

УДК 551.243

РАЗЛОМНЫЕ ЗОНЫ ТАЖЕРАНСКОГО МАССИВА СИЕНИТОВ (ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТРУКТУРНО-ПАРАГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Ю.П. Бурзунова¹

Институт земной коры СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

Для исследования трещинно-разрывной структуры Тажеранского интрузивного массива в Приольхонье (Западное Прибайкалье) применен новый структурно-парагенетический метод, основанный на сравнении природных трещинных сетей с эталонными разрывными сетями.

На первом этапе структурно-парагенетического анализа осуществляется реконструкция для одного коренного выхода напряженного состояния локального объема горных пород и установление его принадлежности к определенной зоне локального разлома 1-го порядка; всего по участку получено 308 решений. Вторым этапом нового метода является поранговый анализ, в процессе которого осуществляется переход от локального ранга разломов (зон скальвания) и полей напряжений к региональному; на участке исследования определено пять типов решений регионального уровня.

Типы и относительный возраст выделенных региональных полей напряжений не противоречат известным из литературы данным об этапности формирования структуры земной коры Прибайкалья от палеозоя (сжатие) до кайнозоя (сдвиг и растяжение), а в некоторых случаях совпадают с ними. Ориентировка реконструированных зон скальвания регионального уровня подтверждается данными о разломах центральной части Байкальского рифта. Это свидетельствует о достоверности анализа трещиноватости.

На основе полученных решений по зонам скальвания разного типа и ориентировки для Тажеранского массива построена карта разломных зон, многие из которых классифицируются как зоны повышенной трещиноватости (зоны скальвания). В соответствии с относительным возрастом восстановленных ранее полей напряжений регионального ранга для исследуемого участка построена схема поэтапного формирования и активизации разломных зон.

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

TAZHERAN SYENITE MASSIF FAULT ZONES (WEST PRIBAIKALIE) BY THE RESULTS OF STRUCTURAL PARAGENETIC ANALYSIS OF MESO-FRACTURING

Yu.P. Burzunova

Institute of the Earth Crust SB RAS, 128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.

A new structural paragenetic method based on the comparison of natural joint systems with standard fracturing networks is applied for studying the joint-fracture structure of Tazheran intrusive massif in the Priolkhonie (West Pribaikalie).

In the first stage of structural paragenetic analysis we have reconstructed the stress state of local volume of rocks for a one bed-rock and determined its belonging to a specific zone of 1st order local fault. We received 308 solutions for the research area. The second stage of the new method is rank analysis involving the transition from local rank of faults (shearing zones) and stress fields to the regional one. We have identified five types of regional level solutions in the site under investigation.

The types and relative age of identified regional stress fields do not contradict and in some cases, do coincide with the data known from the literature on the formation stages of the Baikal region crustal structure from the Paleozoic (compression) to the Cenozoic (shear and extension). The orientation of the reconstructed regional stress fields is justified by the data on the faults of the central part of Baikal rift that proves the validity of the meso-fracturing analysis.

Based on the conclusions by different-type shearing zones and orientations we construct the map of fault zones for Tazheran massif. Many of the fault zones are classified as zones of increased fracturing (shearing zones). In accordance with the relative age of the regional stress fields recovered earlier a scheme of fault zone gradual formation and activation has been constructed for the area under investigation.

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

¹Бурзунова Юлия Петровна, ведущий инженер лаборатории тектонофизики, e-mail: burzunova@crust.irk.ru
Burzunova Yulia, Leading Engineer of the Laboratory of Tectonophysics, e-mail: burzunova@crust.irk.ru

Введение. Разломы как крупные дизъюнктивные дислокации в земной коре являются необходимыми структурными элементами геологической, тектонической и других карт. С позиций тектонофизики разлом представлен не только слоем тектонитов главного сместителя, но и большим по размеру объемом горных пород – разломной зоной, где имеют место генетически связанные с его формированием разрывные и пластические деформации, в том числе и разрывы самого мелкого масштабного ранга – трещины. Повсеместно развитая трещиноватость является одной из важнейших характеристик горных пород. Изучение особенностей трещинной структуры может дать информацию о строении и формировании разломов, их генетической природе и истории геологического развития. Это имеет не только научное, но и практическое значение: разломы и трещины часто определяют морфологию и условия залегания рудных тел и закономерности их размещения. Исследование разрывной структуры горных массивов необходимо в решении горнотехнических задач при разведке и отработке месторождений, задач инженерной геологии и сейсмологии.

