

УДК 551.24+550.34

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ АКТИВИЗАЦИИ РАЗЛОМОВ В БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЕ И НА СОПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

© 2007 г. С. И. Шерман

Представлено академиком С.В. Гольдиным 18.09.2006 г.

Поступило 28.09.2007 г.

Вероятными источниками активизации разломов в реальном времени являются деформационные волны возбуждения, генерируемые эволюцией рифтогенеза и межплитными подвижками.

В работе [1] на базе сейсмического мониторинга показана пространственная маятниковая продольно-поперечная миграция очагов землетрясений в областях динамического влияния конкретных разломов, а в [2, 3] – временная квазипериодичность активизации разломов в реальном времени. На основе определяющего критерия современной активизации разломов – приуроченности к ним очагов землетрясений [1–3] – и представлений об областях генерации землетрясений [4] выявлены неизвестные ранее для рассматриваемого региона свойства современных активных разломов, что позволило получить новые данные о структурных закономерностях и геодинамических источниках активизации разрывов.

В основе рассматриваемых далее построений лежит представление о том, что новый очаг землетрясения отражает макроскопическое изменение внутренней структуры разломов и соответствующее ее разрастание, сопровождающееся увеличением интенсивности трещиноватости и при сильных событиях смещением крыльев. Частота сейсмических событий в зоне разлома отражает интенсивность нарушений динамического равновесия, их вероятную периодичность, а тенденция в пространственной направленности очагов вдоль оси разлома во времени соотносится с макроскопическими изменениями зоны разлома и векторам его прорастания. Происходит реализация, по представлениям С.В. Гольдина [5], второго механизма развития крупной трещины: ее продолжающееся формирование идет по предварительно уже возникшей перколяционной сети более мелких трещин и скорость развития (акти-

визации) трещины может быть исключительно низкой, сопоставимой с геологическим временем.

По составленному Байкальским филиалом Геофизической службы СО РАН каталогу землетрясений Байкальской рифтовой системы (БРС) и сопредельной территории за последние 40 лет было выделено более ста разноранговых разломов с зафиксированными в областях своего динамического влияния очагами землетрясений 12–16-го классов (рис. 1). По аналогии с [6, 7 и др.] построены графики, на оси абсцисс которых отложены длины разломов с соответствующими положениями эпицентров землетрясений; на оси ординат – время событий. На графиках в координатах время–пространство наклоны линий отражают временные тренды сейсмических событий на разрывах – направления их дополнительного “вспарывания”, выраженного сейсмическими очагами – эпизодами в долговременном развитии разломов. Временные тренды образуют системы параллельных прямых, как если бы вдоль соответствующих разломов распространялись с постоянной скоростью серии возмущений, инициирующих сейсмические события (рис. 2). Каждая прямая соответствует возмущениям в конкретных разломах, наклон прямых определяет скорость, а их отклонение влево или вправо от вертикали – направление возмущений по простиранию разрывов.

Временные тренды по одинаковым углам наклона кривой к оси абсцисс систематизируются в шесть групп (табл. 1), которые по критерию одинаковых скоростей – экстремальных возмущений (активизаций) разломов – свидетельствуют об идентичности параметров их активизации (рис. 1). Между скоростью процессов активизации разломов V и их средней длиной L фиксируется высокая нелинейная корреляционная связь $r = 0.9$ (рис. 3), а уравнение регрессии описывает ее следующими взаимоотношениями параметров:

