

УДК 551.8;504.54(234.918)

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЙ РЕЛЬЕФА ПРИМОРСКОГО ОРОГЕНА

© 2016 г. С. А. Несмеянов, О. А. Воейкова, А. А. Мурый

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук,
Уланский пер., д. 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия. E-mail: voa49@mail.ru*

Поступила в редакцию 14.05.2015 г.

В статье приведены результаты разработки методики среднемасштабных количественных палеорекопункций горного рельефа. Эта методика рассмотрена на примере детально изученной приморской части Большого Кавказа (долина р. Мзымты). Среднемасштабные количественные палеорекопункции опираются на детальное возрастное расчленение рельефа и учет изменения уклонов речных палеодолин. Методика включает трассировку береговых линий разновозрастных палеоморей, оконтуривание днищ палеодолин, расчет их уклонов и учет относительных превышений возвышенностей над ними.

Возрастное расчленение рельефа предусматривает выделение и корреляцию разновозрастных эрозийных палеоврезов. Оконтуривание днищ палеоврезов производится по перегибам между крутой и пологой частями. При различии современной высоты таких перегибов на противоположных бортах долины ее перекоп считается более поздним, а их исходная высота принимается равной расчетной высоте медианной линии главной долины.

На развитие горной части долины существенно влияют четыре фактора: фоновый – орогенический; региональный – палеоорографический, отражающий изменения орографического плана; локальные: гидрологический – изменение водообильности, и структурный – активизация смещений по разрывам, пересекающим долину, с воздыманием крыла, встречного к направлению течения.

Разработана методика применения соответствующих ГИС-технологий, предусматривающих создание сетей водораздельных геоморфологических профилей и графическое их построение, бассейновый анализ водотоков, расчет уклонов рек и построение их продольных профилей, вычисление необходимых морфометрических характеристик рельефа. Применение предложенного комплекса методов определяет возможность построения достаточно надежных и детальных среднемасштабных реконструкций горного рельефа в виде различных палеогеоморфологических карт.

Ключевые слова: *среднемасштабные количественные палеорекопункции, горный рельеф, приморский ороген, геоморфологические уровни, этапы рельефообразования, возрастное расчленение рельефа.*

ВВЕДЕНИЕ

Детальные реконструкции палеорельефа – важная часть палеогеоэкологии, которая актуальна для инженерной геологии, палеогеографии, археологии и других наук. Такие реконструкции используются, например, для анализа истории возникновения опасных геологических процессов, в том числе для оценки возраста активизации процесса оползнеобразования, для реконструкции условий обитания древнего человека и т.п.

Особенно важны реконструкции рельефа с количественной характеристикой палеовысот. Опыт мелкомасштабных реконструкций (порядка 1:1 000 000) с построением количественно

оцененных относительных (над уровнем основных рек) и абсолютных высот палеорельефа был предложен для внутриконтинентальных областей Средней Азии [18, 19] и использован для Западного Кавказа [22]. Однако методика сколько-нибудь детальных подобных реконструкций не разработана. Между тем, даже среднемасштабные реконструкции (порядка 1:200 000) нуждаются в уточнении методики применительно к различным ситуациям.

Методику подобных реконструкций целесообразно рассмотреть для детально изученной части горной области у моря, связанного с Мировым океаном. Этим критериям отвечает прилегающий к Черному морю Западный Кавказ, для ко-

того можно принять практически постоянным (в пределах первого десятка метров) уровень трансгрессивных максимумов, по крайней мере, для четвертичного периода [28]. При таком допущении возможно использование реконструкций, опирающихся на расчет палеоуклонов днищ речных долин, начиная от морского побережья. Для этого вполне пригодна детально изученная долина р. Мзымты с расположенными в ее горной части крупными строительными объектами [3, 16, 23, 26].

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ОПОРНОГО ОБЪЕКТА

Состояние изученности рассматриваемого опорного объекта характеризуют следующие основные позиции.

1. Достигнута значительная детальность неотектонического районирования, которая зависит от густоты сети геоморфологических профилей, с информацией о возрастном расчленении рельефа. На рассматриваемой территории реализованы два масштабных уровня неотектонического районирования, позволивших выявить не только различное количество разрывных нарушений, разделяющих блоковые структуры, но и обнаружить их различные типы. На первом этапе (1985 г.) проведено районирование масштаба 1:200 000, охватившее весь Западный и часть Центрального Кавказа. Откартированы в основном сбросы и в меньшем количестве надвиги. Последние относятся преимущественно к надвигам козырькового типа [22, 29]. На втором этапе (1991 г.) проведено картирование в масштабе 1:50 000 для территории, охватившей весь бассейн р. Мзымты с прилегающими территориями. При этом не только детализирована схема распространения надвигов и сбросов, но откартировано большое количество циркуобразных сбросов, которые обычно концентрируются в поднятых крыльях наиболее крупных сбросов и надвигов [21, 23]. В настоящее время исследования проводятся в более крупном масштабе [26, 27].

2. Изученность палеогеографии для кавказского кайнозоя достаточно разносторонняя [6, 12 и др.]. Спорными остаются представления некоторых исследователей, предполагавших бассейновое осадконакопление на своде Большого Кавказа в майкопское время (олигоцен – начало миоцена) [8, 9, 38–40 и др.]. В настоящее время этот материал заново переосмыслен и скоррелирован с новыми геоморфологическими и неотектоническими материалами, которые показывают, что при-

осевые части Главного Кавказского хребта стали областью денудации еще до начала новейшего этапа геологического развития [22].

3. Определился набор ряда датированных донеоплейстоценовых этапов рельефообразования. По данным многих исследователей [7, 11, 35 и др.], на Кавказе прослежены следующие допозднечеттинские (Q_1) несогласия: апшеронское (эоплейстоценовое – Q_E), куяльницкое или акчагыльское (традиционно считавшееся позднеплиоценовым – N_2^3), понтическое (позднемиоценовое – N_1^3) и сарматское (средне-позднемиоценовое – N_1^{2-3}). Чтобы не возникало разногласий, эти наименования в значительной мере условно использовались и для соответствующих этапов рельефообразования, хотя реальные возрастные интервалы этапов обычно более широкие [22, 23]. Поэтому названия этапов приводятся в кавычках. На самом деле “акчагыльский” этап соответствует по современным стратиграфическим схемам позднеплиоцен-палеоплейстоценовому возрасту ($N_2^3-Q_p$), а “понтический” – позднемиоцен-раннеплиоценовому ($N_1^3-N_2^1$).

4. Получены материалы для возрастного расчленения рельефа. Они предусматривают выделение и корреляцию образований террасового генетического комплекса, включающих древние поверхности выравнивания и более молодые, преимущественно четвертичные террасы [25]. Построены разномасштабные сети структурно-геоморфологических профилей, анализ которых позволяет выявлять особенности региональной этапности орогенеза и устанавливать морфологию новейших складчатых и блоковых структур. Сгущение сети профилей обеспечивает возможность детализации структурного районирования и палеоэкологических, особенно палеоорграфических реконструкций. Региональная сеть геолого-геоморфологических профилей (рис. 1А) была создана ранее при среднемасштабном неотектоническом районировании территории всего Северо-Западного Кавказа [22]. Привлечение более детальной топоосновы (масштабы 1:50 000 и 1:25 000) позволило построить локальную сеть геоморфологических профилей, которая состоит из 24 профилей, поперечных к оси долины Мзымты (рис. 1Б).

Для взаимной увязки этой серии профилей построен продольный корреляционный профиль, проходящий вдоль долины р. Мзымты. Первоначальный вариант профилей локальной сети опубликован [23, с. 111–135]. Сопряженность региональной и локальной сетей обеспечивалась тем, что локальные профили, связанные с главными водоразде-

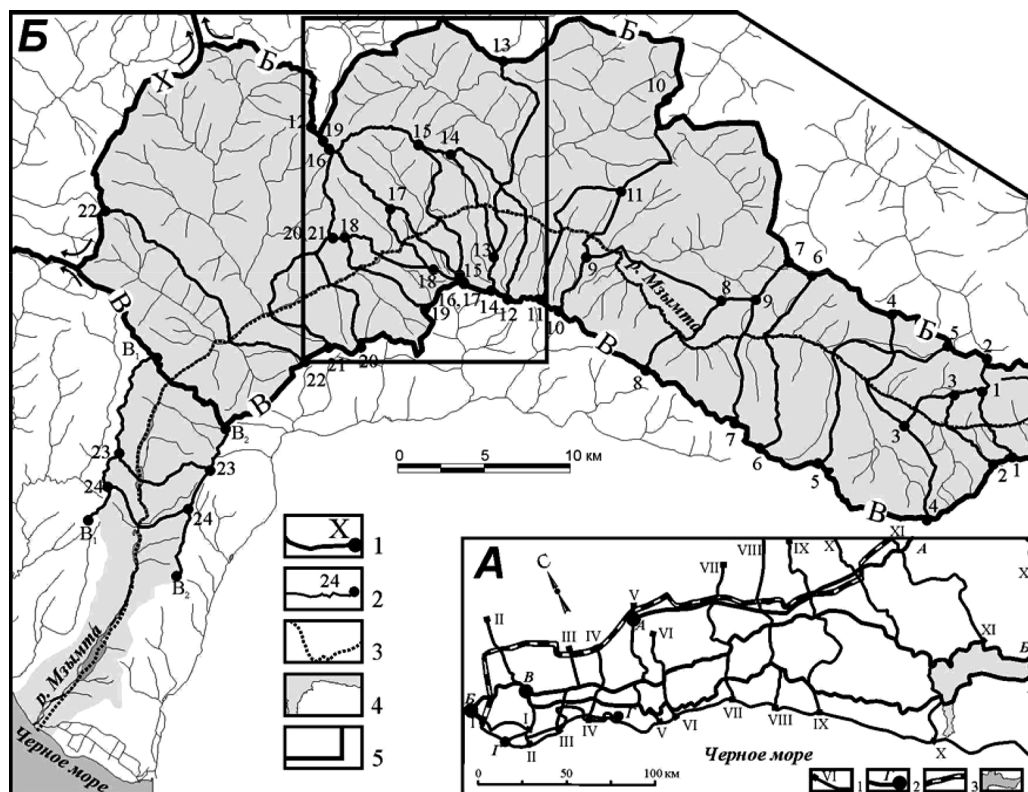


Рис. 1. Сети геоморфологических профилей. *А* – региональная сеть Западного Кавказа: 1–2 – региональные геоморфологические профили: 1 – поперечные, 2 – продольные; 3 – северная и западная границы мегасвода Большого Кавказа; 4 – территория бассейна р. Мзымты. *Б* – локальная сеть бассейна р. Мзымты: 1–3 – профили: 1 – региональной сети, 2 – локальной сети, 3 – вдоль русла р. Мзымты (корреляционный); 4 – территория бассейна р. Мзымты, 5 – граница района, показанного на рис. 2.

лами, обрамляющими бассейн реки, практически дублируются соответствующими отрезками мелкомасштабных профилей региональной сети. В дальнейшем для ряда участков эта сеть была уточнена и дополнена новыми профилями, построенными с применением ГИС-технологий [15].

5. Построены мелкомасштабные (1:1 000 000) реконструкции палеорельефа на конец ряда этапов. Реконструкции опирались на разреженную региональную сеть геолого-геоморфологических профилей и на представление о том, что относительные глубины разновозрастных эрозионных врезов прямо пропорциональны относительным величинам абсолютных поднятий. Принималось также, что суммарная амплитуда орогенических воздыманий за новейший мегаэтап равна разности между современной абсолютной высотной отметкой данной точки рельефа (обычно вершины горы) и ее палеовысотой перед началом орогенического воздымания. Реконструкция доорогенического палеорельефа может опираться на разнообразные построения, в том числе, на материалы фациального и палеофаунистического анализа, расчеты уклонов местности, отвечающие накоплению осадков в ближайшем бассейне; дальности транспортировки

осадочного материала и т.п. Абсолютная высота палеорельефа оценивалась для отдельных вершин в сотнях метров. Грубость оценок палеовысот позволяла абстрагироваться от снижения водоразделов за счет плоскостной денудации [22].

На основе этих реконструкций сделан ряд общих выводов: а) срединная зона Центрального сегмента мегасвода Большого Кавказа стала единой возвышенностью на раннеорогенной стадии ($P_3-N_1^1$); б) в осевой подзоне зоны брахисводов Западного сегмента мегасвода цепь возвышенностей появилась в “сарматском” этапе (N_1^{2-3}); в) крылья мегасвода получили орографическое выражение преимущественно в палеоплейстоцене (“акчагыльский” этап – $N_2^3-Q_p$) и в эоплейстоцене (“апшеронский” этап – Q_E).

