

на Северо-Востоке СССР, существенно отличаются по морфологии от впадин байкальского типа, и генезис их может быть иным.

Рассматриваемый механизм образования впадин байкальского типа может быть применен и для объяснения образования рифтовых впадин в пределах подводных срединно-океанических хребтов. Сейчас достаточно очевидно, что земная кора указанных районов в значительной степени сложена серпентинизированными гипербазитами. Повышение температуры в приразломной зоне в низах коры должно вызвать частичную десерпентинизацию пород и вследствие этого образование впадины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Божко Н. А. Историко-генетическое изучение субстрата континентальных рифтовых зон и предопределенность рифтогенеза.— В кн.: Проблемы рифтогенеза. Иркутск, 1975, с. 32—33.
- Вайман И. И. Некоторые геолого-геофизические особенности Байкальской рифтовой зоны.— В кн.: Тектоника Сибирской платформы и смежных территорий. Иркутск, Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1974, с. 82—86. (Труды Вост.-Сиб. НИИГГиМС, вып. 3).
- Еланский Л. Н., Бархатова З. С., Толстова В. А. Глубинное геологическое строение Куйбышевской области.— «Труды Куйбышевского НИИИП. Геофиз. серия», 1963, вып. 18, 210 с.
- Замараев С. М., Ружич В. В., Мазукабзов А. М., Рязанов Г. В., Васильев Н. П. О связи молодых континентальных рифтов с древними тектоническими структурами.— В кн.: Проблемы рифтогенеза. Иркутск, 1975, с. 34—41.
- Зорин Ю. А. Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий. М., «Наука», 1974. 168 с.
- Лысак С. В., Дучков А. Д., Голубев В. А., Соколова Л. С. Тепловой поток Байкальской рифтовой зоны.— В кн.: Проблемы рифтогенеза. Иркутск, 1975, с. 70—71.
- Лысак С. В., Голубев В. А., Зорин Ю. А. Геотермическая модель земной коры Байкальской впадины.— В кн.: Проблемы рифтогенеза. Иркутск, 1975, с. 70—71.
- Милановский Е. Е. Типы кайнозойских структур Восточно-Африканской рифтовой системы.— В кн.: Восточно-Африканская рифтовая система. Том. 1. М., «Наука», 1974, с. 189—238.
- Москалева С. В. Гипербазиты и их хромитоносность. Л., «Недра», 1974. 279 с.
- Пузырев Н. Н., Мандельбаум М. М., Крылов С. В., Мишенькин Б. М., Петрик Г. В., Крупская Г. В., Колмаков А. Ф. Глубинное сейсмическое зондирование земной коры и верхов мантии в Байкальском районе.— В кн.: Байкальский рифт. Новосибирск, «Наука», 1975, с. 22—34.
- Рязанов И. А. О причинах тектонических движений на платформах.— «Изв. вузов. Серия Геология и разведка», 1975, № 6, с. 3—14.
- Флоренсов Н. А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М., Изд-во АН СССР, 1960. 268 с.
- Edel J., Fuchs K., Gelbke C., Rodehl C. P. The Earth's crust and upper mantle of the Rhine graben Rift System from explosion seismic experiments.— In: Rifting Problems. Irkutsk, 1975. 77 p.

С. И. Шерман

### РАЗЛОМНАЯ ТЕКТОНИКА БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ И ЕЕ СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Общий структурный план Байкальской рифтовой зоны характеризуется определенной упорядоченностью, которую можно объяснить существенным влиянием разломной тектоники (Флоренсов, 1954, 1970). Формирование разломов в современных границах зоны происходило на протяжении значительного интервала геологического времени — от докембрия до кайнозоя включительно. Многогранная и сложная эволюция их развития не нашла, естественно, полного отражения в геологической летописи территории. Современные методы геологического анализа позволяют нам восстановить наиболее важные и определяющие ключевые моменты в кинематике и динамике развития разломов, отражающие общую эволюцию Байкальской рифтовой зоны.

## МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ РАЗЛОМОВ

Особое внимание при изучении разломов было направлено на выяснение их морфокинематических типов и изменение направлений подвижек в процессе геологической эволюции. Тщательно и детально изучались структурные формы, развивающиеся во внутренней зоне разломов в процессе подвижек. Широко использовались метод поясов в исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями, и приемы, основанные на его базе (Данилович, 1961; Шерман, 1969), линейно-ориентированные структурные элементы, развивающиеся в надвигах и взбросах, а также другие общепринятые методические приемы. Они позволили установить генетические типы разрывов, изменение направления движения в различные периоды тектонической активизации и, главное, уточнить наличие сдвиговой компоненты у ряда разломов кайнозойской активизации. При относительной возрастной классификации подвижек учитывался характер дислокационного метаморфизма и приразломная складчатость и их соотношения с приразломной наложенной трещиноватостью.

