

## БЛОКОВАЯ ТЕКТОНИКА МУЯКАН-АНГАРАКАНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СЕЙСМИЧНОСТИ

В связи со строительством Северомуйского тоннеля трассы БАМ большое значение придается изучению процессов, происходящих на Муякан-Ангараканском междуречье. Естественно, что в центре внимания стоят вопросы прогноза сейсмической активности и сейсмического районирования. Сейсмическая активность определяется неотектонической обстановкой, а сейсмическое районирование в значительной степени контролируется наиболее активными новейшими структурами. Каковы взаимосвязи между названными параметрами, доля их участия и значимость при прогнозной оценке инженерно-геологической ситуации в очень важном в недалеком будущем участке трассы БАМ?

Общая геологическая характеристика. Район Северомуйского тоннеля и смежную с ним территорию слагает довольно однообразный комплекс пород. Они представлены средне- и мелкозернистыми гранитоидами, отражающими различные фазы каледонского геотектогенеза. По константам прочности гранитоиды различных интрузивных фаз не отличаются друг от друга и представляют собой относительно однородный субстрат. Лишь в западной части территории закартирован крупный выход сильно метаморфизованных кварц-биотит-роговообманковых кристаллических сланцев, переслаивающихся с метаморфизованными известняками. Упомянутый комплекс пород представляет собой непереработанный "ксенолит" образований муйской серии нижнего протерозоя и в структурном отношении классифицируется как небольшой горст.

В общей тектонической структуре район Северомуйского тоннеля располагается в границах Байкальской рифтовой зоны - наиболее активизированной в кайнозое области юга Восточной Сибири. Как известно, основными структурами континентальных рифтовых зон являются впадины, межвпадинные перемычки и разломы. Эти структурные формы разнятся, естественно, и потенциальной сейсмической характеристикой. Описываемый нами район располагается на Муя-Верхне-Ангарской межвпадинной перемычке, разбитой густой сетью разломов различных систем и направлений.

Блоковая структура и классификация главных разломов. Кайнозойская активизация, сформировавшая Байкальскую рифтовую зону, затронула практически все возрастные группы разломов, подвижки и смещения по которым вызвали формирование блоковой структуры района. Ее расшифровка становится четкой, если придерживаться строгих принципов классификации разломов по рангам и направлениям знаков смещений [7]. По первому критерию на территории Муякан-Ангараканского междуречья можно выделить генеральные и региональные разломы (рис. 1). Первые представляют собой

