



УДК 551.243

Структурно-парагенетический анализ сложных трещинных сетей на примере участка Тажеран (Прибайкалье)

Ю. П. Бурзунова (burzunova@crust.irk.ru)

Аннотация. Для анализа трещиноватости одного из участков Приольхонья (Западное Прибайкалье) применен новый структурно-парагенетический метод, основанный на сравнении природных трещинных сетей с эталонными разрывными сетями. В результате анализа выделены локальные стресс-тензоры на уровне коренных выходов горных пород, а также региональные поля напряжений, имеющие место в истории тектонического развития Приольхонья, построена карта разломных зон участка и схема их поэтапного формирования.

Ключевые слова: парагенезис разрывов, трещинные сети, разломная зона, поле напряжений.

Введение

Изучение трещин широко применяется в исследовании разломного строения верхней части земной коры. При этом не требуется специального оборудования, в работе используются инструменты стандартных структурно-геологических наблюдений. Трещины распространены практически во всех горных породах, кроме легко сыпучих и размываемых. Основные задачи полевых тектонофизических исследований, в том числе анализа трещин, – охарактеризовать региональные и локальные поля тектонических напряжений на различных этапах деформации горного массива, определить кинематические характеристики перемещений блоков, типы разломов и другие [4]. Существует множество методик исследования трещин в связи с определением напряженного состояния в земной коре [4; 14; 23; 28], например кинематические методы, использующие видимые признаки смещений на трещинах (борозды, штрихи скольжения), или парагенетические методы, изучающие определенные пространственные совокупности трещин. Применение первой группы методов накладывает некоторое ограничение в количестве пунктов наблюдения в связи с тем, что следы смещений встречаются достаточно редко, тогда как парагенетические методы могут применяться при изучении любых коренных выходов горных пород. По определению, структурный парагенезис – это сочетание взаимно обусловленных и возникших в ходе единого деформационного процесса природных структур, тесно связанных между собой в пространстве [4; 13; 24]. Следовательно, разрывной парагенезис – совокупность разнотипных разрывов, объединенных общими условиями образования. Парагенетические методы исследования

разрывных нарушений развивали М. В. Гзовский, А. В. Лукьянов, П. Н. Николаев, В. Н. Данилович, С. И. Шерман, Л. М. Расцветаев, О. Б. Гинтов, Л. А. Сим, К. Ж. Семинский и др. В работе на конкретном примере реализованы возможности одного из парагенетических методов – нового структурно-парагенетического подхода, основанного на сравнении природной трещиноватости с эталонными трещинными сетями [2; 17; 18; 20; 22].

Новый методический подход

Структурно-парагенетический подход разработан для интерпретации сложных приразломных сетей трещин. В его основе лежат известные закономерности формирования внутренней структуры разломной зоны в полях напряжений 2-го порядка [5; 24; 29 и др.], которые существуют в отдельные моменты ее развития и закономерно сменяют друг друга путем переиндексации осей главных нормальных напряжений. Поля напряжений 2-го порядка отличаются друг от друга по типам и интенсивности проявления и являются причиной формирования вторичных разрывов в зонах скальвания (рис. 1).

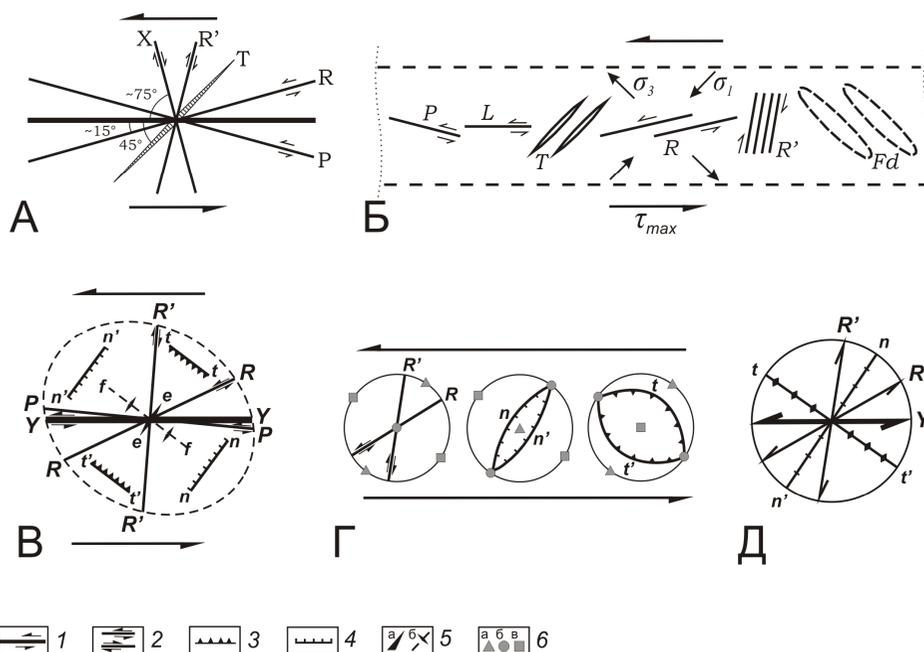


Рис. 1. Структурные элементы зоны скальвания (левый сдвиг):

А – модель Риделя по [32] с изменениями; Б – схема напряжений и структур по [24]; В – схема по [29] с упрощениями; Г – типы опережающих сопряженных разрывов 2-го порядка 1-й (R), 2-й (n) и 3-й (t) серий, образующиеся в левосдвиговой зоне скальвания при переиндексации осей напряжений по [2]; Д – упрощенная схема основных разрывных элементов в разломной зоне.