Повышенной плотностью разломов и трещин отличаются тектонически активные области, для которых характерны значительные по величине тектонические напряжения и относительно частая смена их во времени. Как следствие, трещиноватость в таких регионах нередко имеет сложное строение и отличается разнообразными направлениями трещин и большим количеством трещинных систем, образуя хаотические сети, в отличие от более простых системных сетей трещин [2, 10]. Существует множество методов исследования приразломной трещиноватости и условий ее формирования, основанных на изучении геометрии и взаимного расположения трещин, их морфологии, следов смещений на их плоскостях. В дополнение к ним эффективным способом исследования разломных зон явля-

ется *новый подход* к структурно-парагенетическому анализу тектонической и преимущественно хаотической [10] трещиноватости, методика которого заключается в *сравнении природной сети трещин с эталонными трещинными сетями* [7].

Данный методический подход позволяет на основе статистических замеров ориентировок трещин без признаков смещений на их плоскостях определить поле напряжений и парагенезис разрывов в небольшой зоне скалывания (морфогенетический тип мелкой разломной зоны). При условии массового площадного изучения трещинных парагенезисов новый подход позволяет также выявить закономерности возникновения и развития разрывов более крупного ранга, то есть в процессе реконструкции напряженного состояния перейти от локальных полей напряжений в отдельных пунктах наблюдения к региональному полю напряжений (поранговый анализ), от трещинных парагенезисов – к разломным [9]. Увеличение количества исходных данных и пунктов наблюдения повышает достоверность и эффективность парагенетического метода, поэтому необходимо отработать его применение с использованием большого фактического материала.

Цель исследования – на примере Тажеранского сиенитового массива в Западном Прибайкалье применить методику структурно-парагенетического анализа трещин на основе большого количества статистических данных по трещиноватости и выявить особенности разрывной структуры участка, в частности местоположение и условия формирования разломных зон.

В качестве полигона для исследования трещинно-разрывной структуры представлен участок в центральной части Байкальской рифтовой зоны, расположенный на территории Тажеранского интрузивного массива площадью примерно 8 км², детально изученного в геологическом плане [3]. Массив сложен

(на уровне современного денудационного среза) по большей части сиенитами, нефелиновыми сиенитами, сиенитогнейсами, роговиками по метагабброидам, субщелочными габбро. В меньшем количестве присутствуют пироксениты, карбонатиты, кварциты, роговики и скарны, граниты (возраст пород массива – около 470 млн лет). Массив окружают типичные для Приольхонья метаморфические породы (возраст – около 500 млн лет): мраморы, амфиболиты, гнейсы, метаморфизованные габбро и диориты.

На участке проведены геолого-структурные наблюдения с массовыми замерами трещин (108 замеров примерно по 100 штук) на 90 станциях (рис. 1). Большинство трещин имеет тектоническое происхождение, что обусловлено положением участка в тектонически активном регионе: в интрузивных породах трещины образованы под влиянием тектонической рамы (напряженное состояние вмещающих горных пород) [10]. Кроме того, наблюдается значительное преобладание трещин скалывания над трещинами отрыва, что свидетельствует

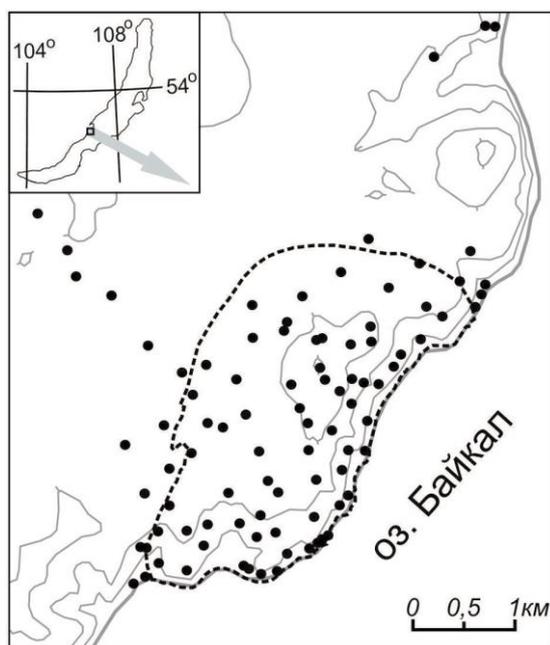


Рис. 1. Станции наблюдения на участке исследований. Пунктиром указана граница Тажеранского массива; горизонтали рельефа проведены через 100 м; черные кружки – станции наблюдения

об их тектонической природе. В ходе экспедиционных работ на станциях наблюдения зафиксированы также структурные особенности коренных выходов: залегание пород, основные системы трещин, плотность трещиноватости, зоны проявления тектонитов (разломные сместители), зоны повышенной трещиноватости, кинематические данные.

