

## ПРИБАЙКАЛЬЕ И ЗАБАЙКАЛЬЕ

В.И. Мельникова<sup>1</sup>, Н.А. Гилёва<sup>2</sup>, О.К. Масальский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, [vimel@crust.irk.ru](mailto:vimel@crust.irk.ru)

<sup>2</sup>Байкальский филиал ГС СО РАН, г. Иркутск, [nagileva@crust.irk.ru](mailto:nagileva@crust.irk.ru)

В 2009 г. в Прибайкалье и Забайкалье, как и прежде, действовали 23 цифровые сейсмические станции (ЦСС) Байкальского филиала ГС СО РАН и 8 – ЦСС Бурятского филиала ГС СО РАН (рис. 1) [1]. Условия регистрации землетрясений, по сравнению с таковыми в 2008 г. [2], в целом не изменились, за исключением небольшой коррекции уровней чувствительности сейсмографов и акселерографов на станциях «Кумора», «Листвянка», «Неляты», «Нижнеангарск», «Онгурен», «Талая» и «Тырган» (см. Приложение к наст. сб. [3]). Обработка материалов наблюдений осуществлялась по методике [4], при этом кроме данных региональных станций использовались материалы станций приграничных территорий (Алтае-Саянского региона, Якутии, Приамурья, Монголии и Китая).

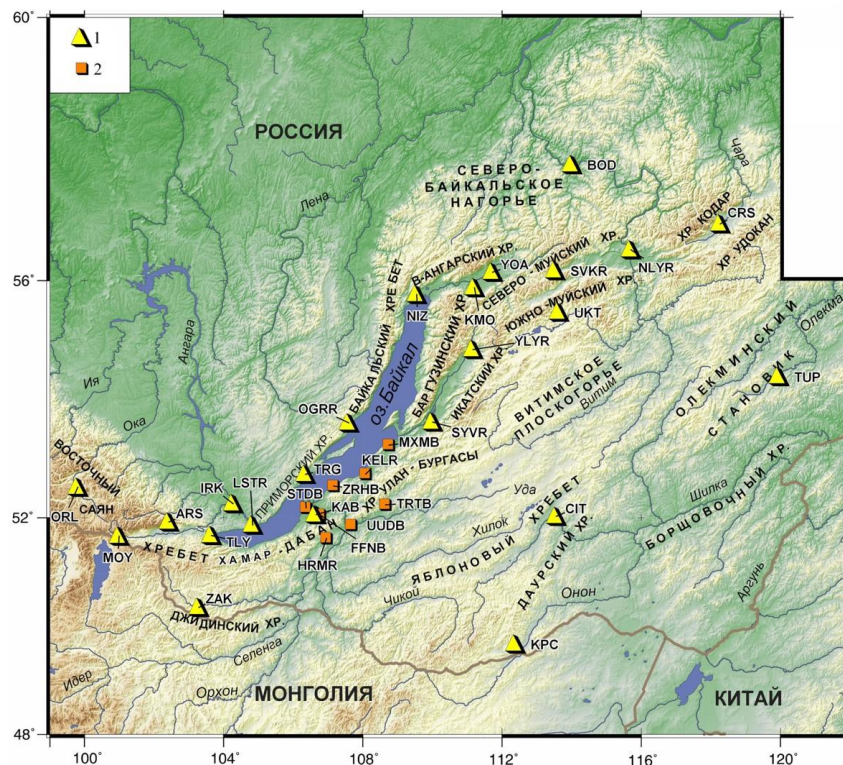


Рис. 1. Сейсмические станции Прибайкалья и Забайкалья в 2009 г.

1, 2 – сейсмические станции БФ ГС СО РАН и Бурятского филиала ГС СО РАН соответственно.

Каталог землетрясений за 2009 г. [5] содержит параметры 6552 сейсмических событий с  $K_p \geq 6$  (рис. 2, табл. 1), из них 6034 (92%) локализовано в Байкальской рифтовой зоне (БРЗ). В наст. сб. публикуется каталог землетрясений с  $K_p \geq 7.6$ , содержащий  $N_\Sigma = 821$  землетрясение [6]. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам и суммарной сейсмической энергии ( $\Sigma E$ ) по районам [7] представлено в табл. 1. Коэффициенты наклона графика повторяемости, рассчитанные для всего региона и непосредственно для БРЗ в диапазоне энергетических классов  $K_p = 7-13$ , имеют обычные значения:

