

ишенькин Б.П., Мишенькина З.Р. и др. Детальные сейсмические исследования литосферы на Р- и S-волнах. -Новосибирск: Наука, 1993. -199 с. 9. Литвиновский Б.А., Артюшков Е.В., Занвилевич А.Н. О природе магматизма Монголо-Забайкальского пояса // Геология и геофизика. -1989. -№ 2. -с. 32-40. 10. Письменный Б.М., Алакшин А.М., Поспеев А.В., Мишенькин Б.П.

Геология и сейсмичность зоны БАМ. Глубинное строение. Новосибирск: Наука, 1984. -174 с. 11. Рингвуд А.Е. Состав и петрология верхней мантии Земли. М.: Недра, 1981. -584 с. 12. Шерман С.И., Леви К.Г. Трансформные разломы Байкальской рифтовой зоны // Докл.АН СССР. -1977. -т.233. -№2. -с.454-464.

6.1. Новый этап в изучении разломной тектоники литосферы

С.И.Шерман

Институт земной коры СО РАН

Введение. Тектоническая трещиноватость, разломы земной коры и литосферы являются теми геологическими объектами, к которым под разными углами зрения обращаются специалисты многих областей геологии и геофизики. Повышенное внимание к разрывам различных масштабов поверхности Земли вызвано их громадным влиянием на комплекс эндогенных и экзогенных процессов, в том числе и на социально-экономическое развитие регионов. Все известное о разломах, накопленное почти за 100 лет изучения от линеаментов В.Хоббса, глубинных разломов А.В.Пейве, закономерностей сдвиговой тектоники Д.Д.Мудди и М.Д.Хилла и многих других до характеристики мелкой трещиноватости по разрезам сверхглубоких скважин, никак не снижает научного интереса к этим структурам.

Сегодня, приближаясь к рубежу нового столетия, готовясь к принципиально новым комплексам работ по изучению разрывных структур Земли, желательно суммировать основные результаты и выделить качественные этапы, отражающие новые аспекты их развития, чтобы в последующем направить исследования в наиболее актуальное русло проблем разломной тектоники.

Базовые результаты изучения разломов как геологических структур. Накопившийся объем знаний по разломной тектонике (особенно за последние 20-30 лет) огромен. Его простое суммирование практически невозможно. Примерно до 50-х годов текущего столетия шло накопление в основном геологического материала о распространении разломов на Земном шаре, разрабатывались гипотезы, объясняющие их формирование. Небольшую долю в теоретические обобщения вносили результаты физических экспериментов. Начиная с 50-х годов, после публикаций работ М.В.Гзовского (1, 3) и введения понятия тектонофизика, появилась насущная потребность расширить методы полевых геологических исследований экспериментальными работами, главным образом физическим

моделированием. В это же время появляется книга М.В.Гзовского "Математика в геотектонике" (2), акцентирующая внимание на возможности изучения количественных соотношений между различными структурными элементами. Она предопределила подход к возможному качественному скачку в изучении разломов, показав что в основе современных исследований должны лежать тектонофизические методы.

Расширение методов использования математики в разломной тектонике позволило формализовать ряд признаков разломов, ввести понятие о параметрах разломов (15) и способствовало накоплению геологического и экспериментального материала в соответствии с новыми геологическими приемами. Разломы стали изучать не только с чисто геологических позиций, но и под углом зрения сложной во времени и пространстве деструкции физического тела. Разломы представляют собой сложные тела, развитие которых при деформации можно изучать в дву- (плоском), трехмерном (объемном) и даже четырехмерном пространстве. Принимая во внимание, что формирование разломов происходит в масштабах геохронологической шкалы времени - весьма важного геологического параметра - и плоское, и объемное "изображение" разломов необходимо рассматривать соответственно в третьей и четвертой координатах времени. Последовательное обобщение геолого-геофизического материала в такой последовательности позволило получить новые знания о геодинамике разломов.

