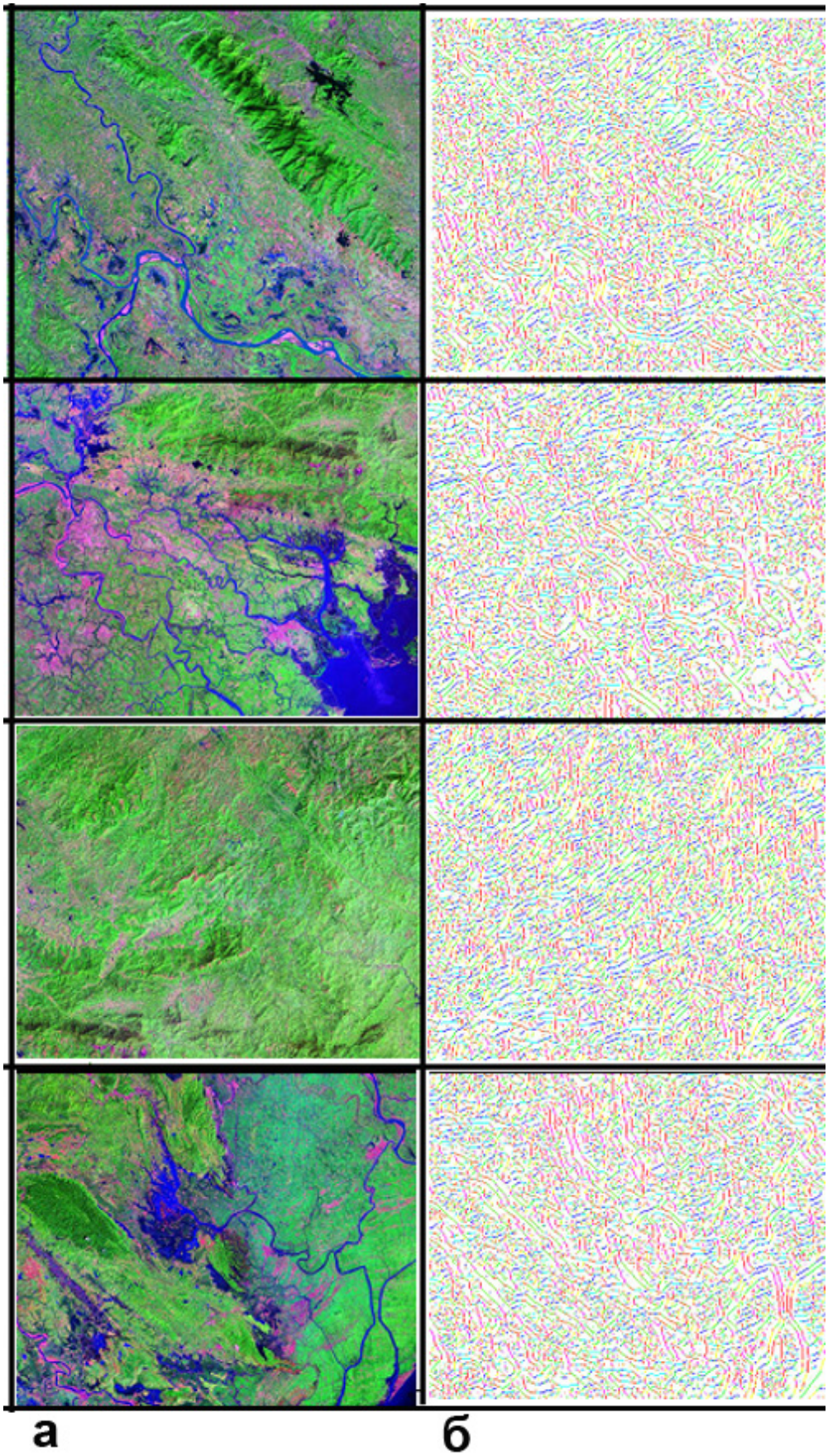


Рис. п.5.2. Фрагменты космического изображения с различным фоторисунком (а) и их штрихи (б). Нижнее течение Красной реки. Вьетнам

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

По штрихам программа может построить розу-диаграмму (аналог розы-диаграммы трещиноватости, или лепестковой диаграммы в терминологии EXEL). На рис. п. 5.3 показаны две розы-диаграммы построенные по штрихам долины Красной реки и её дельты.

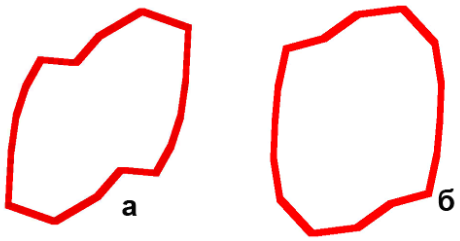


Рис. п.5.3. Розы-диаграммы, построенные по различным территориям Красной реки: а – долины, б - дельты

Как видно, лучи роз-диаграмм выражены плохо, что означает большое количество «случайных» штрихов, однако распределение направлений штрихов анизотропное, вытянутое в северо-восточном направлении, поперечном направлению течения Красной реки.

Далее программа статистически обрабатывает выделенные штрихи в скользящем окне, размер которого можно задавать интерактивно. Рекомендуется размер 64X64 пикселя.

Программа может считать различные статистические характеристики, здесь будут рассмотрены лишь самые необходимые для анализа структуры изображения.

Плотность штрихов (число штрихов в скользящем окне). На рис. п. 5.4 показаны отдельные фрагменты территории и характерные для них плотности штрихов.

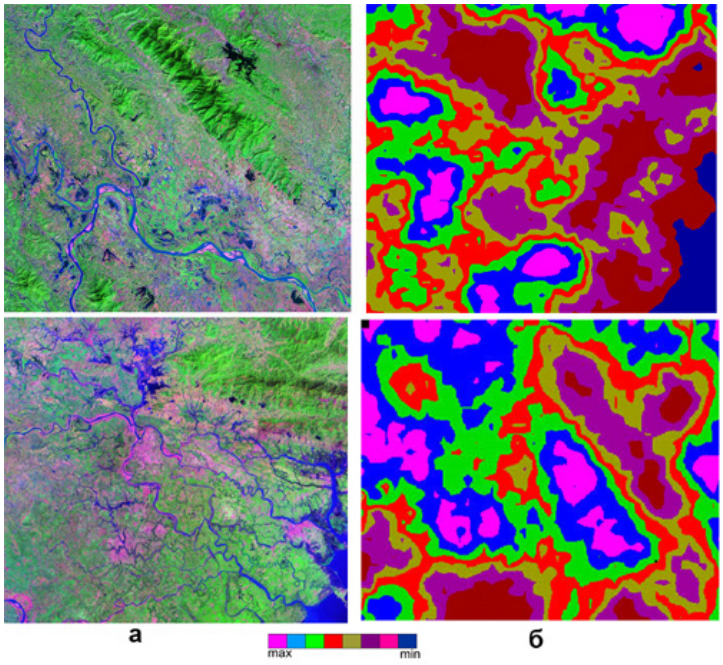


Рис. п.5.4. Интенсивность штрихов на различных территориях: а - долина, б – дельта Красной реки

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Цветовая шкала интенсивности соответствует переходам от максимальной интенсивности, присутствующей на данном изображении к минимальной. Карта строится по принципу топографической поверхности – то есть между собой граничат только смежные интенсивности, аналогично картам в изолиниях. Поэтому прямолинейные участки с большими градиентами можно интерпретировать как разломы.

Участки с максимальными интенсивностями соответствуют либо воздымающимся площадям с интенсивно врезанными небольшими водотоками, либо сильно изрезанными сохраненными от эрозии горными массивами. Прогибающиеся фрагменты площади, перекрытые аккумулятивными осадками, характеризуются минимальными значениями штрихов. Далее программа может строить картодиаграмму, состоящую из роз-диаграмм, построенным по штрихам, выделенным в скользящем окне 64x64 пикселя. На участках с различным геологическим строением облик роз-диаграмм будет различным. Они могут быть изометричными и вытянутыми, сама вытянутость может иметь различные направления (рис. п.5.5).

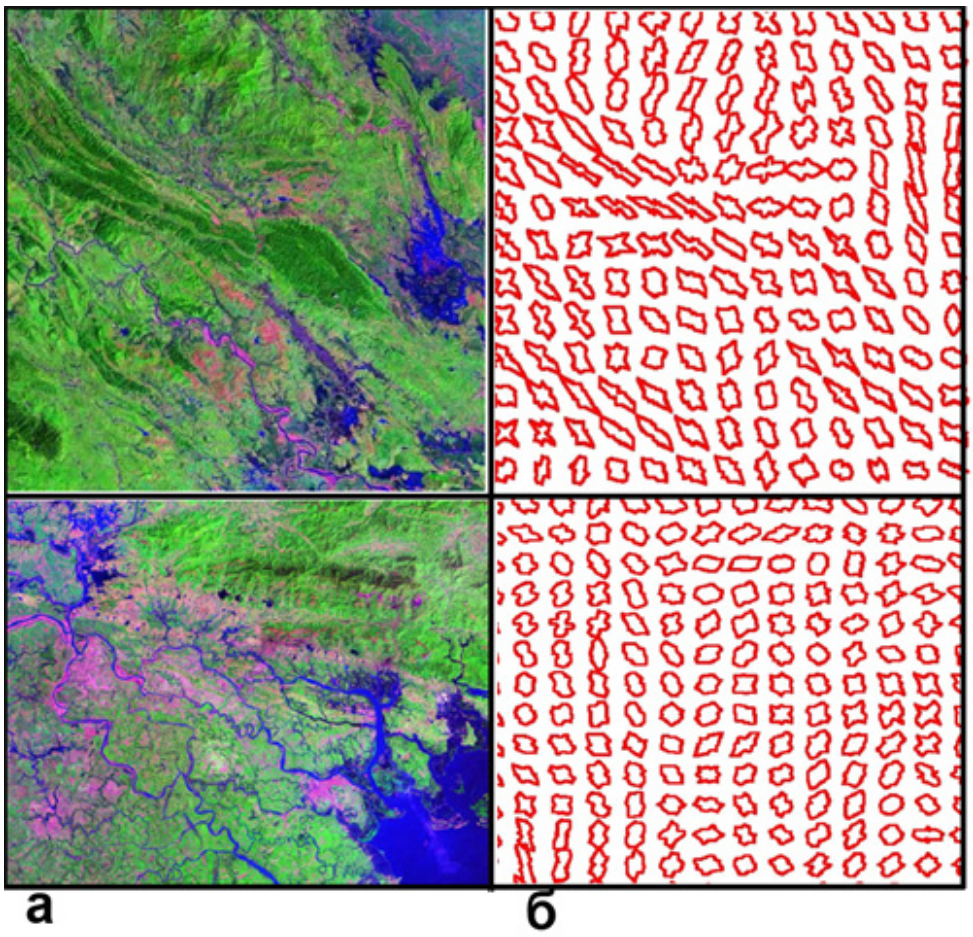


Рис. п.5.5. Снимки различных территорий (а) и облик их роз-диаграмм (б): вверху долина, внизу – дельта Красной реки (Вьетнам)

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Некоторые розы-диаграммы изометричные, тогда как другие удлиненные. Величина удлинения и его направление можно характеризовать статистическим параметром, который называется «выборочная результирующая длина». Программа его вычисляет под именем «вектор удлинения» и строит картодиаграмму (рис. п.5.6).