$$\gamma = -0.55 \pm 0.01.$$

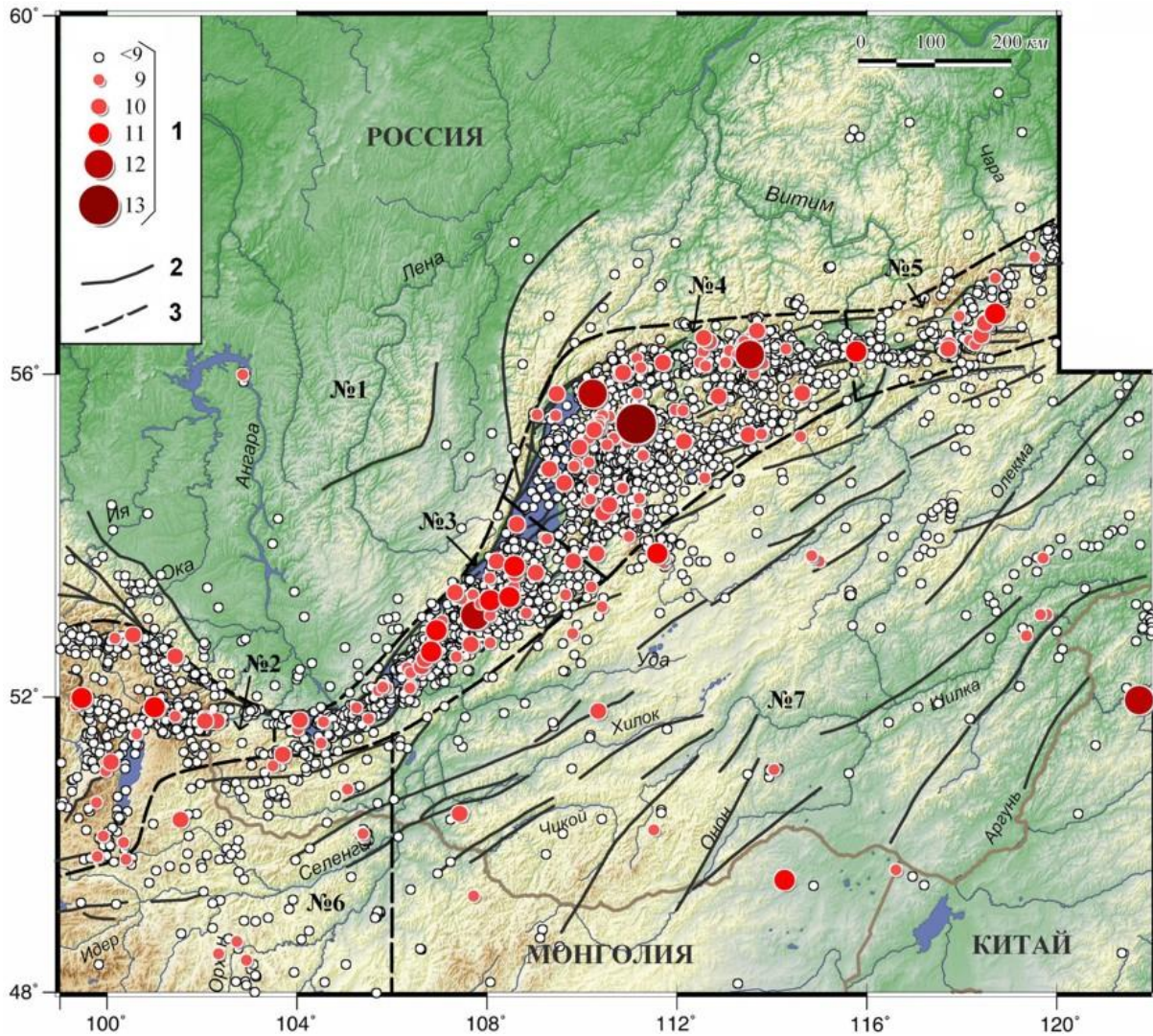


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в 2009 г. с  $K_p \geq 6$  по [5]

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – разлом, активный в кайнозое; пунктирными линиями здесь и далее обозначены условные границы районов по [7].

