

ПРИБАЙКАЛЬЕ И ЗАБАЙКАЛЬЕ

Н.А. Гилева, В.И. Мельникова, Р.А. Курушин, О.К. Масальский

В 1997 г. регистрация землетрясений производилась той же сетью из 23 сейсмических станций Байкальской опытно-методической сейсмологической экспедиции (БОМСЭ) СО РАН, что и в предшествующем году. Список этих станций и параметры используемой на них аппаратуры приведены в выпуске аналогичного издания за прошлый год [1]. Методика обработки сейсмических наблюдений, применяемая в группе сводной обработки экспедиции и изложенная в [2], также не изменилась. Новые варианты появились лишь в схеме деления региона на районы, способе построения карт энергетической представительности землетрясений K_{\min} и анализе пространственно-временного распределения землетрясений.

Ранее в статьях, посвященных описанию сейсмичности региона, территория была разделена на 22 мелких района [3]. Это деление использовалось исключительно для представления каталога землетрясений и, на наш взгляд, было излишне детальным. В наст. сб. [4] приведены аргументы укрупнения районов Байкальского региона с учетом геолого-тектонического и глубинного строения, степени проявления новейших тектонических движений и уровня сейсмической активности, как по числу землетрясений, так и по выделившейся в их очагах сейсмической энергии за последние 40 лет детальных инструментальных наблюдений. Выделены три крупных области: Сибирская платформа (ее юго-восточная часть), Саяно-Байкальская область интенсивного и Забайкальская область умеренного горообразования. Последние две области разделены еще на районы, а Сибирская платформа, как однородная структура, составляет единственный район (рис. 1, табл. 1). Всего районов семь, это – Сибирская платформа (№1), Хубсугул-Тункинский (№2), Южно-Байкальский (№3), Байкало-Муйский (№4), Кодаро-Удоканский (№5), Западное Забайкалье (№6), Восточное Забайкалье (№7) (рис. 1). Четыре из них (№2-5) расположены непосредственно в Байкальской рифтовой зоне (БРЗ).

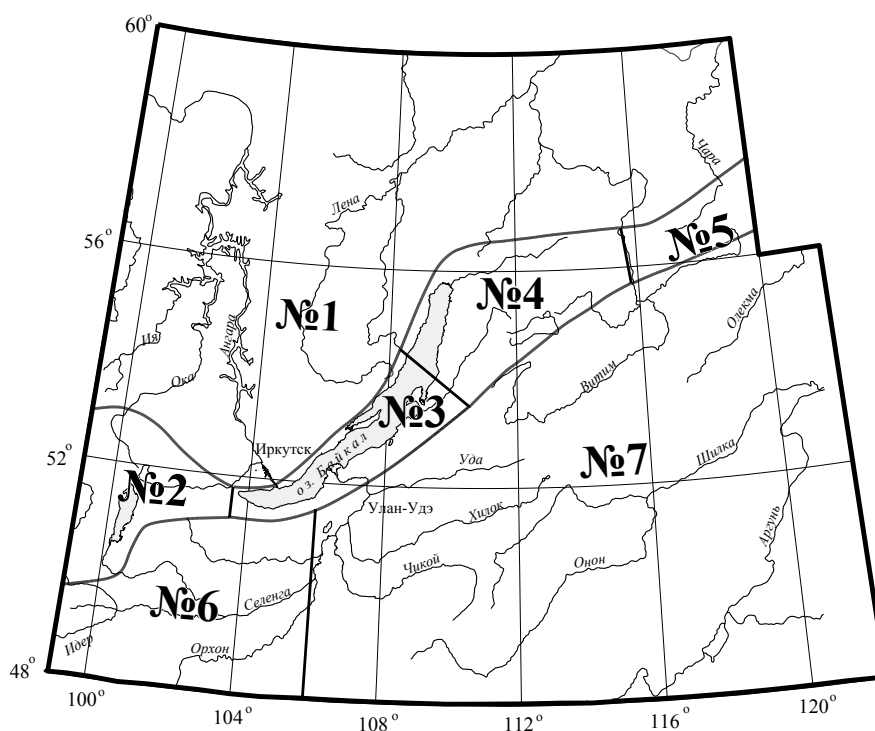


Рис. 1. Новая схема деления региона "Прибайкалье и Забайкалье" на районы

№1 – Сибирская платформа, №2 – Хубсугул-Тункинский, №3 – Южно-Байкальский, №4 – Байкало-Муйский, №5 – Кодаро-Удоканский, №6 – Западное Забайкалье, №7 – Восточное Забайкалье, объединенные в три крупных области I-III (Сибирская платформа, Саяно-Байкальская (иначе, Байкальская рифтовая зона) и Забайкальская области).

