УДК 550.348.098.64 (571.53/.55)

ПРИБАЙКАЛЬЕ и ЗАБАЙКАЛЬЕ

***В.И. Мельникова*[1], *Н.А. Гилёва*[2], *А.И. Середкина*[3], *О.К. Масальский*[2]**

[1]*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, vimel@crust.irk.ru*
[2]*Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск, nagileva@crust.irk.ru*
[3]*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Москва, г. Троицк, ale@crust.irk.ru*

Аннотация. Рассмотрен характер сейсмического процесса в Прибайкалье и Забайкалье в 2014 г. В течение года здесь зарегистрировано 8782 землетрясения с $K_P \geq 5.6$, 94 % этих событий локализовано в Байкальской рифтовой зоне. 26 землетрясений ощущались в населенных пунктах с интенсивностью, не превышающей 5 баллов. Самое сильное из них (Mw=5.5), сопровождавшееся крупной серией землетрясений, произошло в Байкало-Муйском районе Байкальского рифта. Для 46 землетрясений по знакам первых вступлений сейсмических волн были определены механизмы очагов, для 11 событий по амплитудным спектрам поверхностных волн рассчитан тензор сейсмического момента (фокальный механизм, скалярный сейсмический момент M_0, моментная магнитуда Mw и глубина гипоцентра h). Установлено, что в 59 % случаев в очагах землетрясений с известными механизмами реализовались сбросовые смещения. В целом 2014 г. в регионе отличался высокой сейсмической активностью.

Ключевые слова: Байкал, сейсмичность, механизм очага, макросейсмика.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.12

Для цитирования: Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Середкина А.И., Масальский О.К. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 130–139. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.12

Сеть станций. В 2014 г. регистрация землетрясений на территории Прибайкалья и Забайкалья осуществлялась, как и ранее, 25 цифровыми сейсмическими станциями (ЦСС) Байкальского и десятью станциями Бурятского филиалов ГС СО РАН (рис. 1) [1, 2], оснащенными короткопериодной и частично широкополосной аппаратурой. В короткопериодной аппаратуре была произведена некоторая корректировка уровней чувствительности сейсмографов и акселерографов. Широкополосные велосиметры CMG-3 с частотным диапазоном 0.01–100 *Гц* действовали на станциях «Закаменск», «Монды», «Орлик», «Улюнхан», «Иркутск» и «Тырган». В сводной обработке материалов наблюдений по методике [3] кроме региональных станций могли использоваться также данные сейсмических станций приграничных территорий – Алтае-Саянского региона, Якутии, Приамурья, Монголии и Китая.

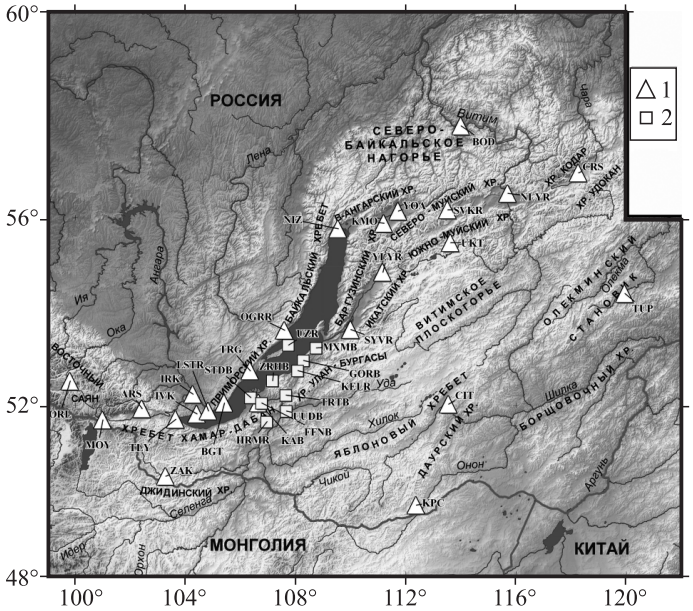

Рис. 1. Сейсмические станции Прибайкалья и Забайкалья в 2014 г.

1, 2 – сейсмические станции Байкальского и Бурятского филиалов ГС СО РАН соответственно.

В общий **каталог землетрясений** 2014 г. вошли параметры 8782 сейсмических событий с $K_P \geq 5.6$ (рис. 2, табл. 1) [4]. Подавляющее большинство из них (94 %) локализовалось в Байкальской рифтовой зоне (БРЗ). В настоящем ежегоднике приведен каталог 1095 землетрясений с $K_P \geq 7.6$ [5]. Для 26 сейсмических событий имеются сведения об интенсивности сотрясений в населенных пунктах, которая в целом не превышала 5 баллов [6].