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам

Области (I–III) Районы (№№ 1–7)	$K_p$								$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^{12}$ Дж
	6	7	8	9	10	11	12	13		
<b>I – Сибирская платформа</b>										
1 – Сибирская платформа	62	43	7	1					113	0.003
<b>II – Байкальская рифтовая зона</b>										
2 – Хубсугул-Тункинский р-н	338	144	46	11	5	2			546	0.365
3 – Южно-Байкальский р-н	1269	612	172	52	16	5	1		2127	1.030
4 – Байкало-Муйский р-н	1747	722	244	64	21	1	2	1	2802	18.442
5 – Кодаро-Удоканский р-н	287	197	52	15	6	2			559	0.248
<b>III – Забайкальская область</b>										
6 – Западное Забайкалье	44	65	20	10	1				140	0.018
7 – Восточное Забайкалье	75	126	42	16	3	2	1		265	1.057
Всего	3822	1909	583	169	52	12	4	1	6552	21.163

Для 16 региональных землетрясений с  $K_p=9.6–13.2$  [6, 8] имеются макросейсмические сведения, при этом для наиболее сильного из них – Верхнебаргузинского 10 июня с  $M_w=4.8$



(см. статью в наст. сб. [9]) – интенсивность сотрясений в ближайшем населенном пункте Кумора ( $\Delta=53$  км) не превышала 4 балла. Интенсивность колебаний  $I=4-5$  баллов была отмечена при землетрясениях 3 января в 03<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $K_p=12.2$  и 29 ноября в 08<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $K_p=11.6$  вблизи пос. Северомуйск ( $\Delta=12$  км) и Хужир ( $\Delta=33$  км) соответственно.

Механизмы очагов землетрясений были определены для 32 событий с  $K_p=9.6-13.2$  [10]. 30 решений получено на основе знаков первых вступлений  $P$ -волн по программе А.В. Ландера [11], два (3 января в 03<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $K_p=12.2$ ,  $M_w=4.3$  и 10 июня в 18<sup>h</sup>51<sup>m</sup> с  $K_p=13.2$ ,  $M_w=4.8$ ) – путем оценки тензора сейсмического момента по амплитудным спектрам поверхностных волн (методика описана в [12]).

Рассматривая сейсмичность в каждом из условно выделенных [7] районов региона, отметим следующее. На **Сибирской платформе (район № 1)** в 2009 г. наблюдалась слабая сейсмическая активность (табл. 1). Вероятность того, что четыре землетрясения с  $K_p=7.7-9.2$ , произошедшие 15–16 апреля в районе Братского водохранилища ( $\varphi=56.0^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=102.9^\circ\text{E}$ ), могут относиться к взрывам, мала, поскольку события зарегистрированы в ночное время форма записей волновых форм на ближайшей станции «Онгурен» ( $\Delta=400$  км) соответствует записям классических землетрясений.

В **Хубсугул-Тункинском районе (№ 2)** зарегистрировано 546 землетрясений (табл. 1). К наиболее сильным из них можно отнести три землетрясения. Первое (1)<sup>1</sup> произошло 17 февраля в 00<sup>h</sup>47<sup>m</sup> с  $K_p=11.4$  в районе истока р. Иркут и сопровождалось пятью слабыми ( $K_p=5.7-7.3$ ) афтершоками. Второе (16) с  $K_p=10.6$ , имевшее семь слабых ( $K_p=5.8-8.0$ ) афтершоков, зарегистрировано 24 ноября в 08<sup>h</sup>01<sup>m</sup> севернее Дархатской впадины. Третье событие (18 апреля в 21<sup>h</sup>16<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$ ), локализованное в зоне Главного Саянского разлома, представляет интерес с точки зрения сбросо-сдвиговой кинематики смещений в очаге (рис. 3), подтверждая геологические данные о характере тектонических движений в этом районе.