1 – магистральный сдвиговый сместитель; 2–5 – структуры 2-го порядка: 2 – сдвиги, 3 – взбросы, 4 – сбросы, 5 – разрывы растяжения (а) и оси складок (б); 6 – оси главных нормальных напряжений (выход на верхнюю полусферу) – максимального (а), промежуточного (б) и минимального (в) сжатия

Самые известные и наиболее часто встречающиеся структуры 2-го порядка – это сопряженные сколы Риделя (R-серия на рис. 1), которые могут быть выделены для разрывов разных рангов: для небольших сколов длиной в первые десятки сантиметров и для разломов протяженностью первые десятки километров [6]. Кроме них, при переиндексации осей главных нормальных напряжений (рис. 1, Г) в зоне скалывания могут формироваться сопряженные сколы в других пространственных ориентировках (t-серия и n-серия), которые, следовательно, имеют другой морфогенетический тип (рис. 1, В, Г, Д).

В крупных разломных зонах разрывами 2-го порядка являются мелкие разломы, а в мелких разломных зонах – трещины. Процесс переиндексации осей напряжений на уровне трещин имеет свои особенности, а именно формирование тройственного парагенезиса из трех примерно ортогональных систем трещин [19; 20]. Две системы из них являются классическими сопряженными сколами [6], их формирование приводит к дополнительному локальному напряжению и переиндексации осей напряжений [17]. Новое напряженное состояние частично снимается образованием третьей дополнительной системы трещин (рис. 2, А). Наиболее активно данный процесс реализуется при осесимметричном напряженном состоянии, когда упругая реакция горного массива имеет место при относительно большом всестороннем давлении в верхней части земной коры до глубины примерно 8–10 км, исключая близповерхностные условия залегания горных пород с наличием истинного растяжения [17; 27]. Тройственный парагенезис часто встречается в природе и образует трещинную сеть в мелких разломных зонах (см. рис. 2, А). Эта особенность трещинообразования в виде троек систем трещин используется в новом методическом подходе [17]. Поскольку в строении крупной разломной зоны принимают участие мелкие разломы 2-го порядка (см. рис. 2, А), трещиноватость в зоне влияния нескольких таких вторичных разломов может представлять собой совокупность тройственных парагенезисов, образуя сложную внешне хаотическую [26] трещинную сеть в крупной разломной зоне (рис. 2, Б).

Для интерпретации таких сложных хаотических сетей трещин разработаны эталонные (идеализированные) парагенезисы для разломных зон разного морфогенетического типа [2; 17]. За основу взята модель парагенезиса разломной зоны (1-й порядок), состоящая из главного разломного сместителя (Y) и сопряженных пар разломов 2-го порядка R-, t- и n-серий (см. рис. 1, В, Г, Д). Каждому из этих разломов на уровне трещиноватости соответствует тройственный парагенезис, а совокупность данных троек систем трещин представляет собой идеализированную трещинную сеть для разломной зоны. Эталонны составлены для всех типов разломов (сброс, взброс, надвиг, левый и правый сдвиг) с разными значениями угла падения разломного сместителя [2; 17]. Для сравнения со структурной диаграммой, на которой каждая трещинная система обозначена в виде сгущения изолиний плотности полюсов трещин [9; 15] (рис. 3, А), эталонный парагенезис (эталон) тоже представлен в виде группы полюсов, обозначающих положение систем тре-

щин (рис. 3, Б). На структурную диаграмму природной трещинной сети накладываются различные эталоны, из которых выбирается наиболее подходящий по совокупности совпадающих систем трещин (рис. 3, В). Так, можно определить морфогенетический тип разломной зоны скалывания и входящие в ее состав структуры 2-го порядка (рис. 3, Г) (в природе обычно встречаются трещинные сети с неполным набором данных разрывных систем), а также поле напряжений 1-го порядка (рис. 3, Д), в котором сформировалась данная трещинная сеть.