В процессе работ по сбору массовых замеров трещин для структурно-парагенетического анализа, в ходе которого важно расшифровать происхождение каждой системы трещин вне зависимости от ее интенсивности, необходимо придерживаться следующих рекомендаций. Поскольку методика парагенетического анализа предполагает изучение именно приразломной трещиноватости, для массового замера выбирается коренной выход (или его часть) с преобладанием тектонических сколовых трещин. Массовый замер трещин в количестве 100 штук в достаточной мере передает особенности трещинной сети в локальном объеме горных пород [10].

Для сравнения сетей в разных пунктах наблюдения желательно придерживаться одинакового количества трещин в замерах. Меньшим числом измерений (до 50 штук) можно обойтись только в простейших случаях, когда в массиве имеется 3–4 системы с малым разбросом параметров. Также в виде исключения делается меньший замер в случае небольшой величины обнажения горных пород вследствие задернованности. Сбор данных должен производиться на выбранном интервале для всех трещин подряд без пропусков в одном направлении, а не только для более «удобных» для замера плоскостей, каждую последующую трещину следует выбирать другой ориентировки. Площадь замера варьирует в зависимости от плотности трещин и составляет при замере 100 штук от 1 до 10–15 м². В примечании к описанию каждой трещины указывается ее тип (скол, отрыв), ранг, минерализация на поверхности, запол-

нитель, штрихи и другие особенности, по которым можно группировать трещины подобного типа и близкого возраста. Замер должен производиться в одной породе, в структурно однородной части обнажения (зона трещиноватости или менее нарушенные породы) с примерно одинаковой плотностью трещин, а закономерное изменение каких-либо параметров в пределах обнажения (например, сгущения трещин по ходу замера) должно отмечаться в полевом дневнике. По каждому массовому замеру построена круговая диаграмма (стереограмма) трещиноватости в верхней полусфере равноугольной проекции Вульфа (рис. 2, а). Диаграммы являются основным исходным материалом для анализа. Большинство трещинных сетей на участке исследований хаотические и не имеют следов смещений, что вполне удовлетворяет необходимым условиям для отработки возможностей нового метода структурно-парагенетического анализа.

Методика исследования. В основе нового методического подхода лежат известные закономерности разрывообразования на уровне разломов и трещиноватости [4, 12, 15]. Согласно современным тектонофизическим представлениям, внутренняя структура разломных зон земной коры формируется в разнотипных полях напряжений 2-го порядка, которые существуют в отдельные моменты ее развития и закономерно сменяют друг друга путем переиндексации осей напряжений в одном и том же объеме горных пород, являясь причиной формирования второстепенных опережающих разрывов (*R*-, *t*- и *n*-серий) в зонах скалывания. Процесс переиндексации осей напряжений на уровне трещин имеет свои особенности, а именно формирование тройственного парагенезиса из трех примерно ортогональных систем трещин (тройка систем трещин) [8], который часто встречается в природе и образует трещинную сеть в мелких разломных зонах. Трещиноватость в области действия нескольких второстепенных полей

напряжений в зоне одного крупного разлома представляет собой совокупность троек систем трещин и образует сложную, внешне хаотическую трещинную сеть. Для интерпретации таких хаотических сетей в рамках нового подхода разработаны эталонные (идеализированные) трещинные сети, характерные для разломных зон разного морфогенетического типа (сброс, взброс, надвиг, левый и правый сдвиги) [7], развитых в наиболее распространенных элементарных геодинамических обстановках. Для удобства сравнения с диаграммами природной трещиноватости (рис. 2, б) каждый эталон представлен в виде кругового трафарета в проекции верхней полусферы, на котором значками показан магистральный разломный сместитель, более мелкие разломы 2-го порядка и соответствующие им тройки систем трещин. Структурно-парагенетический анализ проводится в два этапа.

Первый этап [7] заключается в реконструкции для одного коренного выхода особенностей напряженного состояния локального объема горных пород и установлении его принадлежности к определенной зоне разлома 1-го порядка (см. рис. 2). На структурную диаграмму природной трещинной сети (см. рис. 2, а) накладываются различные эталоны (эталон левого сдвига на рис. 2, б), из которых выбирается наиболее подходящий по совокупности совпадающих систем трещин (рис. 2, в).

В итоге определяется решение структурно-парагенетического анализа: ориентировка и морфогенетический тип зоны скалывания (разломной зоны), входящие в ее состав структуры 2-го порядка (в природе обычно встречаются трещинные сети с неполным набором данных разрывных систем) (рис. 2, г), а также поле напряжений 1-го порядка, в котором сформировалась данная трещинная сеть (рис. 2, д).