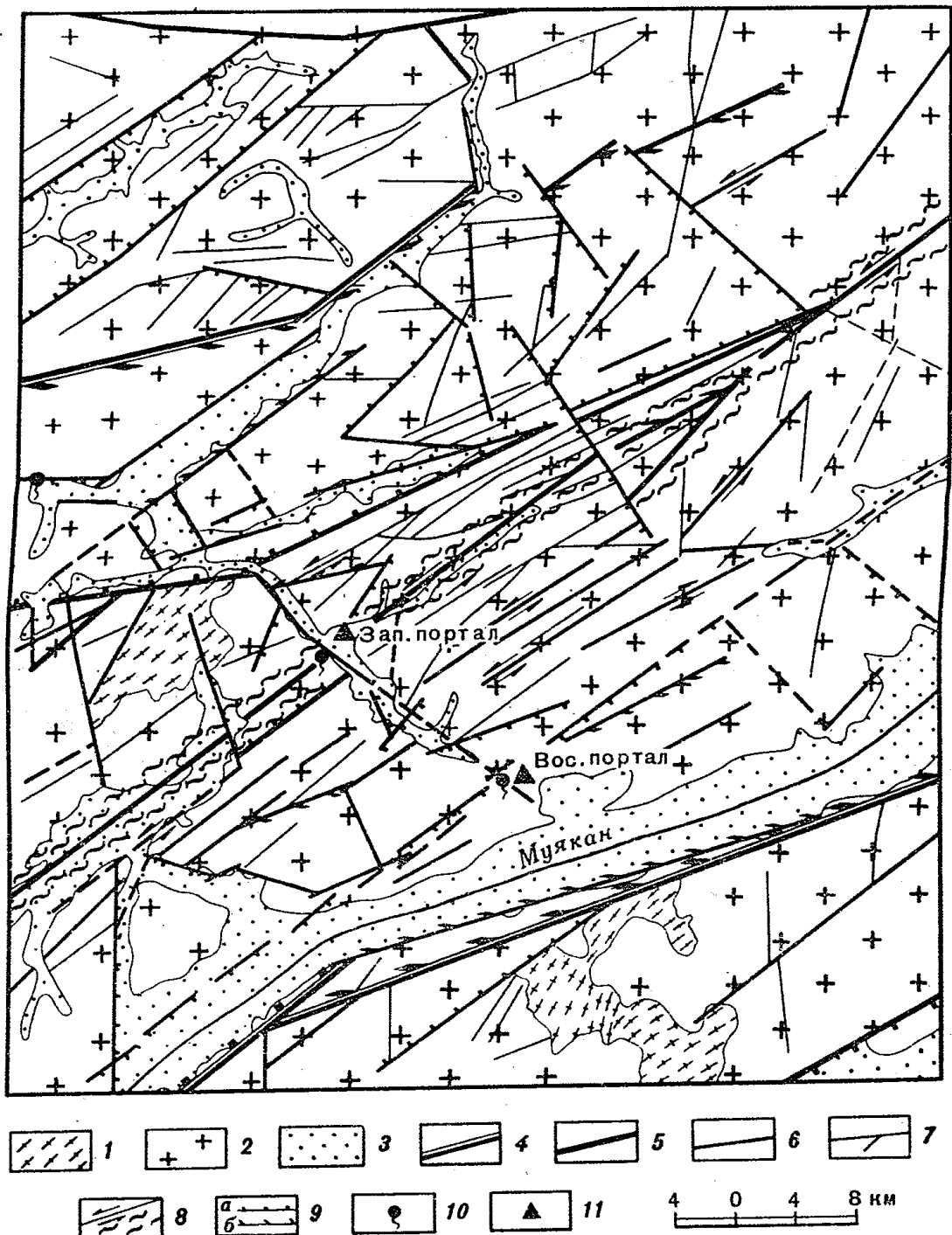


Рис. 1. Морфогенетическая классификация разломов Муякин-Ангараканского междуречья

1 - протерозойский структурный ярус; 2 - нижнепалеозойский структурный ярус; 3 - аккумулятивное заполнение впадин и речных долин; 4 - генеральные разломы допалеозойского заложения и длительного развития с хорошо проявленной кайнозойской активизацией; 5 - генеральные разломы докайнозойского заложения с хорошо проявленной кайнозойской активизацией; 6 - региональные разломы различного возраста заложения, активные в кайнозое; 7 - прочие разломы, неактивные в кайнозое; 8 - направление сдвиговых перемещений и зона интенсивного дробления и сдвиговых смещений; 9 - сдвиговые смещения: а - сбросы, б - сбросо-сдвиги (направление движения опущенного крыла указывают берг-штрихи); 10 - термальные источники; 11 - порталы Северомуйского тоннеля

дизъюнктивы протяженностью более 40–60 км с длительным периодом тектонического развития и неоднократной активизацией, сопровождавшейся смещениями. В настоящее время амплитуды смещения по ним превышают несколько сотен метров, а по ряду наиболее крупных достигают нескольких километров. Здесь они определяют структуры первого порядка. Региональные разломы по протяженности не превышают 30–40 км, и их длина соизмерима с мощностью земной коры. Разломы генеральные определяют блоковые структуры первого порядка – структуры, площадь которых превышает 1500 км<sup>2</sup>; региональные разломы формируют блоковые структуры второго и третьего порядков с площадью от десятков до нескольких сотен квадратных километров.

Особое значение для оценки сейсмической активности района имеет классификация разломов по степени активизации, знакам и амплитудам смещения. По этим признакам разломы разделены нами на две существенно отличные друг от друга группы (см. рис. 1). В одну из них вошли разновидности с хорошо проявленной кайнозойской активизацией, во вторую – все остальные. На карте видно, что большая часть разломов принадлежит к первой группе. Заметим, что из двух преобладающих направлений разломов в районе (северо-восточное и северо-западное) северо-восточное характеризуется практически полным вовлечением в кайнозойскую активизацию с вытекающей отсюда потенциальной сейсмической опасностью.

Группа генеральных разломов кайнозойской активизацией охвачена выборочно. Из двух сближенных разломов одного (как правило, северо-восточного) направления существенную активизацию претерпевает один, ближе расположенный к отрицательным морфоструктурам рельефа. В меньшей степени названная причинная связь отражается на региональных разломах. Степень участия их в кайнозойской активизации определяется еще и другими признаками.

По критериям генетической классификации наиболее распространены сбросы и сбросо-сдвиги, меньше – сдвиги. При такой классификации нами учитывался только знак смещения крыльев в кайнозое, без учета докайнозойского этапа развития.

В соответствии с принятыми критериями классификации ниже дана краткая характеристика наиболее важных разрывов территории и образуемой ими кайнозойской блоковой структуры.

В северо-западной части площади наиболее крупной дизъюнктивной структурой является Верхне-Ангарский генеральный разлом северо-восточного простирания с крутым падением плоскости сместителя на юго-восток. Вне пределов площади исследований отмечаются пропеллерообразные изгибы плоскости сместителя, и нередко в ряде рукописных отчетов встречаются данные о крутом северо-западном падении плоскости сместителя. В физических полях разлом выражен неоднозначно. Практически он не интерпретируется по карте магнитного поля, но выражен средними (в пределах двух-трех десятков мГл.) градиентами гравитационных аномалий, свидетельствующих о его относительно неглубоком заложении по сравнению

с общей длиной по простиранию. В кайнозой по разлому произошли левосторонние сбросо-сдвиговые подвижки с опусканием юго-восточного крыла. Амплитуда горизонтальных смещений около 1 км, вертикальных – около 200 м. Породы в зоне разлома катаклазированы и милонитизированы, мощность зоны – до 1,5 км. Инициальная активизация зоны произошла не позднее нижнего палеозоя.