СПЕЦИФИКА МЕТОДИКИ ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПРИМОРСКОГО ОРОГЕНА

Данная методика включает: исходные положения, основные допущения, последовательность операций по составлению палеореконструкций, использование ГИС-технологий.

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Палеорекострукции составляются в масштабе 1:200 000.

2. Детальность восстановления высот палеорельефа составляет 100 м (с таким шагом проводятся палеоизогипсы рельефа и с таким допуском определяются различные его детали, например, величина плоскостной денудации вершинных поверхностей). В подавляющем большинстве случаев анализ величин плоскостной денудации позволяет ее не учитывать, так как она меньше выбранного шага палеоизогипс. Грубость таких реконструкций позволяет не учитывать также и эффект параллельного “отступления склонов”, ибо в этом масштабе они не могут быть отражены.

3. Реконструкции палеорельефа опираются на материалы возрастного расчленения рельефа. Проведенное при составлении региональной сети геоморфологических профилей возрастное расчленение рельефа подтвердило палеогеновый возраст начала формирования водоразделов Главного Кавказского хребта и хребтов Аибга и Ацетуга в районе современного бассейна р. Мзымты.

Хребты Аибга и Ацетуга орографически более четко выражены, начиная с “сарматского” (N_1^{2-3}) этапа, а параллельная ему часть Главного хребта стала единым поднятием только на “понтическом” этапе. До этого времени орографически выраженного бассейна р. Мзымты не существовало. Кроме того, плановая и вертикальная детальность палеорекострукций в избранном масштабе не позволяет существенно дифференцировать палеорельеф для голоценовых и большинства средне-верхнеплейстоценовых этапов. Поэтому реконструкции в предлагаемом масштабе целесообразны для следующих этапов: позднемиоцен-раннеплиоценового (“понтического” – $N_1^3-N_2^1$), позднеплиоцен-палеоплейстоценового (“акчагыльского” – $N_2^3-Q_p$), эоплейстоценового (апшеронско-раннечаудинского – Q_E), раннеоплейстоценового (монастырско-позднечаудинского – Q_1).

4. Для оценки возраста рубежей основных этапов рельефообразования на Западном Кавказе привлекаются как местные, так и корреляционные материалы [22, 23, 34, 36 и др.]. Для южного скло-

Таблица 1. Абсолютный возраст и продолжительность этапов новейшего рельефообразования Западного Кавказа

Этапы	Этапы рельефообразования Западного Кавказа				Возрастные индексы	Возраст рубежей	Продолжительность этапов			
	Северный склон		Южный склон							
Новейший (орогенный) P ₃ -Q мегаэтап	Позднеорогенная (N ₁ ² -Q) стадия	Кубанский		Молдовско-Новоэксинский		Q ₄	15–20	15–20		
		Гирейский	Майкопский	Хостинский	Роцинско-Агойский	Q ₃	Q ₃ ²	60–70	100	50
			Вюшатский		Воронцовско-Шахейский			Q ₃ ¹	110–120	50
		Гулькевический	Хаджохский	Мзымтинский	Липниковско-Ашейский	Q ₂	Q ₂ ²		150–200	250 (200–300)
			Курджипиский		Голицинско-Пшадский			Q ₂ ¹	300–400	200 (150–200)
		Воздвиженский		Монастырско-Чаудинский		Q ₁	700–800		400	
		Эоплейстоценовый (“апшеронский”)					Q _E	1.8	1	
		Позднеплиоцен-палеоплейстоценовый (“акчагыльский”)					N ₂ ³ -Q _p	3.5	1.7	
		Позднемиоцен-раннеплиоценовый (“понтический”)					N ₁ ³ -N ₂ ¹	7?	3.5	
		Средне-позднемиоценовый (“сарматский”)					N ₁ ²⁻³	11.5	4.5	
	Раннеорогенная (“майкопский”) стадия					P ₃ -N ₁ ¹	28	16.5		
								тысячи лет	11.5 млн лет	
							миллионы лет	28 млн лет		

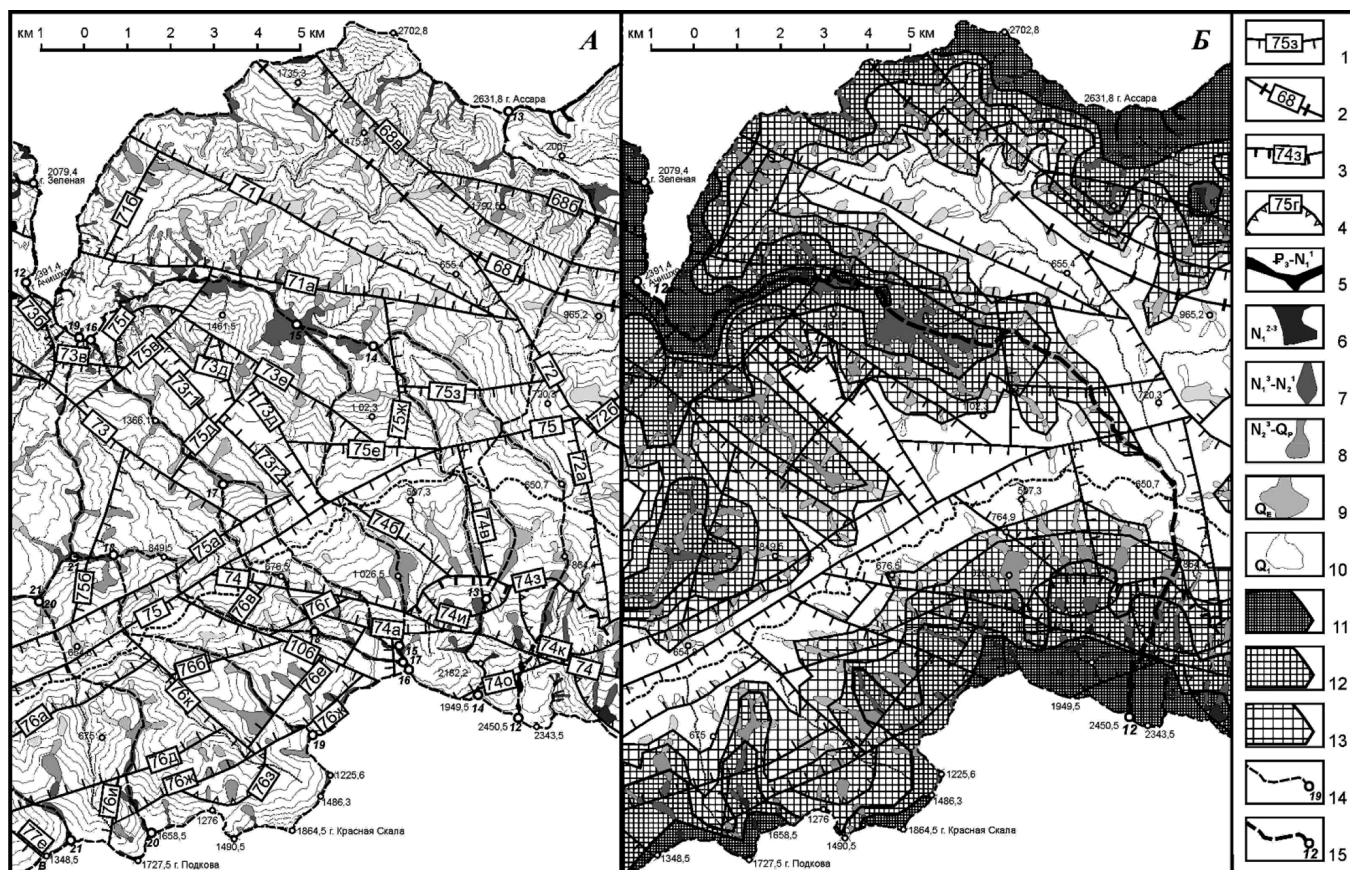


Рис. 2. Фрагменты карт: *А* – возрастного расчленения рельефа, *Б* – этапов становления поднятий в рельефе. 1–4 – разрывные структуры и их номера: 1 – сбросы, 2 – сбросо-взбросы, 3 – сбросо-надвиги, 4 – циркуобразные сбросы; 5–10 – сохранившиеся фрагменты разновозрастных террасовых уровней: 5 – позднепалеогеново-раннеэоценового, 6 – “сарматского”, 7 – “понтического”, 8 – “акчагыльского”, 9 – эоплейстоценового, 10 – “монастырско-позднечуадинского”; 11–13 – борта разновозрастных долин на конец этапов: 11 – “понтического”, 12 – “акчагыльского”, 13 – эоплейстоценового; 14 – линии геоморфологических профилей и их номера; 15 – линия профиля 12, изображенного на рис. 6.

на Западного Кавказа разработаны региональные стратиграфические схемы речного и морского террасовых рядов для неоплейстоцена [23, 28, 37].

На абсолютную датировку возрастных рубежей и оценку продолжительности этапов рельефообразования существенно повлиял неоднократный пересмотр и неоднозначность трактовки общих и региональных (например, восточноевропейских) неогеновых и четвертичных стратиграфических подразделений [5, 30, 41 и др.]. Соответственно, возраст и продолжительность этапов рельефообразования на Западном Кавказе оцениваются в настоящее время весьма приблизительно (с использованием округленных величин), а их стратиграфическая индексация и в значительной мере традиционная терминология остаются условными (табл. 1).

Тем не менее принятые оценки (особенно для продолжительности этапов рельефообразования) вряд ли могут существенно измениться в обозримое время. Во всяком случае они, по-видимому, позволяют достаточно объективно охарактери-

зовать количественные соотношения продолжительности разновозрастных этапов.

В этом аспекте очевидны кардинальные (на порядки величин) различия в продолжительности между неогеновыми и неоплейстоценовыми этапами, а также переходный характер позднелицен-палеоплейстоценового и эоплейстоценового этапов. Данное различие отражает давно известное изменение в интенсивности орогенических воздыманий евразийских горных сооружений, возросших также на порядки величин в неоплейстоцене [17, 19, 20]. Именно такое ускорение позволило повсеместно проявиться в рельефе в виде самостоятельных эрозионно-аккумулятивных циклов (и в формировании региональных террас) относительно кратковременным неоплейстоценовым и голоценовым элементам террасовых рядов.

5. Палеорекострукции составляются на конец этапов (на эпоху завершения эрозионно-аккумулятивных циклов), отвечающих максимумам трансгрессий и заполнения долин аллювием (т.е. на

момент выработки равновесия продольного профиля основной реки). Поскольку сами этапы имеют значительную продолжительность, датировка возрастных срезов таких палеорекоконструкций может отличаться от возраста несогласий, названия которых использованы и для этапов рельефообразования. Соответственно, для “понтического” этапа реконструируется раннеплиоценовый возрастной срез (с ориентировочной датировкой около 4 млн лет), для “акчагыльского” – поздний палеоплейстоценовый (около 2 млн лет), для “апшеронского” этапа – поздний эоплейстоценовый (около 1 млн лет), для монастырско-позднечаудинского этапа – поздний ранненеоплейстоценовый срез (около 0.5 млн лет).

6. Исходными вспомогательными материалами для построения палеорекоконструкций служат построенные на основании анализа морфологии современного рельефа и геоморфологических профилей для всей площади исследуемого района материалы по возрастному расчленению рельефа (фрагмент их приведен на рис. 2). На схеме возрастного расчленения рельефа (А) выделяются сохранившиеся до нашего времени фрагменты поверхностей выравнивания (террасовые уровни), а на схеме этапов становления поднятий в рельефе (Б) показано поэтапное разрастание возвышенностей и сужение днищ долин.

ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ

1. Уровень моря в максимумы трансгрессий был близок к современному его уровню (точнее, мог отличаться от него на несколько метров, в крайнем случае, на первые десятки метров, что невозможно отразить при избранном шаге палеоизогипс).

2. Абсолютная высота днищ палеодолин устанавливается расчетным путем, исходя из типовых вариантов уклонов русел (точнее, уклонов вдоль медианных линий) магистральных речных долин.

3. Перегиб в геоморфологическом профиле между склоном и днищем эрозионного вреза отвечает уровню заполнения долин аллювием.

4. При различии современных высот таких перегибов на противоположных бортах долины ее перекося считается более поздним (за счет разрывных или пликативных смещений), а их исходная высота принимается равной расчетной высоте медианной линии долины.