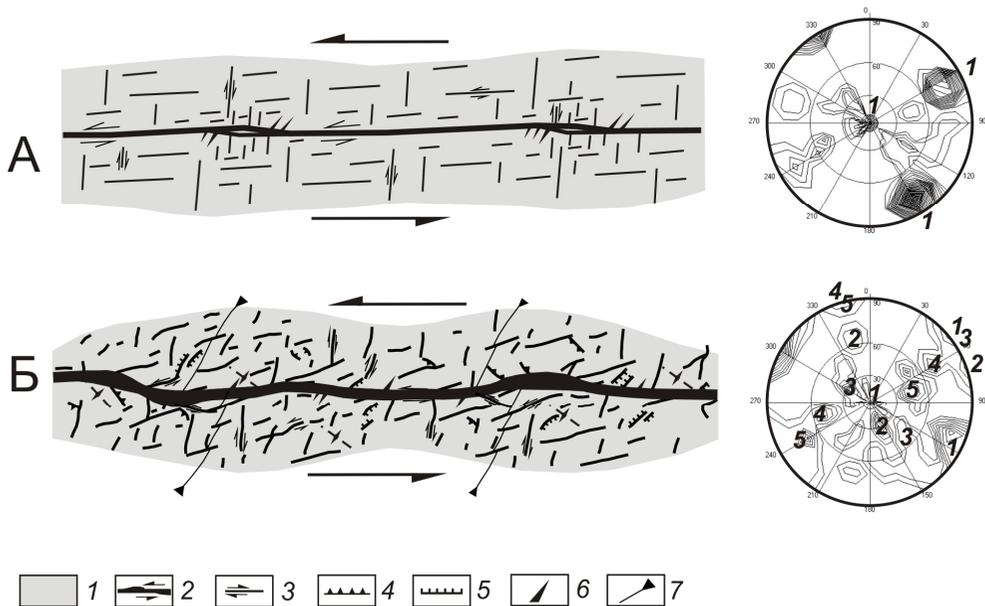


Рис. 2. Схема внутреннего строения мелкой (А) и крупной (Б) левосдвиговой разломной зоны (слева – по [17] с изм.) и характерные для них трещинные сети (справа).

1 – область распространения разрывов 2-го порядка в разломной зоне; 2 – магистральный сдвиговый сместитель; 3, 4, 5 – сдвиги, взбросы и сбросы 2-го порядка; 6 – разрывы растяжения; 7 – реперы, смещенные по разрывам. Цифрами на круговых диаграммах (справа) указаны тройственные парагенезисы, состоящие из троек систем трещин

Структурно-парагенетический анализ проводится в два этапа. Первый этап осуществляется согласно приведенному выше описанию и заключается в реконструкции для одного коренного выхода напряженного состояния локального объема горных пород. Вторым этапом является поранговый анализ [22], в процессе которого происходит переход от локального поля напряжений к региональному. В целом новый подход дает возможность на основе статистических замеров ориентировок трещин определить напряженное состояние и парагенезис разрывов зон скалывания разных масштабных уровней.

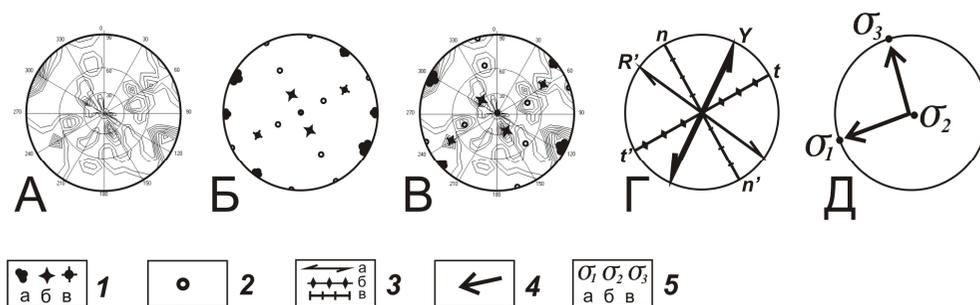


Рис. 3. Структурно-парагенетический анализ (А–В) и его результаты (Г, Д) на примере трещиноватости вблизи левосдвигового разлома.

А, Б – природная (А) и эталонная (Б) трещинные сети; В – сопоставление трещинных систем эталона и диаграммы трещиноватости; Г – элементы зоны скальвания; Д – реконструкция поля напряжений.

1 – полюсы главных систем трещин, характеризующих сопряженные разрывы 2-го порядка – сдвига (а), взброса (б) и сброса (в); 2 – полюсы второстепенной и дополнительной систем трещин; 3 – главный сместитель (Y) и разломы 2-го порядка (R, t, n) – сдвиги (а), взбросы (б) и сбросы (в) в зоне скальвания; 4 – направление действия главных нормальных напряжений (выход на верхнюю полусферу); 5 – оси главных нормальных напряжений: минимального (а), промежуточного (б) и максимального (в) сжатия

Цель работы и исходные данные

Цель данной работы – применить методику структурно-парагенетического анализа трещиноватости на участке Тажеран, выявить в итоге разнотипные поля напряжений для территории Приольхонья (Западное Прибайкалье), а также выделить разломные зоны на участке.

Участок исследований расположен в центральной части Байкальской рифтовой зоны на западном побережье оз. Байкал (рис. 4, А) – на территории Тажеранского интрузивного сиенитового массива, детально изученного в геологическом плане [3; 8; 16; 25]. Массив имеет размеры примерно 4×2 км и окружен типичными для Приольхонья метаморфическими породами. На участке проведены структурно-геологические наблюдения, в том числе массовые замеры трещин (рис. 4, Б). Подавляющее большинство трещин имеет тектоническую природу, что обусловлено положением участка в тектонически активном регионе. В интрузивных породах трещины образуются под влиянием тектонической рамы (напряженное состояние вмещающих горных пород) [26]. Кроме того, значительное преобладание трещин скальвания над трещинами отрыва свидетельствует об их тектоническом происхождении (по [10]). Всего сделано 108 массовых замеров в 90 точках наблюдения (около 9300 измеренных трещин), расстояние между которыми в среднем 250–500 м (см. рис. 4, Б). По каждому массовому замеру построена стандартная круговая диаграмма трещиноватости в изолиниях плотности трещин (верхняя полусфера, сетка Вульфа) [9], которая является основным исходным материалом для структурно-парагенетического анализа.