Соизмеримый по масштабам проявления и геологической значимости Муяканский разлом проходит в северо-восточном направлении вдоль юго-восточной части площади. Падение плоскости сместителя разлома – крутое, северо-западное. Разлом – протерозойского возраста заложения, с неоднократными последующими периодами активизации. Кайнозойская активизация выражена очень четко: разлом функционировал как левосторонний сбросо-сдвиг с опусканием северо-западного крыла. Амплитуда горизонтального смещения около 1 км, вертикального от 800 до 1300 м. Породы в зоне разлома мощностью в несколько сот метров катаклазированы и милонитизированы. В физических полях разлом выражен неоднозначно. В магнитном поле он не проявлен; в гравитационном – фиксируется ступенька, с максимальной разностью изоаномал в 8–15 мгл.

Верхне-Ангарский и Муяканский левосторонние сбросо-сдвиги имеют соизмеримые и разновозрастные амплитуды подвижек и образуют основную кайнозойскую структуру района – грабен. По отношению к другим тектоническим элементам площади, расположенным в последовательном ранговом ряду (рифтовая зона – междувпадинные перемычки и впадины), выделенный грабен представляет собой структуру третьего порядка, осложняющую междувпадинную перемычку второго порядка. Таким образом, рифтогенные структуры первого ранга – генеральные разломы – могут участвовать в формировании структур первого, второго и третьего рангов. Следовательно, что еще раз будет отмечено ниже, потенциальная сейсмическая характеристика структур третьего ранга в ряде случаев может быть такой же высокой, как и структур первого ранга.

Наибольшую роль в осложнении инженерно-геологических и сейсмических условий трассы БАМ в районе Северомуйского тоннеля играет Ангараканский разлом. Он протягивается в северо-восточном направлении от верховьев р. Ковокты на юго-западе через район западного портала по долине среднего течения р. Ангаракан до верховьев р. Амнунды. Разлом – докайнозойского возраста заложения со следами неоднократной активизации. Мощность зоны интенсивного дробления около 800 м. Породы в ней катаклазированы, интенсивно окварцованы и эпидотизированы. Кайнозойская активизация разлома выразилась преимущественно в левосторонних горизонтальных движениях с очень небольшой сбросовой компонентой, возникшей из-за опускания северо-западного блока. Следы горизонтальных движений хорошо выражены штриховкой на зеркалах скольжения, смещениями даек и жил, наблюдаемых в отдельных обнажениях, и на диаграммах трещиноватости, у которых максимумы концентрируются вдоль периферии большого круга. Горизонтальные смещения по разлому нашли

отражение и на геологической карте среднего масштаба. Они фиксируются сгущениями локальных разрывов, параллельных осевой плоскости разлома, а также и по анализу геоморфологических элементов современного рельефа. Структурные изменения рельефа, связанные с горизонтальными подвижками по Ангароканскому разлому, захватывают полосу с суммарной шириной около 15–20 км. Разлом слабо отражается в магнитном поле и практически не выражен в гравитационном поле. Проведенный анализ позволяет классифицировать Ангараканский разлом как кайнозойский левосторонний сдвиг, выраженный относительно широкой зоной горизонтального скольжения материала горных пород с суммарной амплитудой в первые километры. Падение плоскости скольжения вертикальное, с тенденцией к веерообразному выкручиванию. Так, плоскости сместителей субпараллельных разрывов по замерам вдоль по простиранию разлома изменяют свое падение от СЗ  $315-320^{\circ}$  до ЮВ  $110-120^{\circ}$ . Ангараканский разлом нельзя назвать чистым сдвигом. Известные типичные сдвиги проявляются в виде узкой по отношению к длине зоны дробления и милонитизации. В описываемом случае картина несколько иная. Зона повышенной трещиноватости пород и высокой густоты локальных разрывов и региональных трещин достаточно широка. Среди образующих ее дизъюнктивов встречаются как чистые сдвиги, так и сбросо-сдвиги и более сложные структуры, свидетельствующие о более сложной форме движения вещества. Она сопоставима с течением вещества, описанным Е.И. Паталахой [6], и скорее всего отражает ламинарное течение. Все это дает основание зону Ангараканского разлома назвать зоной горизонтального тектонического скольжения. Ее развитие в кайнозое предопределено докайнозойским по возрасту заложения Ангараканским разломом, который в настоящее время может рассматриваться в качестве скелетной линии зоны тектонического скольжения. В целом формирование зоны происходило в кайнозое и связано с деформацией левостороннего сдвига, вызванного относительным смещением северо-западной части площади на юго-запад. Таким образом, описываемая Ангараканская зона горизонтального скольжения вещества, или, придерживаясь известных геологических классификаций разрывных смещений, Ангараканский генеральный разлом, является скорее всего частным фрагментом более сложной кайнозойской мегаструктуры – Муйско-Чарского трансформного разлома [8], определяющего геологическое развитие всего северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны и ее сейсмичность.

Таким образом, генеральные разломы района Северомуйского тоннеля и сопредельной с ним территории представляют собой сбросо-сдвиговые смещения для кайнозойского этапа развития. Они участвуют в формировании блоковой структуры второго и третьего порядков по отношению к общей классификации структур рифтовых зон. В масштабах же рассматриваемого района, размещающегося на Муйско-Верхне-Ангарской межвпадинной перемычке, они условно могут классифицироваться в качестве наиболее крупных дизъюнктивов

первого порядка. Благодаря наличию разломов такого типа межвпадинная перемычка осложняется грабеном, хорошо читающимся на карте блоковой тектоники района (рис. 2).