5. При выборе направления главной реки на широкой выровненной прибрежной поверхнос-

ти принимается, что река течет в направлении максимальных уклонов этой поверхности, т.е. по кратчайшему направлению в сторону моря.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ПАЛЕОРЕКООНСТРУКЦИЙ

Учитывая приведенные выше исходные положения и допущения, можно использовать следующую последовательность операций по составлению поэтапных реконструкций палеорельефа:

1. Трассировка береговой линии палеоморя.
2. Оконтуривание днищ палеодолин.
3. Расчет палеоуклонов днища долины палео-Мзымты и ее притоков.
4. Расчет относительных и абсолютных высот возвышенностей над днищем долин.

1. Трассировка береговой линии палеоморя. Трассировка береговых линий палеоморя на реконструируемые времена финалов соответствующих трансгрессий опирается на различные материалы. Наиболее достоверная информация имеется для четвертичных этапов, для которых известны обнажения морских террас [28]. Эти террасы довольно слабо деформированы на протяжении значительной части побережья к северо-западу от приустьевой части р. Мзымты. Поэтому можно с достаточной долей уверенности протрассировать в этом районе воронцовско-шахейскую (Q_3^1), липниковско-ашейскую (Q_2^2) и голицынско-пшадскую (Q_2^1) береговые линии (рис. 3).

Положение воронцовско-шахейской (Q_3^1) береговой линии определяется ее инструментально измеренной высотой, составляющей 25 ± 3 м в парастратотипе шахейской морской террасы, который расположен у Адлерской АЗС. Здесь в нижней 3-метровой пачке чередования гравийно-галечных и песчано-гравийных слоев присутствует фауна моллюсков средиземноморского типа с руководящими формами *Paphia senescens* (Coc.), *Cardium tuberculatum* L., *Venus verrucosa* L., *Donax trinculus* L., а по раковине *Chione gallina* L. имеется урано-иониевая дата 73 ± 3.2 тыс. лет. К востоку от устья р. Мзымты (в карьере напротив центральной усадьбы бывшего совхоза “Южные культуры”) высота береговой линии этой же террасы составляет 23 ± 5 м.

Для трассировки липниковско-ашейской (Q_2^2) береговой линии может использоваться несколько известных обнажений в пределах Адлерской

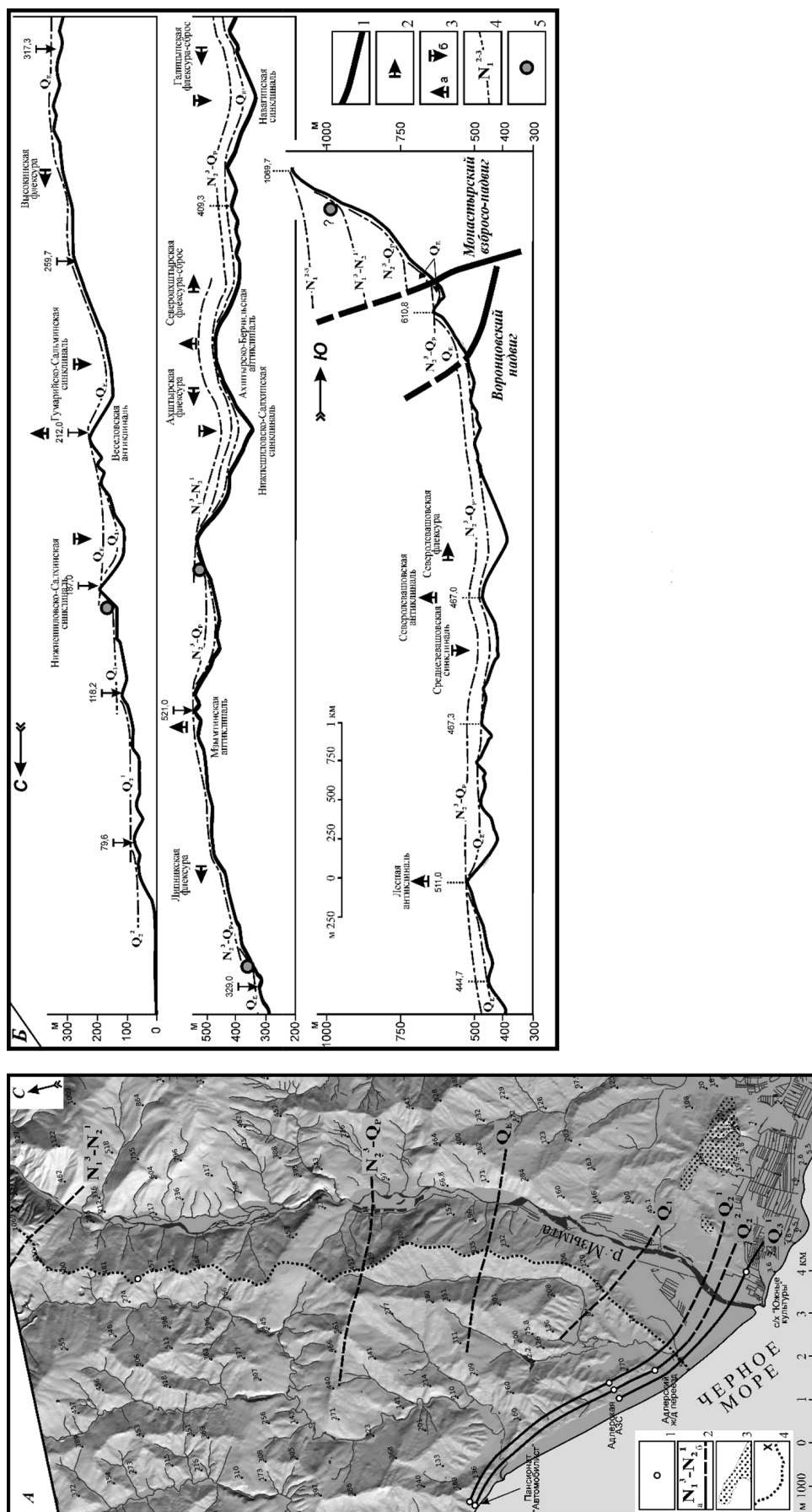


Рис. 3. Трассировка древних морских береговых линий в пределах Адлерской впадины. А – карта; 1 – опорные обнажения; 2 – трассы береговых линий; а – достоверные, б – предполагаемые; 3 – морские “понтические” отложения; 4 – линия геоморфологического профиля. Б – профили: 1 – активные разрывы, 2 – флексуры, 3 – оси складок; а – антиклинальных и б – синклинальных, 4 – геоморфологические уровни и их возрастные индексы, 5 – предполагаемые места береговых линий.

впадины. Так, на междуречье Хосты и Кудепсты у пансионата “Автомобилист” высота береговой линии позднеашейской морской террасы в 150 м от берега моря оценивается в 45 ± 5 м, а раннеашейской террасы, расположенной там же в 200 м от берега, – 55 ± 5 м. В 1.2 км от берега моря у Адлерской АЗС высота береговой линии раннеашейской террасы также 55 ± 5 м, а позднеашейской (1 км от берега моря близ Адлерского железнодорожного переезда) – 45 ± 5 м.

Для оценки высоты голицынского-пшадской (Q_2^1) береговой линии можно использовать два обнажения. Высота этой линии для позднепшадской морской террасы в 350 м от берега моря у пансионата “Автомобилист” – 80 ± 5 м, а у раннепшадской (1.3 км от берега моря близ Адлерской АЗС) – около 87 ± 5 м. Соответствующие этим террасам береговые линии протрассированы на схеме (см. рис. 3) с учетом указанного их высотного положения.

Для четырех более древних уровней положение древних береговых линий оценивается с меньшей точностью, поскольку опирается на картирование останцов соответствующих денудационных поверхностей. Четкие критерии положения границы смены морских фаций аллювиальными найти трудно. Можно лишь полагать, что, как и у позднеплейстоценовых морских террас, береговая линия располагалась у ближайшего к морю тылового шва соответствующего геоморфологического уровня.

Для определения положения этих береговых линий построен геоморфологический профиль, проложенный по правобережью р. Мзымты через всю Адлерскую впадину, т.е. от южного края горного сооружения до современного берега моря. На профиле видно, что береговая линия монастырско-позднечаудинского этапа (Q_1) располагается на уровне около 120 м (непосредственно к югу от отметки 187.0). Данная оценка выглядит вполне корректной, поскольку примерно на такой высоте (123 ± 5 м) эта линия трассируется и в Сочинском страторайоне (ул. Альпийская к югу от смотровой башни) [28].

Более древние геоморфологические уровни обычно испытывают тектонические деформации. Поэтому в их трассировке положение древних береговых линий определяется с меньшей надежностью. Так, береговая линия эоплейстоценового этапа трассируется на южном склоне Мзымтинской антиклинали на высоте около 330 м. Береговая линия акчагальского моря находится на северном склоне той же антиклинали на высотах

порядка 500 м, следовательно, обе эти пространственно сближенные, но существенно разновысотные береговые линии располагались в центральной части Адлерской впадины. Соответствующие им геоморфологические уровни (значительно деформированные тектонически) рассматриваются в качестве речных, аллювиальных, и прослеживаются здесь практически до северного края Адлерской впадины. Береговая линия понтического моря фиксируется (на высотах порядка 1000 м) уже практически на фронте горного сооружения, поднятого над Адлерской впадиной по крупнейшим активным разрывным нарушениям Воронцовской шовной зоны.

Следует отметить, что на юго-востоке Адлерской впадины и непосредственно к северу от Имеретинской низменности на междуречье Мзымты и Псоу выделяется тектонически слабо дислоцированная гравийно-галечная толща понтического яруса (N_{1-2gg}) мощностью до 110 м [1, 10]. Эта толща залегает трансгрессивно на отложениях миоценовой перервинской свиты. В ее разрезе преобладают гравийно-галечниковые конгломераты с редкими валунами и прослоями глин. Отложения содержат понтические моллюски: *Dreissenia anisoconeha* Andrus., *D. rostriformis* Dash., *Didacna incerta* Dash., *Pontoniella acuminata* Zal. и др. [10, с. 29]. Эти образования, накапливающиеся во впадине на шельфе, можно рассматривать в качестве подводной части дельты палео-Мзымты.

2. Оконтуривание днищ палеодолин. Возрастное расчленение горного рельефа предусматривает выделение и пространственную корреляцию разновозрастных эрозионных палеоврезов, т.е. комплексное оконтуривание генеральной палеодолины и ее палеопритоков (см. рис. 2). Выделение днищ палеоврезов (генеральная и боковые палеодолины для каждого этапа) производится по перегибам в палеоврезе между его крутой “бортовой” (или “склоновой”) частью и пологой, относящейся к “днищу”. Вся слабо изогнутая часть такого эрозионного “днища” на момент палеорекострукции (конец эрозионно-аккумулятивного цикла) оказывается перекрытой аллювием, кровля которого служит морфологическим “днищем” долины на конец этапа. При наличии покровных отложений, перекрывающих аллювий, кровля аккумулятивных накоплений на конец каждого этапа трассируется по границе между террасовыми и покровными отложениями.

При отсутствии более поздних деформаций поверхность аккумулятивных накоплений считается практически горизонтальной, как это имеет место на поймах современных рек. И расчет реконстру-

ируемых высот дна дна ведется для осевой линии долины, которую предлагается именовать **медианной линией** (рис. 4).

При тектоническом перекосе долины (рис. 5) считается, что тыловые перегибы в основании палеоврезов на момент их формирования были одновысотны не только между собой, но и с медианной линией. Наличие таких перекосов с учетом разрывных деформаций иллюстрируется на примере профиля 12 локальной сети (рис. 6).

Анализ конфигурации палеовреза на схеме, построенной для каждого этапа, обычно позволяет выделить собственно генеральную долину палеореки и долины ее боковых притоков. Сравнение разновозрастных схем обычно показывает определенную трансформацию главной долины (рис. 7), которая может выражаться как в традиционном сужении и углублении долины, так и в ее последовательном удлинении.

3. Учет палеоуклонов дна долины палео-Мзымты и ее притоков. Определение абсолютных (по отношению к уровню палеоморя) высотных отметок дна долины палео-Мзымты опирается на анализ уклонов русел основных современных рек. Различные уклоны наблюдаются в тектонических структурах, отличающихся по степени выдымания. Выделяются два основных района с различным подходом к определению палеоуклонов дна долин: 1) равнинный, отвечаю-

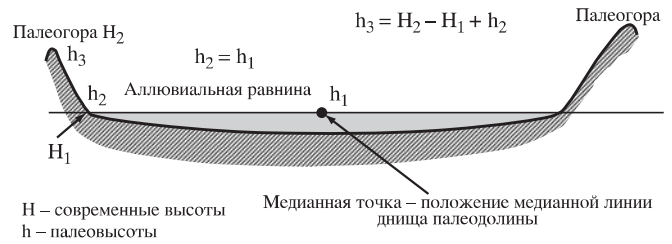


Рис. 4. Схема выявления границ палеодолин и относительных высот палеоподнятий в горной зоне.