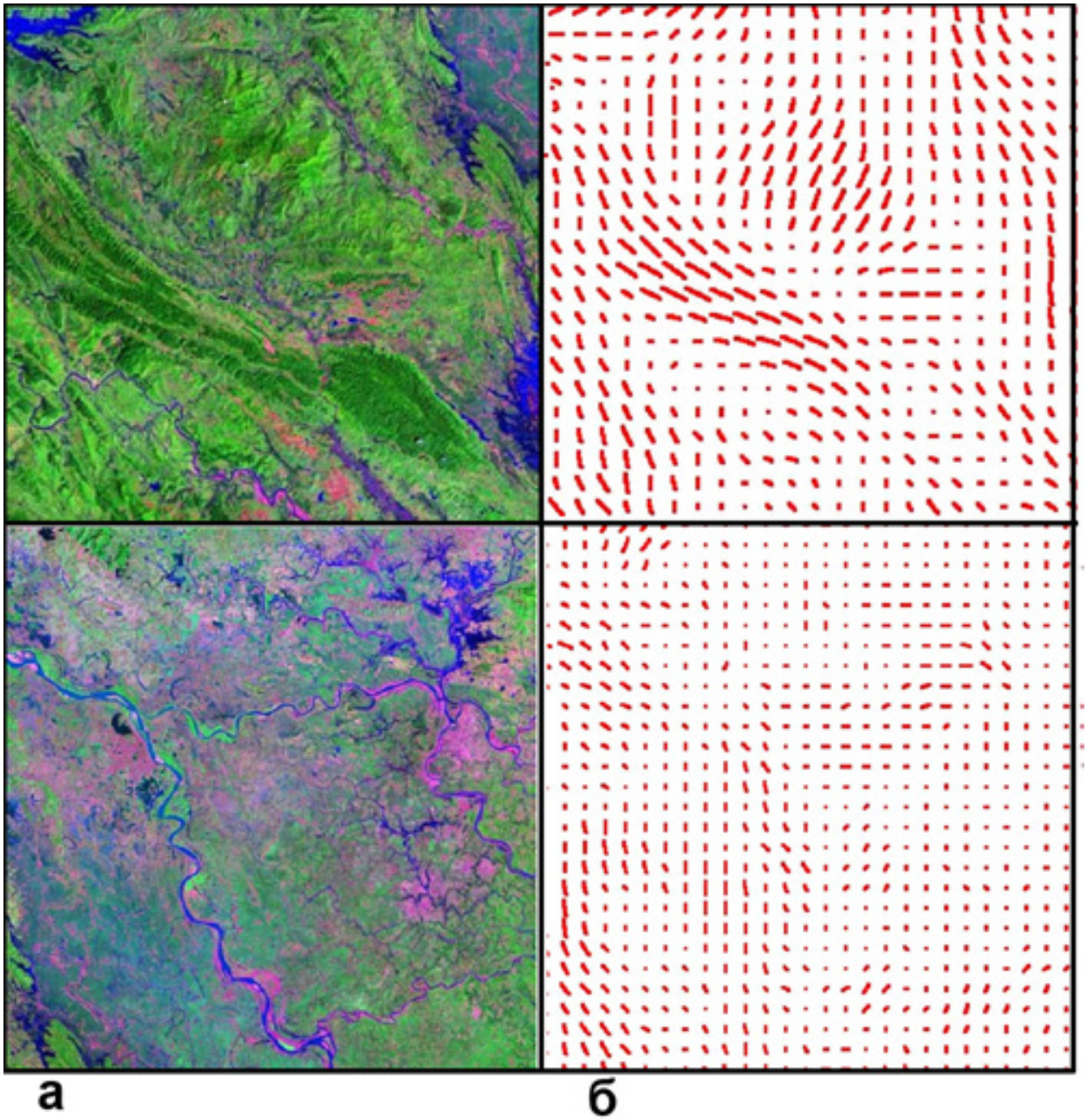


Рис. п.5.6. Снимки различных территорий (а) и вектор их удлинения (б): вверху долина, внизу – дельта Красной реки (Вьетнам)

Территории, обладающие различной структурой, будут образовывать кластеры отличающихся друг от друга типов роз-диаграмм, а также направлений и длин удлинений. С помощью анализа таких характеристик можно выделять блоковое строение

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

территории, так как на соседних фрагментах направление векторов может отличаться на любой угол, вплоть до 90º.

Еще одна полезная для нас характеристика – линии удлинений роз-диаграмм и перпендикулярные им линии. Эта характеристика получается, если по направлению удлинения следующий вектор будет иметь то же, или сходное направление. Характеристика позволяет проследить плавные изменения вытянутости роз-диаграмм (сини линии). В тех случаях, когда это оказывается невозможно – линии прерываются (рис. п.5.7).

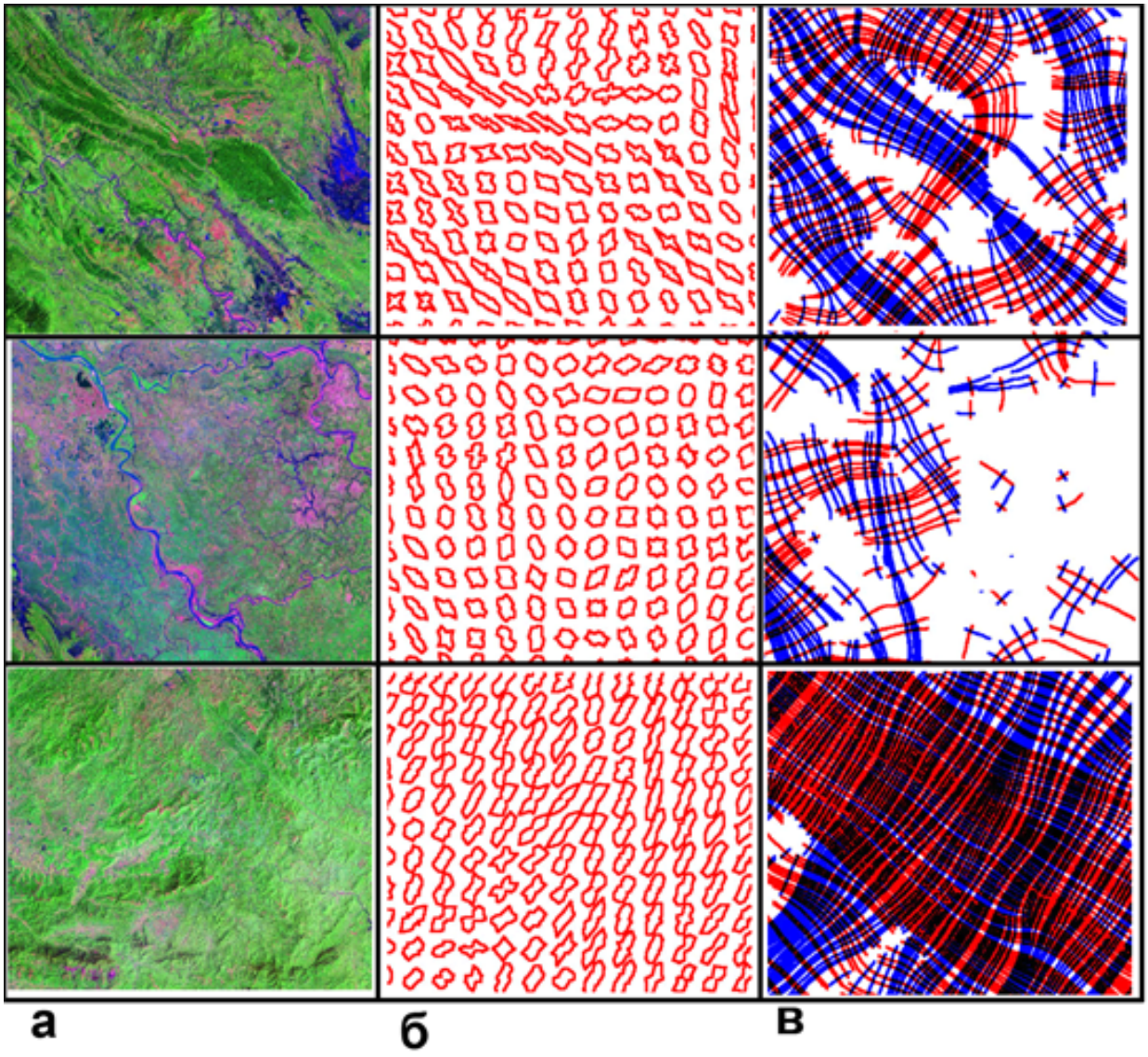


Рис. п.5.7. Снимки различных территорий (а), облик их роз-диаграмм (б) и линии удлинения. Бассейн Красной реки (Вьетнам)

Можно полагать, что таким образом фиксируется однородное, или неоднородное тектоническое поле напряжений, если исходный рисунок не обусловлен какими-либо другими наблюдаемыми

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

причинами (антропогенным изменением ландшафта, случайным ветвлением рек в дельте и т.д.).

Так как максимумы разрывов соответствуют длинным лучам роз-диаграмм, которые, в свою очередь, закономерно связаны с ориентировкой главных нормальных напряжений, можно с определенной долей условности по ориентировке «синих» и «красных» линий определить проекции на горизонтальную плоскость (рельеф) направлений максимальных сжимающих и растягивающих усилий (рис. п.5.8).

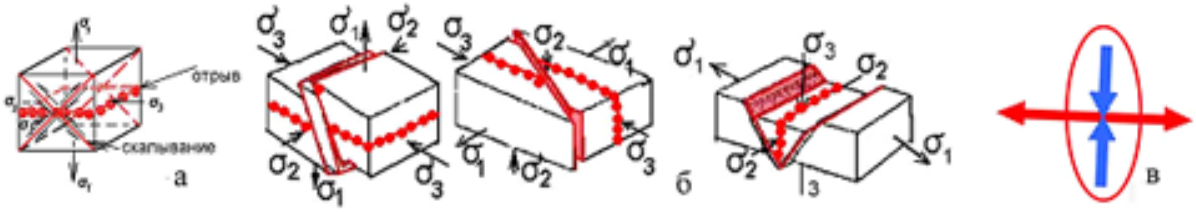


Рис. п.5.8. Разрывы и главные нормальные напряжения: а – ориентировка разрывов отрыва и скалывания в зависимости от ориентировки главных нормальных напряжений; б – взбросы, сдвиги и сбросы и их соотношения с направлениями главных нормальных напряжений; в - удлинение роз-диаграмм и ориентировка линий растяжения и сжатия

На рисунке п.5.9. в качестве примера показано воссоздание ориентировки главных нормальных напряжений на территории Северо-Покачевского месторождения.