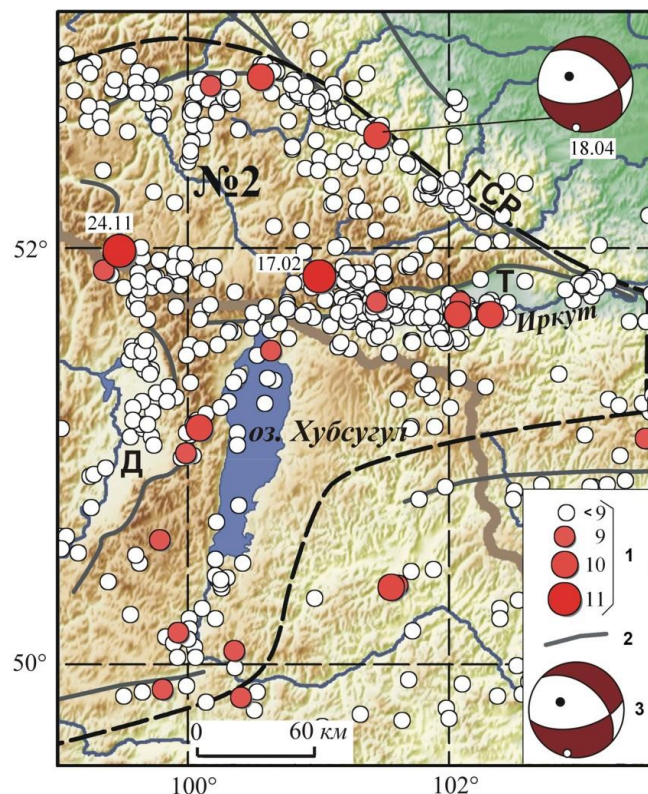


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Хубсугул-Тункинского района (№ 2) в 2009 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – кайнозойский разлом; 3 – стереограмма механизма очага в проекции нижней полусферы (цифрами указана дата (число, месяц) землетрясения); ГСР – Главный Саянский разлом; буквами обозначены рифтовые впадины: Т – Тункинская, Д – Дархатская.

<sup>1</sup> Здесь и далее в круглых скобках указан номер землетрясения с  $K_p \geq 10.6$  из 2-й графы каталога [6].

В Южно-Байкальском районе (№ 3) в 2009 г. произошло 2127 землетрясений (табл. 1). Наиболее сильное ( $K_p=11.6$ ) событие (17), ощущавшееся в пос. Хужир ( $\Delta=33$  км) [6] с интенсивностью  $I=4-5$  баллов, зарегистрировано 29 ноября в 08<sup>h</sup>30<sup>m</sup> в 20 км к юго-востоку от о. Ольхон. Интересно отметить, что фокальный механизм данного землетрясения не является рифтовым: в вертикальных плоскостях разрывов субширотного и субмеридионального простираний в очаге реализовались чисто сдвиговые подвижки с небольшой компонентой сжатия (рис. 4) [10]. Землетрясение 29 ноября входит в состав роя, начавшегося в октябре слабыми толчками ( $K_p=6$ ). До конца года в его области произошло 135 землетрясений с  $K_p=5.6-11.6$  (рис. 5).

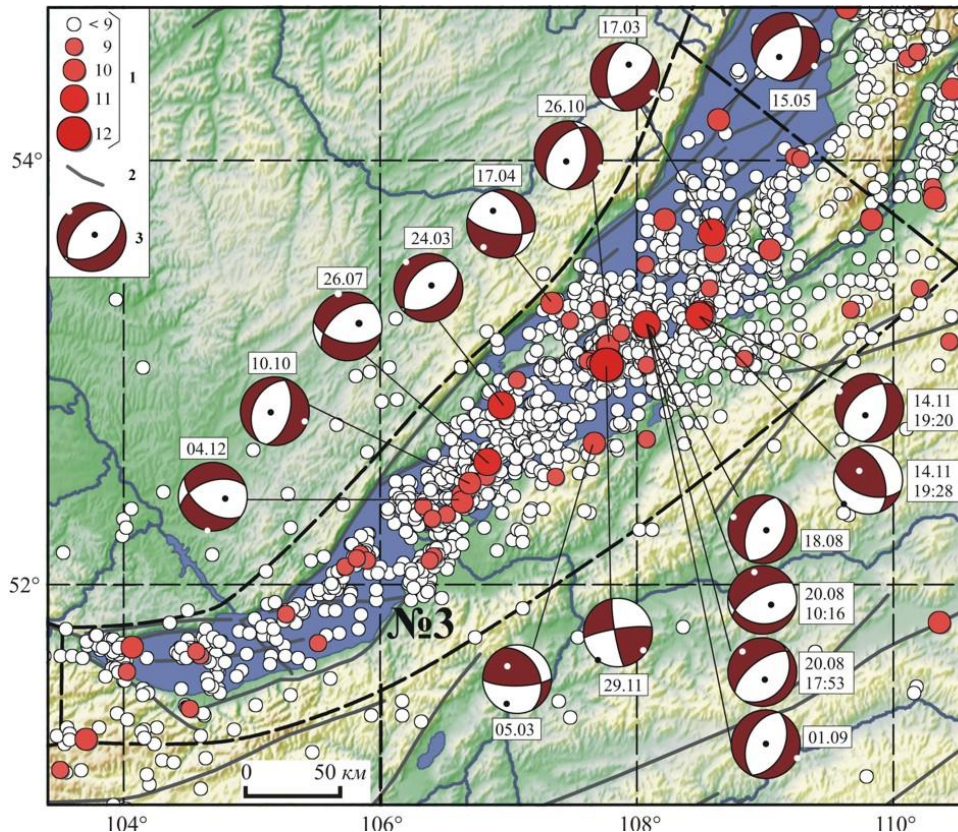


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Южно-Байкальского района (№ 3) в 2009 г.