$$V = 7E - 06L^2 - 0.0053L^2 + 1.2098L - 81.725 \text{ (км/год)}$$

Институт земной коры
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск

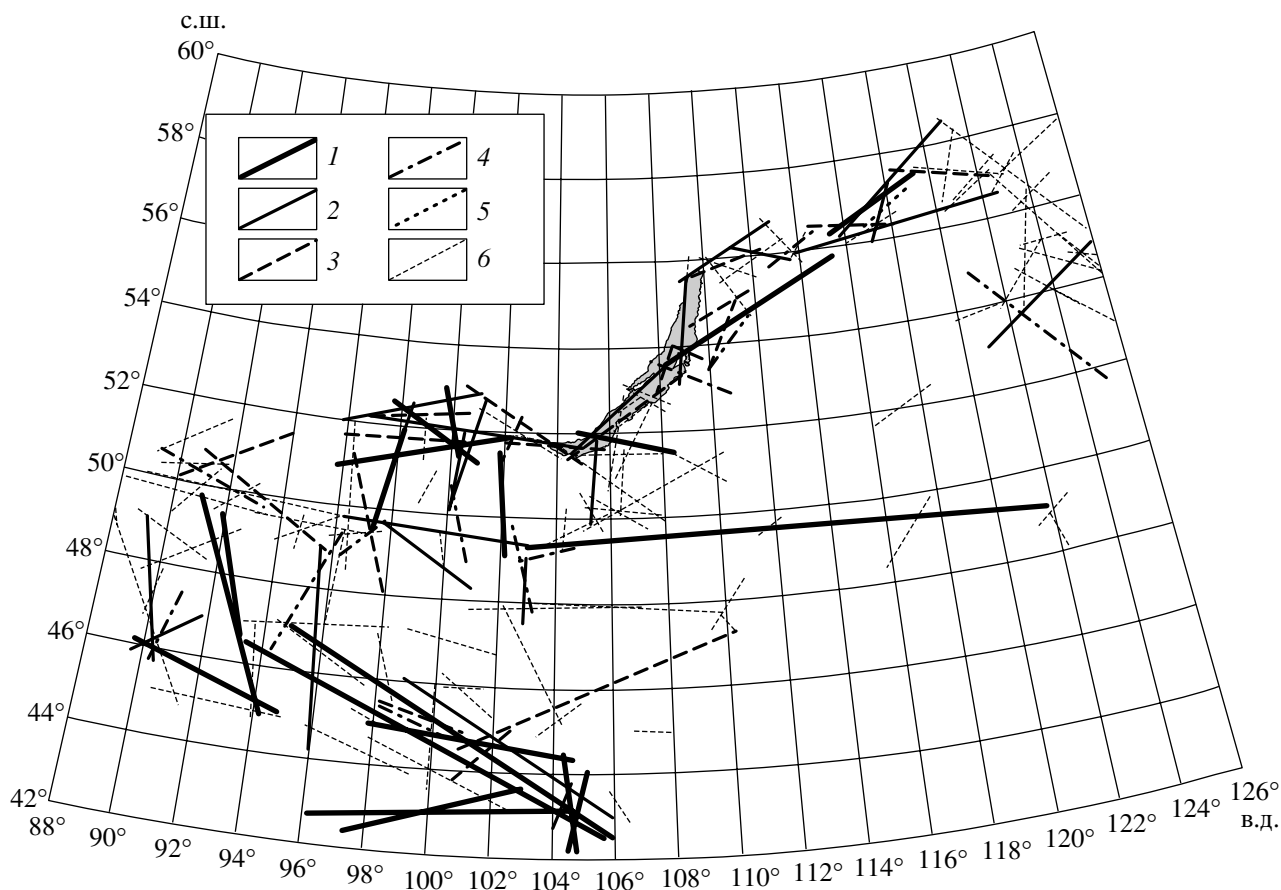


Рис. 1. Карта активных разломов БРС и сопредельной территории и их классификация по скоростям современной активизации. Группы разломов и скорости их активизаций: 1 – 94; 2 – 22; 3 – 12; 4 – 7; 5 – 5; 6 – 2 км/год.

при $R^2 = 0.9971$, где R^2 – достоверность аппроксимации. Кроме того, регистрируется различное пространственное направление временного тренда в разломах – вектора активизации.