Тектонофизическое изучение разломов - основа качественного скачка в познании закономерностей деструкции литосферы. Для познания физических закономерностей распространения и развития разломов их удобнее рассматривать как линейно-вытянутые двумерные тела, изображаемые как правило, линиями на мелко- и среднемасштабных геолого-тектонических и структурных картах. Тектонофизическая характеристика разломов-линий легко

преобразуется в численную форму. При подходе к разломам как телам в двух измерениях, т.е. плоским телам, очень четко фиксируется связь между различными параметрами разломов: длиной (L) и глубиной (H) их проникновения, шагом между разломами (M) и длиной (L), длиной (L) и амплитудой смещения (a), плотностью или количеством разломов (N) и средней длиной (L), а также последовательностью развития сетки разломов во времени.

Полученные соотношения между параметрами чаще всего описываются нелинейной зависимостью, вида $y = kx^b$, где x и y соответственно независимая и зависимая переменные, значения которых равны L , H , M , а k и b - эмпирические константы. Конкретные формулы соотношений опубликованы ранее (15, 19).

Наиболее общим из этих выражений является зависимость $L = kN^b$. Распределение разломов по длинам в структуре литосферы подчиняется закону о нормальном распределении. Полученное соотношение позволяет сделать вывод, что при формировании сетки разломов, т.е. при мега- и макроразрушении горных пород в естественных условиях, независимо от степени тектонической активности проявляются общие закономерности дробления твердых тел. Мы отмечаем подобие процесса разрушения в широком диапазоне масштабов разломообразования в литосфере, в регионах с разными геодинамическими режимами. Более того, зафиксировано, что коэффициент " b " чаще всего имеет значение близкое к $0,4$, и не изменяется в районах с разными геодинамическими режимами. Он отражает физические свойства деформируемой среды и скорее всего является показателем, пропорциональным вязкости геологической среды и скорости ее деформирования.

Нелинейные зависимости связывают и другие параметры разломов (длину и амплитуду смещения, длину и ширину зоны влияния и др.), то есть параметры разломов-линий на поверхности Земли взаимосвязаны между собой нелинейными зависимостями.

Таковы результаты анализа разломов в двумерном измерении в горизонтальной плоскости.

Рассмотрим поведение разлома как плоского тела на глубине, то есть развернем систему координат. Объем статьи позволяет остановиться только на двух вопросах: о нижней границе проникновения разломов и об изменении формы и углов падения плоскостей сместителей разломов на глубине.

Судя по экспериментальным и эмпирическим данным в верхней части земной коры,

между длиной разлома на поверхности и глубиной его проникновения, сохраняется примерное соотношение, близкое к $1:1$ (15). С увеличением протяженности разрывных зон до многих десятков и сотен километров, разрастание их сместителей на глубину затрудняется из-за наличия горизонтальных неоднородностей и изменения реологии среды, что ведет к уменьшению отношения H/L . Общий вид графика связи $H(L)$ описывается уравнением $H=3.89L^{0,76}$ (10).

Минимальные отношения H/L характерны для сдвигов, максимальные - для надвигов. Сбросы занимают промежуточное положение. Таким образом, даже с учетом морфогенетического типа глубина проникновения разломов нелинейно связана с его длиной.

Не менее сложна вторая часть проблемы - изменение формы и углов падения плоскостей разломов на глубине. В последние годы все больше исследователей склоняется к идее о выполаживании разломов типа сбросов с глубиной, об увеличении крутизны сместителей надвигов с глубиной. Есть сведения и об обратном поведении сместителей.

По результатам прослеживания хрупких тектонических разрывов методом отраженных волн на Украинском щите выявлены их вертикальная зональность и наличие субгоризонтального уровня, являющегося естественным пределом проникновения разломов на глубину (13). В.Н.Николаевский и В.И.Шаров (6) предложили для обсуждения схему развития разломов и трещиноватости в континентальной коре, на которой выделена этажность в развитии разрывов. До уровня глубин $2-3$ км преобладают хрупкие разрывы с крутыми углами падения, ниже мы входим в область хрупкого разрушения сколового типа, которая сменяется с увеличением глубины зоной квазипластического течения. Направление падения разрывов зависит от ориентации главных напряжений, но в целом они все стремятся к выполаживанию. Конкретные углы наклона разломов определяются коэффициентом внутреннего трения и скоростью деформации, а также, естественно, соотношением между главными напряжениями. Расчеты по влиянию последних на изменение угла наклона плоскости сместителя показывают, что в зависимости от соотношений $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ с глубиной поверхность сместителя от пологой будет переходить в крутую, вплоть до вертикальной, а затем снова выполаживаться из-за уменьшения горизонтальных напряжений сжатия. По этой причине мы часто наблюдаем изменения наклонов сместителей и их веерообразное изгиба-