Вторым этапом является поранговый анализ [9], в процессе которого осуществляется переход от локального

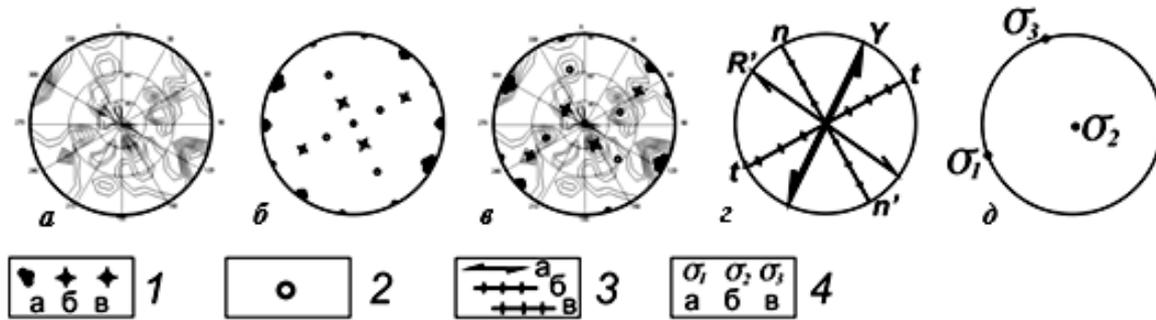


Рис. 2. Структурно-парагенетический анализ круговой диаграммы и его результаты на примере трещинной сети из левосдвиговой разломной зоны:

а, б, в – природная (а) и эталонная (б) трещинные сети и их сопоставление (в); г – структурные элементы зоны скалывания; д – реконструкция поля напряжений.

1 – полюсы главных систем трещин, соответствующих сопряженным разрывам 2-го порядка: сдвига (а), взброса (б) и сброса (в); 2 – полюсы второстепенной и дополнительной систем трещин; 3 – простирание главного сместителя (Y) и разломов 2-го порядка (R, R', t, t', n, n'); сдвигов (а), взбросов (б) и сбросов (в) в зоне скалывания; 4 – оси главных нормальных напряжений: минимального (а), промежуточного (б) и максимального (в) сжатия (выход на верхнюю полусферу)

ранга разломов (зон скалывания) и полей напряжений к региональному при условии, что разломы более низкого ранга являются структурами 2-го порядка для разломов более высокого ранга. Для земной коры Прибайкалья выделяются [9] разноранговые разрывные структуры и тектонические напряжения трех региональных масштабных уровней, 1-му иерархическому уровню соответствуют рифтообразующие тектонические нарушения.

Вначале выявляются мелкие региональные разломы и соответствующие поля напряжений 3-го масштабного уровня путем сравнения ориентировки и типа локальных разломов с эталонами второстепенных структур у разлома 1-го порядка. Затем таким же образом проводится выделение региональных разломов и полей напряжений (групп решений) 2-го масштабного уровня. В дополнение к используемой методике [9] осуществляется оценка каждой группы решений – парагенезисов трещинных сетей – с помощью ряда предложенных ниже количественных параметров, которые косвенным образом характеризуют ранговые соотношения, а также относительные возраст и интенсивность воздействия рассматриваемого поля напряжений, достоверность выделения

разломных зон (линейное расположение точек наблюдения с разломными 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 другие. Таким же образом определяются разломные зоны и поля напряжений 1-го регионального уровня, когда зона скалывания, выявленная по наличию определенного парагенезиса разрывов 2-го порядка, будет отражать существование еще более крупного ранга разломов [9].

Результаты исследования. *Локальные и региональные поля напряжений.* В ходе анализа вначале восстановлены локальные стресс-тензоры для каждого коренного выхода горных пород. В большинстве пунктов наблюдения исследуемого участка для одной трещинной сети найдено несколько решений (парагенезисов и соответствующих полей напряжений) разной степени достоверности, свидетельствующих о различных напряженных состояниях в процессе геологического развития. До-

стоверность решений определена по следующим структурным параметрам: величине угла скалывания и интенсивности максимумов главной тройки систем трещин в решении, направленным разбросам (асимметрия) максимумов, распределении на диаграмме трещин разной морфологии и генезиса. Также принимались во внимание структурные особенности массива горных пород. Всего по участку получено 308 решений (разной степени достоверности) локальных полей напряжений и парагенезисов зон скалывания для разных морфогенетических типов разломных зон (из них 106 сбросов, 115 взбросов, 43 правых и 44 левых сдвига).