Выявленные свойства разломов – разная скорость и векторная направленность активизаций,

Таблица 1. Параметры современной активизации разломов Байкальской рифтовой системы и сопредельной территории

Группа/общее кол-во разломов/разломы, участвующие в анализе	Средняя длина разломов, км	Тангенс угла наклона временного тренда активизации, градусы	Средняя скорость активизации разломов, км/год
1/26/19	438 ± 152	89.4 ± 0.24	94 ± 57
2/23/22	321 ± 87	87.44 ± 0.3	22 ± 3
3/23/17	299 ± 94	85.39 ± 0.4	12 ± 1.25
4/15/14	206 ± 62	81.28 ± 0.9	7 ± 0.7
5/5/3	199 ± 269	78.76 ± 1.8	5 ± 1.8
6/5/3	131 ± 84	66.32 ± 5	2 ± 4.9

скорее всего связанная с прохождением деформационных волн возбуждения, дают основание более глубоко проанализировать структурную позицию активизированных разломов в генеральной структуре БРС – на границе Сибирской и Забайкальской (Амурской) плит [1]. Для этого в каждой из шести групп исключены те разломы, линии трендов которых обеспечивались менее чем тремя событиями. надежно статистически обеспеченными остаются первые четыре группы разломов, последовательно показанные на рис. 4. Их отличительными свойствами являются скорость продвижения деформационных волн возбуждения и направление вектора активизации. По ним резко противоположностью выделяются первая и четвертая группы. Первая характеризуется превалированием вектора активизации с запада на восток в восточной части площади и с востока на запад в западной; в четвертой все наоборот. Особо выделяется южная часть территории: все протяженные разломы первой группы характеризуются вектором активизации с востока на запад. Во второй группе преобладающий вектор активизации с востока на запад; лишь на юго-за-