Прежние расчеты энергетической представительности землетрясений в Прибайкалье и Забайкалье относились к периоду, предшествующему ликвидации в конце 1993 г. локальной сети из 5 сейсмических станций в районе Северомуйского тоннеля Байкало-Амурской железнодорожной магистрали [5]. Уменьшение числа станций, естественно, сказалось на уровне энергетической представительности землетрясений K_{min} в регионе. В настоящей работе предлагается новая карта представительности землетрясений (рис. 2), которая построена на основе конкретных данных о реальной дальности регистрации землетрясений разных классов K_p для всех станций региона за 1994-1998 гг. Этот временной интервал характеризуется стабильностью в расстановке сейсмических станций и в параметрах регистрирующей аппаратуры. Из 17 тысяч землетрясений данного периода, имеющих в бюллетенях, выбирались те события, на записях которых были четко видны пары вступлений волн P_g и S_g . В качестве примера на врезке к рис. 2 показан график дальности регистрации землетрясений разных энергетических классов для станции "Уакит", построенный по методике, описанной в [6]. Пунктирная линия, ограничивающая предельную регистрацию землетрясений, проводилась по наиболее многочисленным событиям с $K_p=6.5-9$. Радиус надежной регистрации определялся из этого же графика путем параллельного сдвига пунктирной линии вверх на величину стандартной ошибки определения энергетического класса, равной $0.5 K_p$ [7]. На основании анализа подобных графиков для всех станций Прибайкалья построены карты представительности землетрясений 7-9 энергетических классов. Полученные результаты показали, что для всей территории БРЗ, за исключением небольшого участка северо-восточнее дельты р. Селенги, представительны землетрясения с $K_{min}=7$. Изолиния $K_{min}=8$ захватывает частично области Сибирской платформы и Забайкалья, прилегающие к БРЗ. Остальная часть региона, исключая северо-западный и юго-восточный углы, характеризуется надежной регистрацией землетрясений с $K_{min}=9$. Следует отметить, что при построении карты представительности землетрясений намеренно не проводилось искусственного сглаживания острых углов изолиний, поскольку именно этот факт показывает несовершенство системы наблюдений и является конкретным руководством для выбора места установки новых станций. Последние и должны способствовать улучшению формы изолиний.

Общее число записанных в 1997 г. землетрясений с $K_p \geq 5$ составляет 2710 [8]. Распределение их по классам и суммарной сейсмической энергии по новым районам представлено в табл. 1. На рис. 3, 4 даны карты эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ и с $K_p \leq 8.5$, соответственно, откуда видно, что как обычно, в зоне Байкальского рифта (р-ны №№2-5) сосредоточена основная масса (87%) землетрясений. Наклон графика повторяемости землетрясений ($\gamma = -0.49 \pm 0.02$), рассчитанный для всего региона, согласуется с определениями этого параметра в предыдущие годы [4]. Механизм очагов удалось определить для девяти землетрясений (рис. 3) [9], включая ощутимое Северобайкальское землетрясение 13 апреля в 18^h04^m с $K_p=12.5$ [8,10]. Характер напряжений и подвижек в очагах восьми землетрясений типично "рифтовый". И лишь одно землетрясение в Байкало-Муйском районе, происшедшее 26 апреля в 09^h20^m с $K_p=9.6$ [8], имело взбросовую подвижку по близвертикальной плоскости северо-восточного простирания и взбросо-сдвиговую по близгоризонтальной плоскости северо-западного простирания. Рассмотрим сейсмичность региона более подробно.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

Области (I-III) Районы (№№1-7)	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E * 10^{12}$, Дж
	5	6	7	8	9	10	11	12		
I - Сибирская платформа										
1 - Сибирская платформа	-	3	29	10	1	1	-	-	44	0.0117
II - Байкальская рифтовая зона										
2 - Хубсугул-Гункинский р-н	1	71	126	49	16	4	1	-	267	0.2209
3 - Южно-Байкальский р-н	-	30	248	68	32	8	2	-	387	0.2626
4 - Байкало-Муйский р-н	9	522	702	235	56	19	3	2	1539	4.6812
5 - Кодаро-Удоканский р-н	3	54	65	29	4	1	1	-	153	0.1697
III - Забайкальская область										
6 - Западное Забайкалье	1	22	80	35	10	1	-	-	147	0.0290
7 - Восточное Забайкалье	-	8	81	46	15	5	1	-	155	0.1776
Всего	14	710	1331	472	134	39	8	2	2710	5.5527