Затем в процессе порангового анализа по методике [9] с применением вышеупомянутой оценки групп решений по ряду параметров выделено пять типов решений 2-го регионального уровня. Самыми интенсивными и, возможно, продолжительными по времени являются поля напряжений СЗ-ЮВ сжатия, а также СЗ-ЮВ растяжения. 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. Данные поля тектонических напряжений и соответствующие парагенезисы разрывных структур относятся ко 2-му региональному уровню.

Согласно оценкам параметров относительного возраста, наиболее древними полями напряжения 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. Что касается реконструкции напряженного состояния 1-го регионального уровня (масштабный уровень Байкальского

рифта по статье [9]), площадь изучаемого участка представляется недостаточной для такого анализа. Тем не менее, некоторые из восстановленных полей напряжений по ряду признаков могут претендовать на принадлежность к более высокому уровню – это сжатие и растяжение по направлению СЗ-ЮВ.

Выделенные типы и относительный возраст полей напряжений не противоречат известным из литературы данным об этапности формирования структуры земной коры Прибайкалья от палеозоя (сжатие) до кайнозоя (сдвиг и растяжение) [3, 13, 14]. Изучением геодинамической эволюции Южной Сибири занимались многие отечественные и некоторые зарубежные исследователи. Одной из обобщающих работ, созданной на основе результатов разных авторов, является работа Д. Дельво с соавторами [13, 14], в которой рассматриваются региональные стресс-тензоры и геодинамические стадии развития Байкальского региона. Согласно таблице региональных стресс-тензоров [13], 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). К палеозою можно отнести восстановленные в процессе структурно-парагенетического анализа трещин поля СЗ-ЮВ и ССВ-ЮЮЗ сжатий регионального уровня как наиболее древние. В мезозое центральная часть рифта, по видимому, была слабо затронута тектоническими процессами (в таблице стресс-тензоров [13] по мезозою нет данных). В кайнозое в течение проторифтовой 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 [14].

К кайнозою можно отнести восстановленные в результате парагенетического анализа трещин поля сдвига (северо-восточное направление зон скалывания), ССВ-ЮЮЗ растяжения и СЗ-ЮВ растяжения. Ориентировка реконструированных зон скалывания регионально уровня подтверждается геологическими данными по разломам [1, 5, 6].

Разломные зоны. На основе результатов структурно-парагенетического анализа с использованием полученных решений по зонам скалывания разного типа и ориентировки (рис. 3) построена карта-схема разломных зон исследуемого участка (рис. 4). Вначале решения, а именно локальные зоны скалывания, вынесены на карту в виде знаков, показывающих простирание главной системы трещин в решениях с указанием угла падения и угла между глав-

ной и второстепенной сопряженными [7] системами трещин (см. рис. 3, а). Разломные зоны выделены методом оконтуривания линейных областей действия однотипных, восстановленных в процессе анализа трещиноватости локальных полей напряжений при условии близких значений элементов залегания главных систем трещин и углов между сопряженными трещинными системами в соседних пунктах наблюдения, указывающих на одновозрастность и принадлежность трещинных парагенезисов к одной разломной зоне (см. рис. 3). Оси разломных зон обозначены пунктирными линиями, так как точное положение разломного сместителя нам неизвестно (см. рис. 3, б). В береговой части участка существование некоторых выделенных описанным способом разломных зон подтверждается наличием