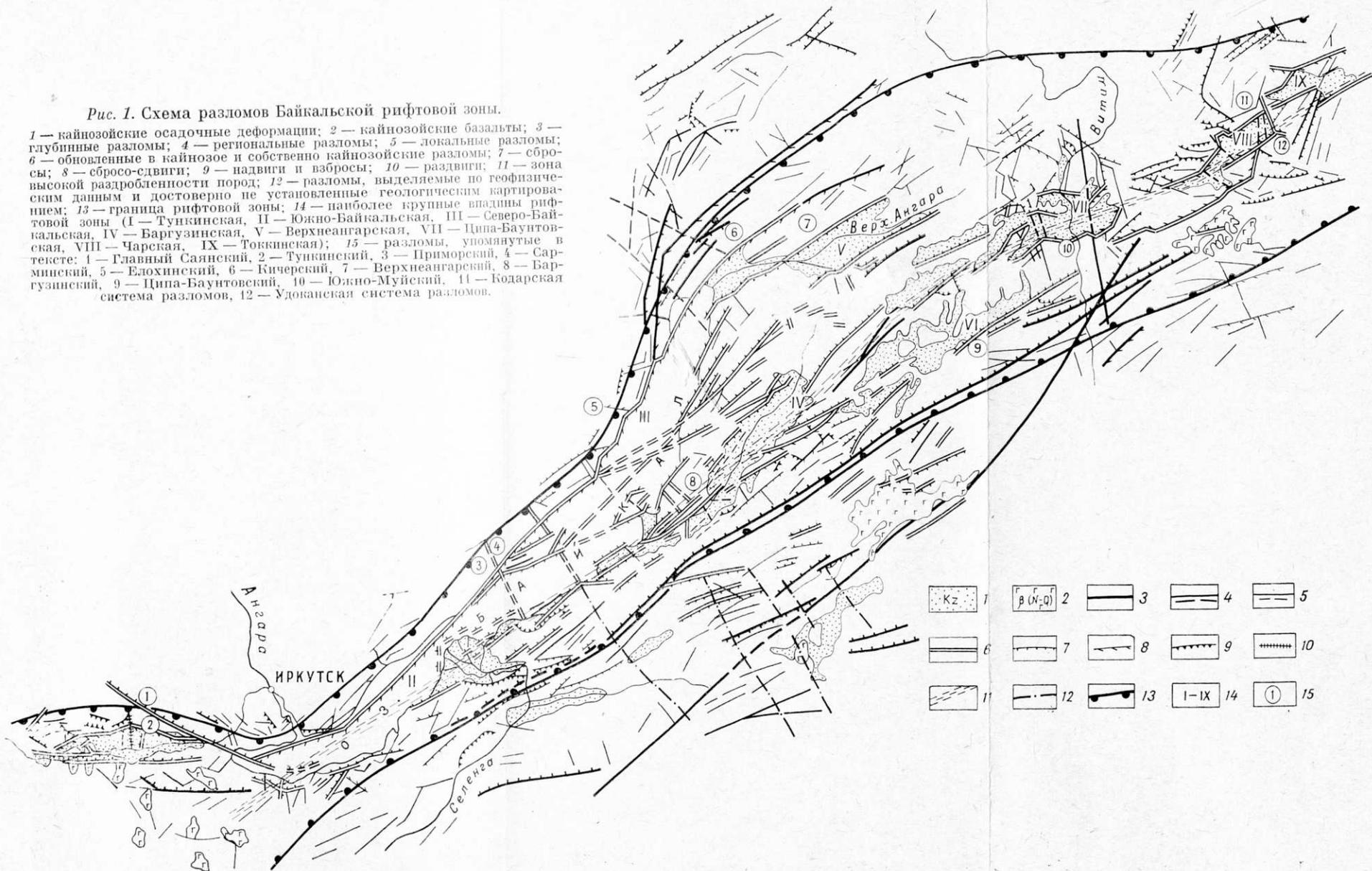
В основу классификации разломов Байкальской рифтовой зоны положены морфогенетические признаки. Группы параллельных разломов рассматриваются автором как единая система только при общности их морфогенетических и количественных параметров. К последним относится численное выражение длин разломов, глубин их проникновения, амплитуд смещения, густоты расположения и некоторые другие. Такой подход не позволяет вольно сравнивать между собой, например, разломы разной длины, если даже все остальные их характеристики общие (возраст заложения, направление смещения, простираение). Принятый принцип подхода дал возможность выявить наиболее общие черты, характеризующие многочисленную и по направлениям, и по возрасту заложения, и по степени геологической значимости гамму разломов Байкальской рифтовой зоны. Стремясь внести количественные критерии в геологическую классификацию и устранить множественность иногда противоречивых и неоднозначных признаков, на которых она нередко базируется, разломы Байкальской рифтовой зоны подразделены на три крупные группы: генеральные, региональные и локальные, отличающиеся друг от друга прежде всего длиной и геологической значимостью. Термин «генеральные» разломы представляет собой в некоторой мере синоним термина «глубинные», но в отличие от последнего он не несет нагрузки, связанной с длительностью развития, глубиной проникновения, влиянием на комплекс геологических процессов и др. Все глубинные разломы являются генеральными, но лишь длительно развивающиеся генеральные разломы приобретают признаки глубинных. К первой группе отнесены разломы, длина которых по простираению превышала 80 км (двукратную среднюю мощность земной коры в зоне рифта); ко второй — разломы, длина которых лежит в интервале 30—80 км (соизмерима с мощностью земной коры), и, наконец, к локальным — разломы от нескольких сотен метров до первых десятков километров. В каждой из групп встречаются практически все известные морфогенетические разновидности, но относительное распространение их различно (рис. 1).

### ГЕНЕРАЛЬНЫЕ РАЗЛОМЫ

Главный Саянский разлом — самый крупный дизъюнктив юга Восточной Сибири, его длина около 1000 км. Время заложения разлома — конец архея — начало протерозоя. Многочисленные факты свидетельствуют о длительной докайнозойской истории его развития, во время которой имели место и сдвиговые, и надвиговые, и сбросовые движения, сме-

Рис. 1. Схема разломов Байкальской рифтовой зоны.