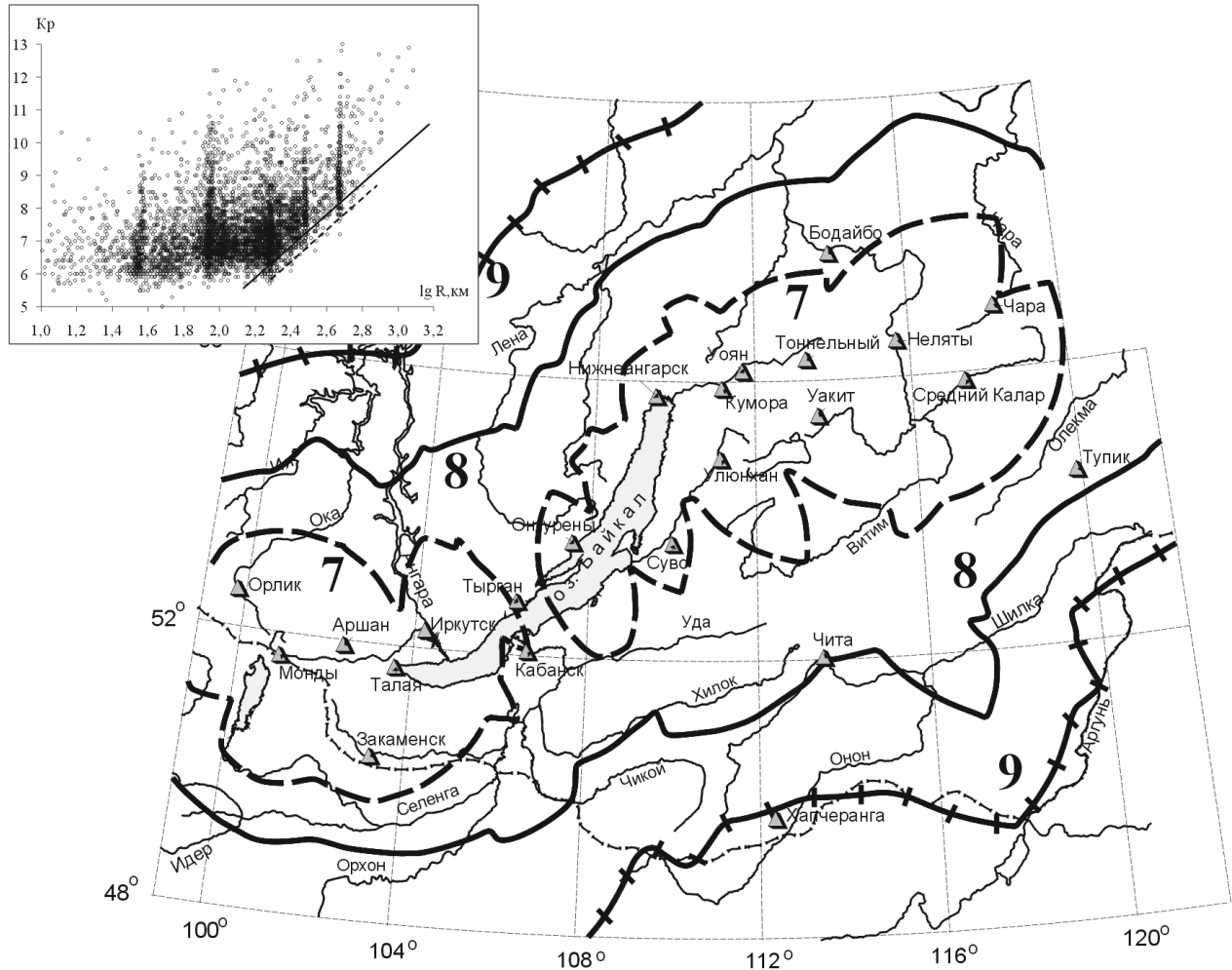


Рис. 2. Карта энергетической представительности землетрясений K_{\min} по состоянию сети сейсмических станций Прибайкалья и Забайкалья в 1994-1997 гг.

На врезке приведен пример эмпирического способа определения предельной (пунктир) и уверенной (сплошная линия) дальности регистрации землетрясений разных классов K_p на станции "Уакит".