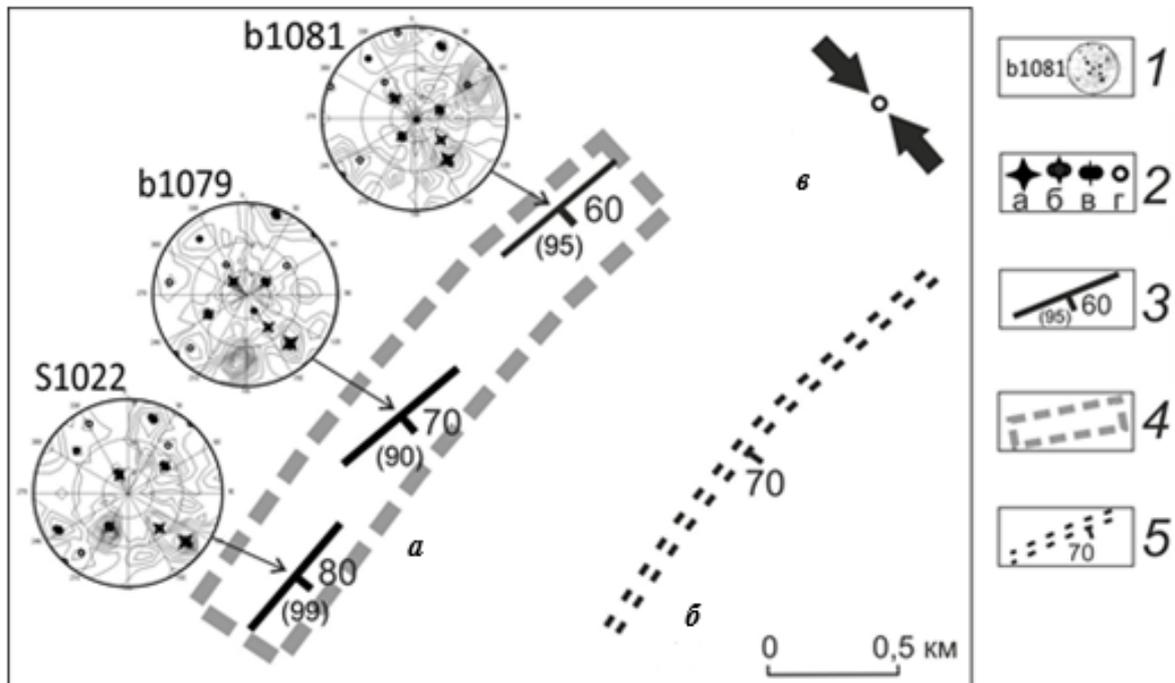


Рис. 3. Пример реконструкции взбросовой разломной зоны (в плане):

а – оконтуривание линейной области точек наблюдения с однотипными трещинными парагенезисами взброса (на диаграммах); б – ось разломной зоны; в – поле напряжений, в котором сформировалась разломная зона (ось сжатия горизонтальна, ось растяжения вертикальна).

1 – точка наблюдения с решением парагенезиса взброса на диаграмме трещинной сети; 2 – полюсы систем трещин, характеризующих разрывы 1-го и 2-го порядка в разломной зоне: взброса (а), сдвиго-взброса (б); сбросо-сдвига (в), второстепенная или дополнительная система трещин в тройке (г); 3 – залегание (знак) и величина угла падения (цифра) главной системы трещин в парагенезисе разломного ранга в точке наблюдения, угол между главной и второстепенной системой трещин (цифра в скобках); 4 – линейная область с однотипными парагенезисами; 5 – схематичное залегание разломной зоны (простирание, азимут, угол падения – средний по решениям)

смещителя в виде зон тектонитов. Некоторые линейные области с разными типами парагенезисов имеют одинаковое простирание и частично совпадают на площади, это свидетельствует о периодической активизации разломных зон и многоэтапности их развития. На карте (см. рис. 4) выделено три типа разломных зон: наиболее достоверные зоны – активизированные на двух и более этапах развития разрывной структуры участка (*a* – тройная пунктирная ли-

ния); зоны, сформированные в течение одного этапа в одном поле напряжений – более достоверные, проведенные по нескольким точкам наблюдения (парагенезисам) (*б* – двойной пунктир, пример на рис. 3); наименее достоверные зоны, проведенные по одному четко выраженному трещинному структурному парагенезису и линейаментам по простиранию его главной системы (*в* – одинарный пунктир).