1 — кайнозойские осадочные деформации; 2 — кайнозойские базальты; 3 — глубинные разломы; 4 — региональные разломы; 5 — локальные разломы; 6 — обновленные в кайнозое и собственно кайнозойские разломы; 7 — сбросы; 8 — сбросо-сдвиги; 9 — надвиги и взбросы; 10 — раздвиги; 11 — зона высокой раздробленности пород; 12 — разломы, выделяемые по геофизическим данным и достоверно не установленные геологическим картированием; 13 — граница рифтовой зоны; 14 — наиболее крупные впадины рифтовой зоны (I — Тункинская, II — Южно-Байкальская, III — Северо-Байкальская, IV — Баргузинская, V — Верхнеангарская, VI — Ципа-Баунтовская, VII — Чарская, VIII — Токкинская); 15 — разломы, упомянутые в тексте: 1 — Главный Саянский, 2 — Тункинский, 3 — Приморский, 4 — Сармисский, 5 — Елохинский, 6 — Кичерский, 7 — Верхнеангарский, 8 — Баргузинский, 9 — Ципа-Баунтовский, 10 — Южно-Мульский, 11 — Кодарская система разломов, 12 — Удованская система разломов.



нявшие друг друга во времени. Анализ складчатых и разрывных приразломных структур, удаленных от осевой зоны разлома не далее, чем на первые десятки километров, т. е. на расстояние, больше которого не распространяется измененное приразломное локальное поле напряжений, показал общую сдвиговую природу разлома. В конечном итоге для докайнозойского времени разлом может быть классифицирован как правосторонний взбросо-сдвиг. Движения в кайнозой хорошо интерпретируются по анализу тектонической трещиноватости и морфологических элементов рельефа. Они свидетельствуют о левосторонних сбросо-сдвиговых смещениях с опусканием северо-восточного крыла. Дифференцированный характер движений в различные эпохи тектогенеза в зоне Главного Саянского разлома проявился вполне определенно. Диаметрально противоположное изменение направлений подвижек в связи с кайнозойской активизацией для одного из крупнейших глубинных разломов юга Восточной Сибири оказало серьезное влияние на ориентировку, формирование и расположение неотектонических структур (Шерман и др., 1973).

С запада к Главному Саянскому подходит Тункинский генеральный разлом. Наблюдения в зоне сближения между Тункинским и Главным Саянским разломами показали, что первый непосредственно не сочленяется со вторым, а «затухает» в его полосе милонитов. Поэтому при анализе кинематики движений эти разломы рассматриваются независимо.

Собственно Тункинский разлом — одна из крупных структурных зон, предопределяющая положение впадин, характер распределения осадков, геоморфологические очертания местности и, наконец, ряд геологических процессов на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны. Общая длина разлома превышает 200 км, он состоит из серии субпараллельных кулис, длина которых 25—30 км. Заложение разлома датируется рифеем. По длительности развития, глубине заложения и геологической значимости разлом может быть отнесен к глубинным. Геологическая история развития и кинематика движений по разлому восстановлены по анализу комплекса структурных элементов.

Статистический анализ целой серии наблюдений по угловым взаимоотношениям между плоскостью сместителя Тункинского разлома и осевыми поверхностями внутриразломной складчатости позволил установить правостороннюю сдвиго-взбросовую компоненту движений. Это движение происходило в один из ранних, докайнозойских этапов развития разлома. Исходя из общей региональной истории тектонического развития юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны, время наиболее вероятного правостороннего сдвиго-взбросового движения по Тункинскому разлому отражает каледонский геотектонический цикл. Не останавливаясь на тонкостях анализа различных диаграмм трещиноватости, замеры трещин для которых проведены в разных крыльях, участках, породах с соблюдением ряда других требований методики, отметим основные результаты, характеризующие кинематику подвижек в кайнозой. Использование метода поясов в исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями, позволяет вполне определенно сделать выводы о левосторонних сдвиго-сбросовых движениях по Тункинскому разлому в кайнозойский этап развития.

Абсолютное значение амплитуд смещения различно в отдельных местах разлома. В центральной части амплитуда сброса едва ли превышает несколько сот метров, а принимая во внимание ступенчатый характер сместителя, она может быть увеличена до 1000 м. Максимальная амплитуда сдвига — около 1000 м. Таким образом, в кайнозойское время, когда происходило формирование рифтовой зоны и обособление отдельных рифтогенных структур, Тункинский разлом функционировал как левосторонний сдвиго-сброс. Этот вектор движения диаметрально противоположен тому, который фиксировался для основных докайнозойских этапов развития разлома.

Вдоль западного побережья Байкала на большом протяжении крупнейшие активизированные в кайнозойе разломы, объединяемые в «систему Обручевского сброса», проходят около береговой линии или скрыты под водой. Названные причины затрудняют их полное пересечение и нормальное геологическое изучение. Лишь Приморский разлом, протянувшийся почти на 200 км от устья р. Бугульдейки на юге до пос. Зама на севере, представляет собой идеальный объект для изучения в качестве тектонотипа разломов Обручевского сброса. Заложение Приморского разлома относится к нижнему протерозою, активизация затрагивала его неоднократно. Об этом свидетельствуют различные типы милонитов в его зоне, а также неоднородные метаморфические процессы, связанные с многократными подвижками.

Изучение приразломных складок, будинажа, зеркал скольжения, анализ поясов трещиноватости, образованных в разные периоды активизации, дает большой материал для определения кинематики движений.

Анализ изученных структурных элементов, дифференцированный по времени их образования, показывает, что Приморский разлом не представляет собой по знаку движения консервативной структуры. В докайнозойской истории развития разлом следует относить к левосторонним взбросо-сдвигам, при изучении кайнозойского периода развития разлом следует рассматривать как правосторонний сдвиг-сброс (Шерман, 1970).