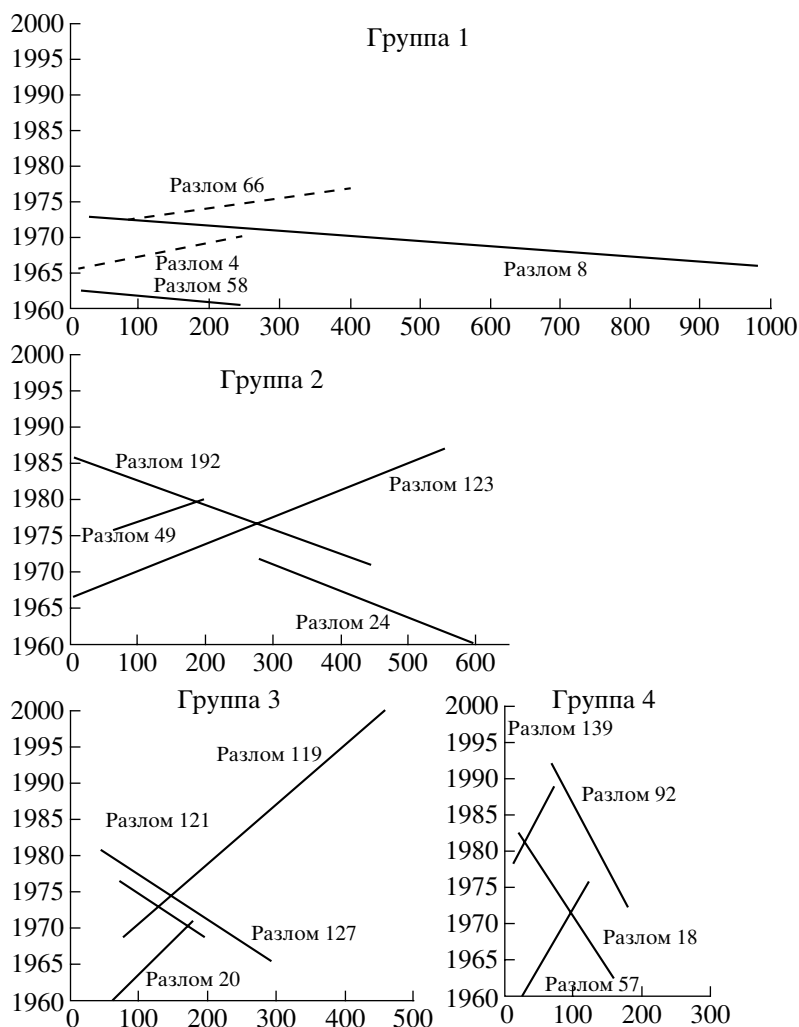


Рис. 2. Примеры графиков временных трендов сейсмических событий в первых четырех группах разломов с разными скоростными характеристиками активизации. Оси ординат – годы активизаций; оси абсцисс – длины разломов, км.

падном фланге фиксируются противоположные по вектору направления движений деформационной волны активизации. В третьей группе практически без исключения все разломы характеризуются вектором движения деформационной волны возбуждения с запада на восток. Противоположное направление характерно лишь для юго-западного фланга. По описываемому признаку вторую и третью группы можно рассматривать как переходные между первой и четвертой. Совершенно бесспорно для всех четырех групп фиксируется граница изменения вектора движений деформационных волн возбуждений: она субмеридиональна и проходит примерно по 105° в.д., отделяя центральную часть БРС и ее северо-восточный фланг от юго-западного. Генерация волновых возмущений, приводящих к активизации крупных разломов, начинается в центральной части зоны растяжения литосферы БРС и от нее распространяется на восток или запад. Раздвиго-сдвиговые и сдвиговые

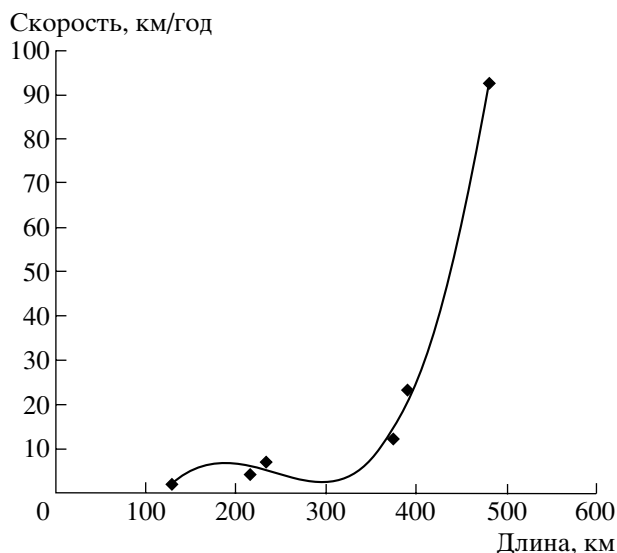


Рис. 3. Взаимосвязь средней длины разломов в группах и скорости их активизаций.