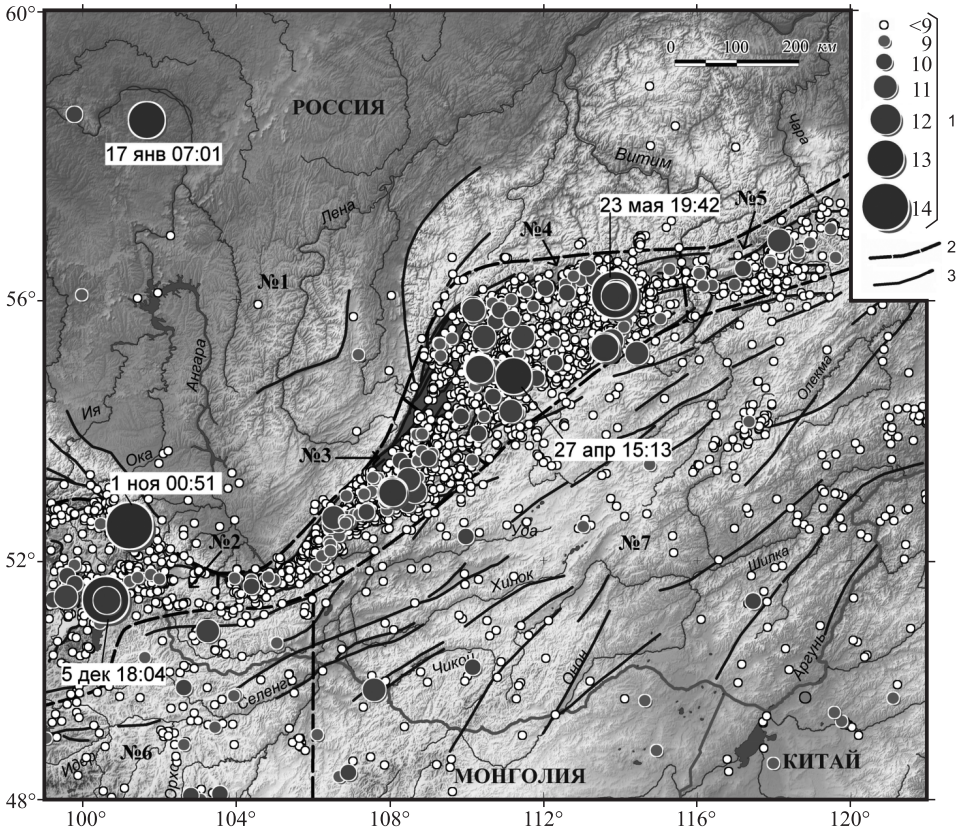

Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в 2014 г. с $K_P \geq 5.6$ по [4]

1 – энергетический класс K_P; 2 – условные границы районов по [7]; 3 – разлом, активный в кайнозое. Датами отмечены наиболее сильные землетрясения 2014 г. с Mw=4.3–5.5 (K_P=13.3–14.3).

Таблица 1. Распределение количества землетрясений по энергетическим классам K_P и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

Области (I–III) Районы (№№ 1–7)	K_P									N_Σ	ΣE, 10^{12} *Дж*
	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
I – Сибирская платформа											
1 – Сибирская платформа	39	37	6	2	1	–	–	1	–	86	19.967
II – Байкальская рифтовая зона											
2 – Хубсугул-Тункинский р-н	331	128	33	9	4	1	1	–	2	509	120.156
3 – Южно-Байкальский р-н	1301	529	129	52	13	3	1	–	–	2028	2.134
4 – Байкало-Муйский р-н	3134	1557	490	145	43	13	6	1	1	5390	231.535
5 – Кодаро-Удоканский р-н	179	113	24	13	2	1	–	–	–	332	0.152
III – Забайкальская область											
6 – Западное Забайкалье	29	69	17	8	3	1	–	–	–	127	0.377
7 – Восточное Забайкалье	101	140	53	10	4	2	–	–	–	310	0.238
Всего	5114	2573	752	239	70	21	8	2	3	8782	374.559

Благодаря мощной последовательности землетрясений, зарегистрированной в Северо-Муйском районе БРЗ [8], 2014 г. выделяется высокой сейсмической активностью. Наибольшее число землетрясений с $K_P \geq 5.6$, включая самое сильное (23 мая в 19^h42^m, K_P=14.3, Mw=5.5) [4, 5], зарегистрировано в Байкало-Муйском районе, наименьшее – в Кодаро-Удоканском (табл. 1). Расчет коэффициентов графика повторяемости (γ) для всего региона и непосредственно для БРЗ

в диапазоне энергетических классов K_P=7–11 показал, что значения (γ) близки между собой: γ=–0.52±0.01 и γ=–0.53±0.01, соответственно, и мало отличаются от полученных ранее [9].

Механизмы очагов были определены для 57 землетрясений двумя способами [10]: по знакам первых вступлений *P*-волн на региональных станциях (46 событий) [11] и путем расчета тензора сейсмического момента (ТСМ: фокальный механизм, скалярный сейсмический момент M_0, моментная магнитуда *Mw* и глубина гипоцентра *h*, по амплитудным спектрам поверхностных волн (11 событий), зарегистрированных на широкополосных каналах цифровых сейсмических станций сетей IRIS и GEOFON, с учетом региональных знаков *P*-волн [12–14]. При определении ТСМ в обработку были включены только записи с высоким отношением сигнал/шум и нормальной поляризацией. В результате для всех исследуемых землетрясений были отобраны данные 30 сейсмических станций (рис. 3), а диапазон анализируемых периодов колебаний составил 25–70 *с*. Для каждого отдельного сейсмического события количество станций, используемых для инверсии, варьировало от 6 до 15.

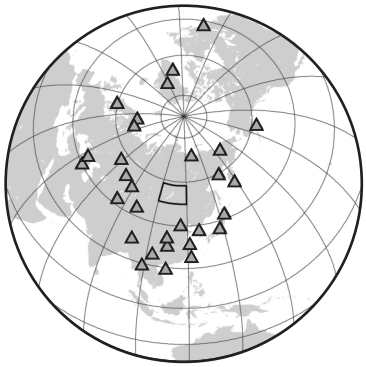

Рис. 3. Широкополосные сейсмические станции сетей IRIS и GEOFON, используемые для расчета ТСМ (Область исследования выделена черным контуром)

Для четырех землетрясений с *Mw*≥4.6 на основании полученных значений M_0 и сведений об их длительности (полупродолжительности) в CMT-каталоге (http://www.seismology.harvard.edu) по модели J.N. Brune [15] были определены следующие очаговые параметры: радиус разрыва (r=2.34$Vs/2\pi f_c$), сброшенное напряжение ($\Delta\sigma$=7/16 M_0/r^3) и смещение по разрыву ($D=M_0/\mu\pi r^2$), где Vs=3.55 *км/с* – скорость *S*-волн, f_c (*Гц*) – угловая частота, обратная длительности колебаний (τ_d), $\mu=0.3\cdot10^6$ *бар* – жесткость среды в области очага (табл. 2). Полученные результаты показали, что значения очаговых параметров не выходят за рамки общемировых данных [16].