Амплитуды докайнозойских подвижек в настоящее время определить трудно. Суммарная вертикальная амплитуда системы сбросов западного побережья Байкала за кайнозойский период развития около 6—7 км. Она образуется за счет «ступенчатости» общей системы кайнозойских сбросов. Амплитуда вертикального смещения для собственно Приморского разлома в кайнозойе не превышает первые сотни метров. Амплитуда горизонтального смещения в кайнозойе по суммарной системе сдвиго-сбросов не превышает 1,0—1,2 км.

Баргузинский генеральный разлом, проходящий вдоль северо-западного борта одноименной впадины, имеет общую длину около 200 км и состоит из четырех кулисообразных отдельных ветвей. В его зоне также устанавливается многоактный бластез и катаклиз раздробленной и перетертой «ткани» милонитов. Время заложения разлома — нижний палеозой. Кайнозойская активизация разлома превосходно подтверждается геоморфологическими признаками. Новейшие послеледниковые подвижки по кулисам Баргузинского разлома устанавливаются по разрывам морен, конусов выноса, наложенных на морены, по деформациям террас. Амплитуда вертикальных перемещений по разлому в кайнозойе не превышает 500—800 м. По анализу диаграмм трещиноватости Баргузинский разлом для кайнозойского этапа развития можно классифицировать как правосторонний сдвиг-сброс. По сравнению с другими, аналогичными по масштабу разломами в Байкальской рифтовой зоне, у него минимальна сдвигающая составляющая.

Система разломов Северного Прибайкалья представлена Северо-Минским, Абчадским, Нюрундуканским, Кичерским, контролирующим Нижнеангарскую впадину, и Северо-Муйским. Перечисленные разломы заложены в докайнозойе. Кайнозойская активизация наиболее интенсивно затронула Кичерский, Верхнеангарский и Северо-Муйский разломы. Они располагаются на периферии зоны интенсивной кайнозойской активизации и те черты, которые уже намечаются как типичные для генеральных разломов Байкальской рифтовой зоны, у них проявлены менее явно или отсутствуют: сдвигающая компонента в кайнозойский этап развития не фиксируется, либо весьма незначительна.

Непосредственным продолжением на северо-восток южной кулисы Баргузинского разлома служат разломы Ципа-Баунтовской системы впадин. Они выступают связующим звеном с Кодаро-Удоканской системой, контролирующей крайнюю восточную ветвь Байкальской рифтовой зоны.

Удоканская система разломов имеет сложную и разветвленную сеть. Общее простирание зоны более 200 км. Она состоит из отдельных кулис протяженностью до 40—50 км. Параллельно Удоканской и севернее ее проходит Кодарская система разломов, определяющая сочленение Чарской впадины и Кодарского хребта. Практически эта система начинается на юго-западе в Верхнемуйской впадине и продолжается в северо-восточном направлении до Токкинской впадины включительно. Общая длина Кодарской системы превышает 300 км. Собственно Кодарский разлом от юго-западной окраины Чарской впадины в северо-восточном направлении простирается более чем на 150 км. Его характерной особенностью является кулисообразное строение. Заложение разлома произошло не позднее раннего палеозоя. Имеются следы его многократной докайнозойской и кайнозойской активности. Для кайнозойского этапа развития типичны небольшие левосторонние подвижки. Амплитуда вертикальных смещений очень ориентировочно оценивается в 2000 м.

Более четко характер смещений устанавливается по восточной части Кодарской системы — в зоне Токкинского разлома, где он приобретает субширотное простирание и ограничивает южный борт одноименной впадины. Исследованиями В. В. Николаева (Николаев и др., 1975) были установлены следы недавних левосторонних сдвиговых подвижек в зоне обновления Токкинского разлома.

Вместе с известными деталями геологического строения Кодарский генеральный разлом для кайнозойского периода развития может быть классифицирован как левосторонний сдвиг-сброс. Левосторонние сдвиговые смещения фиксируются здесь и у других субширотных разломов.

В целом, характеризуя разломы северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны, можно констатировать, что динамика их развития и знаки смещения также сложны и неоднородны. Важно акцентировать внимание на факте присутствия сдвиговой компоненты во всех случаях, когда разломы, заведомо входящие в область активной кайнозойской активизации, не параллельны общему северо-восточному простиранию рифтовой зоны. Вектор смещения по сдвигу не является случайным. Он изменяется в зависимости от ориентировки разломов. Разломы широтного направления имеют, как правило, левостороннюю сдвиговую компоненту, северо-восточного (до СВ 60°) — правостороннюю. Разломы с простиранием около СВ 60° — типичные сбросы. Как было показано, эта закономерность прослеживается по всей рифтовой зоне.

#### РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛОМЫ

Региональные разломы в количественном отношении образуют очень большую группу. С точки зрения динамики развития дизъюнктивов наиболее целесообразно рассмотреть их принципиальные генетические прототипы. Среди последних особое место занимают надвиги, некоторые из них по времени образования и генетически связаны с кайнозойским этапом геологического развития территории (Ружич и др., 1972). Явление само по себе чрезвычайно интересное, поскольку известно, что главными структурными элементами рифтовых зон считаются впадины и ограничивающие их сбросы — типичные формы, образуемые при растяжении коры. Наиболее однозначно и бесспорно кайнозойские подвижки по надвигам установлены в Тункинских гольцах, ограничивающих с севера одноименную впадину. Здесь в обнажениях хорошо документируется разорванная и смещенная надвиговым швом базальтовая дайка, датированная средним миоценом (Ружич и др., 1972). Амплитуда горизонтального перемещения по надвигам не превышает первой тысячи метров.