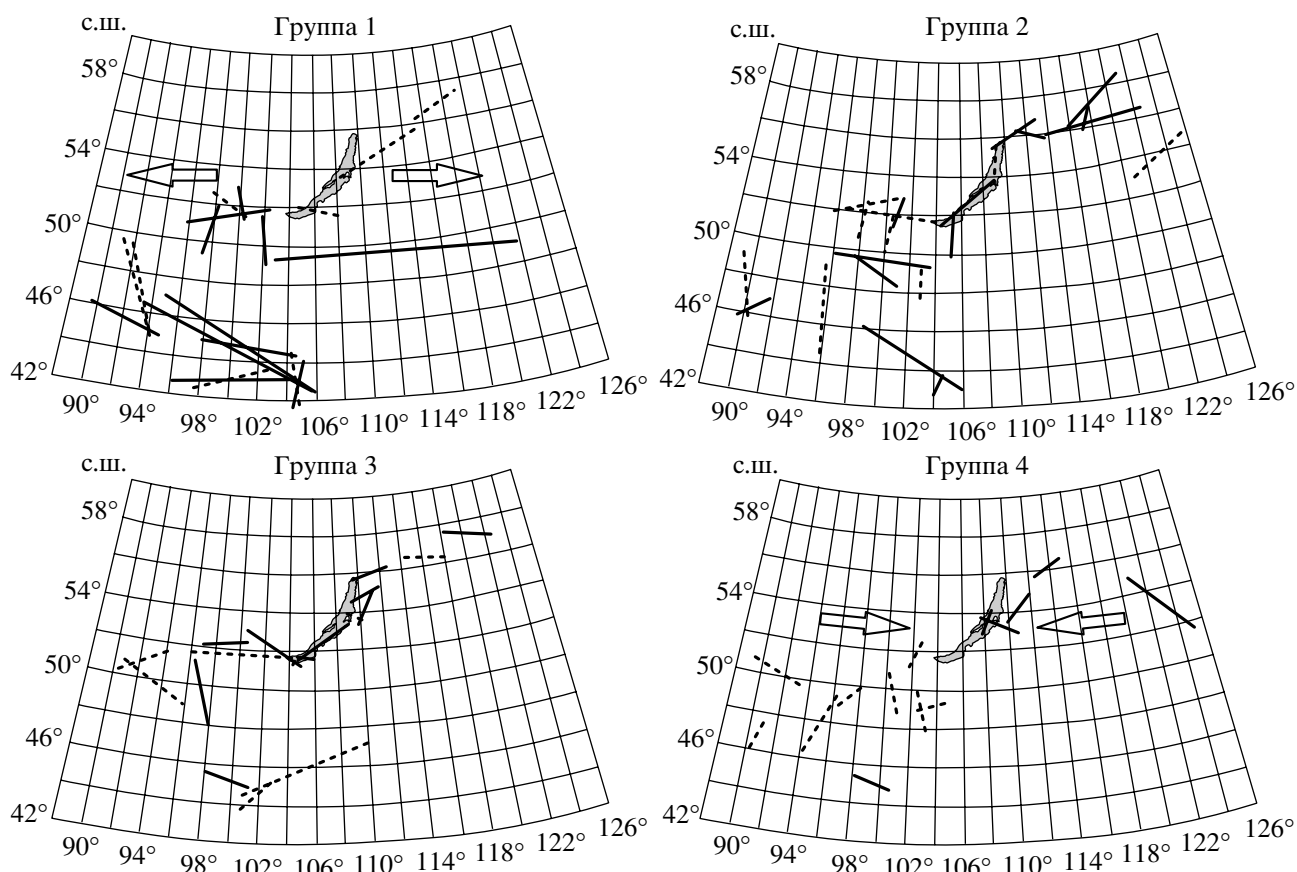


Рис. 4. Расположение в Северной Евразии активных разломов БРС и на сопредельной территории с различными скоростями и векторами деформационных волн возбуждения. Штриховая линия – вектор активизации разломов направлен с запада на восток; сплошная линия – вектор активизации разломов направлен с востока на запад. Стрелки – правильное направление фронта деформационных волн возбуждения (активизации) разломов.

поля напряжений, характерные для флангов БРС и южной части территории [8], благоприятствуют активизации разломов по простиранию с востока на запад.

Закономерная согласованность в активизации разломов, образующих каждую из иерархических ранговых групп, и выдержанные направленности во вспарывании разрывов свидетельствуют о том, что генераторами активизации разломов БРС и сопредельной территории в реальном времени могут быть деформационные волны возбуждения разных длин, чувствительность к которым различна у выделенных групп. Источниками подобных волн, скорее всего, являются продолжающиеся процессы активного рифтогенеза, приводящие к эпизодическим подвижкам всей межблоковой границы между Сибирской и Амурской (Забайкальской) плитами [9] или более локальным смещениям между блоками других рангов на флангах или в центральной части БРС. Высокая вероятность возбуждения волн в связи с подвижками блоков, лежащих на вязком основании, согласуется с расчетами [10, 11].