ние. Таким образом, нисколько не отрицая принципиально верной ситуации о выполаживании разломов с глубиной, можно утверждать, что в деталях картина оказывается более сложной и определяется геотектоническими режимами развития территории в сочетании с конкретными типами разломов.

Итак, рассмотрение разломов как двумерных тел показывает наличие определенной закономерности в их пространственном развитии, существовании определенных связей между их параметрами, а также об изменении наклонов сместителей на глубине. При этом распределение разломов по длинам, связь между длиной сдвигов и амплитудами смещений не зависят от типа напряженного состояния. Напряженное же состояние влияет на средний размер трещин и разломов, а также на крутизну поверхностей сместителей с углублением в земную кору.

Серьезный вклад в исследование параметров разломов внесло физическое моделирование, проведенное с соблюдением требований теории подобия и размерностей. При моделировании процессов образования разломов при разных условиях нагружения среды была выделена зона околоразломных структурных изменений, названная областью динамического влияния разломов (16). В плоском горизонтальном сечении ширина области динамического влияния разломов нелинейно зависит от толщины деформируемого слоя, его вязкости и скорости деформирования. Предложены эмпирические уравнения, связывающие ширину области динамического влияния разломов с названными параметрами. Исследования Р.М.Лобацкой (5) структурной зональности разломов, базирующиеся прежде всего на полевых геолого-структурных данных, показали, что ширина этой области по простиранию разломов может изменяться. Расширение областей динамического влияния разломов ею удачно названы деструктивными полями. Исследование деструктивных полей в более широком плане весьма перспективны (14).

Уделив столько внимания разломам как двумерным линейным структурам, необходимо отметить, что никто из геологов не рассматривает узко разломы как линии или дизъюнктивные границы раздела. Это совершенно естественно. Вместе с тем проведенная аппроксимация позволила математически "свернуть" громадную информацию и выяснить некоторые закономерности деструкции коры и литосферы как физического тела.

Разломы как геологические тела являются сложными образованиями. Их рассмотрение в трех измерениях - уже не чисто физико-

математическая задача. Формирование разломов ведет к структурно-вещественным преобразованиям среды во всей области их динамического влияния. Область структурно-метаморфических изменений приобретает латеральную и вертикальную зональности с разной степенью выраженности вещественных и структурных признаков. Устанавливаются связи вертикальной и горизонтальной зональности с амплитудами смещений, морфолого-генетическими типами разломов, геодинамическими режимами и некоторые другие. Анализ тектонофизических характеристик разломов показывает хорошее сочетание законов разрушения литосферы как физического тела с эволюцией геологических закономерностей. Ниже рассмотрим несколько примеров в обоснование этого тезиса.

Экспериментальными работами установлено, что ширина областей динамического влияния разломов зависит от морфолого-генетического типа разломов, толщины слоя деформирования, вязкости материала и скорости деформирования. Известны связи между шириной зоны дробления и амплитудой смещения и некоторыми другими параметрами (19). Нелинейная зависимость между характером зоны дробления и амплитудой смещения налицо, и она не зависит от режима геотектонического развития региона. Характерно, что идентичность соотношений между шириной зон изменений и амплитудой смещений сохраняется для широкого диапазона линейных размеров структур от сантиметров до десятков километров и более. Таким образом, в плане, на поверхности Земли мы фиксируем зависимость мощности приразломных зон структурно-вещественных изменений в зависимости от типов разломов, амплитуд смещений и других параметров (19).