щий Адлерской впадине; и 2) горный, входящий в орогенический мегасвод Большого Кавказа.

В пределах Адлерской впадины (к югу от подножья гряды Ахцу) средний уклон по долине составляет 0.006 (на расстоянии примерно 22 км превышение составляет 140 м). Общий уклон в пределах горной области (за исключением тыловой горной лестницы при проложении около 64 км и превышении 1700 м) составляет 0.027. В горной части долины р. Мзымты наблюдается ряд небольших перегибов, разделенных более пологими участками, которые при палеореконструкциях в данном масштабе не учитываются.

По Л.Б. Рухину [32, с. 150], “уклон современных равнинных рек в большинстве случаев меняется от 0.004 до 0.00004 (это соответствует падению от 40 до 4 см на 1 км), а иногда уменьшается до 0.000001 (т.е. всего 1 мм на 1 км). Горные же реки чаще всего обладают уклоном от 0.001 до 0.01 (т.е. 1-10 м на 1 км). Ближе к осевой части

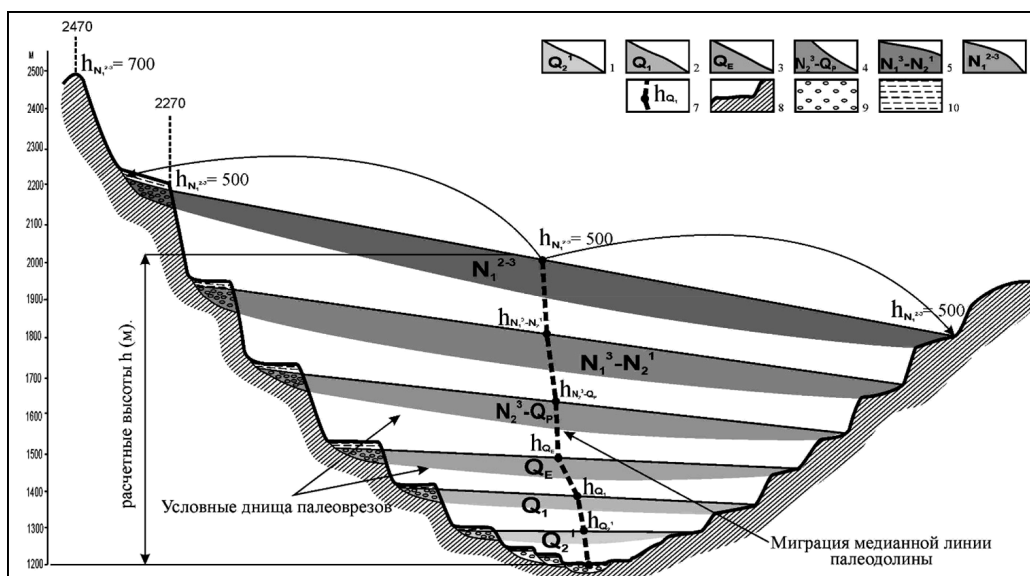


Рис. 5. Принципиальная схема реконструкций дна палеодолин для последовательных этапов рельефообразования при прогрессирующем тектоническом перекосе долины: 1–6 – аллювиальные отложения палеодолины на конец этапа рельефообразования: 1 – голицынского-пшадского, 2 – монастырско-позднечаудинского, 3 – эоплейстоценового, 4 – “акчагыльского”, 5 – “понтического”, 6 – сарматского; 7 – положение медианной линии на конец этапа и ее расчетная высота; 8 – цоколь террасы; 9 – аллювиальные отложения; 10 – покровные отложения.

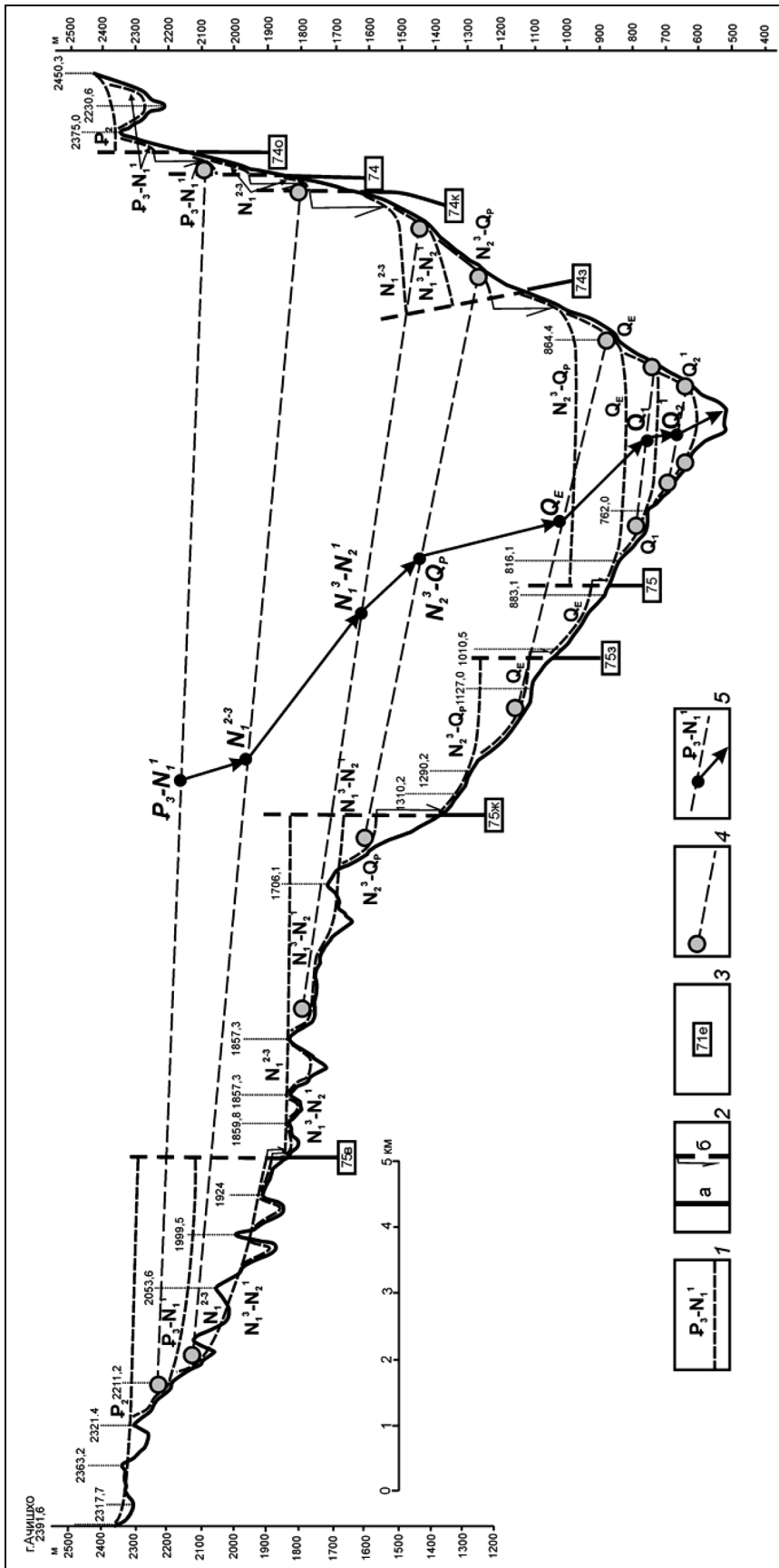


Рис. 6. Геоморфологический профиль по линии 12 (см. рис. 2): 1 – возрастные индексы геоморфологических уровней; 2 – новейшие разрывы; а – собственно разрыв, б – предполагаемая трассировка его эродированной части (стрелками показаны амплитуды вертикального смещения геоморфологических уровней); 3 – индексы осевых новейших разрывов; 4 – точки основания бортов долин и трассировка поверхности аккумулятивной равнины на конец эрозионно-аккумулятивного цикла, 5 – направление поэтапного смещения медианной линии дна долин.

современных высокогорных хребтов, где накапливаются валунные отложения, уклоны возрастают до 0.08 и даже до 0.1 (т.е. 80–100 м на 1 км)". Следовательно, выявленные уклоны русла р. Мзымты обычны для горных рек, а потому последующие построения применимы и для других регионов. Для определения степени изменчивости разновозрастных палеоуклонов в равнинной части долины р. Мзымты важно проанализировать изменение крупности ее аллювия.

Изменение средней крупности современного аллювия в долине р. Мзымты изучали Е.И. Сахарова и Н.В. Лебедева [33]. В общем виде их выводы сводятся к следующему: "Русловой аллювий р. Мзымты везде представлен валунами, галькой и гравийно-песчаным материалом с небольшой примесью ила", и только в 3 км от берега моря "начинается последовательное убывание среднего диаметра галечно-валунного материала по направлению к устью" [33, с. 25].

Как было показано выше, понтические отложения, отлагавшиеся, по-видимому, во впадине на подводной части дельты палео-Мзымты, представлены гравийно-галечниковыми конгломератами с редкими валунами и прослоями глин, т.е. отложениями, аналогичными описываемым в равнинном отрезке долины современной Мзымты.

Поэтому для всех разновозрастных палеорекоконструкций в равнинной области допустимо сохранить единый генерализованный (без учета меандрирования и локальных изгибов русла) уклон – 0.006, отвечающий современному.

Для определения палеовысоты днища реки у фронта горной части долины (табл. 2) достаточно умножить принятый единый уклон (0.006) на расстояние от данной точки до береговой линии соответствующего этапа (см. рис. 3).

Строение горной части долины р. Мзымты существенно сложнее по сравнению с равнинной. Здесь можно выделить ее основной – *разработанный элемент* со стабильным террасовым ря-

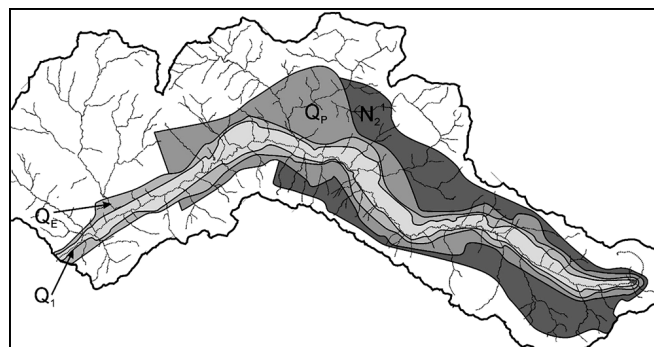


Рис. 7. Схема соотношения разновозрастных горных долин палео-Мзымты.

дом, сохраняющемся на участке от юго-западного края Ахцуйского ущелья до оз. Кардывач, и тыловой элемент с "законсервированным" террасовым рядом (выше оз. Кардывач), где современное русло последовательно переходит с древних террасовых уровней на все более молодые.

В разработанном элементе горной части долины, в первом приближении, различаются по уклонам "нижний", пологий его фрагмент (с уклоном 0.016), и "верхний" – крутой (0.036). Граница между ними располагается в районе устья р. Пслух (рис. 8).

Верхний тыловой элемент горной части долины характеризуется более значительными уклонами (до 0.1–0.2), которые сопоставимы с уклонами бортов данной долины.

Следует отметить, что в пределах указанных выше основных фрагментов разработанной части горной долины могут выделяться более мелкие, локальные участки с несколько различающимися уклонами. Так, в основании горной части долины Мзымты, у ее границы с равнинной частью расположено Ахцуйское ущелье – самый узкий и глубокооврезанный ее участок, где на протяжении 3.5 км уклон русла составляет 0.011. Выше (между устьем р. Кепши и южным краем пос. Красная Поляна) уклон становится более крутым – 0.017, далее почти до устья руч. Сулимовский он вновь несколько выполаживается до 0.013. Сходная картина некоторого изменения уклонов русла наблюдается и выше по долине р. Мзымты. Некоторые из этих перегибов могут учитываться при интерпретации различных факторов, влиявших на развитие долины.

На развитие горной части долины существенно влияют четыре фактора.