Региональные разломы. Региональные разломы не все охвачены кайнозойской активизацией. Для анализа потенциальной сейсмической опасности района важна лишь та часть региональных разломов, которая была активной и зародилась и развивалась в кайнозое. Региональные разломы кайнозойской активизации и зарождения представляют собой достаточно протяженные и сложные дизъюнктивные зоны. По направлению они образуют две большие группы: северо-восточные и северо-западные. Последние часто называют поперечными. Преобладающими в количественном отношении являются разломы северо-восточного направления. По морфогенетической классификации большинство из них принадлежит к левосторонним сдвигам и сбросо-сдвигам. При этом преимущественно сбросовую компоненту имеют разрывы, наиболее удаленные от осевой части Ангараканской зоны тектонического скольжения.

Серия сближенных региональных разломов проходит вдоль нижнего течения р. Ангаракан от устья р. Ковокты и прослеживается в северо-восточном направлении до р. Амнунды. Иногда эти разломы объединяют под названием Амнундинский разлом. На северо-востоке он сливается с Ангараканской зоной. Разлом круто падает на северо-запад; по морфогенетической классификации он относится к сбросам с опущенным северо-западным крылом. В зоне разлома неплохо выражены катаклиз и милонитизация. На северо-восточной оконечности разлома хорошо выражено рассланцевание. В физических полях проявлен неоднозначно. В гравитационном поле степень практически не выражена; в структуре магнитного поля фиксируется резкой границей смены положительных и отрицательных значений аномалий  $\Delta T_a$ .

Серия сближенных региональных разломов образует хорошо выраженную дизъюнктивную зону вдоль северо-восточного борта Муяканской впадины. Зона проходит через Восточный портал и уходит на северо-восток. Единого названия зона не имеет, хотя по структуре образования не отличается от Амнундинского разлома. По морфогенетической классификации зона может быть отнесена к сбросовым с опущенным юго-восточным крылом.

Описанные две зоны сбросов ограничивают небольшой горст, развивающийся в кайнозое в центре грабена третьего порядка (внутри межвпадинной перемычки). В масштабах описываемой территории горст — внутриблоковая структура второго порядка или внутриграбеновое горстовое поднятие.

Региональные разломы северо-западного направления образуют более редкую сеть. По морфогенетической классификации представлены преимущественно сбросами, хотя в отдельных случаях точно классифицировать их очень трудно.

Наиболее важное значение имеет Перевальная дизъюнктивная зона, проходящая по долинам рек Окусикан и Итыкит и по расположен-

ной между ними сквозной долине, т.е. практически вдоль трассы Северо-Муйского тоннеля. Зона представляет собой полосу интенсивно раздробленных пород прослеживаемую по простиранию далеко за пределами описываемой площади. Зона неплохо дешифрируется на космических и дистанционных снимках.

Наши детальные исследования коренных выходов пород на участке разлома от Восточного портала до Западного и далее на северо-запад не дали оснований для его четкой морфогенетической классификации. На его трассе хорошо картируются небольшие региональные и локальные разломы, формирующие ослабленную трещиноватую зону северо-западного направления. При обобщении и генерализации структур во время средне- и мелкомасштабного картирования зоны такого типа часто приравнивают к разломам. Как протяженный разлом, зона дешифрируется и на космических снимках. На геологических картах среднего масштаба зона показана условным знаком разрывных смещений. Действительно, на местности хорошо прослеживается сквозная долина между реками Окусикан и Итыкит. Некоторые исследователи отмечают катаклаз и милонитизацию пород, но эти процессы вызваны не столько дислокационным метаморфизмом Перевальной разлома, сколько более крупными разрывами северо-восточного простирания, которые сечет Перевальная дизъюнктивная зона. Заметим, что в структуре физических полей разлом практически не выражен.

Таким образом, принимая во внимание серию косвенных признаков, можно констатировать, что по трассе между Западным и Восточным порталами проходит достаточно протяженная дизъюнктивная зона. Зона характеризуется относительно высокой мобильностью и тектонической активностью. С геологической точки зрения Перевальная дизъюнктивная зона представляет собой активно развивающийся в кайнозое региональный разлом. Подобного типа структуры, но в более масштабном проявлении уже известны в Байкальской рифтовой зоне [7]. Лишь через определенный этап геологического времени описываемая дизъюнктивная зона приобретет характерные черты типичных разломных структур. Это произойдет тогда, когда, следуя физической модели формирования разрывов (по М.В. Гзовскому [1]), мелкие разрывы и трещины сольются в единую структуру.