Условные обозначения см. на рис. 3.

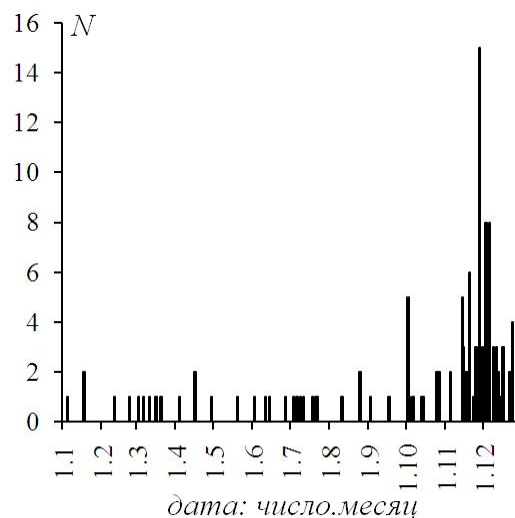


Рис. 5. Посуточное распределение числа землетрясений с  $K_p \geq 5.6$  в Ольхонском рою с главным событием 29 ноября 2009 г. (Средний Байкал)



На фоне многочисленных преимущественно слабых землетрясений, эпицентры которых достаточно равномерно распределены в акватории Среднего Байкала, выделяются еще две группы сейсмических событий, сформированных в рифтовом поле напряжений. Одна группа с главным толчком (9), произошедшим 26 июля в 05<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p > 10.9$ , и 70-ю афтершоками с  $K_p = 5.6-9.3$  локализовалась севернее дельты р. Селенги; другая (~ 60 толчков с  $K_p \geq 5.6$  до конца года) с главным событием (5) 17 марта в 00<sup>h</sup>59<sup>m</sup> с  $K_p = 11.1$  – к северу от п-ова Святой Нос (рис. 4).

Следует отметить, что в 2009 г. продолжилась активизация района Максимихинской последовательности землетрясений, начавшейся в 2008 г. на юго-восточном борту Байкала вблизи м. Крестовый [13, 14]. В течение 2009 г. здесь произошло 450 событий с  $K_p = 5.6-10.8$ . Сложный характер разрывообразования в рассматриваемой области проявился в разных типах фокальных механизмов двух наиболее сильных землетрясений этой последовательности, произошедших 14 ноября в 19<sup>h</sup>20<sup>m</sup> с  $K_p = 10.5$  и в 19<sup>h</sup>28<sup>m</sup> с  $K_p = 10.8$  (13). В первом случае в очаге наблюдались сбросовые смещения, во втором – сдвиго-взбросовые.

В целом в Южно-Байкальском районе (№ 3) в 2009 г. сейсмическая активность значительно снизилась, по сравнению с таковой в 2008 г., а количество выделившейся суммарной сейсмической энергии упало на несколько порядков (табл. 1) [15]. Механизмы землетрясений в большинстве случаев показывают преобладание в земной коре района растягивающих напряжений.

В Байкало-Муйском районе (№ 4) в 2009 г. зарегистрировано 2802 землетрясения (табл. 1), что сопоставимо с Южно-Байкальским районом. Сейсмичность здесь представлена в основном слабыми землетрясениями, при этом эпицентры большинства из них располагаются в пределах Баргузинского, Северо-Муйского и Муяканского хребтов. Частично поле эпицентров захватывает и рифтовые впадины (рис. 6).