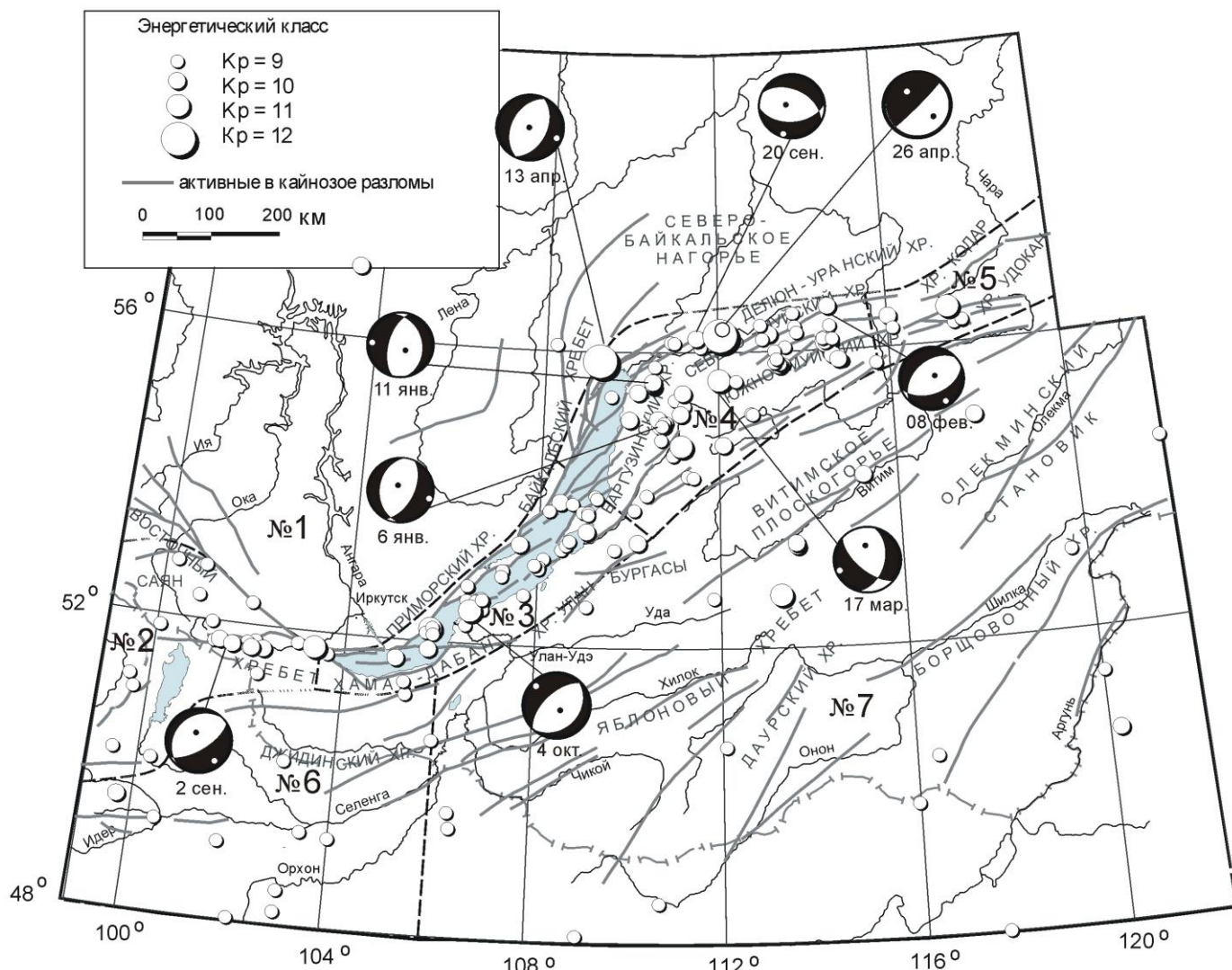


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ Прибайкалья и Забайкалья за 1997 г.

На стереограммах даны решения механизмов очагов отдельных землетрясений (с указанием их даты) в проекции нижней полусферы. Затемнены области волн сжатия, точки – оси растяжения (светлые) и сжатия (темные).

На **Сибирской платформе** (район №1) зарегистрировано всего лишь два землетрясения с $K_p \geq 8.6$, одно из которых, происшедшее 4 мая в $11^h 16^m$ с $K_p = 10.0$, является, вероятно, взрывом [8].

В **Байкальской рифтовой зоне** (районы №№2-5) землетрясения реализовались повсюду, отражая известные долговременные особенности развития регионального сейсмического процесса. Если рассматривать территорию зоны в целом, то можно отметить, что числа землетрясений за 10-летний период наблюдений по годам сопоставимы, в то время как суммарная сейсмическая энергия в 1997 г. минимальна по сравнению с таковой в предшествующие годы (табл. 2).