Разломы северо-западного направления усложняют кайнозойскую структуру района. Они позволяют выделить в районе Северомуйского тоннеля блоки четвертого порядка, осложняющие общую структуру грабена. Блоки отражают неравномерные относительные поднятия и опускания участков территории, вовлеченных в общий процесс растяжения и дробления коры более обширного района, охваченного рифтогенезом. Примерные вертикальные амплитуды смещения блоков оцениваются несколькими сотнями метров (см. рис. 2). Если же принять во внимание, что скорость только вертикальной составляющей общего движения земной коры в районе в течение только четвертичного периода была неравномерной, легко заключить, что амплитуды в несколько сот метров накоплены за короткий интервал

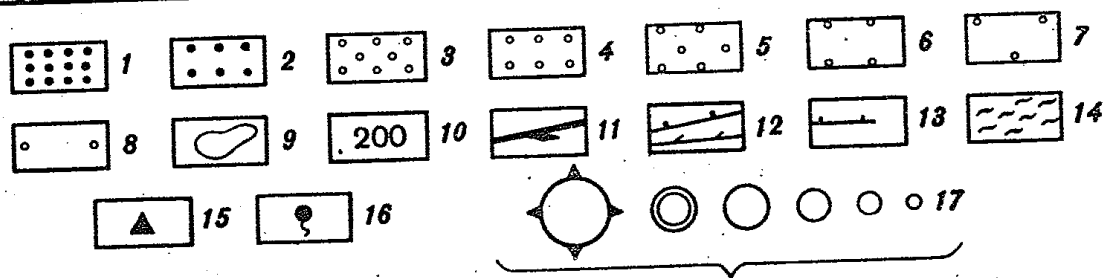
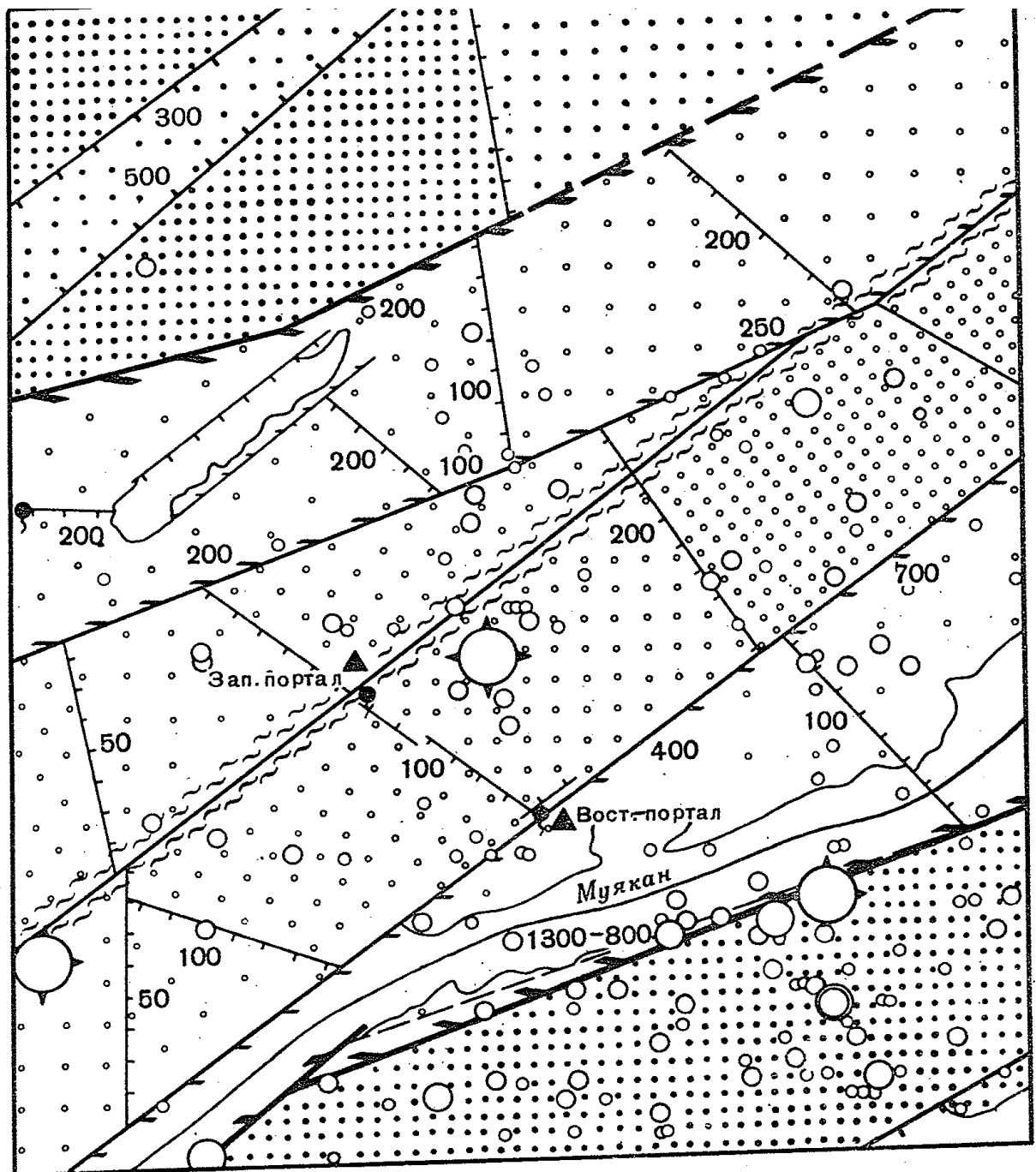


