

УДК 550.343+551.243

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ В БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЕ

© 2002 г. С. И. Шерман, В. М. Демьянович, С. В. Лысак

Представлено академиком Н.А. Логачевым 21.05.2002 г.

Поступило 29.05.2002 г.

Геологическими объектами, наиболее четко отражающими процесс деструкции, являются трещины и разломы различных иерархических уровней. Их формирование или активизация сопровождаются сейсмическими эффектами. Хотя в своем преобладающем большинстве сейсмические процессы и контролируются разломной тектоникой, они дополнительно усиливают деструкцию литосферы. По этой причине сопоставление разрывных структур и сейсмического процесса не представляется простым, особенно для районов с детально изученной разломной тектоникой и сейсмичностью, каковым является Байкальская рифтовая зона (БРЗ). Сочетание интенсивной разломной раздробленности земной коры и высокой плотности эпицентрального поля землетрясений осложняет анализ этих процессов. Наиболее часто используемый методический прием пространственного сопоставления линий разломов на картах и эпицентрального поля в рассматриваемом случае неприемлем, так как инструментальные данные о распределении эпицентров землетрясений в БРЗ за 1961–2000 гг. превышают 120000 значений и их картографическое изображение представляется в виде сплошного “пятна”. Уменьшение количества данных по эпицентрии землетрясений за счет изъятия из анализа событий малых энергетических классов приводит к появлению на картах линейно вытянутых полей концентрации эпицентров, в большинстве случаев не совпадающих с закартированными и хорошо известными в БРЗ разломами различных иерархических уровней. Подобный подход давал основание ряду исследователей [1] делать заключение об отсутствии в БРЗ устойчивой связи между разломной тектоникой и сейсмичностью. Игнорировать устоявшиеся в самом общем виде представления о том, что очаг землетрясения – суть трещина [2], безусловно, нельзя. Нарушение в ряде случаев пространственной общности в распределении очагов землетрясе-