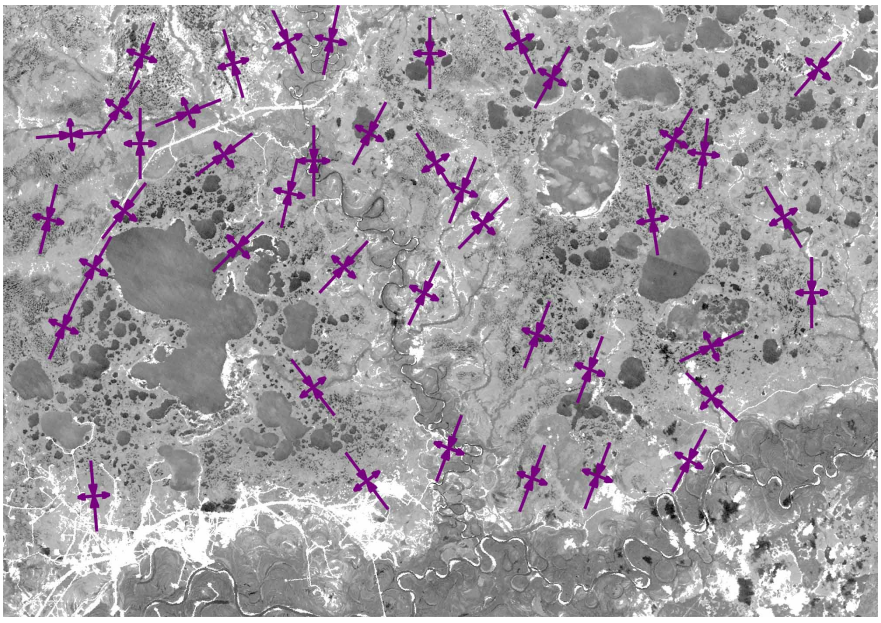
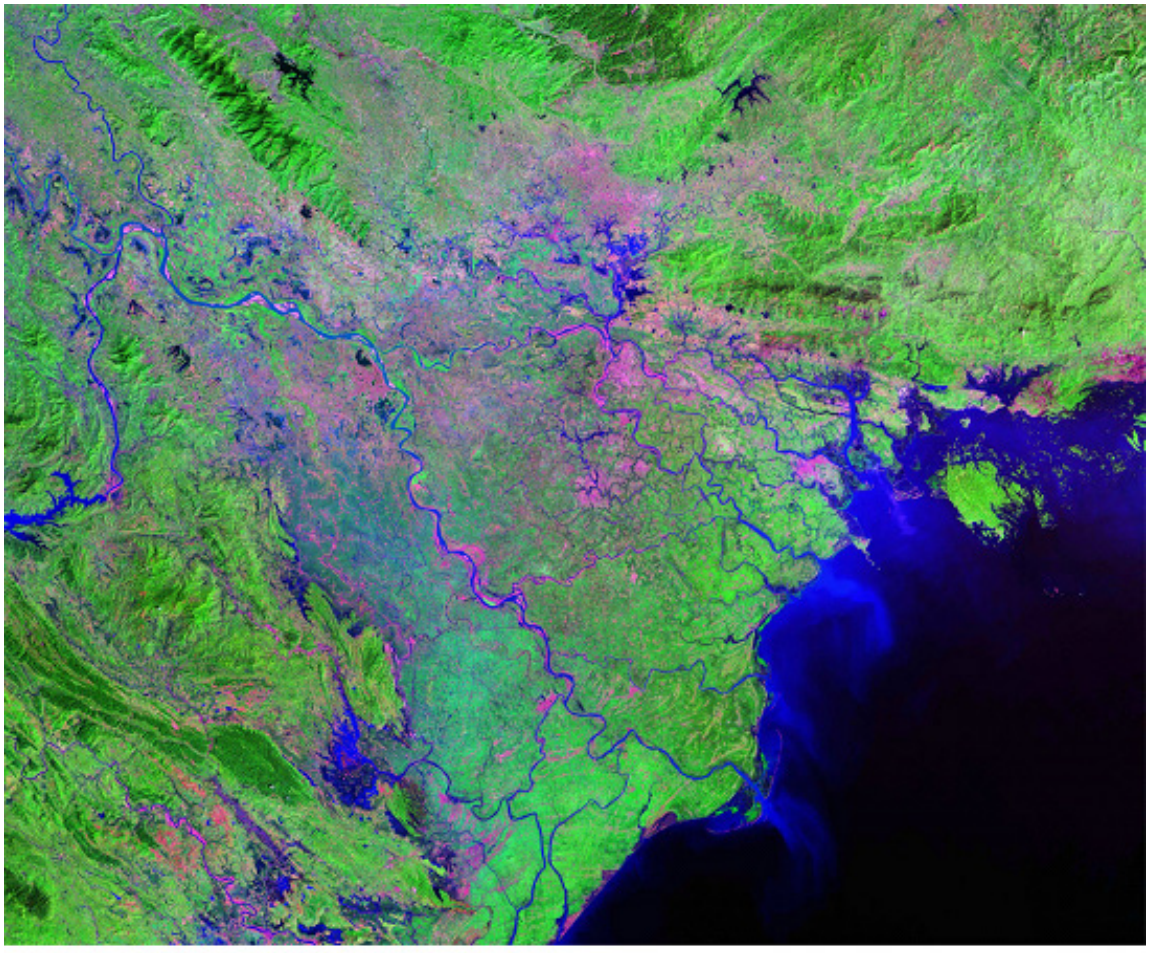


Рис. п.5.9. Проекции на горизонтальную плоскость направлений сжатия и растяжения

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

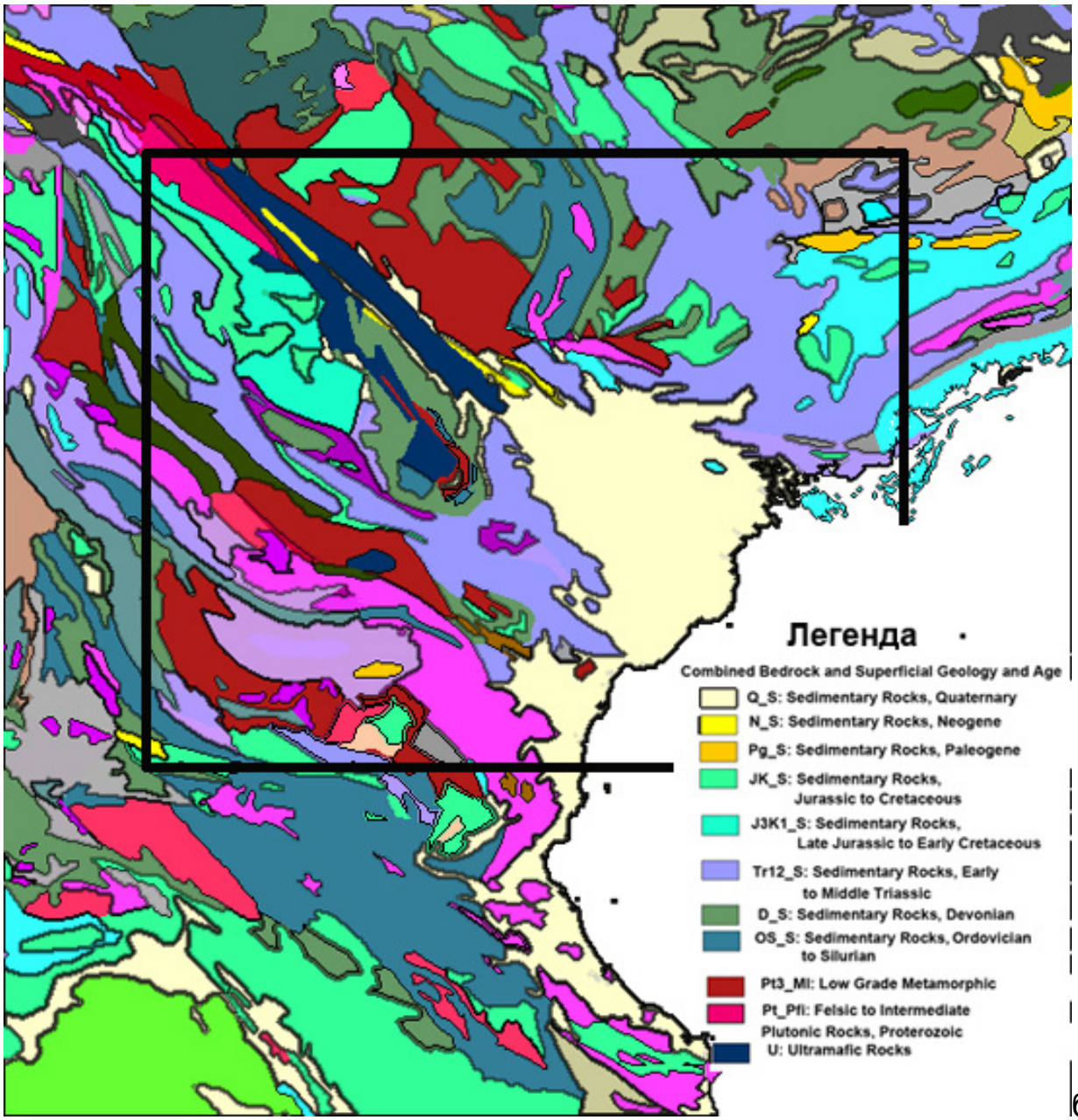
Программа выделяет также «длинные» линеаменты. Она выбирает такие штрихи, которые находятся в одном коридоре по выбранному направлению, или группе направлений. По умолчанию выбирается совокупность 8 направлений, так что каждый «коридор» составляет 12,5º.

В зависимости от настраиваемых установок, программа может выделять линеаменты, пересекающие все изображение, или составляющие какую-то её часть. Как показывает опыт предпочтительнее выделение линеаментов, составляющих более 0,2, или 0,3 размера изображения в данном направлении. Наконец, программа может работать как «осторожный дешифровщик», выделяя небольшое число хорошо подтверждаемых штрихами линеаментов, или как «дешифровщик-авантюрист», выделяя значительное количество мало подтверждаемых линеаментов. Для этого служит интерактивная характеристика «порог». На рис. п.5.10. приведены фрагмент снимка дельты Красной реки во Вьетнаме, геологическая карта, выделенные программой линеаменты при различных порогах и их розы-диаграммы.