Рассмотрим закономерность некоторых изменений на глубину, иными словами глубинную структуру глубинных разломов. С глубиной изменяется реология среды и структурно-вещественное наполнение разломов приобретает отчетливо выраженную вертикальную зональность.

Разработана схема глубинного строения генерального разлома (см. рис. 1). Принципиально она не отличается от схем Н.И. Николаевского и В.И. Шарова (6) или Е.И. Паталахи (7), но содержит ряд существенных дополнительных деталей. Она показывает более сложный характер перехода от одного типа деформаций и разрушений к другому, а главное - дает оценку примерных границ этих переходов в зависимости от морфологогенетических типов разломов и геодинамических режимов, в которых они развиваются (табл. 1). Границы между

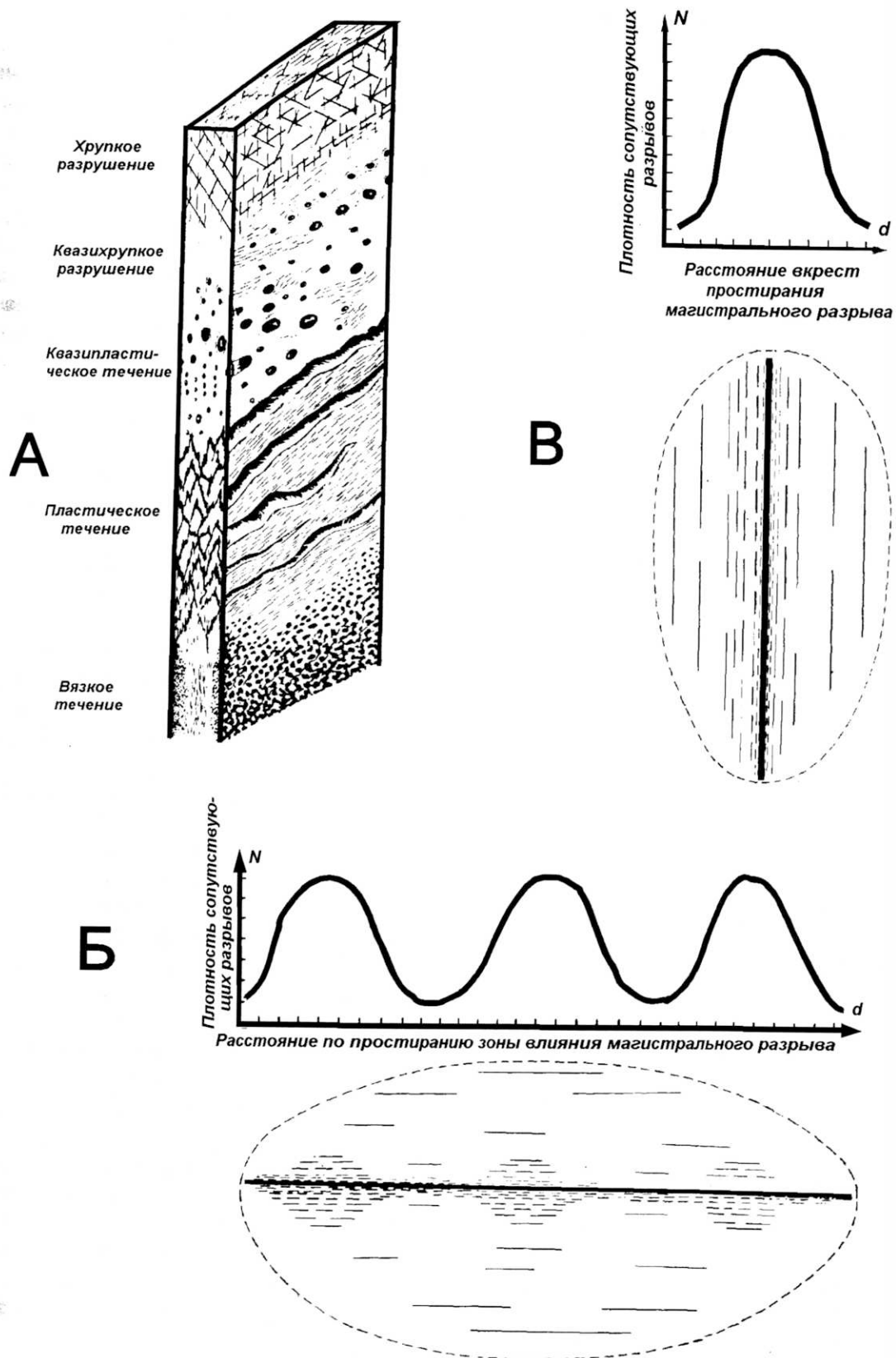


Рис. 1. Структурно-реологическая модель разлома

Зональное строение разломов по вертикали (А); изменение плотности и размеров сопутствующих разрывов в области динамического влияния разломов по простираию (Б) и вкrest него (В). (Б и В - по Р.М. Лобацкой (5)).

**Тектонофизическая характеристика структурно-вещественных комплексов
по вертикальному разрезу разлома**

Уровень деформации	Характер деформации	Характеристика тектонитов	Дополнительный агент метаморфизма	Устойчивая минеральная ассоциация тектонитов	Тип тектонитов (по кварцу)	Генетические типы разломов	Вероятная глубина образований, км
1	Дробление, растрескивание (кукериты)	“Сухие” зоны брекчирования и трещиноватости	Поверхностные воды	Новые минералы почти не образуются	Отсутствует	Сбросы, раздвиги, сдвиги, взбросы, надвиги	1 - 5 1 - 2 до 1
2	Дробление, катаклаз, перетирание на плоскостях скольжения	Дизъюнктивные нарушения с тектоническими глинками	Поверхностные воды глубокой циркуляции при участии низкотемпературных гидротермальных растворов	Гидрослюдые глинистые минералы, карбонаты, кварц, антраксолит	R-тектониты, S-тектониты на плоскостях скольжения	Сбросы, раздвиги, сдвиги, взбросы, надвиги	5 - 10 - 2 - 5 1 - 2 -