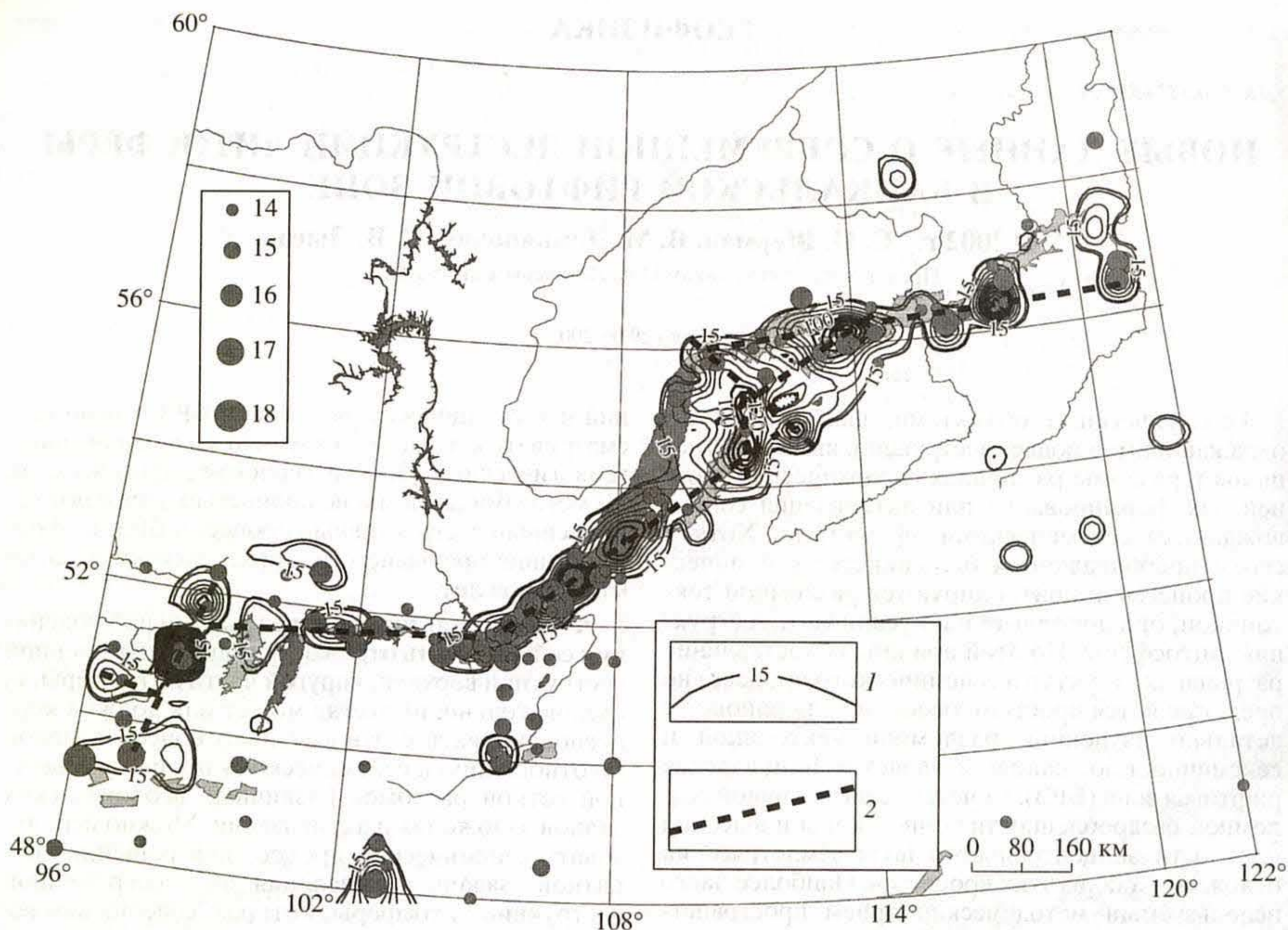
ний и тектонических разломов в БРЗ можно рассматривать как сигнал о том, что закартированные геологическими [3, 4] и геолого-геофизическими [5] методами разломы не полностью отражают современный деструктивный процесс в БРЗ: их формирование прерывисто и длится десятки и сотни миллионов лет.

Фиксируемая инструментальными наблюдениями сейсмичность отражает процесс современной деструкции верхней, упругой части литосферы, и, следовательно, не всегда может или должна корреспондировать с относительно консервативной по отношению к сейсмическому процессу известной сеткой разломов различных геологических этапов заложения и активизации. Можно использовать сейсмический процесс для решения “обратной” задачи – выделения зоны современной деструкции литосферы, которая, совершенно естественно, может затрагивать известную сеть разломов, т.е. вовлекать их в активизацию, или развиваться в относительно монолитном массиве.

Для выделения области современной деструкции литосферы был разработан алгоритм обработки сейсмологических данных. Известно, что в границах БРЗ происходит ежегодно до 4000 сейсмических событий. Их пространственное распределение в первом приближении носит хаотический характер. По многотысячной базе долголетних данных необходимо было выделить районы относительно стабильной во времени и пространстве концентрации очагов землетрясений, отражающие устойчивый процесс деструкции. Принято, что критерием устойчивости сейсмического процесса могут служить пространственно стабильные, не случайные концентрации эпицентров землетрясений, значения плотностей которых превышают 2 стандартные ошибки  $\sigma_D$  от среднего фонового значения распределения эпицентров в пределах БРЗ.

С этой целью в пределах БРЗ по полной совокупности землетрясений с 8-го по 18-й энергетические классы за 1961–1999 гг. [1] были оценены плотности эпицентров на единицу площади по сетке, соответствующей прямоугольнику  $0.2^\circ \times 0.3^\circ$ . Объем выборки превышал 30000 событий. Шаг скользящего окна соответствовал его размеру.