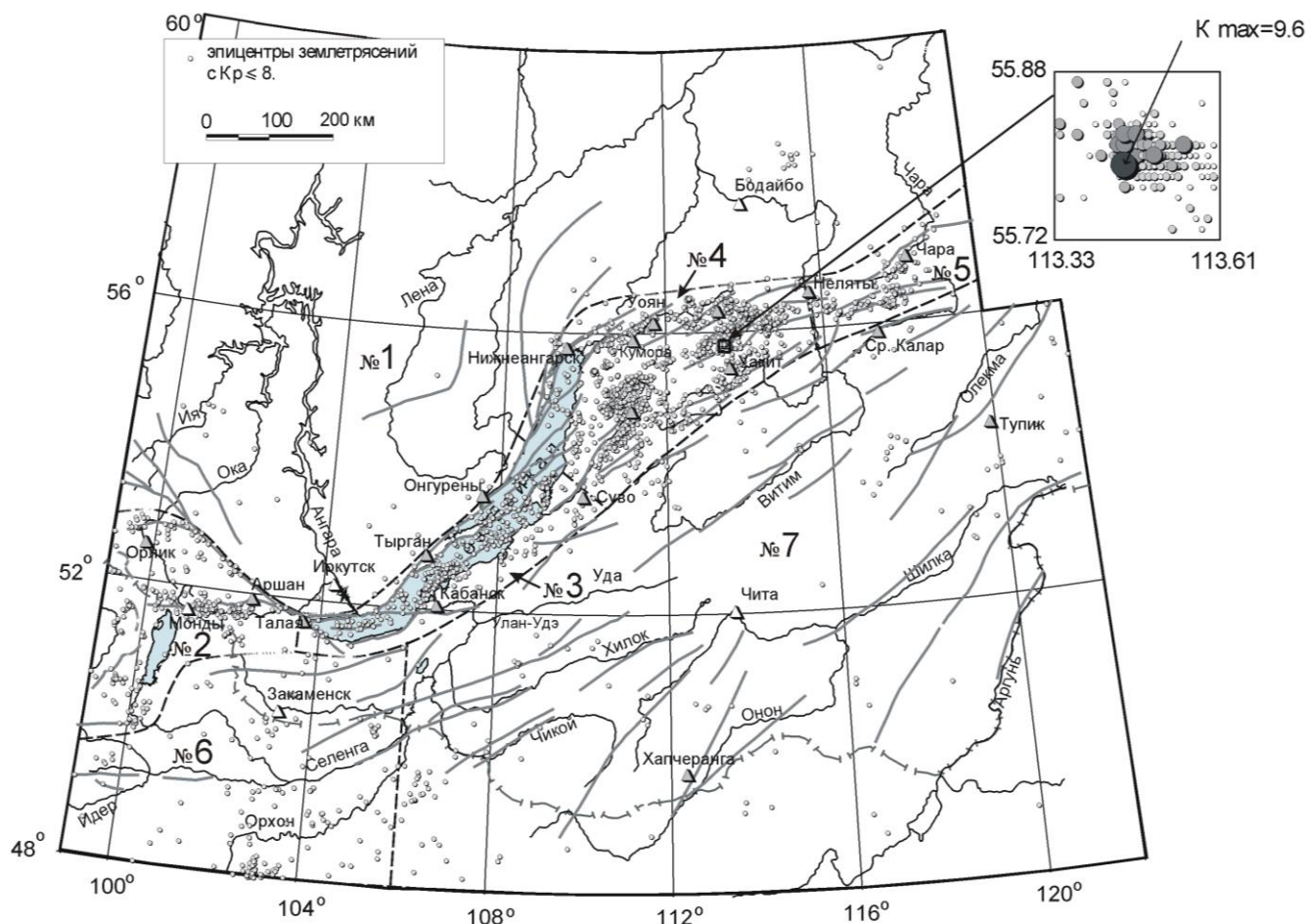


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Прибайкалья и Забайкалья с $K_p \leq 8.5$ за 1997 г.

На врезке представлен рой землетрясений, зарегистрированный в апреле-мае.

Таблица 2. Годовое распределение числа землетрясений разных классов K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE в БРЗ (районы №№2-5) за период 1988-1997 гг.

Год	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E * 10^{12}$, Дж
	9	10	11	12	13	14	15		
1988	87	23	12	-	1	-	-	123	11.62
1989	106	28	10	7	-	1	-	152	211.14
1990	120	52	11	3	1	1	-	188	179.42
1991	121	37	7	3	1	2	-	171	150.75
1992	119	29	11	5	2	1	-	167	127.03
1993	144	45	10	4	1	-	-	204	12.52
1994	115	36	7	3	-	1	1	163	3482.46
1995	103	30	10	5	-	1	1	150	1323.09
1996	108	38	10	7	-	-	-	163	9.59
1997	108	32	7	2	-	-	-	149	5.24
Среднее	113.1	35.0	9.5	3.9	0.6	0.7	0.2	163.0	551.286

Развертка сейсмического процесса в пространстве и во времени в пределах БРЗ выполнена в направлении с запада на восток и за каждый месяц, со сбором информации последовательно по 42 сегментам (рис. 5), на которые разделена вся рифтовая зона. Суммарные значения сейсмической энергии и числа землетрясений представлены коническими гистограммами в трехмерном изображении на рис. 6А,В. Как видим, максимумы энергии и числа землетрясений приходятся на сегменты 23-34, составляющие **Байкало-Муйский район (№4)**, что обусловлено присутствием здесь четырех землетрясений с $K_p > 11$, а пик числа событий сформирован землетрясениями роя, показанного на врезке к рис. 4. Рой из 280 землетрясений, максимальное из которых имело $K_{max} = 9.6$, произошел в апреле-мае в центральной части Южно-Муйского хребта.