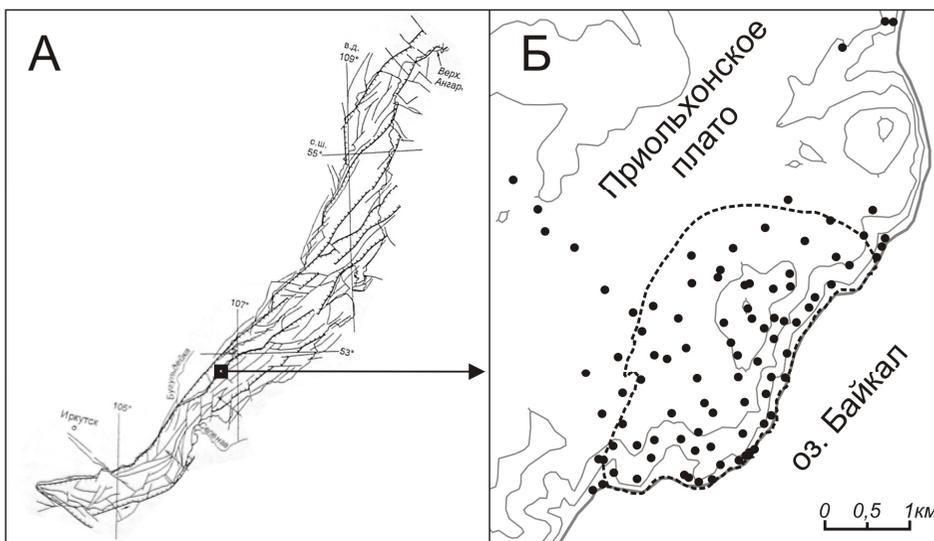


Рис. 4. Местоположение участка исследований Тажеран.

А – карта разломной структуры впадины оз. Байкал (по [1] с изм.); Б – граница Тажеранского массива (пунктир) и точки наблюдения (черные кружки) на карте рельефа.

Горизонтالي рельефа проведены через 100 м

Методика исследования, результаты и их обсуждение

Первым этапом структурно-парагенетического анализа являлась реконструкция напряженного состояния локального объема горных пород на уровне одного коренного выхода (см. рис. 3) в каждой точке наблюдения. В большинстве из них для одной трещинной сети найдено несколько решений (парагенезисов и соответствующих стресс-тензоров) разной степени достоверности. Это свидетельствует о различных напряженных состояниях горных пород в процессе геологического развития изучаемого участка земной коры. Степень достоверности решений определялась по ряду структурных параметров, таких как, например, величина угла скалывания (по [21] и др.), интенсивность максимумов главной тройки систем трещин в решении (по [17; 19]), разбросы максимумов (по [11]), распределение на диаграмме трещин разного морфогенезиса: главная и второстепенная сопряженные системы трещин являются сколовыми (по [5]), дополнительная система может быть сколово-отрывной (по [17]). Также принимались во внимание структурные особенности коренного выхода горных пород, а именно – элементы залегания пород и контактов крупных трещин, кинематических следов, зон повышенной трещиноватости и зон тектонитов. Всего по участку получено 308 решений локальных стресс-тензоров для разных морфогенетических типов разломных зон (из них 106 сбросов, 115 взбросов, 43 правых и 44 левых сдвига). Эти решения относятся к 1-му локальному уровню разрывных структур согласно [22], тогда как в целом для земной коры Прибайкалья характерно шесть масштабных уровней [22] тектонических напряжений и раз-

рывных структур – три локальных и три региональных, из которых 1-му региональному уровню соответствует структура Байкальского рифта.

На втором этапе (поранговый анализ) структурно-парагенетического подхода производилось восстановление регионального напряженного состояния трех масштабных уровней в соответствии с методическими приемами, описанными в статье [22]. Так, полученные на первом этапе решения, характеризующие, согласно методике, парагенезисы трещин вблизи мелких разломных зон, были использованы для определения основных направлений зон разломного ранга на участке исследований. Всего выделено шесть направлений (рис. 5, А), каждому из которых теоретически может соответствовать разломная зона сбросового, взбросового, лево- или правосдвигового типов (с принадлежащими ей разрывами 2-го порядка – R-, t- и n-типов). Все локальные решения (308 шт.) были рассортированы по данным направлениям и по морфогенезису зон скальвания (1-го и 2-го порядков). Решение, которое по типу и ориентировке подходило в качестве разрыва 1-го или 2-го порядка к двум разным парагенезисам основных шести направлений, для исключения повторов было отнесено к одному из них (в котором оно в первую очередь соответствует разрыву 1-го порядка Y-типа). Полученная таким образом по серии точек наблюдения каждая группа однотипных парагенезисов (зон скальвания) относится к 3-му региональному уровню разрывных структур (рис. 5, Б) и 3-му региональному масштабному уровню тектонических напряжений Байкальского рифта [22].