3	Катаклаз, милонитизация, перекристаллизация	Зоны эпидот-хлоритовых милонитов и катаклазитов	Среднетемпературные гидротермальные растворы	Эпидот, хлорит, альбит, кварц, карбонаты	R- и S-тектониты	Сбросы, раздвиги, сдвиги, взбросы, надвиги	10 - 15 -
4	Расслабление и перекристаллизация	Зоны биотит-амфиболовых бластомилонитов и бласто-катаклазитов	Высокотемпературные гидротермальные растворы	Биотит, роговая обманка, микроклин, олигоклаз, кварц	S-тектониты	Сбросы, раздвиги, сдвиги, взбросы, надвиги	15 - 20 -
5	Пластическое течение	Зоны будинажа и гранитных инъекций	Гранитные расплавы	Биотит, роговая обманка, пироксены, микроклин, плагиоклаз, кварц	Отсутствует	Сбросы, раздвиги, сдвиги, взбросы	20 - 15 10

зонами хрупкого и пластического деформирования не фиксированы по глубине и изменяются со сменой **геодинамических** режимов. Исходное состояние вещества накладывает на процесс некоторые свои коррективы. К сожалению, количественная характеристика ширины зоны разлома в зависимости от глубины пока количественно не оценена. Нет сомнения в том, что в ближайшем будущем общими усилиями геологов и геофизиков эта задача будет решена и будут предложены математические зависимости, связывающие ширину зон с другими параметрами. Разломы как геологические тела также войдут в ранг математически описанных структур, как и разломы в плоском пространстве.

Для математического описания модели разлома в четырех координатах ситуация осложняется длительным временным периодом формирования разломов. Временной фактор связан с влиянием реологических свойств пород. В границах нижней коры при постоянном напряжении квазитечение материала в зонах разломов приводит к изменению их внутренней структуры и миграции полей деформаций. Экспериментальными работами В.Ю.Буддо (19) показана миграция полей деформаций во время образования разломов при нагрузках разных типов. Она происходит по простиранию, вкрест простирания и по падению поверхностей сместителей разломов. С этим сложным, изменяющимся во времени процессом, тесно связана контролирующая функция разломов.