Вблизи очаговой зоны этого роя ранее реализовались как сильные землетрясения с афтершоками, так и достаточно массовые рои землетрясений. Это – Муяканское землетрясение 11.11.1962 г. ($t_0=11^h31^m$, $M=5.8$ [11]), с эпицентром к северо-западу от роя 1997 г., сопровождаемое 52 афтершоками, максимальный из которых имел $K_p=11$ [12]; Баунтовское землетрясение 21.06.1968 г. ($t_0=01^h41^m$, $M=5.0$) [11]), с эпицентром южнее области роя, имеющее 46 афтершоков, максимальный из них характеризовался $K_p=10$ [12]; Баунтовский рой 1969 г. (177 толчков с $K_{max}=11$) и Уакитский рой 1978 г. (276 толчков с $K_{max}=11$) [12].

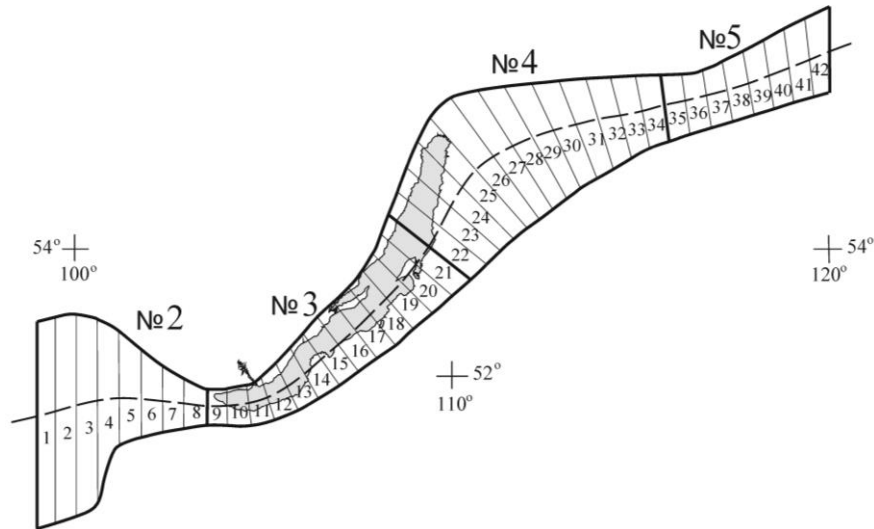


Рис. 5. Схема контура Байкальской рифтовой зоны, разделенной на 42 сегмента, используемая для построения пространственно-временного распределения выделившейся сейсмической энергии и числа землетрясений на рис. 6.

Пунктиром обозначена условная ось рифтовой системы, на которую проектируется величина суммарной за год энергии или число землетрясений.

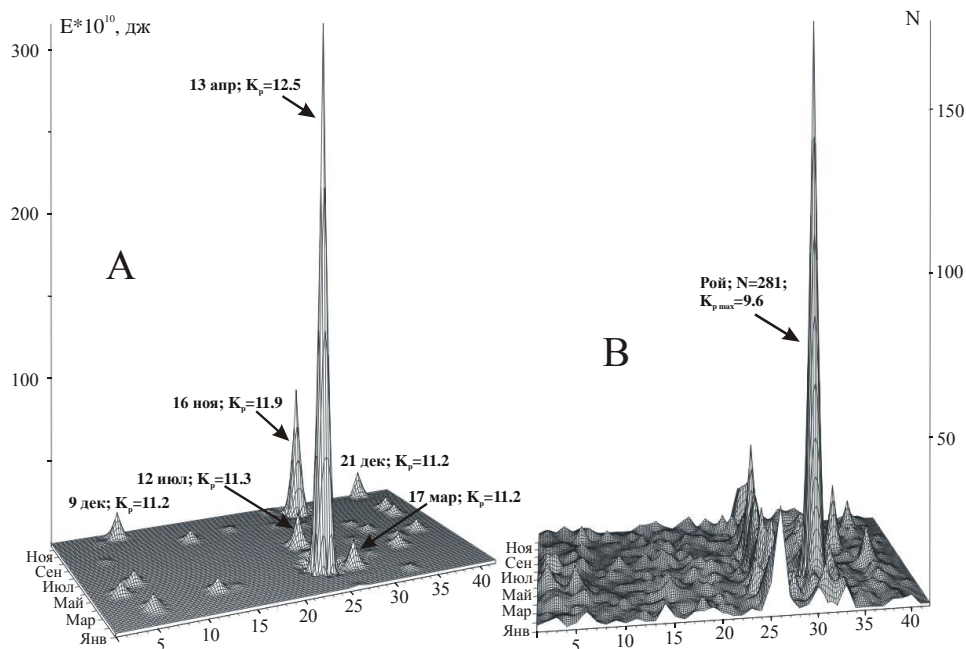


Рис. 6. Конические гистограммы пространственно-временного распределения суммарной сейсмической энергии (А) и числа землетрясений (В) в зоне Байкальского рифта за 1997 г. в проекции на условную ось рифтовой системы (ось абсцисс).