Рис. 5. Основные направления (римские цифры) зон разломного ранга на участке исследований.

А – роза-диаграмма простираний локальных зон скальвания 1-го локального уровня; Б – группы разрывных парагенезисов 3-го регионального уровня

Для перехода на более высокий (2-й региональный по [22]) масштабный уровень осуществлялась оценка каждой группы (см. рис. 5 Б) решений-парагенезисов трещинных сетей с помощью ряда количественных параметров. Они косвенным образом характеризуют относительные возраст, ранг, интенсивность и длительность действия определенных полей напряжений, а также достоверность выделения разломных зон по линейному расположению точек наблюдения с парагенезисами одинаковой пространственной

ориентировки. В число параметров в первую очередь входят количество всех решений в группе (также количество наиболее достоверных решений), особенности площадного расположения на изучаемом участке точек каждой группы, характеристики разломных зон, величина угла скалывания в парагенезисах и др.

В результате анализа групп решений самыми интенсивными и, возможно, продолжительными по времени воздействия являются поля напряжений СЗ – ЮВ сжатия, а также СЗ – ЮВ растяжения (рис. 6, А, Д). Кроме того, достаточно отчетливо представлены группы парагенезисов, сформированные в полях ССВ – ЮЮЗ сжатия, ССВ – ЮЮЗ растяжения и сдвига с ориентировкой оси сжатия в направлении З – В и оси растяжения в направлении С – Ю (рис. 6, Б, В, Г). Данные поля тектонических напряжений и соответствующие парагенезисы разрывных структур относятся ко 2-му региональному уровню, причем все оставшиеся менее представительные группы решений соответствуют им по типу и простиранию как вторичные структуры (см. рис. 6, вверху).

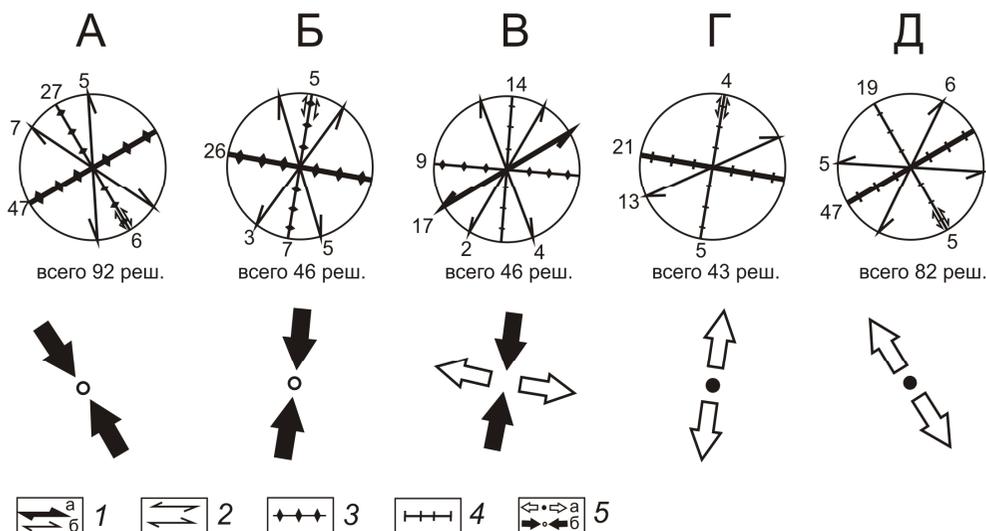


Рис. 6. Парагенезисы разрывных структур (вверху) и поля тектонических напряжений (внизу) 2-го регионального масштабного уровня (А – Д), восстановленные на участке исследований.

1 – магистральный сместитель 1-го порядка (а – жирная линия) и разрывы 2-го порядка (б – тонкая линия); 2 – сдвиги; 3 – взбросы; 4 – сбросы; 5 – направления действия главных нормальных напряжений растяжения (а) и сжатия (б).

Количество решений (3-го регионального уровня), входящих в состав парагенезисов (2-го регионального уровня), обозначено цифрами

Что касается реконструкции напряженного состояния 1-го регионального уровня (по [22]), то площадь изучаемого участка представляется недостаточной для такого анализа. Тем не менее некоторые из восстановленных

полей напряжений могут претендовать на принадлежность к более высокому уровню – это поля сжатия и растяжения СЗ – ЮВ (см. рис. 6, А, Д), которые проявлены наибольшим количеством решений (см. рис. 5, направление VI), более равномерно распределенных по участку и встречающихся за его пределами, большим количеством взаимно-линейно ориентированных трещинных парагенезисов с близкими значениями угла скальвания.

Согласно оценкам ряда параметров относительного возраста, наиболее древними полями напряжений 2-го регионального уровня являются поля СЗ – ЮВ сжатия и ССВ – ЮЮЗ сжатия, а наиболее молодым – поле СЗ – ЮВ растяжения. Поскольку реконструкция полей проведена по следам хрупких деформаций, возраст самого древнего из них не превышает времени первого возможного образования постметаморфических трещин в породах.