а

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014



б

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

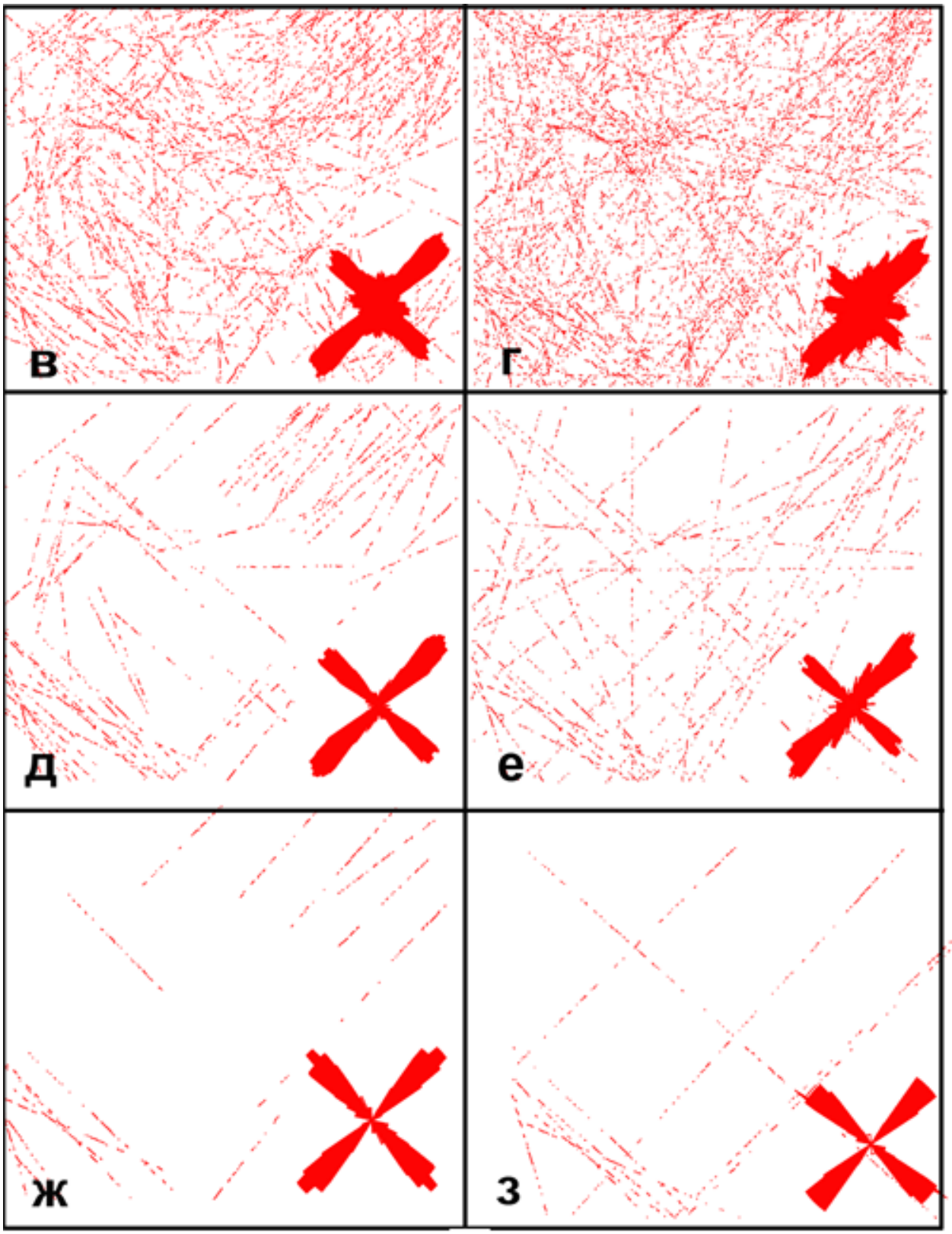


Рис. п.4.10. Карты линеаментов построенные при различных настройках и их розы-диаграммы: а - исходный снимок; б - фрагмент геологической карты Вьетнама (прямоугольником показана площадь снимка); в - порог 40 «короткие» линеаменты (0,3); г - порог 40 «длинные» линеаменты; д - порог 50, «короткие» линеаменты (0,3); е - порог 50 «длинные» линеаменты; ж - порог 60, «короткие» линеаменты (0,3); з - порог 60, «длинные» линеаменты

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Программа сохраняет построенные карты как растровое изображение в формате tiff на черном фоне тонкие красные линии. Чтобы сделать картинку читаемой, в программе Photoshop следует сделать инверсию, скорректировать цвет, утолстить линии в меню разделе фильтрация → другие → минимум и, при необходимости, соединить картинки, например, вмонтировать розы-диаграммы в карты линеаментов.

Сопоставляя между собой картограммы, построенные лессой можно выделять блоки, которые можно интерпретировать как различные в геологическом отношении территории – сложенные различными породами, с различной новейшей тектонической активностью, тектонические блоки.

Можно полагать, что на сходных в тектоническом и структурно - формационном отношении территориях развивается сеть штрихов с близкими, а на различных – с разными параметрами.

Примером отражения в характеристиках сети линеаментов выделенных программой LESSA различных структурно-вещественных комплексов служит сеть линеаментов на участке Южного Предуралья (рис. 5.10) по фрагменту изображения LANDSAT-7.

На приведенном рисунке отчетливо видны различия статистических характеристик штрихов и линеаментов, распространенных на площадях выхода различных формационных комплексов. Как отчетливо видно при сравнении рисунков **д** и **е** они образуют различные сети линеаментов, но в обоих случаях на площади распространения различных структурно-вещественных комплексов формируются различные сети линеаментов.

Для того чтобы убедиться, что отдешифрированные линеаменты соответствуют объективно существующими в природе объектам, а не являются оптической иллюзией, необходимо проверять их ландшафтную природу. Для этого необходимо рассматривать характерных их представителей не как элементы статистической выборки, а как индивидуальные ландшафтные образования.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

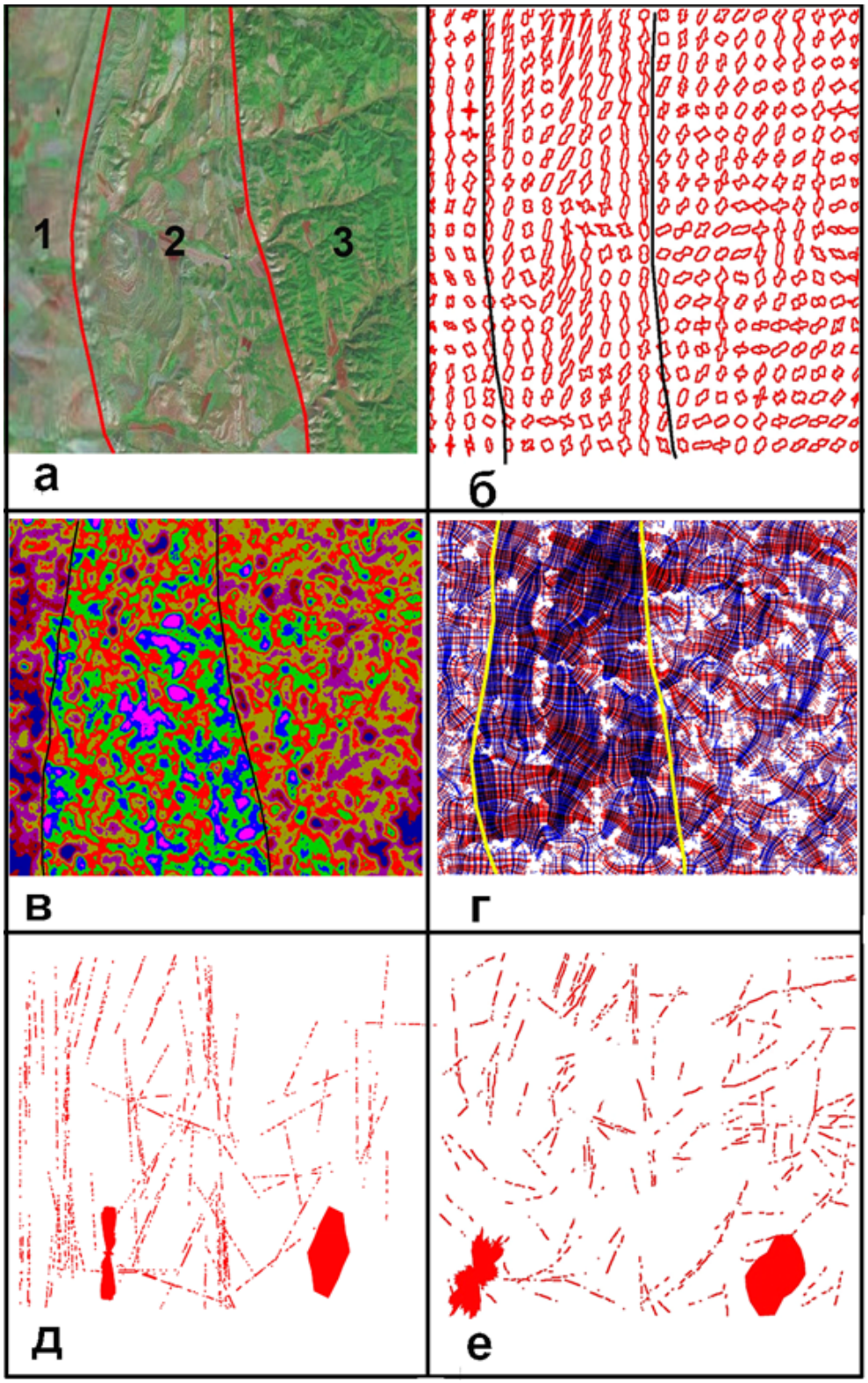


Рис. п. 5.11. Космическое изображение и результаты его обработки программой LESSA: а - космическое изображение LANDSAT-7 и распространенные на территории стуктурно-вещественные комплексы: 1 – терригенная, 2 – смятая в складки переслаивающаяся терригенно–карбонатно-глинистая (флиш и грубая моласса), 3 – карбонатная; б – розы-диаграммы штрихов; в - плотности (интенсивности) штрихов; г – линии удлинения штрихов; д, е – линеаменты и их розы-диаграммы, построенные по схемам с различным разрешением

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ОБОЗНАЧЕНИЯ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Стратиграфическая принадлежность на геологических картах изображается одновременно цветом, индексом и (или) крапом (штриховой закраской).

Раскраска единиц стратифицированных образований. Для обозначения систем используются цвета единой международной стратиграфической шкалы. Для обозначения отделов и более дробных единиц – оттенки цвета системы – чем моложе образование, тем светлее оттенок. Подразделения местной стратиграфической шкалы - серии, свиты и т.д. изображаются цветом и оттеком того подразделения международной шкалы, с которой он сопоставляется по возрасту. Если единица местной шкалы принадлежит к двум смежным системам, раскраска выбирается произвольно из цветов одной или другой систем (рис. п.6.1).

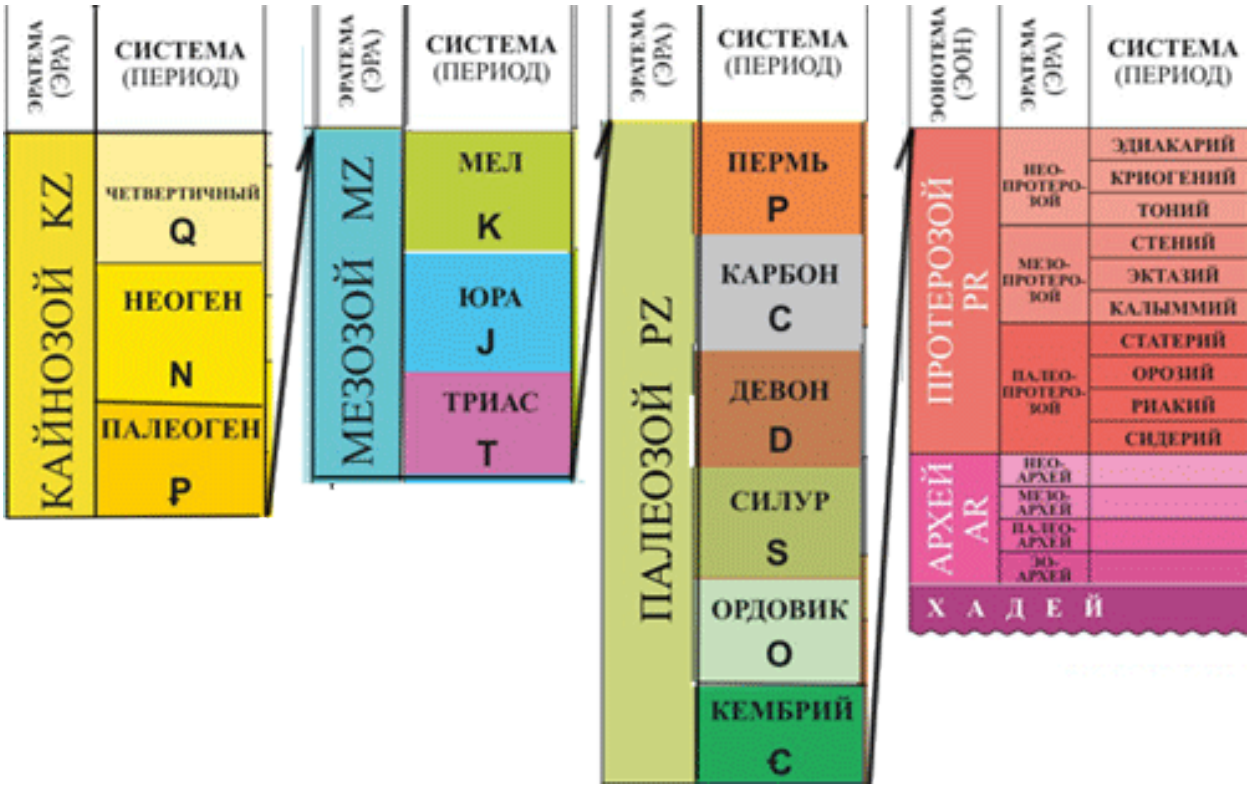


Рис. п.6.1. Раскраска единиц стратиграфических подразделений

Индексы единиц стратифицированных образований. Индексы проставляются в соответствии с единой стратиграфической шкалой и читаются от самых дробных подразделений к крупным. Индекс подъяруса образуется прибавлением к индексу яруса справа внизу цифр 1, 2, 3 для соответствующих подъярусов. Например, K_1al_3 верхнеальбский подъярус нижнего мела. Индекс зоны состоит из двух