Таблица 2. Очаговые параметры землетрясений с *Mw*≥4.6

№	Дата, *мес.дн*	$M_0\cdot10^{17}$, *Н·м*	*Mw*	*h, км*	ε	*r, км*	Δσ, *бар*	*D, см*	f_0, *Гц*	τ_d, *с*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	04.27	0.230	4.9	19	0.222	1.85	15.8	7.1	0.71	1.4
2	05.23	1.900	5.5	24	0.328	3.17	26.0	20.0	0.42	2.2
3	11.01	0.100	4.6	15	0.304	1.59	10.9	4.2	0.83	1.2
4	12.05	0.270	4.9	21	0.279	1.85	18.6	8.4	0.71	1.4

Примечание. Значение моментной магнитуды (*Mw*) в столбце 4 рассчитывалось по величине сейсмического момента (M_0) [10]: *Mw*=2/3 logM_0–6.07; ε (столбец 6) – значение функции нормированной невязки, характеризующей качество полученного решения [13].

Классифицируя все решения фокальных механизмов землетрясений [10] по типу подвижек в очагах, можно убедиться в том, что 59 % из них характеризуются сбросами, 16 % – сдвигами и промежуточными типами смещений, 9 % относятся к взбросам (рис. 4).

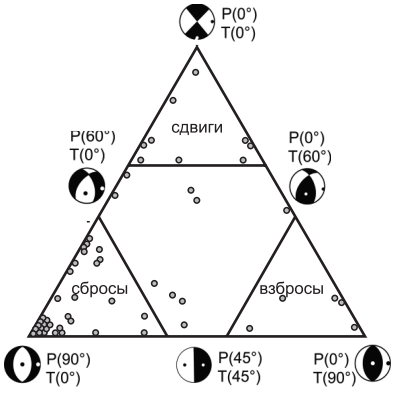

Рис. 4. Классификационная диаграмма механизмов очагов землетрясений (на основе [18], по данным [10])

Точки на диаграмме соответствуют образам фокальных механизмов землетрясений, основные типы которых представлены в стереографической проекции. Выходы главных осей напряжений сжатия (*P*) и растяжения (*T*) обозначены черными и белыми точками соответственно; в скобках приведены значения углов погружения осей напряжений относительно горизонтальной плоскости.

Рассмотрим особенности сейсмического процесса в каждом из условно выделенных районов региона [7]. Так, на **Сибирской платформе** (**район № 1**) произошло несколько десятков слабых землетрясений (табл. 1, рис. 2) и одно умеренной силы

(17 января, *Mw*=4.3) [19, 20]. Последнее землетрясение, названное Богучанским, произошло в ранее асейсмичном районе среднего течения р. Ангара на Сибирской платформе, в зоне возможного влияния двух крупных водохранилищ: Усть-Илимского и Богучанского. Как показал фокальный механизм, данное событие произошло в сдвиговом поле напряжений при субгоризонтальной ориентации главных осей СВ-ЮЗ сжатия и ЮВ-СЗ растяжения [10]. Макросейсмические сведения говорят о том, что Богучанское землетрясение вызвало ощутимые колебания земной поверхности на расстояниях до ~300 *км*. Интенсивность сотрясений в пределах области ощутимости распределялась неравномерно и быстро затухала по мере удаления от эпицентра, при этом наибольшие макросейсмические эффекты отмечались в г. Усть-Илимск (Δ=79 *км*, *I*=4–5 баллов) [6].

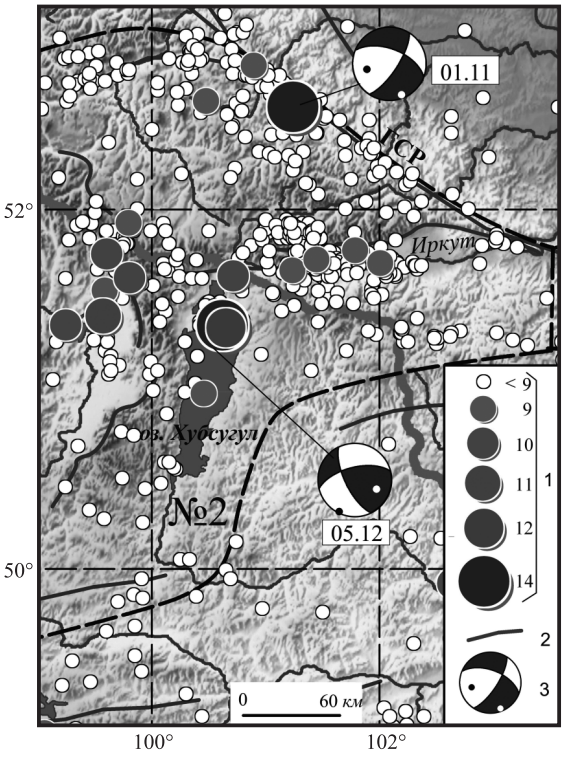

Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Хубсугул-Тункинского района (№ 2) и фокальные механизмы наиболее сильных событий в 2014 г.

1, 2 – условные обозначения см. на рис. 2; 3 – диаграмма фокального механизма землетрясения в проекции нижней полусферы, цифрами указана дата (число, месяц); ГСР – Главный Саянский разлом.

В Хубсугул-Тункинском районе (№ 2) зарегистрировано 509 землетрясений с K_P=5.6–13.9 (табл. 1, рис. 5). Два из них, 1 ноября в 00^h51^m, K_P=13.6, *Mw*=4.6 (Урикское) и 5 декабря в 18^h04^m, K_P=13.9, *Mw*=4.9 (Хубсугульское), относятся к достаточно сильным сейсмическим событиям. Урикское землетрясение с механизмом очага сбросо-сдвигового типа произошло в районе Главного Саянского разлома у истока реки Урик [21] и сопровождалось единичными слабыми афтершоками (рис. 5). В ближайших населенных пунктах (Δ=57–124 *км*) интенсивность сотрясений составила 4–5 баллов [6]. Эпицентр более сильного Хубсугульского землетрясения, сопровождавшегося девятью афтершоками с K_P≤11.9, локализовался на территории Монголии, на севере оз. Хубсугул [21]. При субгоризонтальной ориентации осей напряжений растяжения (ЮВ-СЗ) и сжатия (ЮЗ-СВ) в возможных плоскостях разрывов реализовались взбросо-сдвиговые смещения (рис. 5). В ближайшем пос. Монды (Δ=42 *км*) интенсивность сотрясений составила 4–5 баллов [6].