Известные данные о возрасте надвигов в других местах рифтовой зоны дают основание считать, что Тункинская группа не является исключением. Таким образом, в модели, объясняющей механизм формирования рифтовых зон, необходимо найти источник сил и напряжения, удовлетворительно объясняющие эти, казалось бы, не совсем типичные для рифтогенеза факты.

Сбросы образуют самую многочисленную группу региональных разломов, согласных с общим простиранием рифтовой зоны. В ряде случаев, используя метод поясов, удавалось установить присутствие у них небольшой сдвиговой компоненты. Тип сдвига почти всегда находился в генетической зависимости от простирания разломов.

Среди региональных разломов особо необходимо выделить группу дизъюнктивов, поперечных к общему простиранию рифтовой зоны. По морфогенетическому типу они преимущественно представлены сбросо-сдвигами и сбросами, причем амплитуда как горизонтальной, так и вертикальной составляющей не превышает десятков и сотен метров. Исключение составляют разломы Сарминский, Елохинский и некоторые другие. Эти поперечные разломы могут быть сопоставимы с разломами основного северо-восточного направления по степени развития и роли в геологическом строении территории. Они заложены в один из ранних, заведомо докайнозойских этапов развития территории. Превалирующее же большинство поперечных разломов является относительно более молодыми образованиями, развивающимися благодаря процессам кайнозойской активизации и рифтогенеза. Их можно рассматривать как структуры второго порядка при сравнении с главными разломами северо-восточного простирания.

#### ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РАЗЛОМОВ

Представление об изменении количественного показателя раздробленности коры в рифтовой зоне дает анализ карты плотности разломов (Шерман, 1975). Участки с максимально высокой плотностью разломов располагаются около осевой части Байкальской рифтовой зоны. К этой зоне тяготеет проявление других аномалий (повышенный тепловой поток, сейсмичность и др.). В целом ее можно рассматривать как зону развивающегося в кайнозое крупного генерального разлома земной коры (см. рис. 1). В деталях он формируется отдельными глубинными и региональными разломами докайнозойского возраста. Таким образом, наличие значительной по протяженности зоны интенсивного раздробления коры свидетельствует о максимальной концентрации здесь напряжений, пониженной квазивязкости и относительно высоких скоростях современных движений.

Последовательность основных этапов развития разломов при рифтогенезе дана в таблице.

*Схема основных этапов развития разломов Байкальской рифтовой зоны*

Этапы развития	Время	Динамика развития разломов
Дорифтовый	Докайнозой	Образование и развитие глубинных и генеральных разломов типа Главного Саянского, Тункинского, Приморского, Баргузинского, Кодарского и др. Редкая сеть поперечных разломов типа Елохинского, Сарминского и др.
	Палеоцен	Активизация глубинных и генеральных разломов

Этапы развития	Время	Динамика развития разломов
Начальный	Эоцен—олигоцен	Активизация глубинных и генеральных разломов северо-восточного простирания. Образование сбросов северо-восточного простирания. Повышение трещиноватости в апикальной сводовой части
	Миоцен—нижний плиоцен	Активизация всех имеющихся разрывов и их удлинение. Формирование поперечных сбросов и сбросо-сдвигов. Появление диагональных (субмеридиональных, субширотных) разломов. Повышение раздробленности в центральной части рифтовой зоны
Основной	Средний плиоцен—голоцен	Подвижки по разломам. Активизация и формирование надвигов и взбросов на крыльях сводов. Повышение общей раздробленности в центральной части рифтовой зоны. Появление сдвиговой компоненты вдоль глубинных и генеральных разломов. Зарождение Байкало-Чарского генерального разлома
ЗаклЮчительный	—	ЗагУхание интенсивности тектонических процессов. Возможны подвижки по крупным разломам