Рис 2. Схема блоковой тектоники Муякан-Ангараканского междуречья

1-2 - районы максимального поднятия блоков: 1 - блоки, активно поднимающиеся, 2 - пассивно поднимающиеся; 3-8 - районы максимального погружения блоков (плотность штриховки уменьшается по мере возрастания степени погружения); 9 - контуры новейших депрессий; 10 - относительные амплитуды перемещений блоков; 11 - генеральные сбросо-сдвиговые нарушения (знак движений левый); 12 - региональные сбросы и сбросо-сдвиги; 13 - прочие сбросы высоких порядков (штрихи в сторону опущенного крыла);



времени и отражают активную современную тектоническую жизнь. Ее подтверждает и характер тектонической трещиноватости, развитой в четвертичных отложениях. Так, в последних на Восточном портале наиболее развиты две системы трещин: с аз. пад.  $335^{\circ}$  и  $220^{\circ}$ . У каждой из этих систем хорошо выражены подвижки, причем у первой они достигают 1–2 см и классифицируются как сбросы. Сбросовые трещины с небольшими амплитудами фиксируются на Западном портале. Для сравнения заметим, что в гранитоидах наиболее развиты две системы: с аз. пад.  $340^{\circ}$  и  $45^{\circ}$ . Обе системы характеризуются как сколовые, достаточно протяженные, с ровной гладкой скульптурой поверхности.

Таким образом, кайнозойская блоковая структура района в основном расшифрована. Главные структуры района (грабен), осложненные внутренним горстом, контролируются разломами основного для района северо-восточного направления. По-видимому, именно эти структуры играют наиболее важную роль в оценке сейсмической опасности района.

Оценка скорости вертикальных движений земной коры. Рассмотрим только вертикальные движения земной коры, так как реперные уровни и методика не позволяют получить полную характеристику векторов движения.

Для неотектонических реконструкций нами использованы три отчетливо выделяемые в районе поверхности выравнивания. Возраст их устанавливается по данным, полученным на смежной территории. В дополнение к этому самый низкий уровень датируется по детальной стратификации четвертичных отложений. Фрагменты выровненной поверхности верхнего уровня располагаются на высотах свыше 1800 м и прослеживаются далеко за границы рассматриваемой территории, как в сторону Западного Прибайкалья, так и в сторону Байкало-Патомского нагорья. Возраст этой поверхности выравнивания оценивается как мел – ранний палеоген [2, 4]. На фрагментах поверхности выравнивания практически не развиты коры выветривания.

Фрагменты второго эрозионно-денудационного уровня располагаются на высотах 1200–1600 м. Его поверхности бронированы красноцветными отложениями и по этому признаку хорошо картируются и при аэровизуальной съемке. Возраст описываемой поверхности выравнивания миоценовый.

Наиболее низкий третий эрозионно-денудационный уровень картируется на высотах 900–1100 м. Его фрагменты закартированы в

---

Окончание подписи к рис. 2

14 – зона тектонического скольжения и повышенной трещиноватости первого порядка; 15 – порталы Северомуйского тоннеля; 16 – термальные источники; 17 – эпицентры землетрясений: К-15 (палео-сейсмодислокации), К-13, К-12, К-11, К-10, К-9

$V_{ср}$ , мм/год

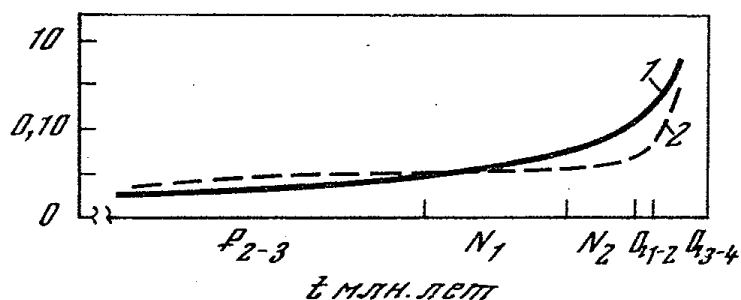


Рис. 3. График изменения средней скорости движения геотектонических структур Муякан-Ангараканского междуречья

1 — горстовые структуры; 2 — грабеновые структуры

долинах рек Муякана, Муи, а за пределами территории — в долине Верхней Ангары и в других местах. Уровень "развивается" как на коренных породах фундамента, так и террасах, сложенных четвертичными отложениями. Возраст третьего эрозионно-денудационного уровня оценивается как ниже-среднечетвертичный.

За рассматриваемый интервал геологического времени относительное тектоническое поднятие района составляет около 500 м, в том числе по 250 м за неравные промежутки геологического времени: примерно 40 млн. лет между ранним палеогеном и миоценом; 20 млн. лет между миоценом и среднечетвертичным периодом (для расчетов использована Международная шкала 1965 г.). Таким образом, средняя скорость тектонического воздымания составляла для позднего палеогена около 0,01 мм/год, для неогена — 0,02 мм/год. В целом фиксируется увеличение средней скорости вертикальных тектонических движений в два раза.

Карта блоковой тектоники (см. рис. 2) позволяет установить средние скорости роста отдельных морфоструктур. При этом оказывается, что скорости роста современных грабенов третьего порядка были выше, чем средние скорости роста соизмеримых по рангу горстовых структур на раннем этапе развития. В последующие этапы ситуация изменилась (табл. 1; рис. 3).