Выделенные типы и относительный возраст полей напряжений не противоречат известным из литературы данным об этапности формирования структуры земной коры Прибайкалья. Одной из обобщающих работ, созданной на основе результатов работ многих исследователей, является статья Д. Дельво с соавторами [30; 31], в которой рассматриваются геодинамические стадии развития Байкальского региона. Следуя таблице региональных стресс-тензоров, земная кора в районе современного центрального Байкала в палеозое деформировалась в следующих полях напряжений: субмеридиональное сжатие (поздний кембрий – ранний ордовик), СЗ – ЮВ сжатие (средний – поздний силур), субширотное сжатие (каменноугольный период) [30]. К палеозою могут относиться восстановленные в процессе структурно-парагенетического анализа трещин поля СЗ – ЮВ и ССВ – ЮЮЗ сжатия регионального уровня (см. рис. 6, А, Б) как наиболее древние. В мезозое центральная часть рифта, по-видимому, была слабо затронута тектоническими процессами (в таблице стресс-тензоров по [30] нет данных). В кайнозое в течение прото-рифтовой стадии (поздний олигоцен – ранний плиоцен) в районе центрального Байкала предполагается последовательное изменение напряженного состояния от транспрессии к транстенсии, а на стадии активного рифтинга (поздний плиоцен – четвертичный период) установлен режим чистого растяжения [31]. К кайнозою можно отнести восстановленные в результате парагенетического анализа трещин поля сдвига (северо-восточное направление зоны скальвания), ССВ – ЮЮЗ растяжения и СЗ – ЮВ растяжения (см. рис. 6, В, Г, Д).

При проведении структурно-геологических наблюдений на участке были отмечены кинематические признаки перемещений по трещинам, такие как штрихи и борозды, зеркала скольжения и смещения маркирующих слоев, которые по большей части локализованы в прибрежной зоне с хорошей обнаженностью горных пород. В половине случаев следы смещений ориентированы согласно последнему этапу СЗ – ЮВ растяжения в центральной части Байкальского рифта.

Ориентировка реконструированных зон скальвания регионального уровня, а значит и соответствующего напряженного состояния (см. рис. 6),

частично подтверждается геологическими данными. Во-первых, в ходе полевых исследований на обнаженном береговом склоне участка закартированы разломы, представленные зонами тектонитов, роза-диаграмма их простираний показывает преимущественные субширотное и северо-восточное направления. Во-вторых, на территории центрального Байкала имеются установленные разломы не только северо-восточного направления, преобладающего в рифтовой зоне, но и разломы субширотной ориентировки [1; 7; 12].

Относительно равномерное расположение точек наблюдения на участке Тажеран и полученное в результате структурно-парагенетического анализа множество локальных решений, каждое из которых характеризует разрывную сеть зоны скалывания определенного типа и ориентировки в небольшом объеме горных пород, являются основой для построения карты разломных зон исследуемого участка. По нескольким соседним точкам наблюдения с однотипными решениями можно оконтурить область действия соответствующего поля напряжений. В связи с этим расположение парагенезисов какой-либо группы (3-й региональный уровень по [22]) вдоль одной линии позволяет выделить последнюю как ось разломной зоны, при условии небольшого расстояния между точками и близких значений элементов залегания главных систем трещин, отражающих положение условного разломного сместителя. При этом в соседних точках наблюдения одной линейной области углы скалывания между сопряженными тектоническими трещинными разрывами часто имеют близкие значения, что указывает на одновозрастность и принадлежность к одной разломной зоне. Некоторые линейные области с разными типами парагенезисов имеют одинаковое простирание и частично совпадают на площади, это свидетельствует о многоэтапности развития горных массивов и об активизации более древних разломных зон. По выделенным линейным областям однотипных решений построена карта разломных зон (рис. 7).

По строению разрывная структура участка представляет собой сеть разломных зон (см. рис. 7), подавляющее большинство из которых являются зонами повышенной трещиноватости (зоны скалывания – разломные зоны ранней стадии развития до начала формирования разломного сместителя по [17]). Оставшиеся – собственно разломы (разломные зоны стадии полного разрушения по [17]), представленные разнотипными тектонитами, приурочены к юго-восточной части массива в зоне Морского разлома, признаков значительного их продолжения вглубь и за пределы массива не обнаружено при полевых работах. В соответствии с относительным возрастом восстановленных полей региональных тектонических напряжений построена также схема поэтапного формирования и активизации разломных зон исследуемого участка. Ориентировка и морфогенетические типы реконструированных разломных зон на участке подтверждают известные данные о наследовании и активизации разрывной сети в Байкальской рифтовой зоне [12].