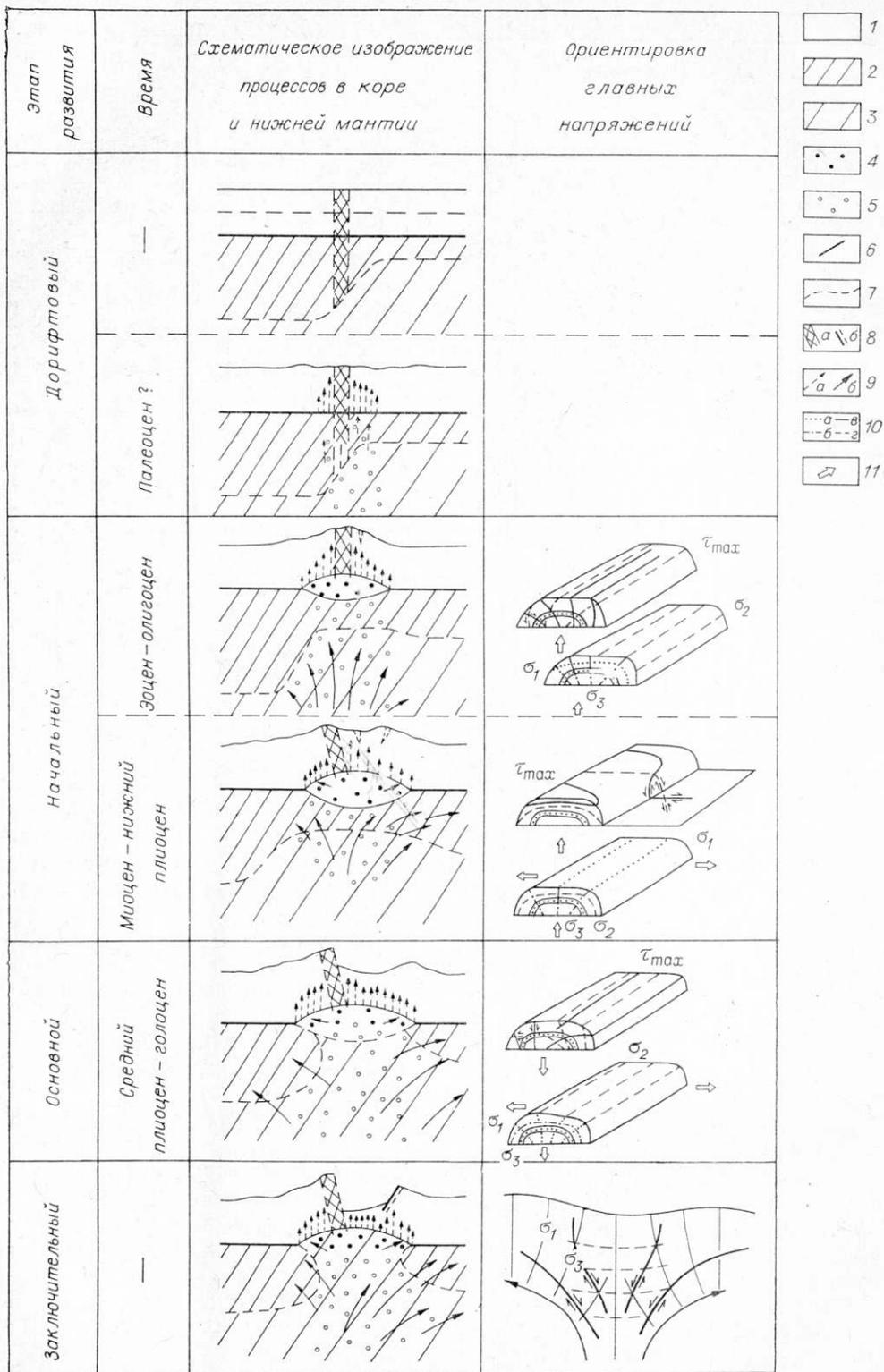
*ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК РИФТОГЕНЕЗА  
И РАЗВИТИЯ РАЗЛОМОВ. ТРАНСФОРМНЫЕ РАЗЛОМЫ*

Изучению геологического развития и механизма образования Байкальской рифтовой зоны уделено большое внимание (Флоренсов, Логачев, 1975; Зорин, 1974; и др.). Существенный вклад в понимание этих процессов внесли экспериментальные работы (Лучицкий, Бондаренко, 1967; Френд, 1970).

Энергетическим источником рифтогенеза следует считать эндогенные, преимущественно подкоровые процессы. Их обеспечивает восходящий поток вещества аномальной мантии и ее астеносферного слоя, зона накопления которого в первоначальный этап вызывает рост свода, а в дальнейшем и растяжение коры благодаря растеканию накапливающейся линзы этого вещества. За счет пластического трения между корой и растекающимся веществом аномальной мантии возникают горизонтальные силы растяжения в коре, вызывающие образование на поверхности Земли собственно рифтовых структур.

Стимулирующая роль древних разломов в развитии (первотолчке) рифтогенеза, активизация и формирование новых разломов в процессе эволюции рифтовой зоны показаны на рис. 2. Вытекающая из предложенного механизма принципиальная ориентировка векторов главных напряжений согласуется с сейсмологическими данными и объясняет механизм формирования и активизации близких по возрасту, но различных по морфогенетической характеристике групп разломов (сбросов, сбросо-сдвигов, надвигов и взбросов).

С точки зрения изложенного механизма находят объяснение детали геологического строения рифтогенных структур на поверхности. Простирание линзы аномальной мантии под рифтовой зоной согласуется в плане с общим простиранием рифтовой зоны (СВ 60—65°). Вектор регионального растяжения, создаваемого растеканием конвекционного потока,



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11

Рис. 2. Схема основных этапов развития разломов Байкальской рифтовой зоны. 1 — кора; 2 — верхняя мантия; 3 — аномальная мантия; 4 — зона скольжения вещества аномальной мантии; 5 — поток вещества аномальной мантии (mantle flows); 6 — граница Мохоровичича; 7 — кровля аномальной мантии; 8 — разломы (а — глубинные, б — региональные); 9 — вектор движения потоков (а — тепловых в коре, б — конвекционных в мантии); 10 — ориентировка главных напряжений в коре рифтовой зоны (а — растягивающих  $\sigma_1$ , б — сжимающих  $\sigma_3$ , в — сколовых  $\tau$ , г — средних  $\sigma_2$ ); 11 — направление главных деформирующих сил.

ориентирован по азимуту СЗ 330—335° и ЮВ 150—155°. В каждом отдельном случае он образует тот или иной угол с направлением докайнозойского крупного разлома, активизация которого реализуется сдвиговым смещением в направлении, соответствующем максимальной разрядке накапливающихся напряжений. Направление сдвига легко определяется из взаимоотношений вектора растяжения и простирания разлома (рис. 3). Оно хорошо фиксировалось по анализу фактического материала, характеризующего кинематику движений главных разломов Байкальской рифтовой зоны в кайнозое.

Кайнозойское поле напряжений благоприятно и для формирования локальных надвигов на крыльях пологих сводов и депрессий (см. рис. 2).