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

строчных латинских букв (начальной и ближайшей к ней согласной) наименования зоны надписывается прямым шрифтом через точку справа от индекса яруса, или подъяруса. Например, K_1 al_3 .hs зона Hysterocarac orbignyi верхнего альба. Индексы региональных и местных стратиграфических подразделений образуются прибавлением справа к возрастному индексу двух строчных латинских букв – первой и ближайшей к ней согласной из названия этого подъяруса и пишутся курсивом. Например, C_1v kz - кызылская свита визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы. Если два или более стратиграфических названия в одной системе имеют одинаковые первые и ближайшие к ним согласные, в индекс включаются три буквы. Дополнительные единицы обозначаются прибавлением цифр 1,2,3 и т.д. справа внизу от индекса основного подразделения. Пачки, выделяемые в составе свит или подсвит, обозначаются арабскими цифрами, которые помещаются справа вверху от индекса свиты, или подсвиты. Если пачки или подсвиты имеют имена собственные, они обозначаются не цифрами, а первой буквой русского алфавита, или первой и ближайшей согласной которые помещают внизу (подсвиты) или вверху – пачки от основного индекса. Например, C_1v $kz_{2,3}$ третья пачка средней подсвиты кызыльской свиты визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы. Если стратиграфическое подразделение включает две или бо-лее стратиграфические единицы, то индекс включает знаки обоих или крайних подразделений. Первым помещается индекс более древнего подразделения. Индексы разделяются знаком «+», если подразделения входят в состав толщи полностью, и «-», если смежные подразделения входят в состав выделенной толщи частично и нужно подчеркнуть непрерывный характер перехода. Если в состав подразделения входят более двух стратиграфических единиц, промежуточные индексы опускаются, например K1b-g, K al+s. Если возраст стратиграфических подразделений может быть установлен только предположительно, индекс сопровождается знаком «?». Если возраст толщи не может быть определен точно, возрастной интервал разделяется знаком «:». Состав эффузивов отражается в индексе греческой малой буквой, помещаемой перед символом системы. Индексы составов эффузивов приведены в таблице п.4.1. Измененность эффузивов обозначается добавлением значка ' («прим») справа вверху от знака состава эффузива. Например, $\alpha'N_1$ андезитовый порфирит миоцена, но αN_1 будет уже андезит миоцена.

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Таблица п.6.1. **Условные обозначения состава эффузивных пород**

Состав	Название	Индекс	Состав	Название	Индекс
Кислые	риолиты	λ	основные	базальты	β
	андезиты	α		фонолиты	φ
Средние	дациты	ζ	ультра-основные	кимберлиты, пикриты	ι
	трахиты	ι			

ОБОЗНАЧЕНИЯ ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД

Интрузивные породы также обозначаются цветом или (или) крапом и индексом. Цветом обозначается состав пород, а оттенком цвета – возраст. Чем моложе возраст, тем ярче оттенки цвета (табл. п.6.2).

Таблица п.6.2. **Условные обозначения состава интрузивных пород**

Состав	Цвет	Индекс	Состав	Цвет	Индекс
Кислый	Красный	γ	Основной	Зеленый	ν
Средний	Малиновый	δ	Ультра-основной	Фиолетовый	σ
Щелочной	Оранжевый	ε			

Состав пород обозначается малой буквой греческого алфавита, помещаемой перед индексом возраста интрузивного тела, например, γС – граниты каменноугольного возраста.

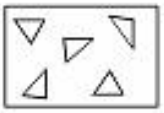
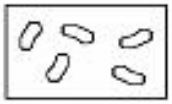
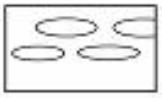
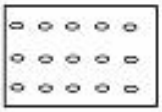
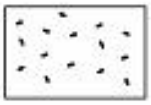
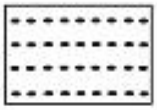
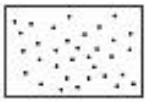
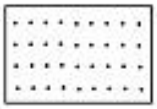
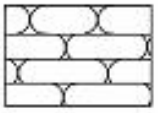
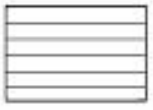
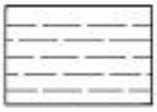
© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 6. Условные знаки геологических карт

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД

ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

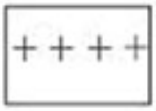
Обломочные и глинистые

Рыхлые		Сцементированные	
	Глыбы		Глыбовые брекчии
	Валуны		Валунный конгломерат
	Неокатанные валуны		Валунная брекчия
	Галька		Галечниковый конгломерат
	Щебень		Дресвяная брекчия
	Гравий		Гравийный конгломерат
	Дресва		Дресвяная брекчия
	Песок	 	Песчаники
	Алеврит		Алевролит
	Глины		Аргиллиты

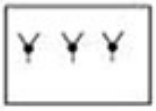
© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 6. Условные знаки геологических карт

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

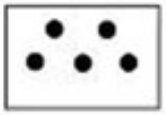

Граниты


Диориты

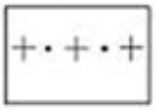

Сиениты

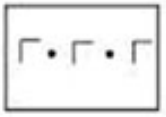

Габброиды


Дуниты

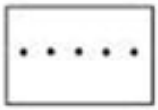

Кимберлиты

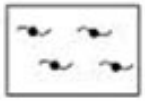
Порфировые разности изображаются комбинацией знаков видов пород с точками. Примеры

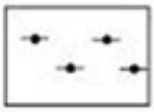

Гранит-порфир

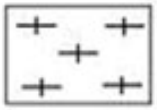

Габбро-порфирит

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ


Кварциты


Метаморфические сланцы


Кристаллические сланцы


Гнейсы

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ

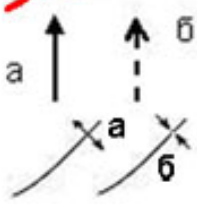


Границы разновозрастных геологических тел:
а – достоверные, б – предполагаемые
в - фациальные границы

РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ



Достоверные - а, предполагаемые – б, скрытые под вышележащими отложениями - в



Буровые скважины на разрезах: а – лежащие в плоскости разреза, б – спроектированные на разрез

Оси складок: антиклинальных – а, синклинальных – б

© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

Приложение 6. Условные знаки геологических карт

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ КАРТ И РАЗРЕЗОВ НЕФТЕГАЗОВОГО СОДЕРЖАНИЯ



© Милосердова Л.В., 2014
© ООО «Издательский дом Недра», 2014

ЛИТЕРАТУРА[1]

1. **Ажгирей Г.Д.** Структурная геология. -М:.Изд-во МГУ, 1956. - 493 с.
2. **Аковецкий В.Г.** Аэрокосмический мониторинг месторождений нефти и газа . – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 454 с.
3. **Аллисон А., Палмер Д.** Геология. Наука о вечно меняющейся Земле. - М.: Мир, 1984. – 568 с.
4. **Апродов В.А.** Геологическое картирование. - М.: Государственное издательство геологической литературы, 1952. - 373 с.
5. **Атлас** схематических геологических и бланковых карт/ Под ред. М.М. Москвина. Авторы-составители: В.А. Голубовский, В.С.Милеев, С.Б. Розанов, А.Е.Михайлов, В.В. Эз. - М.: Изд-во МГУ, 1976. - 47 с.
6. **Атлас** учебных геологических карт/ Под ред. М.М. Москвина, Ю.А. Зайцева 1-ое изд. 1956 г., 2-ое изд. 1972 г., 3-е изд. 1980 г.
7. **Бакиров Э.А., Милосердова Л.В.** Применение дистанционных методов при поисках нефти и газа. - М.: МИНГ, 1989. - 58 с.
8. **Бархатов Б.П.** Тектонические карты. - Л.: Недра, 1978.
9. **Белоусов В. В.** Николаус Стено - основоположник геотектоники// Природа, 1938. - № 5.
10. **Белоусов В.В.** Очерки истории геологии. У истоков науки о Земле. (Геология до конца XVIII века). М., 1993.
11. **Белоусов В.В.** Основы структурной геологии. – М.: Недра, 1985. - 207 с.
12. **Богданов А.А.** Несогласия, их типы и значение их изучения// Изв. АН СССР, сер. Геол. - № 2, 1949.
13. **Бронгулеев В.В.** Проблема складкообразования в земной коре. Опыт структурного анализа герцинских форм среднеазиатского Кракатау.- М.: Недра, 1967 - 290 с.
14. **Букринский В.А.** Геометрия недр.- М.: Недра, 1985.
15. **Вегенер А.** Происхождение континентов и океанов. – Л.: Наука, 1984. – 285 с.
16. **Вихерт А.В.** Исследование возможностей построения морфологической классификации складчатости и численных статистических мерах структуры: В сб. «Кора и верхняя мантия Земли» Вып. 2. - Изд-во МГУ, 1975.
17. **Воспоминания** о И.О. Броде и Н.Б. Вассоевиче (к 100-летию со дня рождения) – М.: Геос, 2002. - 186 с.
18. **Габдуллин Р.Р., Копаевич Л.Ф., Иванов А.В.** Секвентная стратиграфия. – М.: Макспресс, 2008. - 114 с.
19. **Геологи** изучают планеты/ Я.Г. Кац, В.В. Козлов, Н.В. Макарова, Е.Д. Сулиди-Кондратьев - М.: Недра, 1984. – 144 с.
20. **Геологические** структуры**/** Под ред. Такеши Уемуры и Шинджиро Мицутани. - М.: Недра, 1990. – 292 с.
21. **Геологические** тела (терминологический справочник)/Под ред. Ю.А. Косыгина, В.А. Кулындышева, В.А. Соловьева -М.: Недра, 1986. - 334 с.
22. **Геологический** словарь/ Ред. А.Н.Криштофович - М.: Госгеолтехиздат, 1955.
23. **Геометризация недр и решение геологических задач / В.П.Филиппов , Ю.В.Самсонов , Л.В. Милосердова и др. -М.: Изд. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001.**
24. **Гогель Ж.** Основы тектоники. -М.: Мир, 1969. - 440 с.
25. **Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С.** Введение в тектонофизику. – М.: Изд. КДУ, 2005. - 496 с.