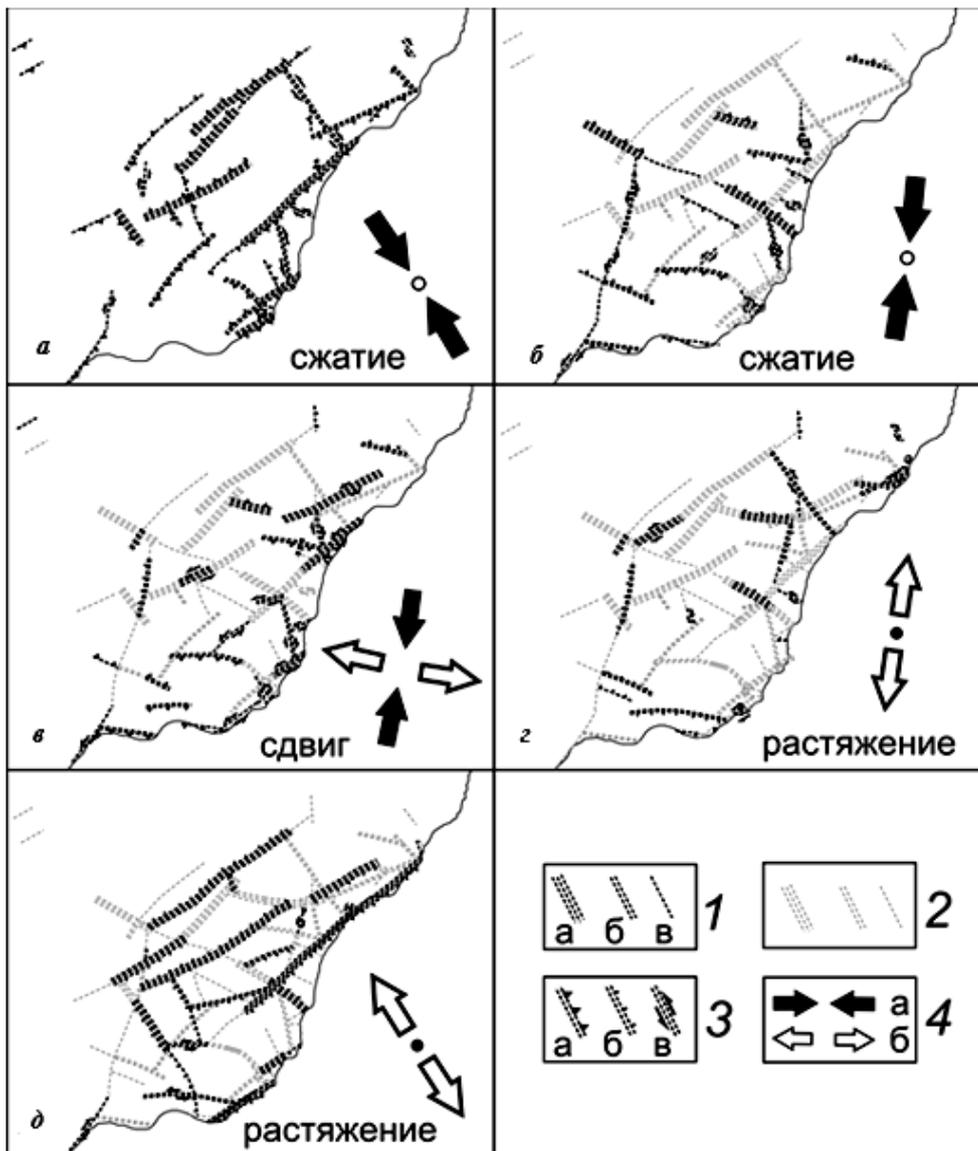


Рис. 4. Схема поэтапного формирования сети разломных зон в районе Тажеранского массива:

1 – разломные зоны: активизированные на двух и более этапах развития – наиболее достоверные зоны (*a*), сформированные в течение одного этапа – более (*б*) и менее (*в*) достоверные; 2 – разломные зоны, сформированные или активизированные на данном этапе; 3 – морфогенетический тип активизированной разломной зоны: взбросовой (*a*), сбросовой (*б*), сдвиговой (*в*); 4 – направление субгоризонтальных осей сжатия (*a*) и растяжения (*б*) главных нормальных напряжений регионального уровня

По строению разрывная структура участка представлена сетью разломных зон, подавляющее большинство из которых является зонами повышенной трещиноватости. Развитие разломной зоны может остановиться на ранней стадии (по работе [7]) до начала формирования разломного сместителя при прекращении действия поля напряжений. В этом случае разломная зона (зона скалывания) представляет собой широкую полосу распространения опережающих трещинных парагенезисов, соответствующих по типу будущему разлому и его второстепенным разрывам. Некоторые разломные зоны на участке в своем развитии дошли до стадии полного разрушения (по работе [7]), когда образуется разломный сместитель (зона тектонитов или собственно разлом), который окаймляется зоной повышенной трещиноватости (область развития не только опережающих, но и сопутствующих и оперяющих трещинных парагенезисов). Разломы, представленные разнотипными тектонитами, приурочены к береговой (юго-восточной) части массива в зоне Морского разлома. Признаков значительного их продолжения вглубь массива при полевых работах не обнаружено. Местоположение и морфогенетические типы реконструированных разломных зон на участке подтверждают известные данные о наследовании и активизации разрывной сети в Байкальской рифтовой зоне [6].

На основе использования реконструированных на участке региональных зон скалывания разного типа и ориентировки построена схема поэтапного формирования и активизации разломных зон в соответствии с относительным возрастом восстановленных полей региональных тектонических напряжений (СЗ-ЮВ сжатие, ССВ-ЮЮЗ сжатие, поле сдвига с С-Ю сжатием и З-В растяжением, ССВ-ЮЮВ растяжение, СЗ-ЮВ растяжение) (см. рис. 4). Схема на рис. 4, д является итоговой и отражает современное состояние разрывной структуры участка.