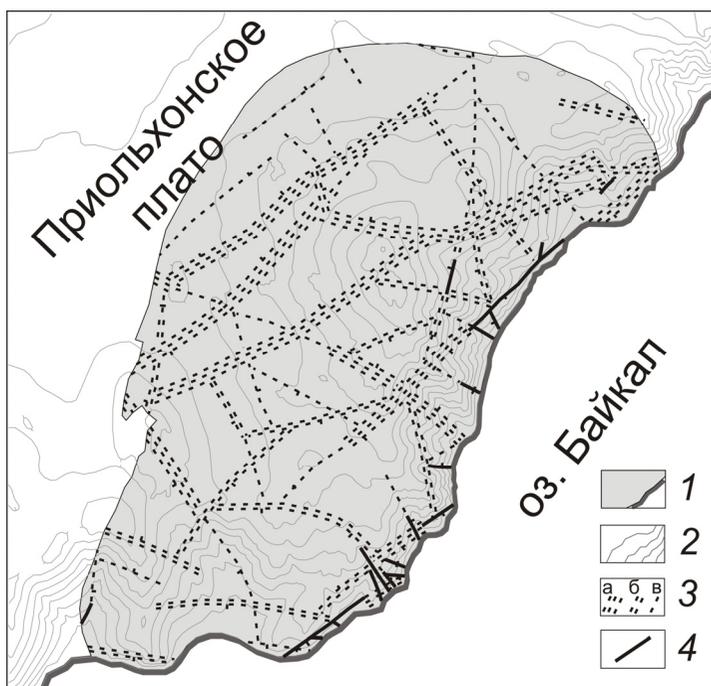


Рис. 7. Карта разломных зон Тажеранского массива, построенная по результатам структурно-парагенетического анализа трещиноватости.

1 – участок исследований и береговая линия; 2 – горизонтали рельефа (проведены через 25 м); 3 – разломные зоны: а – активизированные на двух и более этапах тектонического развития (в разных полях напряжений регионального уровня), б – сформированные в течение одного этапа в одном поле напряжения, в – проведенные по четко выраженному трещинному структурному парагенезису и линейментам; 4 – разломы, подтвержденные геологическими данными (зоны тектонитов)

Выводы

В итоге детального анализа трещинных сетей оценены возможности нового метода и сформулированы следующие основные выводы.

1. Применение новой методики дает серию существенных преимуществ при проведении площадных геолого-структурных исследований:

- использование в качестве базового фактического материала повсеместно распространенной «немой» трещиноватости;
- возможность выявить поле напряжений регионального уровня при исследовании небольшого участка благодаря статистическому характеру исходных данных;
- повышение достоверности метода с увеличением числа точек наблюдения.

2. В результате применения нового структурно-парагенетического метода на примере участка Тажеран:

– реконструированы локальные стресс-тензоры, отражающие на уровне коренного выхода все типы динамических обстановок различных направлений – сжатие, растяжение и сдвиг, разнообразие которых обусловлено влиянием вещественных и структурных неоднородностей;

– восстановлены региональные поля напряжений для Приольхонья (Западное Прибайкалье) и последовательность их существования от наиболее древнего (ранний палеозой) к современному: сжатие (СЗ – ЮВ) – сжатие (ССВ – ЮЮЗ) – сдвиг (ось сжатия – С – Ю, ось растяжения – З – В) – растяжение (ССВ – ЮЮЗ) – растяжение (СЗ – ЮВ), самые интенсивные и, возможно, продолжительные этапы деформации обусловлены напряженным состоянием СЗ – ЮВ сжатия и аналогичным образом ориентированного более позднего растяжения;

– проведена реконструкция разломных зон на участке, соответствующих региональным полям тектонических напряжений.

Новый структурно-парагенетический подход к анализу трещиноватости может быть рекомендован в качестве дополнительной составляющей комплексного изучения разломных зон земной коры и необходимого элемента в полевых тектонофизических исследованиях.

Автор выражает благодарность доктору геолого-минералогических наук К. Ж. Семинскому за постановку темы и общее руководство исследованиями, кандидату геолого-минералогических наук А. В. Черемных за предоставленные полевые материалы и помощь в экспедиционных работах, аспирантам А. А. Тарасовой, Р. М. Зарипову, ст. лаборанту А. А. Решиловой – за помощь в сборе полевых материалов.

Список литературы

1. Активная тектоника Байкала / К. Г. Леви [и др.] // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36, № 10. – С. 154–163.
2. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Прикладной аспект / К. Ж. Семинский [и др.]; отв. ред. С. И. Шерман. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео». – 2005. – 294 с.
3. Геологическая карта массива Тажеран : карты / В. С. Федоровский [и др.]. – 1 : 10 000. – М. : Изд. Группы компаний А1 TIS, 2009.
4. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины / О. Б. Гинтов. – Киев : Феникс, 2005. – 575 с.
5. Гзовский М. В. Основные вопросы тектонофизики и тектоника Байджансайского антиклинория : в 4 ч. / М. В. Гзовский ; отв. ред. В. В. Белоусов. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – Ч. 3, 4. – 544 с.
6. Гзовский М. В. Основы тектонофизики / М. В. Гзовский. – М. : Наука, 1975. – 536 с.
7. Карта разломов юга Восточной Сибири : карты . 1 : 1 500 000 / П. М. Хренов. – 1982.
8. Конев А. А. Контактный метаморфизм и метасоматоз в ореоле Тажеранской щелочной интрузии / А. А. Конев, В. С. Самойлов. – Новосибирск : Наука, 1974. – 244 с.