Институт земной коры  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Иркутск

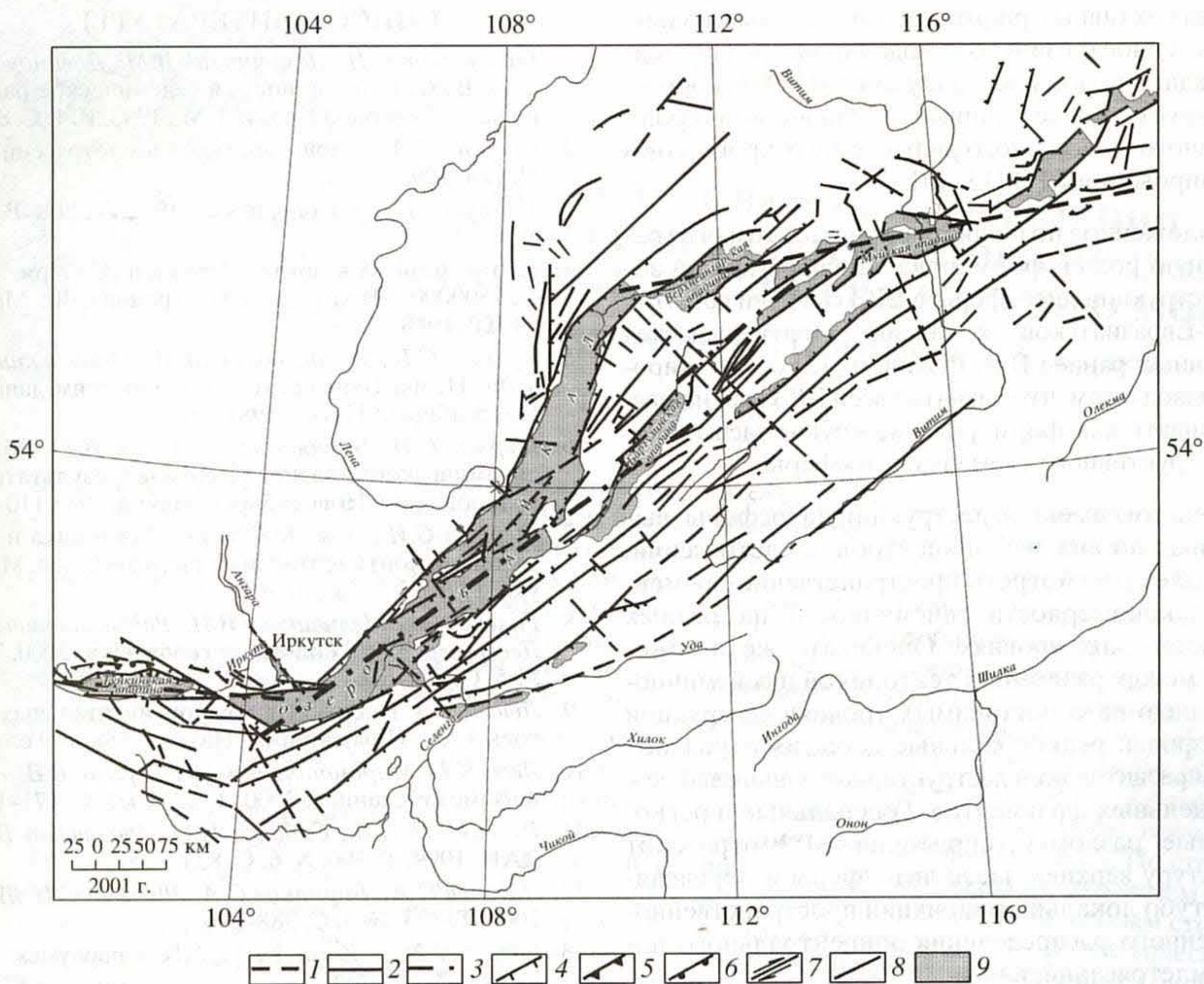


**Рис. 1.** Карта плотности эпицентров землетрясений 8–18-х энергетических классов в Байкальской рифтовой зоне. 1 – изолинии плотности с шагом 20: первая изолиния 15 соответствует фону, утолщенные изолинии соответствуют ареалам, у которых повышенная плотность эпицентров превышает  $2\sigma_D$ ; 2 – ось деструктивной зоны литосферы; круги разных диаметров – очаги землетрясений 14–18-х классов за 1700–2000 гг. (указаны на рисунке).

Статистические наборы событий в окне отражают миграцию или “пространственную стабильность” эпицентрального поля в пределах областей динамического влияния разломов [6] или вне их. По такой схеме обработан весь объем данных и определена средняя плотность эпицентров по площадям скользящего окна. Построена карта, на которой выделены районы с плотностью эпицентров землетрясений, превышающей две стандартные ошибки средней плотности (рис. 1). Аномальные концентрации эпицентров ограничены изолиниями плотностей со значениями более  $2\sigma_D = 105$ . С высокой надежностью выявлено несколько многолетних во времени и постоянных в пространстве ареалов с интенсивной концентрацией эпицентров. Ареалы объединяются в три различные по ориентировке области постоянно повышенной сейсмической активности: Тункинскую и Северный Байкал–Муйскую – субширотные, Южный Байкал–Муйскую – северо-восточную. Стабильность расположения участков с высокой плотнос-

тью эпицентров землетрясений может рассматриваться как интегрированная величина сейсмического состояния в заданных координатах пространства и времени и отражать активно протекающий в литосфере деструктивный процесс. Он локализуется в центральной части БРЗ, пространственно образуя S-образную вытянутую зону современной деструкции литосферы. Ее осевая линия и соотношение с основными разломами БРЗ показаны на рис. 2.