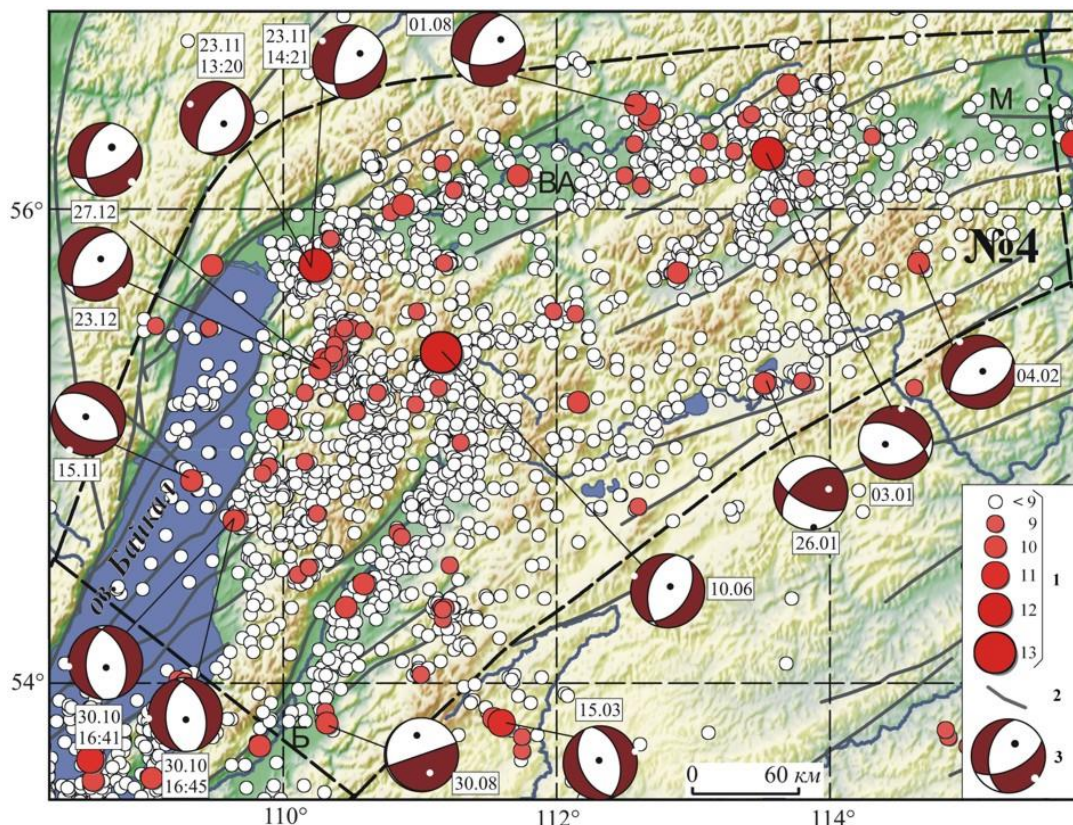


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Байкало-Муйского района (№ 4) в 2009 г.

Буквами на карте обозначены впадины рифтового типа: ВА – Верхнеангарская, Б – Баргузинская, М – Муйская. Остальные условные обозначения см. на рис. 3.

На юго-восточных склонах Баргузинского хребта в верховьях р. Баргузин 10 июня в 18<sup>h</sup>51<sup>m</sup> произошло наиболее сильное ( $K_p > 13.2$ ,  $M_w = 4.8$ ) землетрясение региона Прибайкалья и

Забайкалья в 2009 г. (8) [9]. По своему местоположению землетрясение было названо Верхнебаргузинским. Оно ощущалось в пос. Кумора ( $\Delta=53$  км), Кичера ( $\Delta=89$  км) и Аргада ( $\Delta=134$  км) с интенсивностью в 4 балла и практически не сопровождалось более слабыми толчками (~шесть событий с  $K_p < 6.6$  за период 10–13 июня). Механизм землетрясения чисто рифтовый: при горизонтальном растяжении и вертикальном сжатии по наклонным плоскостям разрывов в очаге реализовались сбросовые смещения.

Как известно [16], рассматриваемый район характеризуется тем, что здесь наряду с участками рассеянной сейсмичности отмечаются изометричные области группирующихся сейсмических событий (роев и землетрясений с афтершоками). Не является исключением и ситуация в 2009 г. В этом году продолжилась умеренная активизация начавшихся ранее многочисленных последовательностей землетрясений: Акуликанской [17] (~170 событий с  $K_p=5.6-11.7$ ) и Томпудинской [18] (~350 событий с  $K_p=5.6-10.5$ ). Незначительные рои произошли в нижнем течении р. Томпуды (~60 событий с  $K_p=5.6-9.9$ ), у подножья Баргузинского хребта в районе р. Шегнанды (~100 событий с  $K_p=5.6-8.9$ ) и вблизи м. Кабаний (18 толчков с  $K_p=6.0-10.1$ ). В долине р. Цыпа зарегистрировано землетрясение 26 января в 18<sup>h</sup>35<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$ , вызвавшее слабые ( $K_p=5.8-8.3$ ) афтершоки ( $N=22$  в течение года).

Относительно сильное ( $K_p=12.2$ ,  $M_w=4.3$ ) землетрясение (1), ощущавшееся в пос. Северомуйск ( $\Delta=12$  км) с интенсивностью  $I=4-5$  баллов, произошло 3 января в 03<sup>h</sup>50<sup>m</sup> в Северо-Муйском хребте. В течение января в его очаговой области зарегистрировано 35 афтершоков с  $K_p=5.6-8.8$ .

По данным о механизмах очагов установлено, что в 2009 г., как и в 2008 г., в Байкало-Муйском районе преобладают растягивающие усилия, направленные вкост простираения рифтовых структур.