1. *Орогенический фактор* (фоновый). Его наиболее ярко выраженный эффект – ускорение

Таблица 2. Абсолютные высоты палеоуровней днищ главной долины у подножия массива Ахцуй

Этапы	Расстояние от береговой линии, км	Абс. высота, м
$N_1^3-N_2^1$	0	0
$N_2^3-Q_P$	9	54
Q_E	13	78
Q_1	17	102

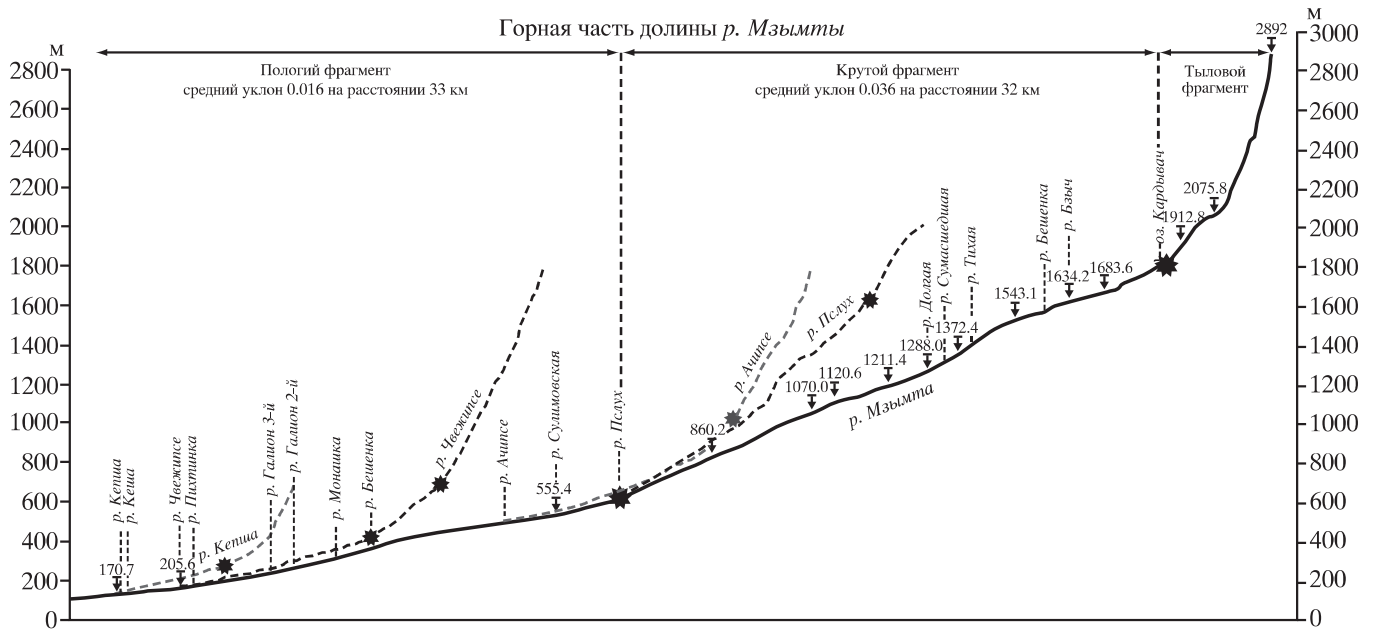


Рис. 8. Продольный профиль горной части р. Мзымты и ее основных правых притоков. Звездочками отмечены места смены основных уклонов русел.

орогенеза в начале четвертичного периода (свойственное практически всем горным областям по крайней мере с неоплейстоцена [4, 19, 20, 24 и др.]), которое значительно увеличивает эрозионную способность реки при формировании современной долины, что неизбежно должно было отразиться в существенном изменении уклонов продольного профиля реки на границе неогенового и четвертичного периодов.

Для всех этапов неоплейстоцена можно сохранить значения средних современных уклонов, отмеченных выше как для пологого, так и для крутого фрагментов разработанного элемента горной части. Но границы для разных временных этапов существенно менялись, постепенно смещаясь вниз по течению и постепенно приближаясь к современным.

Для неогена, палеоплейстоцена и, по-видимому, эоплейстоцена можно допустить, что приращение уклонов для разных фрагментов горной части принимается возрастающим на половину его современного приращения (в соответствии со схемой, отраженной на рис. 9) и рассчитывается по формулам:

$$y_2N = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{2}, \quad y_3N = y_2 + \frac{y_3 - y_2}{2},$$

где y_1 – осредненные уклоны долины четвертичного возраста для предгорной части, а y_2 и y_3 – соответственно для пологого и крутого фрагментов

горной части; y_2N – осредненные уклоны долины донеоплейстоценового возраста для пологого и y_3N – для крутого фрагментов долины.

С учетом приведенных выше величин средних уклонов для пологого и крутого фрагментов основного разработанного элемента современной горной части долины Мзымты, предлагаемые схемы расчета определяют величины донеоплейстоценовых палеоуклонов для упомянутых фрагментов, равными соответственно 0.011 и 0.026 (табл. 3).

2. *Палеоорографический фактор* (региональный), отражающий изменения орографического плана (изменение размера долин и проявления поперечных поднятий). Орографический план анализируется по материалам возрастного расчленения рельефа. При этом необходимо отметить важность выделения поднятий, поперечных к простиранию воздымания орогенического мегасвода, которые обычно становятся рубежами смены типов рельефа с различными уклонами палеорусел. Так, в районе меридиана сближения современных долин Мзымты и Пслушонка рост поднятия определил положение устья долины “понтического” этапа пра-Мзымты, а поднятие в районе рек Монашка и Галион 3-й – долины “акчагыльского” этапа. Для более молодых этапов становления рельефа решающую роль для определения границы предгорной области и собственно долины Мзымты играет поднятие хр. Ахцу (см. табл. 3).

Таблица 3. Распределение уклонов разновозрастных палеорусел пра-Мзымты

Участки по долине р. Мзымты	хр. Ахцу	рр. Монашка–Галион 3-й	р. Пслух	Меридиан сближения рр. Мзымты и Пслухонка	р. Тихая	р. Бзыч	оз. Кардывач
Возрастные срезы							
N_2^1	0.006			0.011			
Q_P	0.006	0.011			0.026		
Q_E	0.006	0.016			0.036		
Q_1	0.006	0.016			0.036		
Современность	0.006	0.016	0.036				

3. *Гидрологический фактор* (локальный). Зоны повышения водообильности, как правило, связаны с участками расширения палеодолин и некоторым уменьшением уклонов. Этот фактор сказался на этапах Q_E и Q_1 . На этапе Q_E в самых маловодных верховьях долины Мзымты проявляются относительно крутые уклоны. Они прекращаются при слиянии Мзымты с практически равным по водности первым притоком – р. Бзыч. На этапе Q_1 эта граница смещается ниже по течению к месту впадения в Мзымту рек Долгая и Тихая. Здесь ее водообильность, естественно, сильно увеличивается. Напомним, что следующий рубеж, обусловленный увеличением водообильности, связан с впадением в Мзымту р. Пслух и сохраняется до настоящего времени.

4. *Структурный фактор* (локальный). Смещения по разрывам, пересекающим долину, с воздыманием крыла, встречного к направлению те-

чения, наиболее ярко видны на участке долины р. Мзымты у южного края пос. Красная Поляна. Здесь долина пересекается Чхалтинским региональным сбросом (№ 74), который обусловил переуглубленный характер и расширение долины в районе поселка. Выше по течению смещение по локальным Восточнокраснополянскому (№ 74б) и Западноэстосадокскому (№ 74в) поперечным сбросам привело к расширению долины в районе пос. Эстосадок. Сходная ситуация наблюдается ниже по долине в месте ее пересечения Кешским (№ 111) сбросом. Влияние этого фактора проявилось, по-видимому, преимущественно во второй половине неоплейстоцена. Во всяком случае переуглубление долины Мзымты у пос. Красная Поляна зафиксировано для верхнего неоплейстоцена.

Влияние всех четырех упомянутых факторов (орогенических поднятий, палеогеографического,

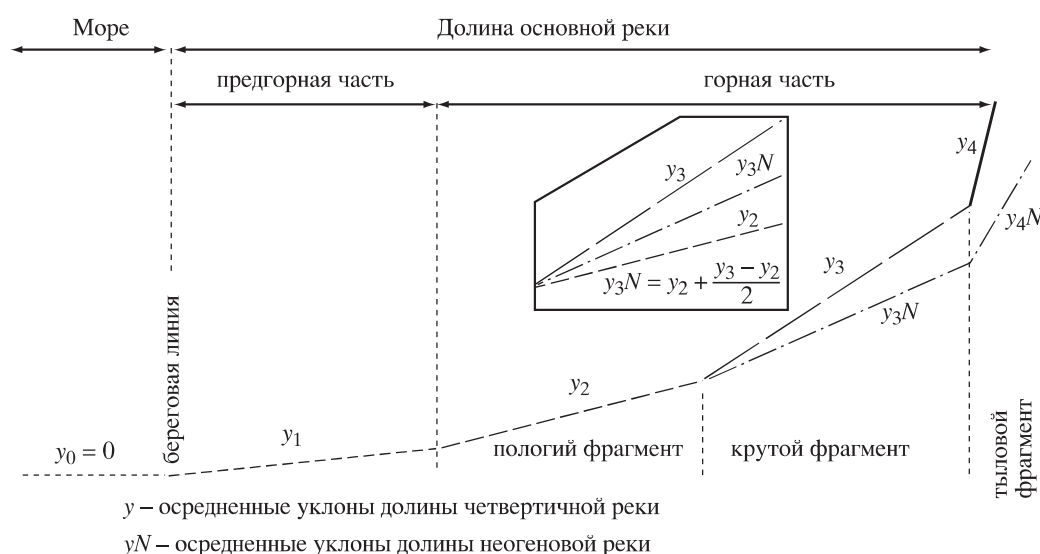


Рис. 9. Принципиальная схема долины реки по величине уклонов ее основных фрагментов. На врезке показана схема расчета уклонов русла неогеновой реки исходя из современных уклонов (для крутого фрагмента горной части).

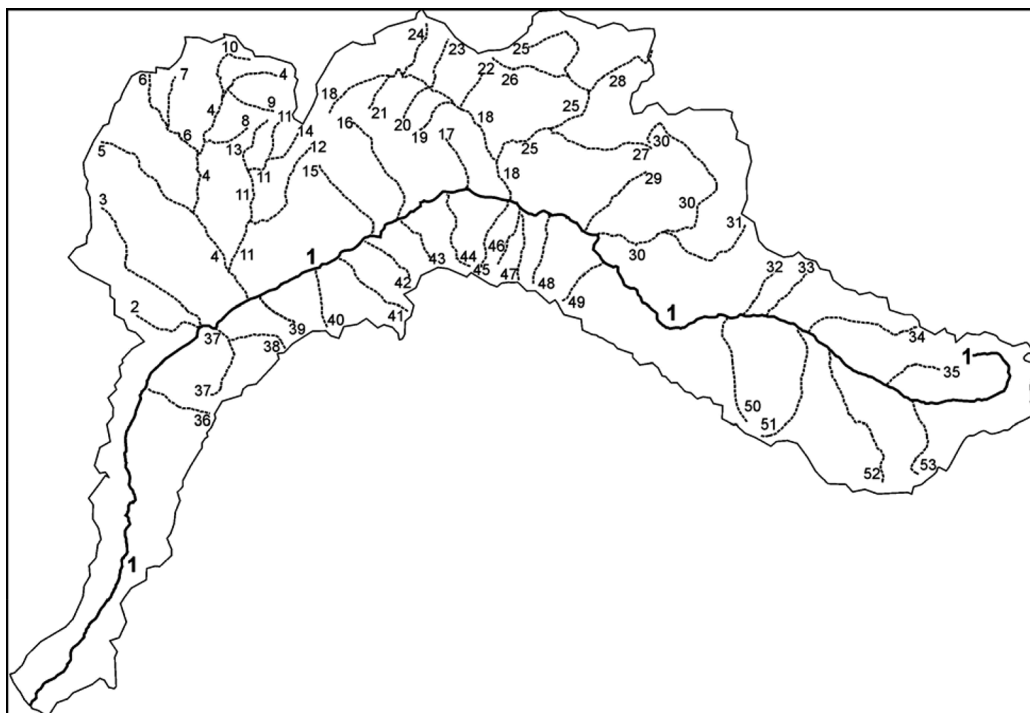


Рис. 10. Схема основных водотоков бассейна р. Мзымты. Номера и основные характеристики водотоков см. табл. 4.

изменения водообильности и подпруживающего разрывного смещения) на изменение уклона долины Мзымты было комплексным. В результате анализа этих факторов составлена схема расположения мест смены уклонов днища магистральной долины и предгорных равнин для каждого временного среза (см. табл. 3).