[1] Жирным шрифтом выделена рекомендуемая литература

26. **Гордеев Д.И.** История и методология геологических наук.- М.: Изд-во МГУ.- Ч.1. 1967, ч. 2 - 1972.
27. **Гринли Э., Вильямс Х.** Методы геологической съемки. М.-Л.-Новосибирск, Горно-геолого-нефтяное издательство, 1933.
28. **Делимость** земной коры и палеонапряжения в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах Земли / Т.П. Белоусов, С.Ф. Куртасов, Ш.А. Мухамедиев. – М: М: ОИФЗ РАН, 1997. - 324 с.
29. **Забродин В.Ю., Оноприенко В.И., Соловьев В.А.** Основы геологической картографии. -Новосибирск: Сиб. отд. изд-ва «Наука» 1986.
30. **Инструкция** по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. -С.-Петербург: Роскомнедра, 1995.- 124 с.
31. **Использование** космической информации в газовой промышленности / Н.А. Гафаров, Ю.Б. Баранов, М.А. Ванярхо и др. - М.: ООО «Газпром экспо», 2010. - 132 с.
32. **Каталог** условных знаков и основных образцов для составления геологической документации при разведке и разработке нефтяных месторождений. /Под ред. Н.А. Крылова. .-М.: изд-во ИГиРГИ, 1990 – 92 с.
33. **Корсаков А.К. Структурная геология – М.: изд. КДУ, 2009. – 328 с.**
34. **Корчуганова Н.И., Корсаков А.К.** Дистанционные методы геологического картирования. М.: изд. КДУ, 2000. - 288 с.
35. **Космическая** информация в геологии /Колл. авторов. -М.: Наука, 1983.- 536 с.
36. **Костенко Н.П.** Геоморфология. – М.:Изд.МГУ, 1985.
37. **Косыгин Ю.А.** Геологические структуры и структурно-вещественные ассоциации// Геология и геофизика, 1964. - №7. С.3-12.
38. **Косыгин Ю.А., Воронин Ю.А.** Некоторые фундаментальные понятия структурной геологии//, Геотектоника, 1965. - № 1, с.3-12
39. **Косыгин Ю.А., Вотах О.А., Соловьев В.А., Черкасов Р.Ф.** Иерархия геологических объектов и тектоника // Докл. АН СССР. - Т.207. - № 2. – 1972. - с. 411-414.
40. **Кронберг П.** Дистанционное изучение Земли. - М.: Мир, 1988. – 343 с.
41. **Кузнецов В.Г.** Фации и фациальный анализ в нефтегазовой геологии. Учебник для вузов. М.: Изд. Нефть и газ, 2012г. - 244 с.
42. **Куликов В.Н., Михайлов А.Е**. Руководство к практическим занятиям по структурной геологии и геологическому картографированию. - М.: Недра, 1993. – 144 с.
43. **Кушнарев И.П.** Методы изучения разрывных нарушений. - М.: Недра, 1977. - 248 с.
44. **Лабутина И.А.** Дешифрирование аэрокосмических снимков. - М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.
45. **Лахи Ф.** Полевая геология: В 2 т.- М.: Мир, 1966.- 1031 с.
46. **Леонтьев О.К., Рычагов Г.И.** Общая геоморфология: Учебное пособие для географических специальностей университетов. – М.:Высшая школа, 1979, 287 с.
47. **Методическое** руководство по геологической съемке масштаба 1:50 000. Изд. 2-е в 2-х т. т.1 519 с., т.2 238 с. /Под ред. А.С. Кумпана - Л.: Недра, 1978.
48. **Миллер Л., Миллер К.** Аэрофотогеология. - М.:Мир, 1964.- 291 с.
49. **Милосердова Л.В., Мацера А.В., Самсонов Ю.В. Структурная геология.- М.: Изд. Нефть и газ, 2004.- 536 с.**
50. **Милосердова Л.В., Судариков Ю.В.** Геодинамика Прикаспийской синеклизы и ее обрамления по данным геологического дешифрирования// Тезисы докл. на I Всес. конф. «Геодинамические основы прогнозирования нефтегазоносности недр».- М., 1988.

51. **Милосердова Л.В., Судариков Ю.А.** Влияние трансрегиональных и региональных разломов на современный облик Прикаспия.// Сб.н.тр. «Прикаспийский нефтегазоносный комплекс (проблемы геологии, разработки и бурения)». Алма-Ата: Каз. пол. и-.т, 1989.
52. **Мильничук В.С., Арабаджи М.С.** Общая геология.- М.: Недра, 1979.- 408 с.
53. **Михайлов А.Е.** Структурная геология и геологическое картирование.- М.: Недра, 1973.- 432 с.
54. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование.- М.: Недра, 1980.
55. **Михайлов А.Е., Корчуганова Н.И., Баранов Ю.Б.** Дистанционные методы в геологии.- М.: Недра, 1993. – 224 с
56. **Москва.** Геология и город/ В.И. Осипов, О.П. Медведев, И.В. Галицкая и др. – М.: АО «Московские учебники и картолитография, 1997. – 400 с
57. **Немец В., Квет Р.** Проблемы применения математических методов для геологических исследований с учетом иерархий в планетарных равноудаленных разрывных системах: В кн. Методология геологических исследований. Владивосток, 1976.- 49-56 с..
58. **Несмеянов С.А.** Введение в инженерную геотектонику.- М.: Научный мир.- 2004 216 с.
59. **Николаев П.Н.** Методика тектоно-динамического анализа.- М., Недра.: 1992. – 292 с.
60. **Новые** данные о геологии и нефтегазоносности Песчаномысского свода (Южный Мангышлак)/ Л.П. Дмитриев, Д.С. Оруджева, В.П. Паламарь и др.// Геология нефти и газа.- 1982 .-№ 3,- С.27-34.
61. **Павлинов В.Н., Соколовский А.К.** Структурная геология и геологическое картирование с основами геотектоники.- М.: Недра, 1990.-318 с.
62. **Павловская** геологическая школа/ И.А. Стародубцева, З.А Бессуднова, С.К. Пухонто и др., отв. ред. Ю.Я. Соловьев.- М.: Наука, 2004.
63. **Паталаха Е. И., Смирнов А. В.** Введение в морфологическую тектонику: (Сравн. анализ и систематика природ. деформаций на термодинамической основе)/ Отв. ред. А. А. Абдулин.-Мю: Наука, 1986.- 147 с
64. **Петрусевич М.Н., Казик Л.И.** Практическое руководство по аэрофотогеологии.- М.: Изд-во МГУ, 1976.- 190 с.
65. **Космогеология** СССР/ Н.С. Афанасьева, В.И. Башилов, В.Н. Брюханов и др.- М.: Недра, 1987.- 240 с.
66. **Планетарная** трещиноватость/ Сб. под ред. С.С. Шульца.-Л.: Изд-во ЛГУ, 1973.- 178 с.
67. **Поля** напряжений и деформаций в литосфере// Сб. н.тр.- М.: Наука, 1979.- 256 с.
68. **Рыжов П.А.** Геометрия недр.- М.: Недра, 1964.- 500 с.
69. **Сапфиров Г.Н.** Структурная геология и геологическое картирование.- М.: Недра, 1982.
70. **Семинский К.Ж.** Внутренняя структура континентальных разломных зон. Тектонофизический аспект. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2003. 244 с.
71. **Создание** Госгеолкарты-200 с применением компьютерных технологий: Методическое руководство. М. : Изд. ВСЕГЕИ, 1999. 174 с.
72. **Соколов Б.А., Баженова О.К.** и др. Структурные и историко-генетические построения при поисках нефти и газа. - М.: МГУ, 1998. 176 с.
73. Сократов Г.И. Структурная геология и геологическое картирование .-М.: Недра, 1972.- 280 с.

74. **Стенон Н.** О твёрдом, естественно содержащемся в твёрдом. — М.: Изд. АН СССР, 1957. — 20 с.
75. **Степанов Д.Л., Месежников М.С.** Общая стратиграфия (Принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979.- 423 с.
76. **Судариков Ю.А., Милосердова Л.В.** Основные аэрокосмические дистанционные методы, применяемые при нефтегазогеологическом картографировании и поисках скоплений нефти и газа, и геологическое дешифрирование.- М.: МИНХиГП им. И.М.Губкина, 1983.- 81 с.
77. **Тевелев А.В.** Структурная геология.- М.: 2012. -291 с
78. Тимофеев В.А. Каталог условных знаков для составления картографической документации при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений .- М.: АО «Твант». - 194 с.
79. **Трофимов А.А.** Основы горной геометрии (геометрия недр).- М.: Из-во МГУ 1980. -224 с.
80. **Трофимов Д.М., Евдокименков В.Н. Шуваева М.К.** Современные методы и алгоритмы обработки космической, геолого-геофизической и геохимической информации для прогноза углеводородного потенциала неизученных участков недр. – М.: Физматлит, 2012. – 320 с.
81. **Труфанова А.П.** Методы историко-геологического анализа: Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1980. – 61 с.
82. **Флоренский П.В.** Комплекс геолого-геофизических и дистанционных методов для изучения нефтегазоносных областей. – М.: Недра, 1987.- 205 с.
83. **Формы** геологических тел (терминологический справочник). М.: Недра, 1977.- 246 с.
84. **Хаин В. Е., Ломизе М.Г.** Геотектоника с основами геодинамики: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГУ, 1995. - 480 с.
85. **Хаин В.Е., Рябухин А.Г., Наймарк А.А.** История и методология геологических наук. М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 416 с.
86. **Холодов В.Н.** О природе грязевых вулканов // «Природа».- № 11.- 2001.- с.47-58.
87. **Хрянина Л.П.** Метеоритные кратеры на Земле. – М.: Недра, 1987.- 112 с.
88. **Чебаненко И.И.** Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры.- Киев: Наукова думка, 1977.-77 с.
89. **Шафрановскй И. И.** Николай Стенон - кристаллограф, геолог, палеонтолог, анатом.- Л.: Изд. АН СССР 1972. – 152 с
90. **Эз В.В.** Складкообразование в земной коре.- М.:Недра, 1985. -191 с.
91. **Ярошевский В**. Тектоника разрывов и складок. М.: Недра, 1981.- 245 с.



ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Авлакоген 7.3.9

Автохтон 7.3.6, 22.4.2

Азимут и угол падения плоскости 10.1.5

Азимутальное несогласие 2.2.2

Аккреционная призма 9.3.4

Активная окраина (граница) континентов 9.2.1

Аллохтон 7.3.6, 22.4.2

Альпинотипные складки (складчатость) 21.3.4

Амплитуда складки 6.3.1

Амплитуда разрыва 7.1.2

Анализ структурно-геоморфологический 18.3.2

Анализ фациальный 13.1

Анализ формационный 13.3

Аналогий метод 18.1

Антеклиза 9.2.2

Антиклиналь, антиклинальная складка 6.3.2

Антиклинорий, мегантиклинорий 9.2.5

Асимметричная складка 6.3.2

Астеносфера Словарь

Астроблема (метеоритный кратер) 8.2.5, 20.2

Б

Базальный конгломерат 2.2.1

Бар 3

Батолит 8.1.5

Биогерм (биостром) 3

Блатт 7.3.9

Бокового отпора и отслаивания трещины 22.3

Брахискладка, брахиантиклиналь, брахисинклиналь 6.3.2

Будина, будинаж 20.4

В

Вал 9.2.2
Веерообразная складка 6.3.2
Вергентность складок 21.3.4
Вертикального течения складки (складчатость) 21.3.1, 21.3.3
Взброс 7.3.3, 7.3.6, 7.3.10, 22.4.2
Висячее крыло разрыва 7.1.2
Виргация складки 6.3.1
Возрожденной тектонической активности области 9.2.8
Волочения складки (складчатость) 21.2.1
Впадина 9.2.2
Вулканический купол 8.1.8
Выветривания трещины 22.3
Выклинивание слоя 2.1.3
Высота складки 6.3.1

Г

Гайот 9.3.2
Гармонические (дисгармонические) складки (складчатость) 6.3.3
Генерализация картографическая 18.2.4
Геоантиклиналь 9.2.5
Географическое несогласие 2.2.2
Геологическая граница 1.2
Геологическая граница резкостная 1.2.
Геологическая граница постепенная (статистическая) 1.2
Геологическая граница единая 1.2
Геологическая граница составная 1.2
Геологическая карта 12, 14, 18.2.1, 18.2.2
Геологический разрез 12, 18.2.1, 18.2.7
Геологическая схема, картосхема, схематическая карта 18.2.1
Геологический план 18.2.1
Геологическое дешифрирование 18.4.1
Геологическое тело 1.1
Геометризация Словарь
Геосинклиналь 9.2.5
Германотипные складки (складчатость) 21.3.5
Гипергенная трещина 22.3

Главные оси напряжений 20.3
Глетчер соляной 21.3.6
Глубинные складки (складчатость) 21.3.3
Глубинный разлом 7.3.3
Глубоководная котловина 9.3.1
Глубоководный желоб 9.3.1, 9.3.4
Глыбовые складки (складчатость) 21.2.2, 21.3.1, 21.3.5
Гляциодислокации 21.3.1
Голоморфная складчатость 21.3.4
Гомоклиналь (моноклиналь) 5.1
Горизонт 2.1
Горизонт маркирующий 2.1
Горизонтальная структура 4.1
Горизонтального течения (скольжения) складки (складчатость) 21.3.1, 21.3.3, 21.3.6
Горст 7.3.9, 7.3.10
Горст-антеклиза 9.2.2
Горст-антиклиналь 9.2.2, 21.3.5
Государственная геологическая карта 18.2.2, 18.2.5
Государственная геологическая съемка 18.2.5
Грабен 7.3.9, 7.3.10
Грабен-синеклиза 9.2.2
Грабен-синклиналь 9.2.2, 21.3.5
Гравитационная складка 21.2.1
Гранито-гнейсовый купол 8.2.2
Граница геологическая 1.2.
Граница коллизионная 9.1.2
Граница конвергентная 9.1.2
Граница (окраина) континента пассивная 9.2.1
Графическое моделирование 18.1
Гребень, гребневая поверхность (складки) 6.3.1
Гребневидная складка (складчатость) 6.3.2, 21.2.1, 21.3.7
Грид-матрица 11.5
Грязевой вулкан 21.3.8

Д

Дайка 8.1.4
Дайка кластическая (нептуническая) 3

Денудационное срезание слоя 2.1.3
Деформации эллипсоид 20.3
Деформация 20.3
Дешифрирование геологическое 18.4.1
Диагенетические складки 21.3.1
Диаклазы 7.1.1, 7.1.3, 22.1
Диапировая складка 21.2.1, 21.3.7
Диапир соляной 21.3.8
Диатрем 8.1.7
Дивергентная граница 9.1.2
Дизъюнктивная структура (дислокация) 7.1.1, 22.1
Динамическая структурная геология Введение
Динапопара 22.5
Дисгармоническая (гармоническая) складчатость 6.3.3
Дислокация пликативная 6.1
Длина складки 6.3.1
Днище, дно, киль складки 6.3.1
Дуплекс 21.3.4

Ж

Желоб 9.2.2
Жила 8.1.4, 8.3.1

З

Залегание регрессивное 19.1
Залегание трансгрессивное 19.1
Залив структурный 6.2.2
Заложение наклонной плоскости 10.1.5
Залегание нарушенное 20.1
Замещение слоя фациальное 2.1.3
Замок складки 6.3.1
Замыкание складки 6.3.1
Земная кора 9.1.1
Зеркало складчатости 6.3.3
Зона, подзона структурно-фациальная (структурно-формационная) 2.2.5

И

Иерархический структурный уровень 1.3
Изоклинальная складка 6.3.2

Изолиния 11.1
Изометричная складка 6.3.2
Ингрессий складка 21.3.1, 21.3.2
Ингрессия 19.1
Интрузивное несогласие 2.2.2
Интрузивное срезание слоя 2.1.3

К

Кальдера 8.1.8
Карта геологическая 12, 14, 18.2.1, 18.2.2
Карта ретроспективная 18.2.2
Карта структурная 18.2.2
Карта тектоническая 18.2.2
Картографическая генерализация 18.2.4
Кепрок (cap rock, кап-рок) 21.3.8
Килевидная складка 6.3.2.
Киль, килевая поверхность складки 6.3.1
Кинк-зона, кинкбанд 22.5
Кластическая (нептуническая) дайка 3
Кливаж 7.1.1, 7.1.3, 22.1, 22.2
Клиноформа 3.
Коллизионная граница 9.1.2
Кольцевая структура 18.4.1
Комбинированный разлом 7.3.8
Компетентные и некомпетентные слои 6.3.3, 20.4, Словарь
Конвергентная граница 9.1.2
Конседиментационная складчатость, складка 21.2.1, 21.3.1, 21.3.2
Конседиментационная структура 6.1
Континентальная структура 9.1.1
Континентальный (материковый) склон 9.3.1
Кора выветривания 2.2.4
Коробления складки 21.2.1, 21.2.2
Коробчатая (сундучная) складка 6.3.2
Краевой прогиб 9.2.4
Краевой шов 9.2.4
Кратон, платформа древняя 9.2.2
Кривая эпейрогеническая 13.2

Кровля слоя 2.1.1
Крыло складки 6.3.1
Купол 6.3.2, 9.2.2
Купол соляной 21.3.8
Куэста (квеста) 5.1, Словарь

Л

Лавовый покров 8.1.8
Лавовый поток 8.1.8
Лакколит 8.1.3
Латеральное окончание слоя 2.1.3
Лежачая (складка) 6.3.2
Лежачее крыло (разрыва) 7.1.2
Лента 2.1.4
Линеамент 7.3.10, 18.4.1, Словарь
Линейная складка 6.3.2
Линейность 8.2.1
Линза 3
Листрический сброс 7.3.9
Литослой 19.1
Литосферная плита 9.1.2
Ложное (внутриформационное) несогласие 2.2.2
Лополит 8.1.3
Лофолит 8.1.4

М

Маркирующий горизонт 2.1
Массив срединный (террейн) 9.2.5
Материалы эквивалентные 18.1
Материковый (континентальный) склон 9.3.1
Мегасинклинорий, синклинорий, 9.2.5
Меланж тектонический 8.2.3
Метеоритный кратер (астроблема) 8.2.5, 20.2
Метод аналогий 18.1
Метод моделирования 18.1
Метод сравнительно-исторический 18.1
Методы структурной геологии 18.1
Миогеосинклиналь 9.2.5

Модель часть III, словарь
Молодая платформа 9.2.2
Моноклиналь (гомоклиналь) 5.1, 9.2.2
Морфологическая структурная геология Введение
Морфоструктура 18.3.1
Мощность (толщина) слоя 2.1.2, 10.2
Муллион-структура 22.5
Мульда 6.3.2, 9.2.2

Н

Нагнетания складки 21.2.1, 21.3.7, 21.3.8
Надвиг 7.3.3, 7.3.6, 7.3.10, 22.4.2
Надвиговая чешуя 22.4.2
Надвиговый пояс, надвиговая система 22.4.2
Наземноползневые складки 21.3.1
Наклонная складка 6.3.2
Напряжения 20.3
Нарушенное залегание 20.1
Некк 8.1.7.
Ненарушенное залегание 20.1
Нептуническая (кластическая) дайка 3
Неравномерных вертикальных движений складки, (складчатость), 21.3.1, 21.3.2
Несогласие 2.2.1
Несогласие азимутальное 2.2.2
Несогласие ложное (внутриформационное) 2.2.2
Несогласие интрузивное 2.2.2
Несогласие стратиграфическое 2.2.2
Несогласие тектоническое 2.2.2
Несогласие угловое 2.2.2
Нетектонические (экзогенные) складки (складчатость) 21.3.1
Нос структурный 6.3.1
Нормальная, простая, открытая складка 6.3.2
Нуклеар 18.4.1, Словарь
Ныряющая складка 6.3.2

О

Обвалов, оползней, провалов трещины 22.3
Области возрожденной тектонической активности 9.2.8

Облекание 2.2.2, 19.1
Облекания складки 21.3.1, 21.3.3, 21.3.5, 21.3.5
Облекания структуры 21.3.1
Обрушений складки 21.3.1
Общего смятия складки (складчатость) 21.2.1, 21.3.1, 21.3.4
Океаническая структура 9.1.1
Окраина (граница) континента пассивная 9.2.1
Олистостром 20.1
Оползней, обвалов, провалов трещины 22.3
Опрокинутая (перевернутая) складка 6.3.2
Ороген эпиплатформенный 9.2.8
Осевая линия складки 6.3.1
Осевая поверхность складки 6.3.1 Островная дуга 9.3.4
Острая складка 6.3.2
Ось складки 6.3.1
Открытая (нормальная, простая) складка 6.3.2
Отдельности трещины 20.2, 22.3
Отраженные складки (складчатость) 21.3.1, 21.3.3, 21.3.5
Отрыва трещины 20.3, 22.3
Отслаивания и бокового отпора трещины 22.3

П

Падение, азимут и угол падения плоскости 10.1.5
Палеогеографическая кривая 13.2
Палеокарта 18.2.2
Палеориф, риф 3, 9.3.2
Парагенезис геологических тел 1.3
Парагенез структурный 22.5
Параклаз 7.1.1, 7.1.3, 22.1
Параллельное несогласие 2.2.2
Параллельное и угловое прилегание 2.2.2, 19.1
Параллельная складчатость (параллельные складки) 6.3.2
Парафор 7.3.7
Пассивная граница (окраина) континента 9.2.1
Пачка слоев 2.1.5.
Пенеплен 18.3.1
Первичные трещины 22.3