**Кодаро-Удоканский район (№ 5)** в сейсмическом отношении слабо активен. Наиболее значительное землетрясение произошло 27 августа в 09<sup>h</sup>51<sup>m</sup> с  $K_p=11.0$  в Муйско-Куандинской впадине. Под воздействием горизонтальных осей напряжений сжатия и растяжения в очаге реализовались чисто сдвиговые смещения (рис. 7 а), при этом усилением слабой сейсмичности оно не сопровождалось.

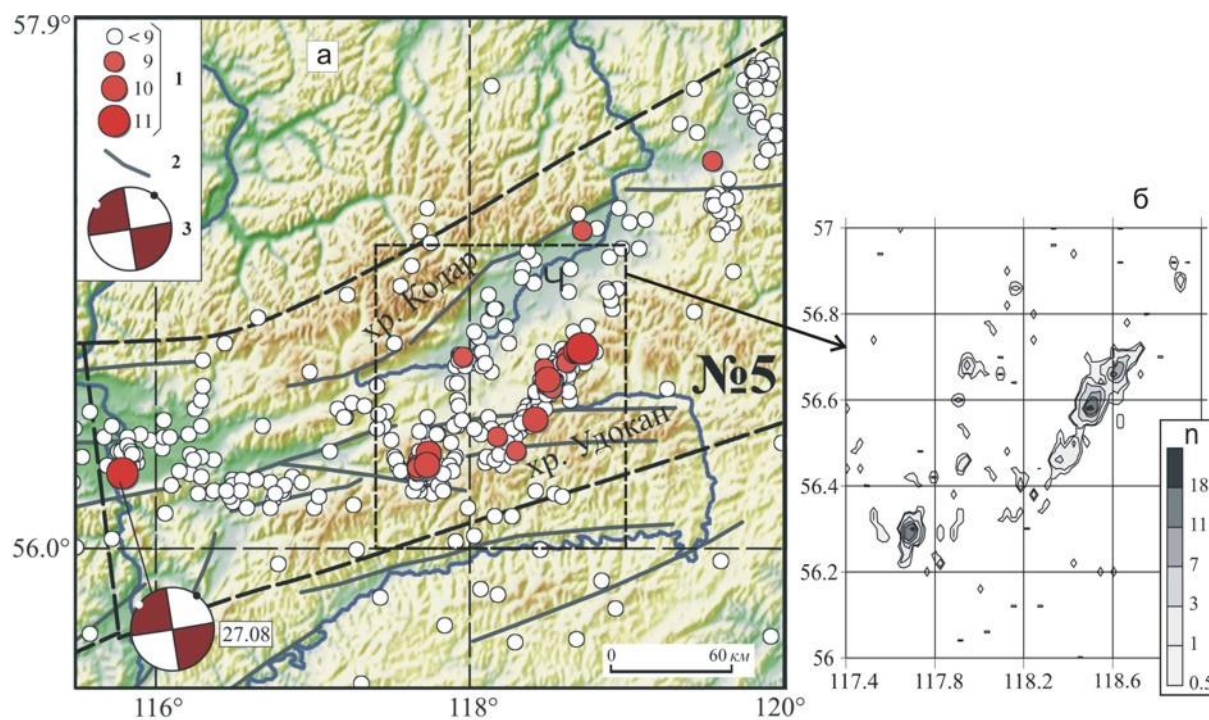


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений Кодаро-Удоканского района (№ 5) в 2009 г. (а) и карта плотности эпицентров его наиболее активной части (б)

Остальные условные обозначения см. на рис. 3;  $n$  – число землетрясений на единичной площадке осреднения размером  $\varphi=0.02^\circ$  и  $\lambda=0.03^\circ$ ; Ч – Чарская впадина.



На карте плотности эпицентров землетрясений (рис. 7 б) в Удоканском хребте видна полоса повышенной сейсмической активности (~250 землетрясений с  $K_p=5.6-10.6$ ) юго-запад – северо-восточного простирания (длиной ~ 50 км). На юго-западе хребта также наблюдается кратковременное усиление сейсмической активности: 10–14 ноября в данном месте произошло 70 землетрясений с  $K_p=5.6-10.1$ . Следует отметить, что в хр. Удокан довольно часто наблюдаются не только скопления слабых толчков, но и достаточно сильные сейсмические события [15].

**Западное Забайкалье (район № 6)** сейсмически мало активно. Здесь отмечается рассеянная слабая сейсмичность: зарегистрировано всего 140 землетрясений с  $K_p=5.6-9.7$  (табл. 1, рис. 2).