Роль разломов как структурных факторов контроля хорошо изучена в геологии и геофизике. Однако углубленный анализ материала говорит о том, что установлена в основном только пространственная приуроченность к ним или узлам их пересечений магматизма, особенно эффузивного, гидротермальных проявлений, ряда эндогенных месторождений, очагов крупных землетрясений. Естественно, что сегодня таких общих сведений уже недостаточно. Тектонофизическим характеристикам разломов с точки зрения их контролирующих функций в геодинамике посвящено очень мало работ.

—Скорее всего сложившаяся ситуация вызвана тем, что структурно-контролирующая функция разломов генетически связана с изменениями во времени и пространстве инфраструктуры, типа полей напряжений и (или) относительной величины главных напряжений в пределах областей динамического влияния разломов.

Связь инфраструктуры и динамики напряженного состояния с импульсами проявления контролирующих процессов не всегда

может быть уверенно доказана натурными геолого-геофизическими данными из-за сложностей палеореконокструкций. В этом плане сегодня физико-математические расчеты и физические эксперименты являются основными методами получения тектонофизической информации. И хотя фактический полевой тектонофизический материал пока беден, можно утверждать, что поиск таких связей не безнадежен. Влияние полей напряжений на массоперенос в зонах разломов, особенно на их глубинных уровнях по сумме экспериментальных и некоторых природных факторов показан в работе С.И.Шермана, В.Ю.Буддо и А.И. Мирошниченко (17). Тип поля напряжений, зоны концентрации касательных напряжений служат путями фильтрации флюидов на молекулярном уровне в зонах пластических деформаций. Эти проблемы еще полностью не изучены с тектонофизической точки зрения.

Естественно, что не все геологические процессы, контролируемые тектоникой, можно уложить в прокрустово ложе меры и числа, но стремиться к этому надо, и это не бесполезно. Для понимания физической сущности контролирующей зоны разломов в пространстве и во времени необходимо увеличить объем экспериментальных работ с вариациями **PT**-условий и режимов деформирования.

Отсюда, существующие тектонофизические характеристики разломов позволяют построить тектонофизические модели разломов для мелко- и среднемасштабных иерархических уровней, т.е. для тех ситуаций, когда разлом можно аппроксимировать двумерным телом. Тем не менее имеющиеся эмпирические данные указывают на наличие сложных нелинейных зависимостей между параметрами разломов как трехмерных тел.

Введение четвертой координаты существенно осложняет задачу. Построение модели развития разлома как сложного тела в четырех координатной системе “трехмерное пространство - время” возможно только на базе комплексирования геолого-геофизических и экспериментальных методов. Для разлома как трехмерного тела, изменяющегося в координате времени, сегодня тектонофизика решает более ограниченный круг задач, поскольку в процесс построения модели естественно вовлекаются не только закономерности деструкции, но и закономерности структурно-вещественного преобразования вещества. На микроуровнях эти вопросы сейчас изучены механохимией, среди геологов - специалистами по стресс-метаморфизму и петрологии и др. Успех дела в твор-

ческом обмене информацией и комплексировании результатов путем совместных решений, обобщений и обдумываний принципиальных результатов работ.

Наконец, с сожалением следует отметить, что тектонофизические характеристики, определяющие контролируемую роль разломов, слабо изучены, а модели явлений практически не разработаны. Сложность их построения в нестационарности процесса и необходимости вовлечения в анализ очень многих факторов, изменяющихся в координате времени. Имеющиеся материалы дают полное основание для утверждения, что и на этом уровне тектонофизического изучения разломов со временем будут получены математические зависимости между определяющими параметрами, подтверждающие нелинейный характер взаимосвязи между ними. Суммирование комплексных результатов даст возможность выявить закономерности разломообразования в литосфере, расширить способы научного прогноза природозначимых процессов, контролируемых развивающимися и активизирующимися разломами (21). Разумное сочетание меры и числа должно постоянно сопутствовать таким работам.