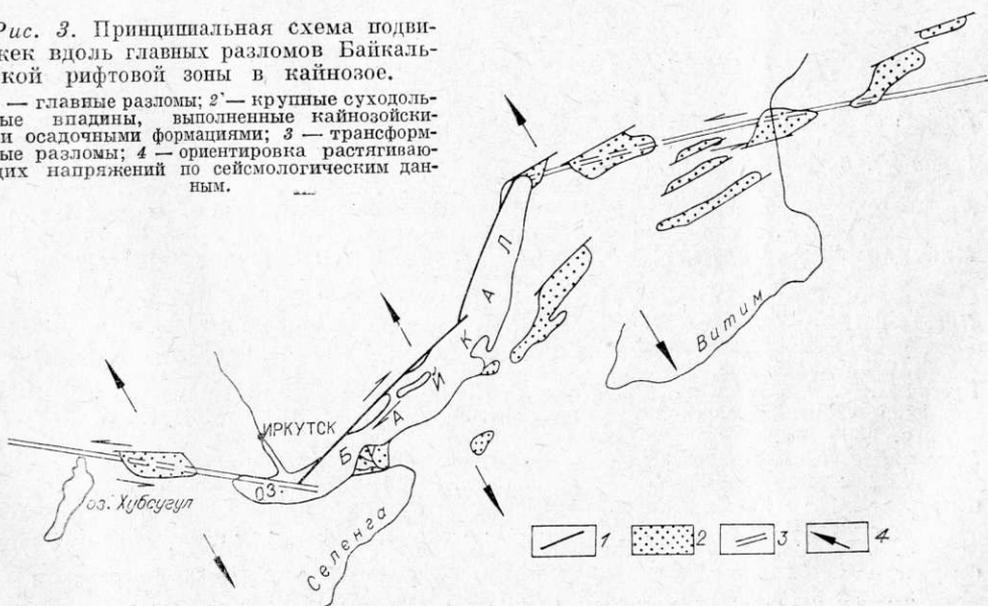
Алгебраически максимальные оси растяжения, определяемые по механизму очагов землетрясений (Мишарина и др., 1975), близгоризонтальны и ориентированы СЗ — ЮВ. Они отражают основные тектонические напряжения в коре, практически не меняют своей ориентировки по простиранию зоны и соответствуют общему представлению о рифте как области относительного растяжения в земной коре. По взаимной ориентировке двух других векторов напряжений такое строгое постоянство в рифтовой зоне не сохраняется. Принимая во внимание S-образную форму Байкальской рифтовой зоны в плане, нетрудно заметить, что на ее флангах вектор растяжения в коре не перпендикулярен главным рифтогенным структурам. То есть, если подходить формально, механизм разрядки напряжений в очагах землетрясений здесь не типично рифтовый. Сдвиговая компонента вдоль широтных разломов рассматриваемых флангов рифтовой зоны выражена очень отчетливо. Эти факты в сочетании с анализом развития других неотектонических структур позволяют рассматривать субширотные звенья Байкальской рифтовой зоны как трансформные разломы в понимании Дж. Уилсона (1974).

Южное звено Байкальской рифтовой зоны контролируется Тункинским генеральным разломом. Он интерпретируется по Дж. Уилсону (1974) как левосторонний трансформный разлом типа рифт — рифт. При этом Южно-Байкальская котловина и оз. Хубсугул выступают как рифты, соединенные активно живущим Тункинским разломом — активным звеном более протяженной зоны трансформации.

Северо-восточное звено Байкальской рифтовой зоны контролируется сложной серией субширотных разломов. Они могут рассматриваться как

Рис. 3. Принципиальная схема подвижек вдоль главных разломов Байкальской рифтовой зоны в кайнозое.

1 — главные разломы; 2 — крупные сухоходольные впадины, выполненные кайнозойскими осадочными формациями; 3 — трансформные разломы; 4 — ориентировка растягивающих напряжений по сейсмологическим данным.



составляющие левостороннего трансформного разлома типа рифт — горная дуга.

Принятая модель позволяет объяснить затухание сдвиговой компоненты, механизм очагов землетрясений, эшелонированное расположение впадин и некоторые другие неотектонические структуры, развивающиеся на субширотных звеньях Байкальской рифтовой зоны. Таким образом, осложнение строения и некоторый разворот флангов Байкальской рифтовой зоны может быть объяснен развитием трансформных разломов, которое идет по дизъюнктивам более древнего заложения.

Наличие разуплотненной мантии под Байкальской рифтовой зоной и ее растекание обеспечивают процессы рифтогенеза, а возникающее при этом поле напряжений хорошо согласуется с кинематикой движений по разломам в кайнозое.

### ВЫВОДЫ

1. Генеральные и крупные региональные разломы Байкальской рифтовой зоны являются структурами докайнозойского заложения. Их активизация в кайнозое стимулирует развитие рифтовых впадин. В процессе рифтогенеза отмечается заметная перестройка всех главных разломов: они превращаются в сдвиго-сбросы. Направление сдвига хорошо коррелирует с простиранием разломов.

2. Амплитуды кайнозойских вертикальных перемещений по разломам не превышают километра, за исключением Обручевского сброса по западному побережью Байкала, у которого вертикальная амплитуда составляет ~6 км. Горизонтальные амплитуды не превышают 1,0—1,5 км.

3. Региональные разломы представлены преимущественно сбросами и сбросо-сдвигами. Среди них особо выделяются надвиги, развивающиеся или активизирующиеся в кайнозое вдоль латеральных границ рифтовой зоны. Поперечные разломы в геологической истории рифтовой зоны следует рассматривать как структуры второго порядка по отношению к главным разломам северо-восточного простирания.