В восточной части Байкало-Муяканского района в 1997 г. продолжалась слабая афтершоковая деятельность в очаговой зоне Южно-Муяканского землетрясения 13.11.1995 г. ($t_0=08^h43^m$, $M=6.1$ [16]), эпицентр которого располагался в горном отроге, разделяющем частные структуры Муяканской впадины – Улан-Макитскую и Мудириканскую впадины. Предыстория возникновения данного

события и афтершоковый процесс до конца 1997 г. кратко описаны С.И. Голенецким в [17]. В дополнение к этой информации следует сказать, что компактная область афтершоков Южно-Муйского землетрясения (контур 1 на рис. 7А), вытянутая в первые и последующие сутки после главного толчка в направлении северо-восток-юго-запад, не была единственной. Практически одновременно активизировалось северо-запад–юго-восточное направление, которое обозначили эпицентры относительно слабых землетрясений (контур 2 на рис. 7А и гистограммы на рис. 7В,С). Фокальные механизмы афтершоков также показывают два направления разрывов – северо-восточное и северо-западное. В данной последовательности сейсмических событий преобладал "рифтовый" тип подвижки в очагах, но в некоторых из них наблюдались сдвиги [1, 18]. Стоит отметить, что область 3 на рис. 7А, характеризующаяся высокой сейсмической активностью задолго до землетрясения 13.11.1995 г. (крупный рой землетрясений в 80-х годах [17]) и относительным снижением ее в 1990–2000 гг., заметно "оживила" в 2001 г. (рис. 7D).

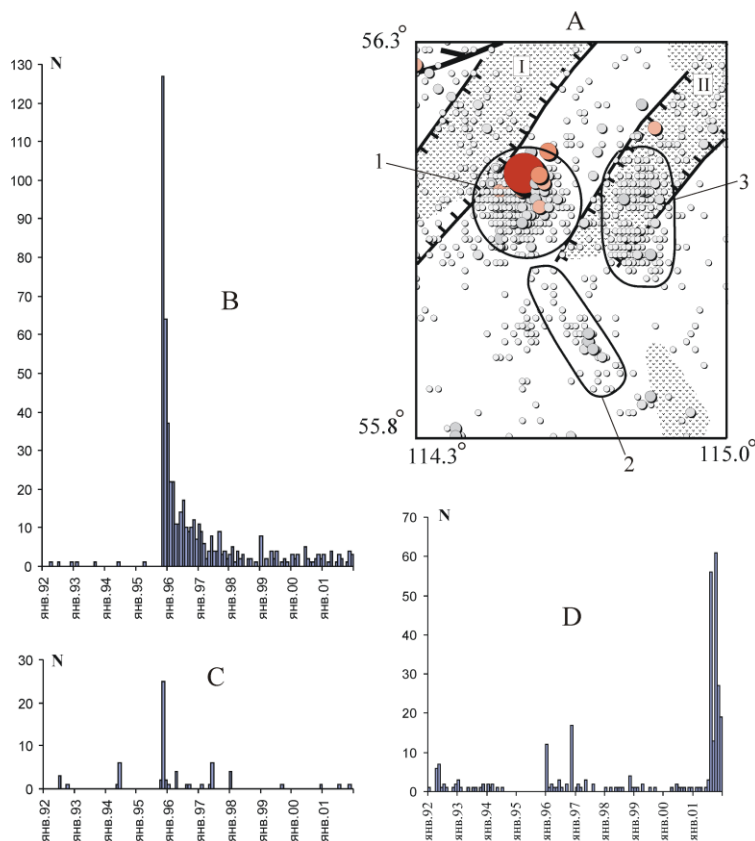


Рис. 7. Южно-Муйское землетрясение 13.11.1995 г. ($t_0=08^h43^m$, $M_S=6.1$) и его афтершоки до 2001 г.

А – эпицентр главного толчка и его афтершоки: 1-3 – области повышенной плотности афтершоков; I,II – Улан-Макитская и Мудириканская впадины, ограниченные активными в кайнозое разломами сбросового типа. В,С, D – гистограммы годовых чисел землетрясений в областях афтершоков 1-3.

К Байкало-Муйскому району относится также землетрясение 16 ноября в 02^h56^m с $K_p=11.9$ [8], происшедшее на северо-востоке Верхнеангарской впадины в 20 км от пос. Новый Уоян. Интенсивность сотрясений в поселке составила 2-3 балла. Эта часть впадины сейсмически активна на протяжении всего периода инструментальных наблюдений. Здесь известно Уоянское землетрясение 02.11.1976 г. ($t_0=14^h55^m$, $M=5.2$ [13]), сопровождавшееся 54 афтершоками и характеризующееся сдвиго-сбросовыми смещениями в очаге. Подобные фокальные механизмы довольно часто встречаются в очагах землетрясений этого района [14,15].