Заключение. Таким образом, тектонофизическое изучение разломов, проведенное в последние два-три десятилетия позволило сделать качественный скачок в знаниях о закономерностях развития этих структур: от пространственных и временных геологических факторов развития к квантификации параметров и физическим закономерностям деструкции литосферы.

Полученные результаты по соотношению параметров разломов дали возможность установить аналитические зависимости между ними. В большинстве случаев они связаны нелинейной зависимостью, что хорошо коррелирует с более широкими обобщениями Ю.М. Пушаровского (8) о нелинейных зависимостях в геодинамике. Интегрированию таких выводов способствовало и общее стремление (и необходимость!) к формализации знаний и их компьютерной обработке, и возможность проведения сложных физических экспериментов, сопровождаемых математическим моделированием, и, наконец, благоприятные условия для комплексирования наших (российских) достижений с результатами исследований зарубежных коллег. Эти главные обстоятельства и определили качественный рубеж в изучении разломной тектоники - от геологического картирования разломов как геологических структур к тектонофизическому пониманию и анализу сетки разломов

Земли и ее отдельных регионов под углом зрения деструкции литосферы как физического тела. Отсюда и принципиально новые закономерности как в развитии сетки разломов Земли - ее регулярность, - так и в формировании ее отдельных индивидуумов - разломов: нелинейный характер взаимосвязей между ведущими параметрами.

Изучение разломной тектоники литосферы должно проходить в четырехмерном пространстве: разломы как геологические структуры изменяются в масштабах геологического времени. Выполнить эту задачу можно только путем комплексирования основных тектонофизических методов: полевых методов структурных исследований, физического и математического моделирования, синтетического анализа материалов.

Результаты исследований позволяют наметить самые общие проблемные вопросы в изучении разломной тектоники.

Первое - это изучение внутренней зональной структуры областей динамического влияния разломов с целью выяснения физической сущности механизма тепломассопереноса на глубинных уровнях коры и литосферы в целом. Особое внимание следует факторам контроля рудных полей и месторождений, термальных и минеральных источников (как активизированным разломно-блоковым структурам литосферы).

Второе - изучение условий активизации разломов или их отдельных фрагментов, факторов, определяющих сейсмичность активных разломов и фрагментов, и распределение в зонах их динамического влияния эпицентров землетрясений.

Третье - как известно, разломы это структуры и они являются крайним выражением зон деструкции литосферы. В их границах происходят крупнейшие катастрофические явления эндогенной и экзогенной природы. Фундаментальной задачей является изучение кайнозойских деструктивных зон литосферы (14), выяснение тектонофизических закономерностей формирования их разломно-блоковой структуры, условий активизации блоков и разломов с целью комплексного районирования и прогноза катастрофических явлений.

Общая проблема, стоящая в области геодинамики при изучении разломов и разломно-блоковых структур литосферы - разработка на количественной базе методов прогноза явлений, качественно влияющих на инженерно-геологическую ситуацию и безопасность существования общества и его коммуникаций.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 95-05-14211.