Перевернутая (опрокинутая) складка 6.3.2
Пережим 3
Периклиналь складки 6.3.1
Планетарная трещиноватость 22.3
Пласт 2.1
Пластовый треугольник 5.2
Платформа древняя, кратон 9.2.2
Платформа молодая 9.2.2
Платформа эпикаледонская, эпигерцинская, эпимезозойская 9.2.2
Пликативная дислокация 6.1
Плита 9.2.2
Плойчатость 6.3.3
Поверхность топографическая 11.1
Поверхностные складки (складчатость) 21.3.3
Погружения складки (складки трансгрессий) 21.3.1, 21.3.2
Подводнооползневые складки 21.3.1
Подобная складка 6.3.2
Подошва слоя 2.1.1.
Покров лавовый 8.1.8
Покров тектонический 7.3.6, 22.4.2
Полная складчатость (складки) 21.3.4
Полосчатость 8.2.1
Поперечного изгиба складки (складчатость) 21.2.1, 21.2.3
Постседиментационная структура 6.1
Постседиментационные складки (складчатость) 21.3.3
Поток лавовый 8.1.8
Пояс надвиговый, надвиговая система 22.4.2
Пояс складчатый 9.2.5
Прерывистые складки (складчатость) 21.3.3, 21.3.5
Призма аккреционная 9.3.4
Признак недр 10.1, Словарь
Прилегание параллельное и угловое 2.2.2, 19.1
Приразрывные складки (складчатость) 21.3.1, 21.3.7
Провалов, оползней, обвалов трещины 22.3
Прогиб краевой 9.2.4
Продольного изгиба складки 21.2.1, 21.2.2
Прослой 2.1.3

Простая (нормальная, открытая) складка 6.3.2
Петротектоника 8.2.1
Прототектоника 8.1.2
Протрузия 21.3.8
Пулл-апарт 22.4.2

Р

Разгрузки складки (складчатость) 21.3.1
Раздвиг 7.3.3, 7.3.4.
Разлом 7.1.1, 7.1.3, 22.1, 22.4
Разлом глубинный 7.3.3
Разлом трансформный 9.1.2
Разломы ступенчатые 7.3.9
Разрез геологический 12, 18.2.1, 18.2.7
Разрез сбалансированный 21.3.4
Разрыв 7.1.1, 22.1
Рамп 7.3.9
Расширения пород при разгрузке трещины 22.3
Регионального сдавливания складки (складчатость) 21.3.1, 21.3.3, 21.3.4
Регрессивное залегание 19.1
Рельефа ярус 18.1
Ретроспективная карта 18.2.2
Ритмичность (цикличность) слоев 2.1.5
Риф, палеориф 3, 9.3.2
Рифт 7.3.9, 9.1.2, 9.2.7
Рукав (шнурок) 3

С

Сбалансированный разрез 21.3.4
Сброс 7.3.3, 7.3.5, 22.4.1
Сброс листрический 7.3.9
Сброс синтетический (согласный) 22.4.1
Свита 2.1.5.
Сдвиг 7.3.3, 7.3.7, 7.3.10, 22.4.3
Седиментационный комплекс 19.3
Седло (седловина) структурное 6.3.3, 9.2.2
Секущие интрузивные тела 8.1.4
Секвенс-стратиграфия 19.3

Силл 8.1.3
Симметричная складка 6.3.2
Синеклиза 9.2.2
Синклиналь, синклинальная складка 6.3.2
Синклинорий, мегасинклинорий 9.2.5
Синтетический (согласный) сброс 22.4.1
Система надвиговая, надвиговый пояс, 22.4.2
Скалывания (скола) трещины 20.3, 22.3
Складка гравитационная 21.2.1
Складка гребневидная 6.3.2, 21.2.1
Складка диапировая 21.2.1, 21.3.8
Складка изоклинальная 6.3.2
Складка изометричная 6.3.2
Складка килевидная 6.3.2
Складка коробчатая (сундучная) 6.3.2
Складка линейная 6.3.2
Складка наклонная 6.3.2
Складка нормальная, простая, открытая 6.3.2
Складка ныряющая 6.3.2
Складка облекания 21.3.1, 21.3.3, 21.3.5, 21.3.5
Складка обрушений 21.3.1
Складка опрокинутая (перевернутая) 6.3.2
Складка острая 6.3.2
Складка подобная 6.3.2
Складка симметричная 6.3.2
Складка тупая 6.3.2
Стрельчатая складка 6.3.2
Складки (складчатость) альпинотипные 21.2.1
Складки (складчатость) вертикального течения 21.3.1, 21.3.3
Складки (складчатость) волочения 21.2.1
Складки (складчатость) гармоническая (дисгармоническая) 6.3.3
Складки (складчатость) германотипные 21.2.1
Складки (складчатость) глубинные 21.3.3
Складки (складчатость) глыбовые 21.2.3, 21.3.1, 21.3.5
Складки (складчатость) голоморфные 21.3.4
Складки (складчатость) горизонтального течения 21.3.1, 21.3.3, 21.3.6
Складки (складчатость) гребневидные 21.3.7

Складка диагенетическая 21.3.1
Складка диапировая 21.3.1, 21.3.8,
Складка ингрессий 21.3.1, 21.3.2
Складки конседименационные 21.2.1, 21.3.1, 21.3.2
Складки коробления 21.2.1, 21.2.2
Складки нагнетания 21.2.1, 21.3.7, 21.3.8
Складки наземноополэневые 21.3.1
Складки (складчатость) общего смятия 21.2.1, 21.3.1, 21.3.4
Складки (складчатость) отраженные 21.3.1, 21.3.3, 21.3.5
Складки (складчатость) поверхностные 21.3.3
Складки погружения (складки трансгрессий) 21.3.1, 21.3.2
Складки подводноополэневые 21.3.1
Складки (складчатость) полные 21.3.4
Складки (складчатость) поперечного изгиба 21.2.1, 21.2.3
Складки (складчатость) постседиментационные 21.3.3
Складки продольного изгиба 21.2.1, 21.2.2
Складки (складчатость) прерывистые 21.3.3, 21.3.5
Складки (складчатость) приразрывные 21.3.1, 21.3.7
Складки (складчатость) разгрузки 21.3.1
Складки (складчатость) регионального сдавливания 21.3.1, 21.3.3, 21.3.4
Складки, (складчатость), связанные с неравномерными вертикальными движениями 21.3.1, 21.3.2
Складки скольжения 21.3.1
Складки (складчатость) тектонические (эндогенные) 21.3.1
Складки (складчатость) течения 21.2.1, 21.2.4, 21.3.3
Складки трансгрессий 21.3.1, 21.3.2
Складки (складчатость) штамповые 21.2.3, 21.3.5
Складки экзогенные (нетектонические) 21.3.1
Складки (складчатость) эндогенные (тектонические) 21.3.1
Складчатость дисгармоническая (гармоническая) 6.3.3
Складчатый пояс 9.2.5
Склон 9.2.2
Скола (скалывания) трещины 20.3, 22.3
Скольжения складки 21.3.1
Сланцеватость 7.1, 8.2.1
След осевой поверхности складки 6.3.1
Слоек 2.1.4

Слоистость 2.1.4
Слой 2.1
Сместитель разрыва 7.1.2
Согласный (синтетический) сброс 22.4.1
Соляной глетчер 21.3.6
Соляной диапир 21.3.8
Соляной купол 21.3.8
Срединно-океанический хребет 9.3.1
Срединный массив (террейн) 9.2.5
Срезание слоя тектоническое 2.1.3
Стилолиты 20.2
Стратиграфическая колонка 18.2.1
Стратиграфическое несогласие 2.2.2
Стрельчатая складка 6.3.2
Структура кольцевая 18.4.1
Структура конседиментационная 6.1
Структура континентальная 9.1.1
Структура океаническая 9.1.1
Структура постседиментационная 6.1
Структура черепаховая 7.3.11
Структурная геология введение, 17.1
Структурная карта 18.2.2
Структурная терраса 9.2.2
Структурно-геоморфологический анализ 18.3.2
Структурно-фациальная (структурно-формационная) зона, подзона 2.2.5
Структурное седло (седловина) 6.3.3, 9.2.2
Структурной геологии методы 18.1
Структурный залив 6.3.2
Структурный нос 6.3.1
Структурный парагенез 22.5
Структурный (тектонический) этаж, подэтаж 2.2.5
Структурный (тектонический) ярус, подъярус 2.2.5
Структуры облекания 21.3.1
Ступенчатые разломы 7.3.9
Сундучная (коробчатая) складка 6.3.2
Сутура 7.3.3

Т

Талассократон 9.3.2
Тектоническая карта 18.2.2
Тектонические (эндогенные) складки (складчатость) 21.3.1
Тектонические трещины 22.3
Тектонический меланж 8.2.3
Тектонический покров 7.3.6, 22.4.2
Тектонический этаж, подэтаж 2.2.5
Тектонический ярус, подъярус 2.2.5
Тектоническое несогласие 2.2.2
Тектоническое срезание слоя 2.1.3
Тектонофация 22.5
Тело геологическое 1.1.
Терраса структурная 9.2.2 ,6.2.1
Террейн (срединный массив) 9.2.5
Течения складки (складчатость) 21.2.1, 21.2.4, 21.3.3
Толща (слоев) 2.1.5
Толщина (мощность) слоя 2.1.2, 10.2
Топографическая поверхность 11.1
Трансгрессивное залегание 19.1
Трансгрессий складки 21.3.1, 21.3.2
Трансформные разломы 9.1.2
Трапп Словарь, 8.1.3
Треугольник пластовый 5.2
Трещиноватость планетарная 22.3
Трещины 7.1.3, 22.1, 7.2.2
Трещины бокового отпора и отслаивания 22.3
Трещины выветривания 22.3
Трещина гипергенная 22.3
Трещины оползней, обвалов, провалов 22.3
Трещины отдельности 22.3
Трещины отрыва 20.3, 22.3
Трещины первичные 22.3
Трещины расширения пород при разгрузке 22.3
Трещины скола (скалывания) 20.3, 22.3
Трещины тектонические 22.3

Трещиноватость 7.1.1
Тупая (складка) 6.3.2

У

Угловое несогласие 2.2.2
Угловое и параллельное прилегание 2.2.2, 19.1
Угол и азимут падения плоскости 10.1.5
Угол (складки) 6.3.1

Ф

Факолит 8.3.1
Фациальное замещение слоя 2.1.2.
Фация, фациальный анализ 13.1
Флексура 6.1, 6.2
Формация, формационный анализ 13.3
Фоторисунок 18.4.1
Фототон 18.4.1
Фундамент (цоколь) платформы 9.2.2

Х

Хребет срединно-океанический 9.3.1
Хронослой 19.1
Центриклиналь (складки) 6.3.1
Цикличность (ритмичность) слоев 2.1.5
Цоколь (фундамент) платформы 9.2.2

Ч

Черепаховая структура 7.3.11
Чешуя надвиговая 22.4.2

Ш

Шарнир (складки) 6.3.1.
Шарьяж 7.3.6, 22.4.2
Шельф 9.3.1, Словарь
Ширина (складки) 6.3.1.
Шнурок (рукав) 3
Шов краевой 9.2.4
Штамповые складки (складчатость) 21.2.3, 21.3.5
Шток 8.1.4, 8.3.1

Штокверк 8.3.1

Щ

Щит 9.2.2

Э

Эвгеосинклиналь 9.2.5
Эквивалентные материалы 18.1
Экзогенные (нетектонические) складки (складчатость) 21.3.1
Эллипсоид деформации 20.3
Эндогенные (тектонические) складки (складчатость) 21.3.1
Эпейрогеническая кривая 13.2
Эпикаледонская, эпигерцинская, эпимезозойская платформа 9.2.2
Эпиплатформенный ороген 9.2.8
Этаж, подэтаж структурный (тектонический) 2.2.5

Я

Ядро (складки) 6.3.1
Ярус, подъярус структурный (тектонический) 2.2.5
Ярус рельефа 18.1, 18.3