Такое распределение средних скоростей во времени указывает на то, что на месте современных впадин в районе Северомуйского тоннеля в палеогене и в начале неогена существовали небольшие поднятия, которые из-за отставания в росте превратились во впадины. При сопоставлении этих величин с ориентировочными величина-

Таблица 1

Средние скорости роста отдельных морфоструктур района Северомуйского тоннеля

Структура	Скорость роста по этапам выравнивания, мм/г		
	I этап	II этап	III этап
Горстовая	0,01	0,13	4-6
Грабеновая	0,013	0,05	2,5

ми скорости движений, характерными для Байкальской рифтовой зоны, установлено, что скорости становятся соизмеримыми лишь для третьего этапа выравнивания, охватывающего миоцен–среднечетвертичный период (табл. 2). Во всех остальных случаях средние скорости вертикальных тектонических движений на перемычках в Байкальской рифтовой зоне отстают от средних величин общих движений земной коры всей территории при рифтогенезе.

В целом подтверждается общая тенденция увеличения скорости тектонических движений при рифтогенезе с конца палеогена до голоцена. Однако среднерасчетные скорости увеличиваются при уменьшении интервала геологического времени, используемого в расчете. Следовательно, уже среднерасчетные скорости тектонических движений показывают неравномерность последних, их импульсивный характер, что отражает непрерывно–прерывистый ход процесса деструкции верхней части земной коры при рифтогенезе. Физическая сущность процесса хорошо согласуется с характером разрушения твердых тел или развитием разломов в самой верхней, "хрупкой" части земной коры, с одной стороны, и сейсмичностью – с другой. Эти два явления тесно взаимосвязаны, и их следует рассматривать совместно.

Движения земной коры, формирование разломов и сейсмичность.

Между этими параметрами существует тесная связь, но ее форма не всегда однозначно трактуется. После исследований М.В. Гзовского [1] в Средней Азии ряд исследователей по другим сейсмически активным регионам подтвердили прямую корреляционную зависимость между скоростью или градиентом скорости вертикальных тектонических

Таблица 2

Средние величины скорости движения (мм/год) для Байкальской рифтовой зоны (по А.А. Никонову [5])

Время проявления движений и длительность	Горизонтальная составляющая скорости движения бортов	Вертикальная составляющая скорости движения дна относительно бортов
Новейший этап, 25–30 млн. лет	–	0,1–1
Плиоцен – четвертичный период, 10–2 млн. лет	1–5	1,5–4
Поздний плейстоцен – голоцен 20–5 млн. лет	–	1,5–4
Современные медленные движения, годы–десятилетия	–	2–3
Современные подвижки при землетрясениях, м	1,2	6–12

ких движений и сейсмической активностью. Коэффициент корреляции приобретает тем более высокие значения, чем ближе к современному и короче взят интервал времени. Сейсмическая активность не всегда прямо и однозначно связана с интенсивностью новейших тектонических движений. Это убедительно показано, в частности, А.А. Никоновым [5] на примере горных стран Средиземноморского подвижного пояса.

Хорошо известна тенденция расположения эпицентров землетрясений в зонах разломов земной коры. Анализ карты инструментально зафиксированных землетрясений в районе Северомуйского тоннеля и сопредельной территории показывает, что эта закономерность справедлива только для относительно сильных землетрясений начиная примерно с 12-го энергетического класса. Более мелкие землетрясения располагаются хаотически, казалось бы, вне видимой пространственной связи с известными разрывными структурами. Однако если отвлечься от определенных классов землетрясений и проводить ранговые сопоставления, то можно установить следующие зависимости. Известные в районе крупные землетрясения с  $K \geq 12$  контролируются активными в кайнозой генеральными разломами с хорошо выраженной сдвиговой компонентой. Горизонтальная составляющая общего движения земной коры в этом районе ответственна за наиболее катастрофические землетрясения.

Намечается тенденция тяготения эпицентров землетрясений с  $K < 12$  к региональным разломам северо-западного простирания, испытавшим кайнозойскую активизацию. Особенно сейсмически активны те региональные разломы, которые развиваются на границах блоков с резко выраженной дифференциацией движений в кайнозой.

Таким образом, как крупные, так и мелкие землетрясения тяготеют к разломам с явно фиксируемыми подвижками в вертикальной или горизонтальной плоскости. По отношению к региональному полю напряжений разломы такого типа представляют собой громадные сколовые зоны, вдоль которых концентрируются касательные напряжения.