Список литературы

1. **Гзовский М.В.** Основные вопросы тектонофизики и тектоника Байджансайского антиклинория. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. -ч. 3, 4. - 544 с. 2. **Гзовский М.В.** Математика в геотектонике. -М.: Недра, 1971. -240 с. 3. **Гзовский М.В.** Основы тектонофизики. -М., Наука, 1975. -536 с. 4. **Леви К.Г.** Неотектонические движения земной коры в сейсмоактивных зонах литосферы. -Новосибирск: Наука, 1991. -166 с. 5. **Лобацкая Р.М.** Структурная зональность разломов. -М.: Недра, 1987. -128 с. 6. **Николаевский В.Н., Шаров В.И.** Разломы и геологическая расслоенность земной коры // Изв. АН СССР. Физика Земли. -1985. -№ 1. -с. 16-28. 7. **Паталаха Е.И.** Тектонофациальный анализ складчатых сооружений фанерозоя. М.: Недра, 1985. -168 с. 8. **Пушаровский Ю.М.** Тектоника Атлантики с элементами нелинейной геодинамики. -М.: Наука, 1994. -84 с. 9. **Садовский М.А.** Разломы и сейсмичность // Докл. АН СССР. -1989. -т. 307. -№ 5. -с. 1089-1091. 10. **Саньков В.А.** Глубины проникновения разломов. -Новосибирск: Наука, 1989. -136 с. 11. **Чебаненко И.И.** Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры. -Киев: Наукова думка, 1977. -84 с. 12. **Шаров В.И.** О новой трехслойной сейсмической модели континентальной коры // Геотектоника. -1987. -№ 4. -с. 19-30. 13. **Шаров В.И., Гречишников Г.А.** О поведении тектонических разрывов на различных глубинных уровнях земной коры по данным метода отраженных волн. // Докл. АН СССР. -1982. -т. 263. -№ 2. -с. 412-416. 14. **Шерман С.И.** Деструктивные зоны литосферы, их напряженное состояние и сейсмичность // Неотектоника и современная геодинамика континентов и оке-

анов. Тез. докл. -М.: ГИН РАН. -1996. -с. 157-158. 15. **Шерман С.И.** Физические закономерности развития разломов земной коры. -Новосибирск: Наука, 1977. -102 с. 16. **Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю.** Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). -Новосибирск: Наука, 1983. -112 с. 17. **Шерман С.И., Буддо В.Ю., Мирошниченко А.И.** Вертикальная зональность и флюидная проницаемость зон развивающихся разломов // Геология рудных месторождений. -1991. -№ 5. -с. 13-25. 18. **Шерман С.И., Лобацкая Р.М., Гинтов О.Б., Сим Л.А.** Современные методы изучения и анализа разрывов при средне- и крупномасштабном картировании. В кн. "Тектонические исследования в связи со средне- и крупномасштабным геокартированием". -М.: Наука, 1989. -с. 44-60. 19. **Шерман С.И., Семицкий К.Ж., Борняков С.А. и др.,** Разломообразование в литосфере. -Новосибирск: Наука, 1991.-т. 1. -262 с., 1992. -т. 2., -226 с., 1994. -т. 3, -260 с. 20. **Boyer S.E., Elliott D.** Thrust systems. // Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. -1982. -vol. 66. -№ 9. -p. 1196-1230. 21. **Levi K., Sherman S.** "Applied geodynamic analysis" / Musee Royal De L'Afrique centrale / Tervuren, Belgique Annales.- Sciences Geologiques. - 1995. -vol. 100. -133 p. 22. **Mandl G.** Mechanics of tectonic faulting. Models and Basic Concepts. Elsevier. -1988. 23. **Sherman S.** Quantitative analysis of faulting in the zones of lithospheric extension. // Mechanics of jointed and faulted Rock. - Balnema: Rotterdam. - 1995. -32. - p. 367-371. 24. **Sylvester A.G.** Strike-slip faults // Geol. Soc. Amer. Bull. -1988. -vol. 100, -p. 1666-1703. 25. **Walsh J.J., Watterson J.** Analysis of the relationship between displacements and dimensions of faults // J. Struct. Geol.. -1988. -vol. 10. -№ 3. -p. 239-247.

6.1 Геофизические данные о флюидах в земной коре

А.В. Поспеев

ГТП "Иркутскгеофизика"

Установление факта повышенной проводимости средней-нижней коры явилось достаточно неожиданным результатом первых магнитотеллурических работ, выполненных в условиях умеренной и малой мощности осадочного разреза. Это связано с тем, что сопротивление кристаллических горных пород в приповерхностной части разреза до уровня первых километров по данным малоуглубинных зондирова-

ний, как правило, составляет тысячи - десятки и сотни тысяч ом-метров (Омм).

Результаты петрофизических измерений в условиях высоких давлений и температур также показывают, что большинство горных пород, слагающих кристаллическую часть тектоносферы, в интервале температур ниже солидуса обладают сопротивлением значительно выше наблюдаемого в естественном залегании. Для термобарических условий, соответствующих середине