На территории бассейна р. Мзымты выделены 52 крупных (длиной более 3 км) водотока (рис. 10). Следует отметить, что крупнейшие притоки р. Мзымты (правые) стекают с Главного Кавказского хребта или его южных отрогов (реки Кепша, Чвежипсе, Ачипсе, Пслух). Среди левых притоков, стекающих с хр. Аибга, наиболее значительные (реки Бзыч, Тихая и Долгая) принадлежат верховью р. Мзымты.

Для всех рек региона характерны те же, что и для Мзымты, факторы изменения уклонов: фоновый, региональный и локальные. В настоящее время большинство притоков Мзымты имеют до трех типов уклонов – относительно пологий, крутой и тыловой (с индивидуальными значениями для каждой реки). Крупные притоки, впадающие в низовьях, как правило, имеют все три типа уклонов (табл. 4). Для крупных левых притоков наблюдается только два типа, поскольку практически везде отсутствует пологий уклон. Только реки Тихая и Бзыч имеют пологий уклон (так

как в районе их устьев у Мзымты уклон крутой – 0.036).

В общем, можно полагать, что закономерности развития притоков сходны с закономерностями, известными для р. Мзымты. Для расчета палеоуклонов боковых притоков Мзымты необходимо учитывать: распределение их современных уклонов, а также уклон главной долины в районе устья притока и наличие притоков более высоких порядков. Тыловой уклон боковых притоков, как правило, начинается выше бортов палеодолин. Следовательно, можно судить только о смене пологого и крутого уклонов (табл. 5).

4. Расчет относительных и абсолютных высот возвышенностей над днищем долин. Относительная высота возвышенностей над бортом палеодолины определяется непосредственно по карте возрастного расчленения рельефа или на геоморфологическом профиле как превышение вершины возвышенности над перегибом соответствующего палеовреза (см. рис. 4). Учитывая большой шаг палеоизогипс (100 м), можно реконструировать морфологию рельефа палеовозвышенности без учета явлений “отступления” склонов и плоскостной денудации на вершине. Эта реконструкция осуществляется путем “огибания” палеоизогипсами склонов возвышенности без учета локальных современных неровностей

Таблица 4. Уклоны основных водотоков бассейна р. Мзымты

Номера на рис. 10	Название	Уклоны в фрагментах горной части долины			Длина, км	Площадь водосбора, км ²
		пологий	крутой	тыловой		
1	Мзымта	0.016	0.036	0.2	89	896
2	Ахцу			0.14	4.8	7.1
3	Кепша	0.03		0.16	11.4	39.1
4	Чвижепсе	0.02	0.05	0.20	20.5	141.2
5	Бирючка		0.08	0.25	7.3	23.8
6	Черная			0.12	6.7	20.7
7				0.25	3.6	7.7
8				0.25	3.4	3.3
9				0.34	3.8	2.3
10				0.14	4.6	11.1
11	Медовеевка	0.04	0.12	0.35	11.3	38.1
12	Краснополянка		0.15	0.36	7.8	13.3
13				0.24	4.5	4.2
14					3.2	3.6
15	Монашка			0.15	6.2	12.9
16	Бешенка (нижняя)				7.8	20.0
17					4.2	3.6
18	Ачипсе	0.03	0.05	0.18	17.6	140.8
19					4.1	3.4
20				0.30	3.6	3.1
21				0.29	2.8	2.6
22	Ассара			0.29	4.1	6.1
23				0.35	4.6	7.9
24	Туровая			0.33	4.2	7.9
25	Лаура	0.03	0.15		15.4	61.0
26				0.24	5.3	6.8
27	Бзерпия			0.21	7.2	13.0
28				0.21	5.9	15.0
29				0.23	6.3	10.9
30	Пслух		0.07	0.14	16.3	66.4
31	Пслушонок		0.14	0.31	7.1	13.9
32				0.25	4.1	6.2
33				0.28	4.4	7.6
34	Сумасшедшая			0.17	7.7	11.8
35	Бешенка (верхняя)			0.16	3.8	9.4
36	Глубокий Яр			0.15	4.6	7.7
37	Кеша		0.04	0.16	5.7	15.8
38	прит Кеши			0.19	3.9	3.3
39				0.25	4.4	5.5
40	Галион 3-й			0.25	4.5	6.2
41	Галион 2-й			0.17	5.8	14.6
42	Галион 1-й			0.22	5.0	7.0

Таблица 4 (окончание)

Номера на рис. 10	Название	Уклоны в фрагментах горной части долины			Длина, км	Площадь водосбора, км ²
		пологий	крутой	тыловой		
43				0.34	4.2	3.0
44				0.23	5.1	5.7
45				0.28	5.6	5.8
46	Ржаная			0.33	4.5	6.6
47				0.30	4.5	3.7
48				0.29	5.1	7.6
49				0.32	4.1	5.3
50				0.15	6.8	12.2
51	Долгая			0.11	8.2	17.9
52	Тихая	0.03		0.19	10.0	33.8
53	Бзыч	0.05			5.3	14.2

Таблица 5. Палеоуклоны основных рек бассейна р. Мзымты

Номера на рис. 10	Порядок	Название	Средние современные уклоны	Уклоны в фрагментах горной части долины						
				N ₂ ¹	Q _P		Q _E		Q ₁	
					пологий	крутой	пологий	крутой	пологий	крутой
3	2	Кепша	0.016				0.015		0.02	
4	2	Чвижепсе			0.011		0.011	0.015	0.016	0.02
5	3	Бирючка					0.015		0.02	
6	3	Черная			0.011		0.015		0.02	
11	3	Медовеевка					0.015		0.02	
12	4	Краснополянка					0.015		0.02	
15	2	Монашка					0.015		0.02	
16	2	Бешенка (нижняя)					0.015		0.02	
18	2	Ачипсе			0.011		0.015		0.02	
25	3	Лаура			0.011	0.011	0.015	0.015	0.02	0.036
27	4	Бзерпия	0.036				0.015		0.05	
28	4			0.011	0.015		0.02		0.05	
29	2						0.015		0.02	
30	2	Пслух		0.011	0.011	0.015	0.015	0.02	0.02	0.036
31	3	Пслушонок					0.02		0.05	
34	2	Сумасшедшая					0.015			
35	2	Бешенка (верхняя)				0.015		0.05		
37	2	Кеша	0.016				0.015		0.02	
40	2	Галион 3-й					0.015		0.036	
41	2	Галион 2-й			0.011		0.015		0.036	
51	2	Долгая	0.036	0.011	0.011		0.015		0.036	
52	2	Тихая			0.011		0.015		0.036	
53	2	Бзыч			0.011		0.015			

ее рельефа. Абсолютная отметка вершины (h_3 на рис. 4) определяется путем сложения оцененной по уклонам палеовысоты днища долины и относительной высоты палеовозвышенности над этим днищем.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ

В работах [2, 13–16] оценены возможности использования геоинформационных технологий и анализа цифровых моделей рельефа (ЦМР) для палеоорграфических реконструкций в горных областях. Применение ГИС-технологий и ЦМР позволяет автоматизировать отдельные аспекты геоморфологических исследований, которые при традиционных (“нецифровых”) методах исследований обычно весьма трудоемки. К ним можно отнести создание сетей водораздельных геоморфологических профилей и графическое построение самих профилей, бассейновый анализ водотоков, расчет уклонов рек и построение их продольных профилей, вычисление необходимых морфометрических характеристик рельефа.

При палеогеоэкологических реконструкциях горного рельефа использовалась ГИС GRASS [42]. Кроме того, были разработаны дополнительные программные модули [31], создана методика трассировки сети водораздельных профилей по

ЦМР и графического построения профилей в выбранном масштабе [15].

Анализ современной речной сети по ЦМР позволил выделить основные водотоки и их водосборные бассейны, построить продольные профили русел, а также вычислить уклоны водотоков и определить участки смены уклонов для разновозрастных палеорек. С помощью стандартных аналитических методов ГИС для каждого этапа по контурам палеоврезов с помощью триангуляции Делоне (модуль *v. delaunay*) выделялись генеральная долина палео-Мзымты и долины ее боковых притоков, а с помощью построения полигонов Вороного (модуль *v. voronoi*) проводилась трассировка их медианных линий.

Реконструкции палеорельефа осуществлялись по сети расчетных точек, включающей точки трех типов: по медианным линиям, по линиям палеобортов и водоразделам. По медианным линиям и палеобортам долин были автоматически (модуль *v.to.equidist* [31]) проставлены точки с шагом 1 км. По точкам медианных линий с помощью специального модуля просчитывались высоты палеорусел с учетом принятых величин палеоуклонов. Далее по кратчайшему расстоянию до точек медианных линий вычислялись палеовысоты для точек бортов генеральных долин (рис. 11).

Вычисления высот для точек палеобортов происходили по секторам (полигонам, примерно соот-

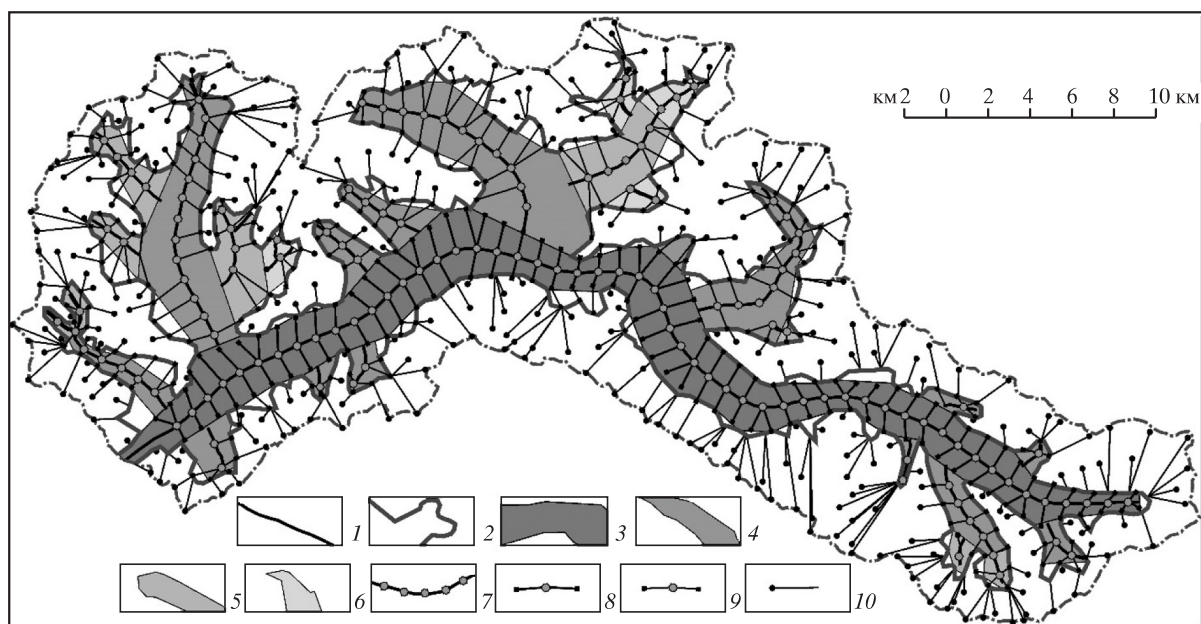


Рис. 11. Схема расчета палеовысот путем построения линий кратчайшего расстояния между основными типами опорных точек (на примере эоплейстоценового этапа): 1 – медианные линии основных водотоков; 2 – борта палеодолин; 3–6 – палеодолины разных порядков: 3 – первого (Палеомзымты), 4 – второго, 5 – третьего, 6 – четвертого; 7 – расчетные точки на медианных линиях, 8–10 – линий кратчайшего расстояния между точками: 8–9 – на медианных линиях и на бортах палеодолин; 8 – генеральной долины, 9 – долин 2–4-го порядков; 10 – на бортах долин и водоразделах разных порядков.

ветствующим бассейнам палеорек). Внутри каждого сектора палеовысоты в точках генеральных долин переносились по кратчайшему расстоянию в точки палеобортов. Затем все точки палеобортов из разных секторов объединялись в единый массив. Для точек на бортах долин и водоразделах с ЦМР автоматически снимались современные высоты, необходимые для вычисления палеовысот. Для подобных вычислений разработан отдельный программный модуль для ГИС GRASS.

В итоге для каждого возрастного среза была создана единая сеть расчетных точек, отражающая каркас палеорельефа и насчитывающая от 500 до 1200 единиц. На основе данной сети точек были построены цифровые модели палеорельефа, при создании которых применялась интерполяция методом “естественного соседства”, далее по ЦМР были получены палеоизогипсы с шагом 100 м, которые использовались для построения палеогеоморфологических карт.