Для очагов чаще всего сильных землетрясений во многих сейсмических зонах фиксировались явления систематической миграции в одном или разных направлениях (см. например [7, 12]). Установленная скорость миграций очагов лежит в пределах 10–100 км/год. В.И. Уломов [13] на примере сейсмоактивных регионов Средней Азии обратил внимание на миграцию очагов в так называемых пространственно-временных каналах, вызванную волнами сейсмической активизации. К настоящему времени факт существования деформационных волн не вызывает сомнений [14]. Их можно рассматривать как один из классов механических движений, свойственных земной коре и литосфере в целом [15].

Изложенное позволяет сделать несколько выводов, относящихся к современному этапу активизации разломов БРС и сопредельной территории и дополняющих развиваемые автором представления о стационарных и нестационарных моделях разломов новыми характеристиками:

активизация разломов и ее относительно высокая частота в масштабах реального времени

вызваны медленными деформационными волнами возбуждения, источником которых могут быть межплитные и межблоковые подвижки на границе Сибирской и Забайкальской (Амурской) плит; по скорости прохождения деформационных волн возбуждения активные разломы территории делятся на шесть групп, четыре из которых обоснованы статистически достоверными даннымию

Группы характеризуются: четкой связью между средней длиной разломов и скоростью движения деформационной волны; определенной направленностью временного тренда деформационной волны (с запада на восток или наоборот); наличием пространственной границы, разделяющей различные тренды деформационных волн возбуждения разрывов определенных групп.

Автор благодарит академика С.В. Гольдина за советы, принятые во внимание при подготовке рукописи к печати.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 04-05-64348, 07 05-00251) и программы 16 Президиума РАН, проект 3 “Динамика деформационных процессов в сейсмоактивных регионах Центральной Азии и в очаговых зонах крупных землетрясений”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sherman S.I., Dem'yanovich V.M., Lysak S.V.* // *Tectonophysics*. 2004. V. 380. № 3/4. P. 261–272.
2. *Шерман С.И., Сорокин А.П., Савитский В.А.* // *ДАН*. 2005. Т. 401. № 3. С. 395–398.
3. *Шерман С.И., Савитский В.А.* // *ДАН*. 2006. Т. 408. № 3. С. 398–403.
4. *Гольдин С.В.* // *Физ. мезомеханика*. 2005. № 1. С. 5–14.
5. *Гольдин С.В.* // *Физ. мезомеханика*. 2002. № 5. С. 5–22.
6. *Вилькович Е.В., Губерман Ш.А., Ейлис-Борок В.И.* // *ДАН*. 1974. Т. 219. № 1. С. 77–80.
7. *Kasahara K.* // *Tectonophysics*. 1979. V. 52. P. 329–341.
8. *Шерман С.И., Лунина О.В.* // *ДАН*. 2001. Т. 378. № 5. С. 672–674.
9. Актуальные вопросы современной геодинамики Центральной Азии/Под редакцией К.Г. Леви, С.И. Шермана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 297 с.
10. *Николаевский В.Н., Рамазанов Т.К.* // *Изв. АН СССР. Физика Земли*. 1986. № 10. С. 3–13.
11. *Невский М.В.* геофизика на рубеже вектов. Избранные труды ученых ОИФЗ РАН. М.: ИОФЗ РАН, 1999. С. 124–139.
12. *Моги К.* Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1988. 380 с.
13. *Уломов В.И.* // *Физика земли*. 1993. № 4. С. 43–53.
14. *Быков В.Г.* // *Геология и геофизика*. 2005. Т. 46. № 11. С. 1176–1190.
15. *Гольдин С.В.* // *Физика земли*. 2004. № 10. С. 37–54.