**В Восточном Забайкалье (район № 7)** как обычно зарегистрированы редкие, в основном слабые землетрясения (рис. 2). Относительно сильные события произошли 27 сентября в  $23^{\text{h}}18^{\text{m}}$  с  $K_p=11.9$  (17) на восточном краю зоны (территория Китая) и 13 мая в  $0^{\text{h}}53^{\text{m}}$  с  $K_p=11.2$  (7) – на территории Монголии.

Вблизи границы рифтовой зоны и Восточного Забайкалья, на восточном склоне Икатского хребта в марте появилась немногочисленная группа слабых толчков ( $K_p=6.2-10.7$ ). В их состав входило землетрясение 15 марта в  $06^{\text{h}}45^{\text{m}}$  с  $K_p=10.7$  (4), характеризующееся рифтовым механизмом [10].

В заключение отметим, что 2009 г. в Прибайкалье и Забайкалье был слабо активным. Из последних 10 лет (2000–2009 гг.) по суммарной сейсмической энергии он превосходит только 2001 г. В целом сейсмический режим и напряженно-деформированное состояние земной коры региона соответствуют их обычным характеристикам и долгосрочным тенденциям неотектонического развития рассматриваемой территории.

#### Л и т е р а т у р а

1. Масальский О.К., Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Хайдурова Е.В. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения России в 2009 году. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 31–35.
2. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Масальский О.К. Сейсмические станции Прибайкалья и Забайкалья в 2008 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – (На CD).
3. Гилёва Н.А., Масальский О.К. (отв. сост.). Сейсмические станции Байкальского филиала ГС СО РАН (код сети ВУКЛ) в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 124–135.
5. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Анисимова Л.В., Дреннова Г.Ф., Меньшикова Ю.А., Хамидулина О.А., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Дрокова Г.Ф., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Дворникова В.И., Павлова Л.В., Мазаник Е.В., Зиброва Е.С., Папкина А.А., Терёшина Е.Н., Борисова О.А., Торбеева М.В. Каталог (оригинал) землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2009 г. с  $K_p \geq 5.6$  ( $N=6562$ ). – Иркутск: Фонды БФ ГС СО РАН, 2010. – 132 с.
6. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Анисимова Л.В., Дреннова Г.Ф., Меньшикова Ю.А., Хамидулина О.А., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Дрокова Г.Ф., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Дворникова В.И., Павлова Л.В., Мазаник Е.В., Зиброва Е.С., Папкина А.А., Терёшина Е.Н., Борисова О.А., Торбеева М.В. (сост.). Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Курушин Р.А., Масальский О.К., Шлаевская Н.С. Выделение условных районов для ежегодных обзоров сейсмичности региона Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 107–117.
8. Радзиминович Я.Б., Гилёва Н.А. (отв. сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. Гилёва Н.А., Середкина А.И., Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б. Верхнебаргузинское землетрясение 10 июня 2009 г. с  $K_p=13.2$ ,  $M_w=4.8$ ,  $I_0=6-7$  (Северный Байкал). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
10. Мельникова В.И., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Ландер А.В., Середкина А.И., Татомир Н.В. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

11. Ландер А.В. Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений  $P$ -волн). – М.: Фонды автора, 2006. – 27 с.
12. Середкина А.И., Мельникова В.И. Тензор сейсмического момента прибайкальских землетрясений по поверхностным волнам // ДАН. – 2013. – 451. – № 1. – С. 91–94.
13. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Имаев В.С., Радзиминович Я.Б., Тубанов Ц.А. Особенности сейсмических активизаций Среднего Байкала в 2008–2011 гг. // ДАН. – 2013. – 453. – № 6. – С. 680–685.
14. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б., Середкина А.И. Максимихинское землетрясение 20 мая 2008 г. с  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.3$ ,  $I_0=7$  (Центральный Байкал) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 337–345.
15. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Масальский О.К. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 154–161.
16. Гилёва Н.А., Мельникова В.И. Пространственно-временные особенности сейсмической активизации 2006–2012 гг. в Баргузинском хребте (Северное Прибайкалье) // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 128–132.
17. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б., Очковская М.Г., Середкина А.И. Акуликанские землетрясения 4 декабря 2006 г. с  $M_w=5.2$ ,  $I_0=7$  и 11 декабря 2006 г. с  $M_w=4.9$ ,  $I_0=7$  (Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 428–442.
18. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б. Томпудинское землетрясение 4 июля 2007 г. с  $K_p=14.2$ ,  $M_w=5.4$ ,  $I_0=7-8$  (Северное Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 363–372.