4. Дистальные звенья субширотной ориентировки в Байкальской рифтовой зоне можно рассматривать как зоны континентальных трансформных разломов.

### ЛИТЕРАТУРА

- Данилович В. И. Метод поясов в исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями. Иркутск, Иркутское кн. изд-во, 1961. 33 с.
- Зорин Ю. А. Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий. М., «Наука», 1971. 168 с.
- Луцицкий И. В., Бондаренко П. М. Эксперименты по моделированию сводовых поднятий Байкальского типа. — «Геотектоника», 1967, № 2, с. 3—20.
- Мишарина Т. А., Солоненко Н. В., Леонтьева Л. Р. Локальные тектонические напряжения в Байкальской рифтовой зоне по наблюдениям групп слабых землетрясений. — В кн.: Байкальский рифт. Новосибирск, «Наука», 1975, с. 9—21.
- Николаев В. В., Солоненко В. П., Хилько С. Д. Эволюция рифтового процесса на северо-востоке Байкальской зоны. — В кн.: Байкальский рифт. Новосибирск, «Наука», 1975, с. 120—130.
- Ружич В. В., Шерман С. И., Тарасевич С. И. Новые данные о надвигах в юго-западной части Байкальской рифтовой зоны. — «Докл. АН СССР», 1972, т. 205, № 4, с. 920—923.
- Уилсон Дж. Новый класс разломов и их отношение к континентальному дрейфу. — В кн.: Новая глобальная тектоника. М., «Мир», 1974, с. 58—67.
- Флоренсов И. А. О роли разломов и прогибов в структуре впадин байкальского типа. — В кн.: Вопросы геологии Азии. Т. 1. М.—Л., Изд. АН СССР, 1954. с. 670—685.
- Флоренсов И. А. Рифты Байкальской горной области. — В кн.: Проблемы строения земной коры и верхней мантии, № 7, М., «Наука», 1970, с. 146—150.

- Флоренсов П. А., Логачев П. А. К проблеме Байкальского рифта. — «Бюл. МОИП. Отд. геол.», 1975, т. 50, № 3, с. 70—80.
- Френд Р. Рифтовые долины. — В кн.: Система рифтов Земли. М., «Мир», 1970, с. 209—219.
- Шерман С. И. Картирование разрывных смещений на рудных полях по изменению интенсивности трещиноватости. — В кн.: Эндогенное оруденение Прибайкалья. М., «Наука», 1969, с. 152—156.
- Шерман С. И. Приморский взбросо-сдвиг. — В кн.: Информ. бюл. Ин-та земной коры. Иркутск, 1970, с. 46—49.
- Шерман С. И. Новая карта плотности разломов Байкальской рифтовой зоны. — «Докл. АН СССР», 1975, т. 220, № 1, с. 187—190.
- Шерман С. И., Медведев М. Е., Ружич В. В., Киселев А. И., Шмелев А. П. Тектоника и вулканизм юго-западной части Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск, «Наука», 1973. 135 с.

П. М. Хренов, А. Н. Демин, А. П. Таскин,  
В. К. Александров, Т. В. Мордовская

### СКРЫТЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ РАЗЛОМЫ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ

Изучение Байкальской рифтовой системы показывает, что в ее строении наряду с древними продольными разломами важное значение имеют также зоны поперечных разломов, которые долгое время оставались нераспознанными. В последние годы на юге Восточной Сибири получен большой материал в подтверждение тому, что скрытые поперечные разломы имеют весьма важное значение в структурном развитии, в процессах седиментации, локализации магматических пород и эндогенной минерализации (Радкевич и др., 1956; Томсон и др., 1962; Хренов, 1971). В пределах Байкальской рифтовой системы эти разломы имеют северо-западное, реже субмеридиональное и субширотное простирания и представлены в верхних структурных этапах линейными зонами повышенной трещиноватости и проницаемости пород, являющихся отражением скрытых глубинных разломов. Ширина таких зон различна и колеблется от 4—5 до 60 км, а длина более 500 км. Выделяются они по комплексу прямых и косвенных признаков (геологические, геофизические, геоморфологические и др.), среди которых одно из первых мест занимают геофизические признаки. Зоны скрытых разломов, учитывая их роль в осадконакоплении и размещении разновозрастных магматических комплексов, являются длительно развивающимися структурами. Время заложения их относится к границе позднего архея и раннего протерозоя. Развитие их было неравномерным. Более активно роль скрытых поперечных разломов проявлялась в этапы тектономагматической активизации структур юга Восточной Сибири, соответствующих среднему протерозою, среднему — позднему палеозою, мезозою и кайнозою. В своем развитии они влияли на все главнейшие особенности внутренней структуры региона. По генетическому типу поперечные разломы относятся к сбросо-сдвигам.

Поперечные разломы Байкальской рифтовой системы по своему положению и значению в общей структуре подразделяются на три крупные группы: межзвеньевые, межвпадинные и внутривпадинные. Межзвеньевые зоны разломов ограничивают крупные звенья Байкальской рифтовой системы с различным простиранием, межвпадинные — межвпадинные перемычки, а внутривпадинные — отдельные котловины, представляющие собой блоки внутри впадин. Межвпадинные и внутривпадинные разломы были отмечены и описаны Н. А. Флоренсовым (1960), а межзвеньевые выделяются нами впервые.

Межзвеньевые — это следующие поперечные зоны разломов: Урикско-Хубсугульская, Джида-Южно-Байкальская, Балягинско-Ольхон-