Применение рассмотренного выше комплекса методов определяет возможность построения достаточно надежных и детальных среднemasштабных реконструкций горного рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабанов И.П. Палеогеографические предпосылки формирования современных природных условий и долгосрочный прогноз развития голоценовых террас Черноморского побережья Кавказа. М.–Владивосток: Дальнаука, 2009. 352 с.
2. Вадачкоря О.А., Воейкова О.А., Муры́й А.А., Несмеянов С.А. Объемное моделирование горного рельефа при инженерно-геотектонических исследованиях // Сергеевские чтения. Вып. 11. М.: ГЕОС, 2009. С. 105–109.
3. Вадачкоря О.А., Воейкова О.А., Муры́й А.А., Несмеянов С.А. Формирование опасных геологических процессов на северном склоне хребта Аибга // Сергеевские чтения. Вып. 16. М.: РУДН, 2014. С. 235–239.
4. Воейкова О.А., Несмеянов С.А., Серебрякова Л.И. Неотектоника и активные разрывы Сахалина. М.: Наука, 2007. 186 с.
5. Жамойда А.И., Леонтьева Е.Н. Постановление о понижении уровня границы неогеновой и четвертичной систем // Постановления межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 41. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 9–11.
6. Келлер Б.М., Меннер В.В. Палеогеновые отложения Сочинского района и связанные с ними подводные оползни // Бюлл. МОИП, отделение геологии. 1945. Т. 20. Вып. 1-2. С. 83-101.
7. Кожевников А.В., Милановский Е.Е., Саядян Ю.В. Очерк стратиграфии антропогена Кавказа. (Объяснительная записка к региональной корреляционной стратиграфической схеме четвертичных и верхнеплиоценовых отложений Кавказа). Ереван–Л.: АН Арм. ССР, 1977. 90 с.
8. Копп М.Л., Щерба И.Г. История позднеальпийского развития Восточного Кавказа // Геотектоника. 1985. № 6. С. 94–108.
9. Копп М.Л., Щерба И.Г. Кавказский бассейн в палеогене // Геотектоника. 1998. № 2. С. 29–50.
10. Лаврищев В.А., Пруцкий Н.И., Семенов В.М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Кавказская, лист К-37-V. Объяснительная записка. СПб., 2002. 213 с.
11. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 484 с.
12. Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа. М.: Изд-во МГУ, 1963. 357 с.
13. Муры́й А.А. Перспективное направление в исследованиях неотектоники и геоморфологии района Большого Сочи //Строение литосферы и геодинамика: материалы 23-й Всерос. молодежной конф. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2009. С. 39–40.
14. Муры́й А.А. Открытое и свободное программное обеспечение (СПО) в науках о Земле // Матер. Междунар. молодежного научного форума “ЮМОНОСОВ-2010” /Отв. ред. И.А. Алешковский, П.Н. Костылев, А.И. Андреев, А.В. Андриянов. [Электронный ресурс]. М.: МАКС Пресс, 2010. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
15. Муры́й А.А. ГИС-технологии и анализ цифровых моделей рельефа при инженерно-геотектонических исследованиях на территории Большого Сочи // Сергеевские чтения. Вып. 14. М.: ГЕОС. 2012. С. 60–64.
16. Муры́й А.А. Палеогеоэкологические реконструкции горного рельефа бассейна р. Мзымты (район Большого Сочи) //Сергеевские чтения. Вып. 15. М.: РУДН, 2013. С. 162–166.
17. Несмеянов С.А. Количественная оценка поэтапных новейших движений Западного Тянь-Шаня //Докл. АН СССР. 1967. Т. 173. № 1. С. 156–159.
18. Несмеянов С.А. Количественные палеорекострукции горного рельефа (на примере Западной Ферганы и смежных хребтов) // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек / Под ред. Н.И. Николаева. М.: Изд-во МГУ, 1969. С. 16–39.
19. Несмеянов С.А. Количественная оценка новейших движений и неоструктурное районирование горной области. М.: Недра, 1971. 144 с.
20. Несмеянов С.А. Корреляция континентальных толщ. М.: Недра, 1977. 144 с.

21. Несмеянов С.А. Схема неструктурного районирования районов первоочередного освоения Краснополянского участка в масштабе 1:50 000 с краткой объяснительной запиской //Сб. рефератов НИР и ОКР за 1990–1991 гг. М.: ПНИИИС, 1991. С. 8–9.
22. Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа. М.: Недра, 1992. 254 с.
23. Несмеянов С.А. Геоморфологические аспекты палеоэкологии горного палеолита (на примере Западного Кавказа). М.: Научный мир, 1999. 392 с.
24. Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. М.: Наука, 2004. 780 с.
25. Несмеянов С.А. Генетические комплексы континентальных отложений. М.: Книга и Бизнес, 2012. 397 с.
26. Несмеянов С.А., Воейкова О.А. Инженерно-геотектонические исследования в горно-приморских регионах // Сергеевские чтения. Вып. 12. М.: РУДН, 2010. С. 217–221.
27. Несмеянов С.А., Воейкова О.А., Мурый А.А. Детализация схемы активных разрывов для инженерных изысканий в горной области (на примере бассейна р. Мзымты на Кавказе) // Геоэкология. 2011. № 5. С. 450–454.
28. Несмеянов С.А., Измайлов Я.А. Тектонические деформации черноморских террас Кавказского побережья России. М.: ПНИИИС, 1995. 239 с.
29. Несмеянов С.А. при участии Г.А. Андреевой, И.И. Бархатова, Т.С. Бондаревой, Л.Т. Лютой. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа. Карта м-ба 1:200 000. М.: ПНИИИС, 1995. 40 листов.
30. Попов С.В., Вернигорова Ю.В., Гончарова И.А., Пинчук Т.Н. Стратиграфия средне-верхнемиоценовых разрезов Тамани по моллюскам и фораминиферам // Актуальные проблемы неогеновой и четвертичной стратиграфии и их обсуждение на 33-м Междунар. геологическом конгрессе (Норвегия, 2008 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 96–100.
31. Программное обеспечение, разработанное в группе инженерной геотектоники и палеогеоэкологии ИГЭ РАН. [Электронный ресурс]. 2014. URL: https://github.com/amuriy/paleo_research/tree/master, <https://github.com/amuriy/GRASS-scripts> (дата обращения: 16.12.2014).
32. Рухин Л.Б. Основы общей палеогеографии. Л.: Госгеолтехиздат, 1959. 557 с.
33. Сахарова Е.И., Лебедева Н.В. Изменение средней крупности аллювия по долине горной реки (на примере р. Мзымты) //Геоморфологические и гидрологические исследования. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 24–30.
34. Стратиграфический кодекс России. Изд. 3-е. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
35. Хаин В.Е., Муратов В.М. О поперечной ступенчатости в рельефе Северо-Западного Кавказа // Структурно-геоморфологические исследования в Прикаспии. М.: Гостоптехиздат, 1962. С. 287–297.
36. Харленд У.Б., Кокс А.В., Ллевеллин П.Г., Пикток Н.А.Г., Смит А.Г., Уолтерс Р. Шкала геологического времени. М.: Мир, 1985. 140 с.
37. Чепалыга А.Л., Михайлеску К.Д., Измайлов Я.А. и др. Проблемы стратиграфии и палеогеографии плейстоцена Черного моря //Четвертичный период. Стратиграфия. М.: Наука, 1989. С. 113–120.
38. Щерба И.Г. Кайнозойские олистостромы Альпийской складчатой области // Геотектоника. 1983. № 5. С. 91–106.
39. Щерба И.Г. Олистостромы и проблемы кайнозойской тектоники Большого Кавказа // Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. М.: Наука, 1987. С. 191–200.
40. Щерба И.Г. Этапы и фазы кайнозойского развития альпийской области. М.: Наука, 1993. 231 с.
41. Finney S.C. Formal definition of the Quaternary System / Period and redefinition of the Pleistocene Series / Epoch //Episodes. 2010. V. 33. № 3. P. 159–163.
42. GRASS Development Team. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software. Open Source Geospatial Foundation Project. [Официальный сайт]. URL: <http://grass.osgeo.org> (дата обращения: 23.04.2015).

REFERENCES

- Balabanov, I.P. *Paleogeograficheskie predposylki formirovaniya sovremennykh prirodnykh uslovii i dolgosrochnyi prognoz razvitiya golotsenovykh terras Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza* [Paleogeographic prerequisites of forming recent environmental conditions and long-term forecast of Holocene terraces evolution at the Black Sea coast of Caucasus]. Moskva–Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2009, 352 p. (in Russian).
- Vadachkoriya, O.A., Voeikova, O.A., Muryi, A.A., Nesmeyanov, S.A. *Ob'emnoe modelirovanie gornogo rel'efa pri inzhenerno-geotektonicheskikh issledovaniyakh* [Volume modeling of mountainous relief in engineering geotectonical investigations]. *Sergeevskie chteniya*. Moscow, GEOS Publ., 2009, vol. 11, pp. 105–109 (in Russian).
- Vadachkoriya, O.A., Voeikova, O.A., Muryi, A.A., Nesmeyanov, S.A. *Formirovanie opasnykh geologicheskikh protsessov na severnom sklone khrebita Aibga* [Development of hazardous geological processes on the northern slope of Aibga ridge]. *Sergeevskie chteniya*. Moscow, RUDN Publ., 2014, vol. 16, pp. 235–239 (in Russian).
- Voeikova, O.A., Nesmeyanov, S.A., Serebryakova, L.I. *Neotektonika i aktivnye razryvy Sakhalina* [Neotectonics and active faults in Sakhalin]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 186 p. (in Russian).