Сейсмическая активность Западного Забайкалья (район №6) в 1997 г. была достаточно "вялой". Слабые землетрясения концентрировались, в основном, в эпицентральной области Могодского землетрясения 05.01.1967 г. ($t_0=00^h14^m$, $M=7.8$ [19]).

В Восточном Забайкалье (район №7) эпицентры малочисленных слабых землетрясений рассредоточены на большой территории. Одна небольшая компактная группа наблюдалась на территории Северной Монголии в междуречье р. Орхон и р. Чикой, другая в Олекминском

Становике, в верховьях р. Олекма. Самым сильным землетрясением этого района в 1997 г. явилось землетрясение 23 апреля в $12^{\text{h}}13^{\text{m}}$ с $K_p=10.8$, эпицентр которого расположился в 71 км севернее г. Читы. В городе это событие ощущалось с интенсивностью 2-3 балла [8].

В заключение отметим, что сейсмическая активность БРЗ в 1997 г. не превысила обычного уровня и отразила характерные черты регионального сейсмического режима.

Л и т е р а т у р а

1. **Голенецкий С.И., Гилева Н.А., Мельникова В.И., Курушин Р.А., Масальский О.К. 2002.** Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 81-94.
2. **Голенецкий С.И. 1988.** Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1985 году. М.: Наука. С. 124-135.
3. **Голенецкий С.И., Букина К.И., Анисимова Л.В., Мельникова Г.Л., Новомейская Ф.В., Перевалова Г.И., Солоненко Н.В., Третьяк Э.А., Фомина Е.В. 1973.** Землетрясения Прибайкалья // Землетрясения в СССР в 1969 году. М.: Наука. С. 106-121.
4. **Мельникова В.И., Гилева Н.А., Курушин Р.А., Масальский О.К., Шлаевская Н.С.** Выделение условных районов для ежегодных обзоров сейсмичности региона Прибайкалья и Забайкалья. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.
5. **Голенецкий С.И. 1999.** Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: Изд-во НИИ-Природа. С. 69-82.
6. **Гайский В.Н., Жалковский Н.Д. 1971.** Исследование повторяемости землетрясений Западной Тувы // Физика Земли. №9. С. 16-27.
7. **Мирзоев К.М., Рахматуллин М.Х., Гатиятуллин Р.Н. 2000.** Татарстан (с древнейших времен по 1994 год) // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. М.: Изд-во ОИФЗ ГС РАН. С. 44-56.
8. **Леонтьева Л.Р., Гилева Н.А. (отв. сост.), Тигунцева Г.В., Хайдурова Е.В., Андрусенко Н.А., Виноградова Л.П., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б.** Прибайкалье и Забайкалье. См. раздел III в наст. сб. (на CD).
9. **Мельникова В.И., Радзиминович Н.А.** Прибайкалье и Забайкалье. См. раздел IV в наст. сб. (на CD).
10. **Ружич В.В., Мельникова В.И., Гилева Н.А., Смекалин О. П.** Северобайкальское землетрясение 13 апреля 1997 года с $MS=4.2$, $I_0=7$ (Прибайкалье). См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.
11. **Голенецкий С.И., Хромовских В.С. (отв. сост.), Кисловская В.В., Кондорская Н.В., Солоненко В.П., Шебалин Н.В. 1977. V.** Прибайкалье [(2000 до н.э. - 500 н.э.) -1974 гг.; $M \geq 5.0$; $I_0 \geq 6$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. С. 315-338.
12. **Солоненко А.В., Солоненко Н.В. 1987.** Афтершоковые последовательности и рои землетрясений в Байкальской рифтовой зоне // Новосибирск: Наука (СО). 94 с.
13. **Голенецкий С.И. 1980.** Землетрясения Прибайкалья // Землетрясения в СССР в 1976 г. М.: Наука. С. 46-57.
14. **Солоненко А.В., Солоненко Н.В., Мельникова В.И. и др. 1993.** Напряжения и подвижки в очагах землетрясений Сибири и Монголии // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. I. С. 113-122.
15. **Мельникова В.И., Радзиминович Н.А. 1998.** Механизм очагов землетрясений Байкальского региона за 1991-1996 гг. // Геология и геофизика. Т.39. № 11. С. 1598-1607.
16. **Голенецкий С.И. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р. 2001.** Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 305-307.
17. **Голенецкий С.И. 2001.** Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. М.: ГС РАН. С. 68-75.
18. **Радзиминович Н.А. 1999.** Афтершоковая последовательность землетрясения 13 ноября 1995 г. // Материалы XVIII Всероссийской научной молодежной конференции: Геология и геодинамика Евразии. Иркутск, 19-23 апреля 1999. С. 57.
19. **Хилько С.Д., Курушин Р.А., Кочетков В.М., Балжинням И., Монхоо Д. 1985.** Сильные землетрясения // Палеосейсмогеологические и макросейсмические данные. М.: Наука. С. 19-79.