В Южно-Байкальском районе (№ 3), как обычно, произошло значительное количество землетрясений – 2028 событий с K_{Pmax}=12.2 (табл. 1, рис. 6). Большинство из них локализовалось в Центральном Байкале, при этом 19 % сейсмических событий входило в состав отдельных групп (кластеров), объединяющих толчки с близкими пространственными координатами. Самая многочисленная группа землетрясений с K_P=5.6–11.3 (176 событий) наблюдалась в эпицентральной области многолетней Максимихинской последовательности [22]. Очаги двух событий (7 июля в 22^h21^m, K_P=9.7 и в 22^h41^m, K_P=11.3) имеют сдвиговый тип фокального механизма с небольшой сбросовой составляющей (рис. 6). Судя по всему, активность данного эпицентрального поля будет продолжаться и в последующие годы.

Наиболее сильное землетрясение района произошло 22 декабря в 03^h05^m (K_P=12.2, *Mw*=4.4) [5] вблизи восточного борта оз. Байкал и входило в состав активизации из 60 толчков (K_P=5.6–12.2). В очаге этого события наблюдались не совсем типичные для рифтовой зоны взбросо-сдвиговые подвижки (рис. 6). Данные об ощутимости в близких населенных пунктах отсутствуют, в то время как пгт Селенгинск (Δ=145 *км*) испытал сотрясения в 3 балла [6].

На восточном побережье оз. Байкал 24 октября в 10^h43^m в преимущественно сдвиговом поле напряжений (рис. 6) произошло землетрясение с K_P=10.9 с единичными афтершоками (*N*<10). Слабыми макросейсмическими эффектами сопровождались землетрясения 1 марта в 09^h00^m с K_P=10.0 и 16 ноября в 01^h11^m с K_P=10.6, локализованные на западном берегу озера

вблизи мыса Крестовский. В ближайших населенных пунктах (Δ≤22 *км*) эти события ощущались с интенсивностью в 3–4 балла [6]. Примечательно, что оба очага показали не рифтовый тип разрядки напряжений – в возможных плоскостях разрывов субширотного и северо-западного простираний реализовались взбросовые подвижки (рис. 6). Судя по всему, при этих событиях в земной коре активизировались второстепенные разрывные нарушения, подвижки по которым осуществлялись в условиях локального режима субгоризонтального сжатия. Как известно, основным полем напряжений в БРЗ является субгоризонтальное растяжение, ориентированное вкрест юго-запад–северо-восточного простирания рифтовых структур. Именно в таком деформационном режиме в акватории оз. Байкал сформировалась группа из 119 событий, в состав которой входили землетрясения с K_P>10.0 (20 мая в 21^h35^m, K_P=10.3 и 27 мая в 7^h46^m, K_P=10.2) с рифтовым (сбросовым) фокальным механизмом (рис. 6). Однако, роза-диаграмма (врезка на рис. 6) азимутов простираний возможных плоскостей разрывов в очагах землетрясений с установленным фокальным механизмом демонстрирует отсутствие доминирующего направления в деструкции земной коры района, что свидетельствует об активизации мелкомасштабных структурных нарушений.

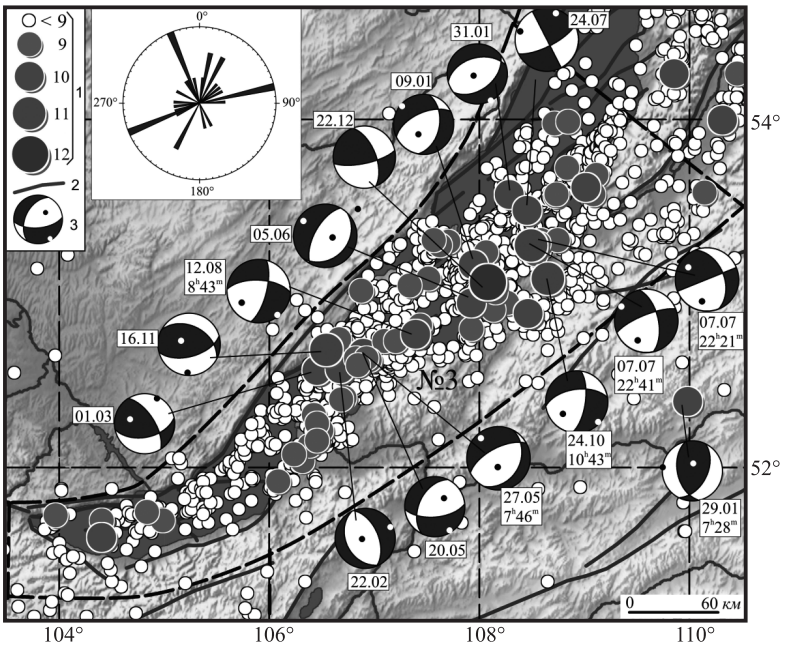

Рис. 6. Карта эпицентров и фокальные механизмы землетрясений Южно-Байкальского района (№ 3) в 2014 г.

Условные обозначения см. на рис. 2 и рис. 5. На врезке показана роза-диаграмма азимутов простираний возможных плоскостей разрывов в очагах землетрясений, имеющих решения фокального механизма.

В **Байкало-Муйском районе (№ 4)** зарегистрировано более 60 % (*N*=5390) всех произошедших в регионе землетрясений (табл. 1, рис. 7). Большая часть их эпицентров трассирует юго-запад–северо-восточное направление, согласующееся с простиранием основных рифтовых структур. Эпицентральное поле в целом имеет фрагментарный характер, при этом отдельные фрагменты на протяжении нескольких лет характеризуются повышенной сейсмической активностью. Так, в районе Кичеро-Акуликанских последовательностей 1999–2006 гг. [23] в 2014 г. локализовано более 200 землетрясений с K_P=5.6–10.9. В области Томпудинской серии 2007 г. [23] – более 260 сейсмических событий, при этом в очаге землетрясения 9 апреля в 13^h43^m с K_{Pmax}=10.6 наблюдались сбросовые типы смещений (рис. 7). С 2013 г. продолжается сейсмический процесс в акватории Северного Байкала [9], за период с января по сентябрь здесь зарегистрировано более 100 землетрясений с K_{Pmax}=9.2. Кроме этого, появились и новые группирующиеся события: 17 октября в 23^h13^m южнее пос. Уакит в рифтовом поле напряжений произошло землетрясение с K_P=12.0, сопровождавшееся афтершоками (*N*=86, K_{Pmax}=9.9). В пос. Уакит оно ощущалось как 3–4-балльное.