Анализ диаграмм тектонической трещиноватости, развитой в четвертичных отложениях, и построение по ним вектора деформирующих сил позволили наметить принципиальную ориентировку эллипсоида тектонических напряжений, характеризующего последний этап активизации. Вектор алгебраически максимального напряжения (растяжения) ориентирован субгоризонтально в направлении северо-запад - юго-восток; вектор алгебраически минимального напряжения (сжатия) ориентирован наклонно к горизонтальной плоскости в направлении северо-восток - юго-запад; вектор алгебраически среднего напряжения ориентирован субвертикально. Отсюда понятно, что породы, вовлеченные в зоны дробления разломов северо-западного и северо-восточного простираний, находятся в разных динамически напряженных состояниях. Разломы северо-западного простирания преимущественно развиваются как сбросы, т.е. представляют собой

сколы, формирующиеся в условиях растяжения земной коры. Разломы северо-восточного направления – сколы, формирующиеся в условиях преимущественного сжатия земной коры. Это чистые сдвиги, сбросо- или взбросо-сдвиги. Хорошо известно, что предел прочности таких, как граниты, горных пород на разрушение в условиях сжатия примерно на один порядок выше предела их прочности в условиях растяжения. При прочих равных условиях в верхних горизонтах земной коры развитие разломов северо-западного направления будет происходить при меньших тектонических усилиях, чем северо-восточных. Оно будет сопровождаться меньшими по абсолютной величине, но более частыми подвижками, чем формирование разрывов северо-восточного простирания. Это вытекает из механики разрушения тел и существующих гипотез, трактующих физику очага землетрясений [3]. Такое понимание хода неотектонических процессов дает объяснение описанным выше связям землетрясений различных энергетических классов с разломами различных рангов и морфогенетических групп.

Скорости тектонических движений, в частности вертикальных, отражаются на сейсмической активности лишь опосредованно, через разломную тектонику. Увеличение скорости вертикальных тектонических движений к концу неогенового периода сопровождалось существенным увеличением и скорости горизонтальных движений. При этом можно предположить, что горизонтальные подвижки в целом по своей амплитуде во много раз превышали вертикальные [8]. Иногда в континентальных рифтовых зонах величины скорости вертикальных и горизонтальных составляющих общего движения оказываются либо соизмеримыми, либо горизонтальные примерно на порядок преобладают [5]. Общее увеличение скорости движений вовлекает в крупное разрушение большие объемы коры [7], что и фиксируется повышенной сейсмической активностью.

Основной задачей исследований, проведенных в районе Муякано-Ангараканского междуречья, является изыскание дополнительных критериев и способов для уточняющей оценки сейсмической опасности. При этом следовало изучить закономерности пространственно-временной последовательности развития движений в блоках земной коры и их отражение в сейсмичности.

Установлены закономерность развития блоковой тектоники в кайнозойе и значение разломов в ее формировании. В разных участках и блоках интенсивность движений и их направления несколько различны. Наиболее крупные землетрясения связаны с генеральными разломами с хорошо выраженной и, видимо, превалировавшей в момент землетрясения горизонтальной компонентой движения. С вертикальными подвижками по разломам связаны землетрясения невысокого энергетического класса. Это можно объяснить существующей в районе всего юго-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны единой горизонтально направленной системой напряжений, образованной в результате смещения блоков вдоль Муйско-Чарского трансформного разлома [8], которая на локальных участках трансформи-

руется в вертикальные подвижки, особенно четко проявляемые вдоль региональных разломов северо-западного простирания, развивающихся на границе блоков земной коры третьего и четвертого порядка. Современное формирование неотектонических структур разного порядка района Ангаракан-Муяканского междуречья – это естественный и закономерный этап тектонического развития геоструктур в зонах высокой мобильности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 535 с.
2. Золотарев А.Г. Рельеф и новейшая структура Байкало-Патомского нагорья. Новосибирск: Наука, 1974. 118 с.
3. Исследования по физике землетрясений. М.: Наука, 1976. 292 с.
4. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья / Н.А. Логачев, И.В. Антощенко-Оленев, Д.Б. Базаров, В.И. Галкин, Г.С. Голдырев, А.С. Ендрихинский, А.Г. Золотарев, А.И. Сизиков, Г.Ф. Уфимцев. М.: Наука, 1974. 358 м.
5. Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры. М.: Наука, 1977. 238 с.
6. Паталаха Е.И. Механизм возникновения структур течения в зонах смятия. Алма-Ата: Наука, 1970. 215 с.
7. Шерман С.И. Физические закономерности развития разломов земной коры. Новосибирск: Наука, 1977. 102 с.
8. Шерман С.И., Леви К.Г. Трансформные разломы Байкальской рифтовой зоны. – Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 2, с. 461-464.

Н. А. ВИСЛАВНЫХ

### РАЗЛОМЫ РАЙОНА СЕВЕРО-МУЙСКОГО ТОННЕЛЯ

Район Северомуйского тоннеля расположен в западной части Станового нагорья, представленного Делюн-Уранским, Северомуйским и Муяканским хребтами, расчлененными долинами рек Верхней Ангары, Ангаракана, Муякана и Муи. В геотектоническом отношении он входит в состав краевого геоантиклинального поднятия каледонид [1] и расположен в узле пересечения осевой зоны Ангаро-Витимского каледонского батолита [2] с Байкальской рифтовой зоной. Последняя ориентирована на данном участке в субширотном направлении, а батолит вытянут на северо-восток. Рассматриваемая площадь характеризуется весьма сложным тектоническим строением. В зависимости от формационного состава слагающих образований и их структурных взаимоотношений на этой площади выделены нижнепротерозойский, верхнепротерозойский, нижнепалеозойский, верхнепалеозойско-мезозойский и кайнозойский структурные ярусы.

Нижнепротерозойский структурный ярус, являясь тектоническим выражением нижнепротерозойского геосинклинального режима [3],