Зона современной деструкции литосферы совпадает с трансформными разломами [7], но не всегда согласуется с известными генеральными и региональными разломами БРЗ (см. рис. 2). К ней пространственно приурочены наибольшие глубины (20–25 км) очагов землетрясений, установленные по результатам исследований последних лет [8], большинство термальных источников и наиболее высокие значения тепловых потоков [9].



**Рис. 2.** Карта основных разломов и зоны современной деструкции литосферы Байкальской рифтовой зоны. Составил С.И. Шерман. Использованы материалы С.И.Шермана, К.Г. Леви, В.А. Санькова, А.С. Гладкова и др., "Карта разломов ....", геофизические и сейсмологические данные. 1 – трансформные разломы; 2 – генеральные и региональные разломы преимущественно мезо-кайнозойской активизации; 3 – осевая линия зоны современной деструкции литосферы по сейсмологическим данным; 4 – сбросы; 5 – взбросы; 6 – надвиги; 7 – сдвиги; 8 – знак подвижки не установлен; 9 – впадины байкальского типа.

Известные генеральные и региональные разломы этой территории [3, 10, 11] являются сейсмически активными в случаях, если вовлечены в область динамического влияния зоны современной деструкции литосферы. По этой причине плотность сейсмических событий в БРЗ убывает пропорционально удалению генеральных, региональных и локальных разломов от условной оси зоны деструкции, а зафиксированные самые сильные землетрясения пространственно приурочены к ней. Максимальные значения удельного сейсмического момента, изученные в [11], характерны для тех основных разломов БРЗ, которые, как правило, близко расположены или пространственно совпадают с выделяемой зоной современной деструкции литосферы.

Таким образом, выделяемая зона современной деструкции литосферы в БРЗ контролируется ра-

нее заложенными трансформными разломами на флангах, а между ними, в центральной части, стабильными ареалами концентрации эпицентров землетрясений, которые отражают активно текущий процесс разломообразования различных масштабных уровней на современном этапе развития БРЗ.