В Баргузинском хребте в районе среднего течения р. Согденгдон образовался рой из более 200 землетрясений с K_P>5.5 [24]. Наибольшие моментные магнитуды имели события 12 августа

в 04^h10^m с K_P=12.5 *Mw*=4.7 и 19 августа в 04^h11^m с K_P=12.3 *Mw*=4.3 [5, 10], при этом первое землетрясение ощущалось в с. Улюнхан (46 *км*) как 3–4-балльное. Примечательно, что в очагах этих толчков в плоскостях разрывов с крутым падением осуществлялись сбросовые смещения, а в пологих плоскостях – сдвиги (рис. 7). Противоположные механизмы (сброс и взброс) определены еще для двух землетрясений данной группы сейсмических событий (12 августа в 08^h10^m с K_P=10.4 и 16 августа в 22^h26^m с K_P=10.1 соответственно).

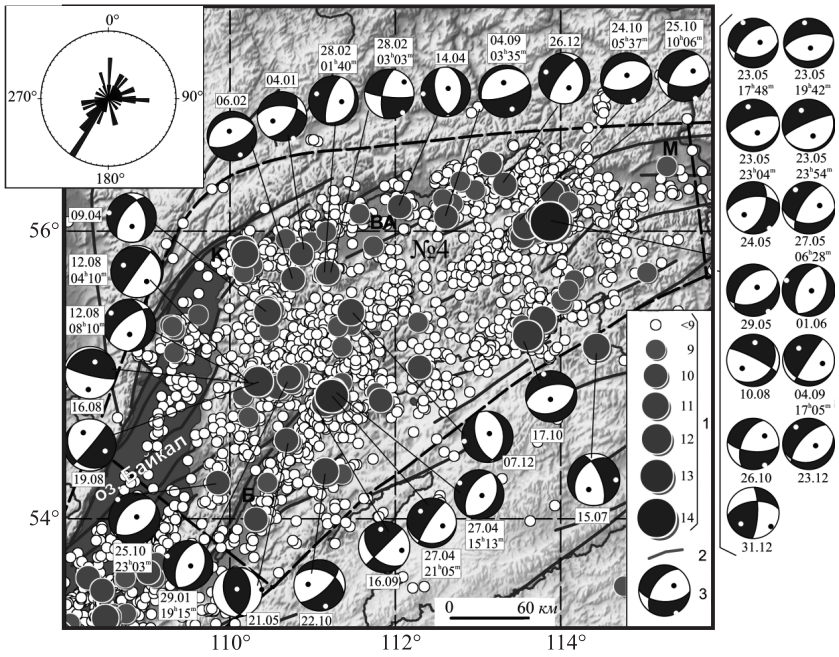

Рис. 7. Карта эпицентров и фокальные механизмы землетрясений Байкало-Муйского района (№ 4) в 2014 г.

Условные обозначения см. на рис. 2 и рис. 5; буквами на карте обозначены впадины рифтового типа: ВА – Верхне-Ангарская, Б – Баргузинская, М – Муйская. На врезке показана роза-диаграмма азимутов простираний возможных плоскостей разрывов в очагах землетрясений, имеющих решения фокального механизма.

Самое сильное землетрясение региона Прибайкалья и Забайкалья в 2014 г. (K_P=14.3, *Mw*=5.5) произошло 23 мая в 19^h42^m в Муяканском хребте, расположенном в Северо-Муйском районе БРЗ [8, 25], при этом наибольшая интенсивность сейсмических колебаний (4–5 баллов) отмечена в пгт Северомуйск (Δ=29 *км*). Данное событие сопровождалось многочисленными толчками (с апреля по декабрь – *N*>2200 с K_P≥5.6) [25]. Для 13 из них, включая главное событие, определены фокальные механизмы, которые показали преобладание в эпицентральной зоне Муяканских событий рифтового поля напряжений (рис. 7).

Еще одно ощутимое землетрясение (27 апреля в 15^h13^m с K_P=13.3, *Mw*=4.9), эпицентр которого локализован на северо-востоке Баргузинской впадины в районе р. Джирга (приток р. Баргузин), проявилось в ближайших населенных пунктах (Δ≤23 *км*) с интенсивностью сотрясений в 5 баллов [26]. Данное землетрясение, названное Джиргинским, сопровождалось умеренным усилением слабой сейсмичности (*N*<50 за период 20.04.–10.06.). Как и его афтершок (27 апреля в 21^h05^m с K_P=9.8), оно произошло в рифтовом поле напряжений: в плоскостях разрывов юго-запад–северо-восточного простирания реализовались сбросовые подвижки (рис. 7).

В целом в Байкало-Муйском районе преобладающим режимом сейсмотектонического деформирования земной коры можно считать субгоризонтальное растяжение, что соответствует юго-западной (рифтовой) ориентации разломных структур, проявившихся в большей части очагов землетрясений с известными фокальными механизмами (врезка на рис. 7).

Кодаро-Удоканский район (№ 5) в регионе характеризовался наименьшей сейсмической активностью. В 2014 г. здесь произошло 332 землетрясения с K_P=5.6–11.0 (табл. 1, рис. 2). Эпицентр самого значительного из них (12 октября в 23^h05^m, K_P=11.0) располагался к северо-западу от пгт Новая Чара (Δ=10 *км*). В этом населенном пункте и в с. Чара (Δ=9 *км*) землетрясение ощущалось как 5- и 4-балльное соответственно.