5. Zhamoida, A.I., Leont'eva, E.N. *Postanovlenie o ponizhenii urovnya granitsy neogenovoi i chetvertichnoi sistem* [Resolution about lowering the border between Neogene and Quaternary periods]. *Postanovleniya mezhdovedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i ego postoyannykh komissii*. Vol. 41. St.Petersburg, VSEGEI Publ., 2012, pp. 9–11 (in Russian).
6. Keller, B.M., Menner, V.V. *Paleogenovye otlozheniya Sochinskogo raiona i svyazannye s nimi podvodnye opolzni* [Paleogene deposits in Sochi area and the related underwater landslides] *Byull. MOIP, otdelenie geologii*. Vol. 20, issues 1–2, 1945, pp. 83–101 (in Russian).
7. Kozhevnikov, A.V., Milanovskii, E.E., Sayadyan, Yu.V. *Ocherk stratigrafii antropogena Kavkaza. (Ob'yasnitel'naya zapiska k regional'noi korrelyatsionnoi stratigraficheskoi skheme chetvertichnykh i verkhnepliotzenovykh otlozhenii Kavkaza)* [Essay on Antropogene stratigraphy of Caucasus. (Explanatory note to regional correlational stratigraphic scheme of Quaternary and Early Pliocene deposits in Caucasus)]. Erevan–Leningrad, AN Arm. SSR Publ., 1977, 90 p. (in Russian).
8. Kopp, M.L., Shcherba, I.G. *Istoriya pozdneal'piiskogo razvitiya Vostochnogo Kavkaza* [History of late Alpine development in Eastern Caucasus]. *Geotektonika*. 1985, no. 6, pp. 94–108 (in Russian).
9. Kopp, M.L., Shcherba, I.G. *Kavkazskii bassein v paleogene* [Caucasus basin in Paleogene]. *Geotektonika*, no. 2, 1998, pp. 29–50 (in Russian).
10. Lavrishchev, V.A., Prutskii, N.I., Semenov, V.M., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:200000. Izdanie vtoroe. Seriya Kavkazskaya, list K-37-V. Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of Russian Federation at scale 1:200000. 2nd edition, p. K-37-V. Explanatory note]. St.Petersburg, 2002, 213 p. (in Russian).
11. Milanovskii, E.E. *Noveishaya tektonika Kavkaza* [The newest tectonics of Caucasus]. Moscow, Nedra Publ., 1968, 484 p. (in Russian).
12. Milanovskii, E.E., Khain, V.E. *Geologicheskoe stroenie Kavkaza* [Geological structure of Caucasus]. Moscow, MSU Publ., 1963, 357 p. (in Russian).
13. Muryi, A.A. *Perspektivnoe napravlenie v issledovaniyakh neotektoniki i geomorfologii raiona Bol'shogo Sochi* [Perspective trend in investigations of neotectonics and geomorphology of Big Caucasus region]. *Stroenie litosfery i geodinamika: materialy 23 Vserossiiskoi molodezhnoi konferentsii* [Lithosphere structure and geodynamics: Proc. 23rd All-Russia conference of young professionals]. Irkutsk, IZK SB RAS Publ., 2009, pp. 39–40 (in Russian).
14. Muryi, A.A. *Otkrytoe i svobodnoe programmnoe obespechenie (SPO) v naukakh o Zemle*. [Free and open-source software in Earth sciences]. *Materialy Mezhdunarodnogo molodezhnogo nauchnogo foruma "LOMONOSOV 2010"* [Proc. Intern. Sci. forum of young professionals *LOMONOSOV 2010*] (CD-ROM). Moscow, MAKS Press Publ., 2010 (in Russian).
15. Muryi, A.A. *GIS tekhnologii i analiz tsifrovyykh modelei rel'efa pri inzhenerno-geotektonicheskikh issledovaniyakh na territorii Bol'shogo Sochi* [GIS technologies and DEM analysis in geotectonical investigations in the Big Sochi area]. *Sergeevskie chteniya*. Moscow, GEOS Publ., vol. 14, 2012, pp. 60–64 (in Russian).
16. Muryi, A.A. *Paleoekologicheskie rekonstruktsii gornogo rel'efa basseina r. Mzymty (raion Bol'shogo Sochi)* [Paleoecological reconstructions of mountainous relief of Mzymta River basin (Big Sochi area)]. *Sergeevskie chteniya*. Moscow, RUDN Publ., 2013, vol. 15, pp. 162–166 (in Russian).
17. Nesmeyanov, S.A. *Kolichestvennaya otsenka poetapnykh noveishikh dvizhenii Zapadnogo Tyan'-Shanya* [Quantitative estimation of stage-by-stage movements of the Western Tien Shan]. *DAN SSSR*, 1967, vol. 173, no. 1, pp. 156–159 (in Russian).
18. Nesmeyanov, S.A. *Kolichestvennye paleorekonstruktsii gornogo rel'efa (na primere Zapadnoi Fergany i smezhnykh khrebtov)* [Quantitative paleoreconstructions of orogenic relief (by the example of Western Fergana and adjacent ridges)] *Noveishaya tektonika, noveishie otlozheniya i chelovek*. Nikolaev, N.I., Ed. Moscow, MSU Publ., 1969, pp. 16–39 (in Russian).
19. Nesmeyanov, S.A. *Kolichestvennaya otsenka noveishikh dvizhenii i neostrukturnoe raionirovanie gornoi oblasti* [Quantitative estimation of newest movements and neostructural zoning of mountainous region]. Moscow, Nedra Publ., 1971. 144 p. (in Russian).
20. Nesmeyanov, S.A. *Korrelyatsiya kontinental'nykh tolshch* [Correlation of continental strata]. Moscow, Nedra Publ., 1977. 144 p. (in Russian).
21. Nesmeyanov, S.A. *Skhema neostrukturnogo raionirovaniya raionov pervoocherednogo osvoeniya Krasnopolyanskogo uchastka v masshtabe 1:50 000 s kratkoi ob'yasnitel'noi zapiskoi* [Scheme of neostructural zoning of high-priority development of Krasnaya Polyana area to scale 1:50000 with the brief explanatory note]. *Sb. referatov NIR i OKR za 1990–1991 g.* [Collection of NIRiOKR abstracts for the years 1990–1991]. Moscow, PNIIS Publ., 1991, pp. 8–9 (in Russian).
22. Nesmeyanov, S.A. *Neostrukturnoe raionirovanie Severo-Zapadnogo Kavkaza (operezhayushchie issledovaniya dlya inzhenernykh izyskaniy)* [Neostructural zoning of Northwest Caucasus (outrunning research for the engineering survey)]. Moscow, Nedra Publ., 1992, 254 p. (in Russian).
23. Nesmeyanov, S.A. *Geomorfologicheskie aspekty paleoekologii gornogo paleolita (na primere Zapadnogo Kavkaza)* [Geomorphological aspects of Paleolithic paleoecology in the Western Caucasus].

- Moscow, Nauchnyi mir Publ., 1999, 392 p. (in Russian).
24. Nesmeyanov, S.A. *Inzhenernaya geotektonika* [Engineering geotectonics]. Moscow, Nauka Publ., 2004, 780 p. (in Russian).
25. Nesmeyanov, S.A. *Geneticheskie komplekсы kontinental'nykh otlozhenii* [Genetic complexes of continental sediments]. Moscow, Kniga i biznes Publ., 2012, 397 p. (in Russian).
26. Nesmeyanov, S.A., Voeikova, O.A. *Inzhenerno-geotektonicheskie issledovaniya v gorno-primorskikh regionakh* [Engineering geotectonical investigations in mountainous-seaside regions]. *Sergeevskie chteniya*. Moscow, RUDN Publ., 2010, vol. 12. pp. 217–221 (in Russian).
27. Nesmeyanov, S.A., Voeikova, O.A., Muryi, A.A. *Detalizatsiya skhemy aktivnykh razryvov dlya inzhenernykh izyskaniy v gornoi oblasti (na primere basseina r. Mzymta na Kavkaze)* [Specialization of active faults scheme in engineering survey in mountainous area (by the example of Mzymta River basin in the Caucasus)]. *Geokologiya*, 2011, no. 5, pp. 450–454 (in Russian).
28. Nesmeyanov, S.A., Izmailov, Ya.A. *Tektonicheskie deformatsii chernomorskikh terras Kavkazskogo poberezh'ya Rossii (Operezhayushchie issledovaniya dlya inzhenernykh izyskaniy)* [Tectonic deformations of Black Sea terraces on Caucasus seacoast of Russia (Advance research for the engineering survey)]. Moscow, PNIIS Publ., 1995, 239 p. (in Russian).
29. Nesmeyanov, S.A., Andreeva, G.A., Barkhatov, I.I., Bondareva, T.S., Lyutaya, L.T. *Neostruktornoe raionirovanie Severo-Zapadnogo Kavkaza. Karta m-ba 1:200 000* [Neostructural zoning of Northwest Caucasus. Map of scale 1:200 000]. Moscow, PNIIS Publ., 1995, 40 p. (in Russian).
30. Popov, S.V., Vernigorova, Yu.V., Goncharova, I.A., Pinchuk, T.N. *Stratigrafiya sredne-verkhnemiotsenovykh razrezov Tamani po mollyuskam i foraminiferam* [Stratigraphy of the Middle-Upper Miocene cross-sections according to Taman mollusks and foraminifera]. *Aktual'nye problemy neogenovoi i chetvertichnoi stratigrafii i ikh obsuzhdenie na 33m Mezhdunarodnom geologicheskom kongresse (Norvegiya, 2008)*. [Actual problems in Neogene and Quaternary stratigraphy and their discussion at the 33rd IGC, Norway, 2008]. Moscow, GEOS Publ., 2009, pp. 96–100 (in Russian).
31. *Programmnoe obespechenie, razrabotannoe v gruppe inzhenernoi geotektoniki i paleoekologii IGE RAN*. [Software developed by the research group in engineering geotectonics and paleoecology at IEG RAS]. Available at: https://github.com/amuriy/paleo_research/tree/master, <https://github.com/amuriy/GRASS-scripts> (accessed 20.05.2015).
32. Rukhin, L.B. *Osnovy obshchei paleogeografii* [The fundamentals of general paleogeography]. Leningrad, Gosgeoltekhizdat Publ., 1959. 557 p. (in Russian).
33. Sakharova, E.I., Lebedeva, N.V. *Izmenenie srednei krupnosti allyuviya po doline gornoi reki (na primere r. Mzymty)* [Changes in average size of alluvium (by the example of Mzymta River)] *Geomorfologicheskie i gidrologicheskie issledovaniya*, Moscow, MSU Publ., 1968, pp. 24–30 (in Russian).
34. *Stratigraficheskii kodeks Rossii* [Stratigraphic Code of Russian Federation]. 3rd edition, St.Petersburg, VSEGEI Publ., 2006. 96 p. (in Russian).
35. Khain, V.E., Muratov, V.M. *O poperechnoi stupenchatosti v rel'efe Severo-Zapadnogo Kavkaza* [About transverse aliasing in Nothwestern Caucasus]. *Struktarno-geomorfologicheskie issledovaniya v Prikaspii* [Structural and geomorphological studies in the Caspian region]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1962, pp. 287–297 (in Russian).
36. Harland, W.B., Cox, A.V., Llewellyn, P.G., Pickton, C.A.G., Smith, A.G., Walters, R. [A geologic time scale]. Moscow, Mir Publ., Translated from English, 1985. 140 p. (in Russian).
37. Chepalyga, A.L., Mikhailesku, K.D., Izmailov, Ya.A. et al. *Problemy stratigrafii i paleogeografii pleistotsena Chernogo morya* [Problems in stratigraphy and paleogeography of Pleistocene of the Black Sea]. *Chetvertichnyi period. Stratigrafiya* [Quaternary period. Stratigraphy]. Moscow, Nauka Publ., 1989, pp. 113–120 (in Russian).
38. Shcherba, I.G. *Kainozoiskie olistostromy Al'piiskoi skladchatoi oblasti* [Cenozoic olistostromes of Alpine folded region] *Geotektonika*, 1983, no. 5, pp. 91–106 (in Russian).
39. Shcherba, I.G. *Olistostromy i problemy kainozoiskoi tektoniki Bol'shogo Kavkaza* [Olistostromes and problems in Cenozoic tectonics of the Greater Caucasus]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Bol'shogo Kavkaza* [Geology and mineral resources of the Greater Caucasus]. Moscow, Nauka Publ., 1987, pp. 191–200 (in Russian).
40. Shcherba, I.G. *Etapy i fazy kainozoiskogo razvitiya al'piiskoi oblasti* [Stages and phases of Ceinozoic development of the Alpine region]. Moscow, Nauka Publ., 1993, 231p. (in Russian).
41. Finney, S.C. Formal definition of the Quaternary System. Period and redefinition of the Pleistocene Series. *Epoch Episodes*, 2010, vol. 33, no. 3, pp. 159–163.
42. GRASS Development Team, 2015. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software. Open Source Geospatial Foundation Project. Available at: <http://grass.osgeo.org> (accessed 20.05.2015).

PROCEDURE OF MEDIUM-SCALE QUANTITATIVE PALEORECONSTRUCTIONS OF COASTAL OROGENY RELIEF

S. A. Nesmeyanov, O. A. Voeikova, A. A. Muryi

*Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences, Ulanskii per. 13, bld. 2,
Moscow, 101000 Russia. E-mail: voa49@mail.ru*

The paper presents the results of the development of quantitative methods of medium-scale mountainous paleo-relief reconstructions. This technique is discussed in detail by the example of the coastal part of the Greater Caucasus (the Mzymta River basin). The medium-scale neotectonic zoning was performed for this area; a network of regional and local geomorphological profiles was built; a number of pre-Neopleistocene relief-dated stages was defined; and the small-scale paleo-reconstruction was performed on the basis of the available data. The medium-scale quantitative methods of mountainous paleorelief reconstruction are based on the detailed relief division by its age, taking into account changes in the gradients of paleoriver valleys. The age division of the relief includes the allocation and correlation of erosional paleocuttings of different age. Contouring of cutout bottoms is made by inflections between steep and flat parts. A slightly curved bottom of the erosional cutting at the time of paleoreconstruction is overlapped by alluvium, which roof appears to be the morphological bottom of the valley at the end of stage. If heights of the modern inflections on opposite sides of the valley differ, its warp is considered to be of later age, and the original height of these inflections is accepted to be equal to the estimated height of the median line of the main valley. The development of the mountainous part of the valley is influenced significantly by four factors. The orogenic factor may be considered as the background. The regional factor implies paleogeography (the size of valleys and the rise of cross uplifts). The local factors affecting the change in slope of the valleys' bottoms are the following: a hydrological factor, i.e., the change in water content, and a structural factor, i.e., displacement activation along the faults crossing the valley, with uplift of the flank opposite to the flow direction. The technique of applying the appropriate GIS technology was developed. It provides building of networks of watershed geomorphological profiles, basin analysis, calculation of river slopes and their longitudinal profiles, computation of required morphometric characteristics. For the cutting of each age, a single network of calculation points was made; it reflects paleo-relief skeleton and acts as a basis for the construction of digital elevation models. The use of proposed complex methods permits making sufficiently reliable and detailed medium-scale mountainous paleo-relief reconstructions in the form of various paleogeomorphological maps.

Keywords: *medium-scale quantitative paleoreconstruction, mountainous relief, coastal orogeny, geomorphological levels, relief formation stages, age division of relief.*