Активное длительное развитие БРЗ в течение второй половины кайнозоя связано с двумя крупными литосферными процессами: 1) подъемом астеносферного диапира, обеспечившим первоначальный разогрев, сводообразование и растяжение, сопровождаемые формированием впадин и разломов (активный рифтогенез); 2) Индо-Евразийской коллизией, способствовавшей активизации раздвижения и разломообразованию в Байкальском регионе (пассивный рифтогенез). По относительной значимости процессы не равноценны во времени. Примерно до середины миоцена прева-

лировал активный рифтогенез, после – пассивный. Проведенное физическое моделирование [12] подтверждает подобную точку зрения. Она корреспондирует с более ранними публикациями о роли активного и пассивного рифтогенных процессов в формировании БРЗ [13, 14].

Изложенное позволяет говорить о том, что решающую роль в формировании современной зоны деструкции литосферы в БРЗ сыграли события Индо-Евразийской коллизии. Подтверждается сделанный ранее В.В. Ружичем [15] более широкий вывод о том, что развитие всей БРЗ можно рассматривать как формирование крупномасштабного деструктивного элемента литосферы.

Зона современной деструкции литосферы, выделенная по анализу эпицентров землетрясений, позволяет рассмотреть пространственно-временные закономерности сейсмичности на разных иерархических уровнях. Оценивать же взаимосвязи между разломной тектоникой и сейсмичностью надо на сопоставимых уровнях деструкции литосферы: редкие сильные события отражают этапы развития всей деструктивной зоны, слабые – ее отдельных фрагментов. Генеральные и региональные разломы территории БРЗ отражают структуру верхней части литосферы и определяют сугубо локальные вариации пространственно-временного распределения эпицентрального поля землетрясений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 00-15-98574; 00-05-64140; 01-05-64485; 01-05-97226) и интеграционным проектом ИГ СО РАН-77.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голенецкий С.И., Демьянович В.М., Дреннова Г.Ф. и др.* В сб.: Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М., 1993. В. 1. С. 80–82.
2. *Соболев Г.А.* Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 313 с.
3. *Sherman S.I.* // *Tectonophysics*. 1992. V. 208. P. 297–307.
4. Карта разломов юга Восточной Сибири. 1982. 1 : 1500000 / Под ред. П.М. Хренова. Л.: Мингео СССР. 1988.
5. *Крылов С.В., Мандельбаум М.М., Мишенькин Б.П. и др.* Недр Байкала (по сейсмическим данным). Новосибирск: Наука, 1981. 105 с.
6. *Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю.* Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). Новосибирск: Наука, 1983. 110 с.
7. *Шерман С.И., Леви К.Г.* В кн.: Тектоника и сейсмичность континентальных рифтовых зон. М.: Наука, 1978. С. 7–18.
8. *Гилева Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А., Девершер Ж.* // *Геология и геофизика*. 2000. Т. 41. № 5. С. 629–636.
9. *Лысак С.В.* Тепловой поток континентальных рифтовых зон. Новосибирск: Наука, 1988. 199 с.
10. *Леви К.Г., Мирошниченко А.И., Ружич В.В. и др.* // *Физ. мезомеханика*. 2000. Т. 2. № 1/2. С. 171–180.
11. *Рундквист Д.В., Соболев П.О., Ряховский В.М.* // *ДАН*. 1999. Т. 366. № 6. С. 823–825.
12. *Логачев Н.А., Борняков С.А., Шерман С.И.* // *ДАН*. 2000, Т. 373. № 3. С. 388–390.
13. *Logachev N.A., Zorin Yu.A.* // *Tectonophysics*. 1987. V. 143. P. 225–234.
14. *Logachev N.A.* // *Elf. Aquit. Bull.* 1993. V. 17. № 2. P. 353–370.
15. *Ружич В.В.* Сеймотектоническая деструкция в земной коре Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 144 с.