В **Западном Забайкалье (район № 6)** зарегистрировано 127 землетрясений с K_P=5.6–11.5 (табл. 1, рис. 2). Сейсмическое событие с максимальным энергетическим классом (K_P=11.5) произошло 1 сентября в 20^h10^m вблизи границы с Северной Монголией и имело фокальный механизм рифтового типа (в плоскостях разрывов юго-запад–северо-восточного простираний реализовались сбросовые смещения) [10]. Макросейсмические эффекты при данном землетрясении наблюдались в г. Закаменск (Δ=54 *км*, I_0=4–5 баллов) и с. Холтосон (Δ=63 *км*, I_0=4 балла) [6].

В **Восточном Забайкалье (район № 7)** произошло незначительное количество землетрясений (табл. 1, рис. 2), при этом наиболее сильное событие (31 июля в 18^h10^m с K_P=11.1) локализовалось в среднем течении р. Чикой, на границе России и Монголии. Еще одно землетрясение умеренной силы (15 июля в 15^h38^m с K_P=10.6), с механизмом очага рифтового типа и немногочисленными слабыми афтершоками, зарегистрировано вблизи условной границы с Байкало-Муйским районом. Стоит отметить, что два сейсмических события (29 января в 07^h28^m с K_P=10.2 и 26 марта в 06^h45^m с K_P=10.4), эпицентры которых приурочены к средним течениям рек Уда и Чикой, соответственно, произошли в условиях субгоризонтального сжатия, ориентированного в широтном направлении. Такой режим сейсмотектонического деформирования земной коры характерен для рассматриваемого района [10].

В заключение отметим, что по сравнению с предшествующим периодом, 2014 год в регионе Прибайкалья и Забайкалья характеризуется высоким уровнем сейсмической активности. В основном это связано с началом крупной Муяканской серии землетрясений (Mw_{max}=5.5) в Северо-Муйском районе БРЗ. Несмотря на разнообразие локальных полей напряжений, отраженных в фокальных механизмах событий отдельных районов, большая часть региональных землетрясений традиционно сформировалась в рифтовом поле, в котором преобладает субгоризонтальное северо-запад–юго-восточное растяжение.

Работа выполнена при поддержке Проекта РФФИ № 20-05-00823.

Литература

1. Гилёва Н.А., Кобелева Е.А., Масальский О.К. (отв. сост.). Сейсмические станции Байкальского филиала ГС СО РАН (код сети BYKL) в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
2. Тубанов Ц.А., Санжиева Д.П-Д. (отв. сост.). Сейсмические станции Бурятского филиала ГС СО РАН (код сети BURS) в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
3. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 124–135.
4. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.); Леонтьева Л.Р., Анисимова Л.В., Хамидулина О.А., Меньшикова Ю.А., Дреннова Г.Ф., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Хороших М.Б., Курилко Г.В., Дворникова В.И., Павлова Л.В., Архипенко Н.С., Терешина Е.Н., Зиброва Е.С., Борисова О.А., Федюшкина Я.И., Папкова А.А., Галактионова Н.Н. Каталог (оригинал) землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2014 г. с K_P>5.5 (N=8782). – Иркутск: Фонды БФ ФИЦ ЕГС РАН, 2014. – 149 с.
5. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.); Леонтьева Л.Р., Анисимова Л.В., Хамидулина О.А., Меньшикова Ю.А., Дреннова Г.Ф., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Хороших М.Б., Курилко Г.В., Дворникова В.И., Павлова Л.В., Архипенко Н.С., Терешина Е.Н., Зиброва Е.С., Борисова О.А., Федюшкина Я.И., Папкова А.А., Галактионова Н.Н. Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья с K_P>7.5 за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
6. Радзиминович Я.Б., Гилёва Н.А. (отв. сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Прибайкалья и Забайкалья в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
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. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Середкина А.И. Новые данные о сейсмической активности Северо-Муйского района в 2014–2016 годах. // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 14. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2016. – С. 196–198.

9. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Масальский О.К. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 150–160. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22
10. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Середкина А.И. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
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. Bukchin, B.G. Determination of source parameters from surface wave recording allowing for uncertainties in the properties of medium // Izvestiya Akad. Nauk SSSR, Fizika Zemli. – 1990. – № 25. – P. 723–728.
13. Lasserre C., Bukchin B., Bernard P., Tapponier P., Gaudemer Y., Mostinsky A., Dailu R. Source parameters and tectonic origin of the 1996 June 1 Tianzhu (Mw=5.2) and 1995 July 21 Yongen (Mw=5.6) earthquakes near the Haiyuan fault (Gansu, China) // Geophys. J. Int. – 2001. – V. 144. – № 1. – P. 206–220. doi: 10.1046/j.1365-246x.2001.00313.x
14. Seredkina, A.I., Melnikova, V.I. Seismic moment tensor of Pribaikalye earthquakes from the surface-wave amplitude spectra // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. – 2014. – V. 50. – № 3. – P. 403–414. doi: 10.1134/S1069351314030094
15. Brune, J.N. (1970). Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J. Geophys. Res. 75, no. 26, 4997–5009. doi: 10.1029/JB075i026p04997
16. Kanamori, H., and Brodsky, E.E. (2004). The physics of earthquakes, Reports on Progress in Physics 67, 1429–1496. doi: 10.1088/00344885/ 67/8/R03
17. Hanks, T., and Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale, J. Geophys. Res. 84, no. B5, 2348–2350. doi: 10.1029/JB084iB05p02348
18. Frohlich C. Triangle diagrams: Ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms // Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 1992. – 75. – P. 193–198.
19. Seredkina, A.I., Melnikova, V.I., Gileva, N.A. & Radziminovich, Y.B. The Mw 4.3 January 17, 2014, earthquake: very rare seismic event on the Siberian platform // Journal of Seismology, 2015. V. 19, Issue 3, pp 685–694. doi: 10.1007/s10950-015-9487-y
20. Середкина А.И., Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б. Богучанское землетрясение 17 января 2014 г. с K_P=13.3, Mw=4.3, I_0=7 (Сибирская Платформа) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 278–287. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.28
21. Мельникова В.И. Гилёва Н.А., Середкина А.И., Радзиминович Я.Б. Сильные землетрясения юго-западного фланга Байкальского рифта в 2014 году: Урикское землетрясение 1 ноября 2014 г. с K_P=13.6, Mw=4.6, I_0=7–8 и Хубсугульское землетрясение 5 декабря 2014 г. с K_P=13.9, Mw=4.9, I_0=7–8 // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 350–363. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.36
22. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б., Середкина А.И. Максимихинское землетрясение 20 мая 2008 г. с K_P=14.3, Mw=5.3, I_0=7 (Центральный Байкал) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 337–345.
23. Мельникова В.И., Середкина А.И., Гилёва Н.А. Пространственно-временные закономерности развития крупных сейсмических активизаций (1999–2007 гг.) в Северном Прибайкалье // Геология и геофизика. – 2020. – № 1. – С. 119–134. doi: 10.15372/GiG2019103
24. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.); Леонтьева Л.Р., Анисимова Л.В., Хамидулина О.А., Меньшикова Ю.А., Дреннова Г.Ф., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Хороших М.Б., Курилко Г.В., Дворникова В.И., Павлова Л.В., Архипенко Н.С., Терешина Е.Н., Зиброва Е.С., Борисова О.А., Федюшкина Я.И., Папкова А.А., Галактионова Н.Н. Каталог Согденгдонской последовательности землетрясений с K_P>5.5 в 2014 г., с сильными землетрясениями 12 августа 2014 г. с Mw=4.7, K_P=12.5, I_0=6–7 и 19 августа 2014 г. с Mw=4.3, K_P=12.3, I_0=6–7 // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
25. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Середкина А.И., Радзиминович Я.Б. Муяканское II землетрясение 23 мая 2014 г. с K_P=14.3, Mw=5.5, I_0=7–8 (Северное Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 323–333. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.33
26. Радзиминович Я.Б., Гилёва Н.А., Середкина А.И., Мельникова В.И. Джиргинское землетрясение 27 апреля 2014 г. с K_P=13.3, Mw=4.9, I_0=7 (Северное Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 307–316. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.31