Заключение. В работе отражены результаты изучения разломных зон Тажеранского сиенитового массива в Приольхонье (Западное Прибайкалье) с помощью структурно-парагенетического анализа трещинных сетей при площадном исследовании и статистическом характере исходных данных, что позволило получить следующие материалы.

На основе реконструкции зон скалывания разного типа и возраста построена карта разломных зон участка и схема их последовательной активизации в полях восстановленных региональных тектонических напряжений – от наиболее древнего (ранний палеозой) к современному: сжатие (СЗ-ЮВ) – сжатие (ССВ-ЮЮЗ) – сдвиг по простиранию СВ (ось сжатия – С-Ю, ось растяжения – З-В) – растяжение (ССВ-ЮЮЗ) – растяжение (СЗ-ЮВ). Разломные зоны выражены зонами повышенной трещиноватости, а также зонами тектонитов, располагающимися главным образом по периферии интрузива. Наиболее представительными являются разломные зоны СВ простирания, обусловленные напряженным состоянием СЗ-ЮВ сжатия и аналогичным образом ориентированного более позднего растяжения.

Материалы подобного рода являются необходимой составляющей для решения многих задач, связанных с процессом разломообразования в земной коре.

Работа выполнена при частичной поддержке программы фундаментальных исследований СО РАН (ОНЗ-7.5).

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

Библиографический список

1. Активная тектоника Байкала / К.Г. Леви, С.М. Бабушкин, А.А. Бадардинов, В.Ю. Буддо, Г.В. Ларкин, А.И. Мирошниченко, В.А. Саньков, В.В. Ружич, Х.К. Вонг, Д. Дельво, С. Колман // Геология и геофизика. 1995. № 10 (36). С. 154–163.
2. Бурзунова Ю.П. Трещинные сети в породах тектонически активных регионов: оценка степени хаотичности // Вестник ИрГТУ. 2014. № 4 (87). С. 45–49.
3. Геологическая карта массива Тажеран. Масштаб 1:10000 / В.С. Федоровский, Е.В. Складов, А.М. Мазукабзов, А.Б. Котов, А.В. Лавренчук, А.Е. Старикова. М: Изд-во ГК А1 GIS, 2009.
4. Гзовский М.В. Основные вопросы тектонофизики и тектоника Байджансайского антиклинория. Ч. 3, 4. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 544 с.
5. Карта разломов юга Восточной Сибири. Масштаб 1:1500 000 / под ред. П.М. Хренова. Л.: ВСЕГЕИ, 1982.
6. Плешанов С.П., Ромазина А.А. Некоторые вопросы кинематики развития разломов центральной части Байкальского рифта // Проблемы разломной тектоники. Новосибирск: Наука, 1981. С. 129–141.
7. Семинский К.Ж. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Тектонофизический аспект. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. 243 с.
8. Семинский К.Ж., Гладков А.С. Новый подход к изучению тектонической трещиноватости в разрывных зонах // Геология и геофизика. 1991. № 5. С. 130–140.
9. Семинский К.Ж., Черемных А.В. Трещинные сети и напряженное состояние кайнозойских осадков Байкальского рифта: новые возможности структурно-парагенетического анализа // Геология и геофизика. 2011. № 3 (52). С. 450–469.
10. Чернышев С.Н. Трещины горных пород. М.: Наука, 1983. 240 с.
11. Эволюция напряженного состояния земной коры Монголо-Байкальского подвижного пояса / А.В. Парфеевец, В.А. Саньков, А.И. Мирошниченко, А.В. Лухнев // Тихоокеанская геология. 2002. № 1 (21). С. 14–28.
12. Hancock P.L. Brittle microtectonics: Principles and practice // J. of Struct. Geol. 1985. V. 7. I. 3/4. P. 437–457.
13. Paleostress reconstruction and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Pt. I: Palaeozoic and Mesozoic pre-rift evolution / D. Delvaux, R. Moyes, G. Stapel, A. Melnikov, V. Ermikov // Tectonophysics. 1995. V. 252. P. 61–101.
14. Paleostress reconstruction and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Pt. II: Cenozoic rifting / D. Delvaux, R. Moyes, G. Stapel, C. Petit, K. Levi, A. Miroshnitchenko, V. Ruzhich, V. San'kov // Tectonophysics. 1997. V. 282. P. 1–38.
15. Park R.G. Foundations of structural geology. London: Chapman & Hall, 1997. 202 p.

Статья поступила 20.02.2015 г.