9. Михайлов А. Е. Структурная геология и геологическое картирование: учеб. пособие для вузов / А. Е. Михайлов. – М. : Недра, 1984. – 464 с.
10. Невский В. А. Трещинная тектоника рудных полей и месторождений / В. А. Невский. – М. : Недра, 1979. – 224 с.
11. Николаев П. Н. Методика тектонодинамического анализа / П. Н. Николаев. – М. : Недра, 1992. – 295 с.
12. Плешанов С. П. Некоторые вопросы кинематики развития разломов центральной части Байкальского рифта / С. П. Плешанов, А. А. Ромазина // Проблемы разломной тектоники. – Новосибирск : Наука, 1981. – С.129–141.
13. Расцветаев Л. М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. Ч. 2. – М. : ГИН АН СССР, 1987б. – С. 173–235.
14. Ребецкий Ю. Л. Обзор методов реконструкции тектонических напряжений и сеймотектонических деформаций // Тектонофизика сегодня (к юбилею М. В. Гзовского). – М. : ОИФЗ РАН, 2002. – 436 с.
15. Родыгин А. И. Азимутальные проекции в структурной геологии / А. И. Родыгин. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1981. – 136 с.
16. Сдвиговый тектогенез и щелочно-базитовый магматизм в коллизионной системе каледонид Западного Прибайкалья / В. С. Федоровский [и др.] // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – С. 682 – 700.
17. Семинский К. Ж. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Тектонофизический аспект / К. Ж. Семинский. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. – 243 с.
18. Семинский К. Ж. Новый подход к анализу хаотической трещиноватости вблизи разломных сместителей / К. Ж. Семинский, Ю. П. Бурзунова // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 3. – С. 330–343.
19. Семинский К. Ж. Новый подход к изучению тектонической трещиноватости в разрывных зонах / К. Ж. Семинский, А. С. Гладков // Геология и геофизика. – 1991. – № 5. – С. 130–140.
20. Семинский К. Ж. Принципы и этапы спецкартирования разломно-блоковой структуры на основе изучения трещиноватости / К. Ж. Семинский // Геология и геофизика. – 1994. – Т. 35, № 9. – С.112–130.
21. Семинский К. Ж. Соотношения углов между системами сопряженных трещин вблизи сместителей сдвигов, сбросов и надвигов / К. Ж. Семинский // Докл. АН. – 1997. – Т. 354, № 3. – С. 361–363.
22. Семинский К. Ж. Трещинные сети и напряженное состояние кайнозойских осадков Байкальского рифта: новые возможности структурно-парагенетического анализа / К. Ж. Семинский, А. В. Черемных // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 3. – С. 450–469.
23. Сим Л. А. Полевые методы реконструкции тектонических напряжений / Л. А. Сим // Современная тектонофизика. Методы и результаты : материалы первой молодеж. школы-семинара. – М. : ИФЗ, 2009. – С. 277–287.
24. Стоянов С. Механизм формирования разрывных зон / С. Стоянов. – М. : Недра, 1977. – 144 с.
25. Федоровский В. С. Купольный тектогенез в коллизионной системе каледонид Западного Прибайкалья / В. С. Федоровский // Геотектоника. – 1997. – № 6. – С. 56–71.
26. Чернышев С. Н. Трещины горных пород / С. Н. Чернышев. – М. : Наука, 1983. – 240 с.

27. Шерман С. И. Методика изучения и анализа количественных параметров разломов литосферы : метод. пособие / С. И. Шерман. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2002. – 60 с.

28. Шерман С. И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения / С. И. Шерман, Ю. И. Днепровский. – Новосибирск : Наука, 1989. – 158 с.

29. Hancock P. L. Brittle microtectonics: Principles and practice // J. of Struct. Geol. – 1985. – Vol. 7, N 3/4. – P. 437–457.

30. Paleostress reconstruction and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Pt. I: Palaeozoic and Mesozoic pre-rift evolution / D. Delvaux [et al.] // Tectonophysics. – 1995. – Vol. 252. – P. 61–101.

31. Paleostress reconstruction and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Pt. II: Cenozoic rifting / D. Delvaux [et al.] // Tectonophysics. – 1997. – Vol. 282. – P. 1–38.

32. Riedel W. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen // Zbl. Mineralogie, Geol. Und Palaentol. – 1929. – Abt. B, 30. – S. 354–368.

Structural Paragenetic Analysis of Irregular Joint Systems by the Example of Area Tazheran (Pribaikalie)

Yu. P. Burzunova

Abstract. The new structural paragenetic method for analysis of jointing was used at the one area in Priolhonie (West Pribaikalie). The method based on matching of natural joint systems to standard fracturing networks. The analysis identifies local stress tensor at bed-rock outcrops and regional stress fields, taking part in tectonic evolution of Priolhonie, and gives to construct a fault zones map of the area and sketches for their stage formation.

Keywords: fracture paragenesis, joint systems, fault zone, stress field.

*Бурзунова Юлия Петровна
ведущий инженер; внештатный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 42-74-78*

*Burzunova Yuliya Petrovna
Leading Engineer; Part-Time Member
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 42-74-78*