BAIKAL and TRANSBAIKALIA

***V.I. Melnikova*[1], *N.A. Gileva*[2], *A.I. Seredkina*[3], *O.K. Masalskii*[2]**

[1]*Institute of the Earth's Crust of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, vimel@crust.irk.ru*
[2]*Baikal Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, nagileva@crust.irk.ru*
[3]*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Iionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences, Troitsk, Moscow, ale@crust.irk.ru*

Abstract. We considered the character of the seismic process in the Baikal and Transbaikalia region in 2014. 8782 earthquakes with $K_P \geq 5.6$ were recorded within the study territory during that year, 94 % of them were located in the Baikal rift zone. 26 seismic events were felt in the cities, towns and local settlements with the intensity not exceeding 5. The strongest of them (Mw=5.5) occurred in the Baikal-Muya region of the Baikal rift zone and was followed by a large earthquake sequence. Focal mechanisms were determines for 46 shocks from the data on P-wave first motion polarities, seismic moment tensor (focal mechanism, scalar seismic moment (M_0), moment magnitude (Mw) and hypocentral depth (h)) was calculated for 11 events from the data on amplitude surface wave spectra. It has been found that normal fault movements are realized in the sources of 59 % of the earthquakes with the obtained focal mechanisms. In general, high level of seismic activity is a characteristic feature of the considered territory in 2014.

Keywords: Baikal, seismicity, focal mechanism, macroseismic.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.12

For citation: Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Seredkina, A.I., & Masalskii, O.K. (2020). [Baikal and Transbaikalia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia]*, 23*(2014), 130–139. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.12

R e f e r e n c e s

1. Gileva, N.A., Kobeleva, E.A., & Masalskii, O.K. (2020). [Seismic stations of the Baikal Branch of the GS SB RAS (network code BYKL) in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
2. Tubanov, Ts.A., & Sanjieva, D.P-D. (2020). [Seismic stations of the Buryatian Branch of the GS SB RAS (network code BURS) in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
3. Golenetskiy, S.I. (1988). [Earthquakes of Baikal and Transbaikalia]. In *Zemletryaseniia v SSSR v 1985 godu* [Earthquakes in the USSR, 1985] (pp. 124–135). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
4. Haydurova, E.V., Gileva, N.A., Leonteva, L.R., Anisimova, L.V., Hamidulina, O.A., Menshikova, Yu.A., Drennova, G.F., Tiguntseva, G.V., Andrusenko, N.A., Horoshih, M.B., Kurilko, G.V., Dvornikova, V.I., Pavlova, L.V., Arhipenko, N.S., Tereshina, E.N., Zibrova, E.S., Borisova, O.A., Fedyushkina, Ya.I., Papkova, A.A., & Galaktionova, N.N. (2020). *Katalog (original) zemletriasenii Pribaikal'ia i Zabaikal'ia za 2014 s K_P>5.5 (N=8762)* [Catalog (original) of the earthquakes of Baikal and Transbaikalia for 2014 with the K_P>5.5 (N=8782)]. Irkutsk, Russia: Funds BB GS SB RAS, 149 p. (In Russ.).
5. Haydurova, E.V., Gileva, N.A., Leonteva, L.R., Anisimova, L.V., Hamidulina, O.A., Menshikova, Yu.A., Drennova, G.F., Tiguntseva, G.V., Andrusenko, N.A., Horoshih, M.B., Kurilko, G.V., Dvornikova, V.I., Pavlova, L.V., Arhipenko, N.S., Tereshina, E.N., Zibrova, E.S., Borisova, O.A., Fedyushkina, Ya.I, Papkova, A.A., & Galaktionova, N.N. (2020). [Catalog of earthquakes of Baikal and Transbaikalia for 2014 with the K_P>7.5]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
6. Radziminovich, Ya.B., & Gileva, N.A. (2020). [Macroseismic effects of felt earthquakes in the settlements of Baikal and Transbaikalia in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014)*,* Appendix on CD. (In Russ.).
7. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Kurushin, R.A., Masalskii, O.K., & Shlaevskaya, N.S. (2003). [Allocation of conditional areas for annual surveys of seismicity in Baikal and Transbaikalia]. In *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii v 1997 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 1997] (pp. 107–117). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
8. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., & Seredkina, A.I. (2016). [New data on seismic activity of the North Mui region in 2014–2016]. In *Materialy soveshchaniia «Geodinamicheskaia evoliutsiia litosfery Tsentral'no-Aziatskogo podvizhnogo poiasa (ot okeana k kontinentu)», Vyp. 14* [Materials of the meeting "Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from the ocean to the continent)", Vol. 14.] (pp. 196–198). Irkutsk, Russia: Institute of the Earth's Crust SB RAS Publ. (In Russ.).

9. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., & Masalskii, O.K. (2019). Baikal and Transbaikalia. *Earthquakes in Northern Eurasia, 22*(2013), 150–160. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.13
10. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., & Seredkina, A.I. (2020). [Catalog of the focal mechanisms of earthquakes of the Baikal and Transbaikalia for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
11. Lander, A.V. (2006). *Opisanie i instruktsiia dlia pol'zovatelia kompleksa programm FA (raschet i graficheskoe predstavlenie mekhanizmov ochagov zemletriasenii po znakam pervykh vstuplenii R-voln)* [Description and instructions for the users of the FA software (calculation and graphical representation of the focal mechanisms of earthquakes from the signs of the first arrivals of *P*-waves)]. Moscow, Russia: author's funds, 27 p. (In Russ.).12. Bukchin, B.G. (1990). Determination of source parameters from surface wave recording allowing for uncertainties in the properties of medium. *Izvestiya AN SSSR, Fizika Zemli*, *25*, 723–728.
12. Bukchin, B.G. Determination of source parameters from surface wave recording allowing for uncertainties in the properties of medium // Izvestiya Akad. Nauk SSSR, Fizika Zemli. – 1990. – № 25. – P. 723–728.
13. Lasserre, C., Bukchin, B., Bernard, P., Tapponnier, P., Gaudemer, Y., Mostinsky, A., & Dailu, R. (2001). Source parameters and tectonic origin of the 1996 June 1 Tianzhu (*Mw*=5.2) and 1995 July 21 Yongen (*Mw*=5.6) earthquakes near the Haiyuan fault (Gansu, China). *Geophysical Journal International*, *144*(1), 206–220. doi: 10.1046/j/1365-246x.2001.00313.x
14. Seredkina, A.I., & Melnikova, V.I. (2014). Seismic moment tensor of Pribaikalye earthquakes from the surface-wave amplitude spectra. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth, 50*(3), 403–414. doi: 10.1134/ S1069351314030094
15. Brune, J.N. (1970). Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. *Journal of geophysical research*, *75*(26), 4997–5009. doi: 10.1029/JB075i026p04997
16. Kanamori, H., & Brodsky, E.E. (2004). The physics of earthquakes. *Reports on Progress in Physics*, *67*(8), 1429. doi: 10.1088/00344885/ 67/8/R03
17. Hanks, T.C., & Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *84*(B5), 2348–2350. doi: 10.1029/JB084iB05p02348
18. Frohlich, C. (1992). Triangle diagrams: ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, *75*(1–3), 193–198.
19. Seredkina, A.I, Melnikova, V.I, Gileva, N.A., & Radziminovich, Ya.B. (2015). The *Mw* 4.3 January 17, 2014, earthquake: very rare seismic event on the Siberian platform. *Journal of Seismology*, *19*(3), 685–694. doi: 10.1007/s10950-015-9487-y
20. Seredkina, A.I, Melnikova, V.I, Gileva, N.A., & Radziminovich, Ya.B. (2020). [Boguchansk earthquake January 17, 2014 with K_P=13.3, *Mw*=4.3, I_0=7 (Siberian platform)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), _278–287. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.28
21. Melnikova, V.I, Gileva, N.A., Seredkina, A.I, & Radziminovich, Ya.B. (2020). [Strong earthquakes in the southwestern flank of the Baikal rift in 2014: Urik earthquake on November 1, 2014 with K_P=13.6, *Mw*=4.6, I_0=7–8 and *Hovsgol* earthquake on December 5, 2014 with K_P=13.9, *Mw*=4.9, I_0=7–8. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), 350–363. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.36
22. Gileva, N.A., Melnikova, V.I., Radziminovich, Ya.B., & Seredkina, A.I. (2014). [The May 20, 2008 Maksimicha earthquake with *Mw*=5.3, I_0=7–8 (Middle Baikal region)]. In *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii v 2008 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 337–345). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
23. Melnikova, V.I, Seredkina, A.I, & Gileva, N.A. (2020). Spatio-temporal patterns of the development of large seismic activities (1999–2007) in the northern Baikal area. *Russian Geology and Geophysics*, *1*, (in press). doi: 10.15372/GiG2019103
24. Haydurova, E.V., Gileva, N.A., Leonteva, L.R., Anisimova, L.V., Hamidulina, O.A., Menshikova, Yu.A., Drennova, G.F., Tiguntseva, G.V., Andrusenko, N.A., Horoshih, M.B., Kurilko, G.V., Dvornikova, V.I., Pavlova, L.V., Arhipenko, N.S., Tereshina, E.N., Zibrova, E.S., Borisova, O.A., Fedyushkina, Ya.I, Papkova, A.A., & Galaktionova, N.N. (2020) Catalog of the Sogdengdon sequence of earthquakes with K_P>5.5 in 2014, with strong earthquakes on August 12, 2014 with *Mw*=4.7, K_P=12.5, I_0=6–7 and August 19, 2014 with *Mw*=4.3, K_P=12.3, I_0=6–7. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
25. Gileva, N.A., Melnikova, V.I, Seredkina, A.I, & Radziminovich, Ya.B. (2020). [Muyakan-II earthquake on May 23, 2014 г. with K_P=14.3, *Mw*=5.5, I_0=7–8 (Northern Baikal region)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), 323–333. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.33
26. Radziminovich, Ya.B., Gileva, N.A., Seredkina, A.I, & Melnikova, V.I. (2020). [Dzhirga earthquake on April 27, 2014 г. with K_P=13.3, *Mw*=4.9, I_0=7 (Northern Baikal region)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], *23*(2014), 307–316. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.31