

УДК 550.348.098.64 (571.53/.55)

## СЕЙСМИЧНОСТЬ ПРИБАЙКАЛЬЯ и ЗАБАЙКАЛЬЯ в 2018–2019 гг.

В.И. Мельникова<sup>1,2</sup>, Н.А. Гилёва<sup>2</sup>, Я.Б. Радзиминович<sup>2</sup>, А.И. Филиппова<sup>3</sup>, Е.А. Кобелева<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 ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск, [nagileva@crust.irk.ru](mailto:nagileva@crust.irk.ru)

<sup>3</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн  
им. Н.В. Пушкова РАН, г. Москва, г. Троицк, [ale@izmiran.ru](mailto:ale@izmiran.ru)

**Аннотация.** Рассмотрен характер сейсмического процесса в Прибайкалье и Забайкалье в 2018–2019 гг. В течение этого периода зарегистрировано 14545 землетрясений с  $K_p \geq 5.6$ . Более 94 % этих событий локализовано в Байкальской рифтовой зоне. Относительно сильные землетрясения в ее пределах произошли в Хубсугул-Тункинском районе (29 марта 2019 г.,  $M_w=4.8$ ) и в области сочленения северо-восточного фланга Байкальского рифта и Олэкмо-Становой орогенной системы (28 сентября 2019 г.,  $M_w=5.1$ ). Ощутимые макросейсмические эффекты вызваны 49 землетрясениями, которые чаще всего проявлялись в населенных пунктах региона как 3–4- и 4-балльные. Сотрясения интенсивностью 5–6 баллов регистрировались в единичных случаях. Очаговые параметры были определены для 81 сейсмического события ( $K_p \geq 9.1$ ), большая часть которых реализовалась в сеймотектоническом режиме субгоризонтального растяжения. 61 решение фокального механизма получено по знакам первых вступлений  $P$ -волн, 13 решений для событий с  $K_p \geq 11.4$  ( $M_w \geq 4.1$ ) – в результате совместной инверсии амплитудных спектров поверхностных волн и знаков первых вступлений  $P$ -волн. В целом, период 2018–2019 гг. характеризовался умеренной сейсмической активностью.

**Ключевые слова:** сейсмичность, механизм очага землетрясения, макросейсмические данные, Байкальская рифтовая зона.

**Для цитирования:** Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Филиппова А.И., Кобелева Е.А. Сейсмичность Прибайкалья и Забайкалья в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 143–153. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.12> EDN: YNRDLX

**Введение.** Материалы о сейсмичности Прибайкалья и Забайкалья в 2018–2019 гг., а также их первичный анализ являются традиционным продолжением ежегодной информации, необходимой для сейсмического мониторинга рассматриваемого региона. Зоной ответственности Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН является территория, ограниченная координатами 48–60° с.ш. и 99–122° в.д., за исключением северо-восточного участка с координатами 56–60° с.ш. и 120–122° в.д., относящегося к региону Якутия (рис. 1). В статье представлены сведения о количестве и параметрах произошедших землетрясений, о механизмах очагов некоторых из них ( $K_p \geq 9.1$ ), а также о макросейсмических проявлениях ощутимых сейсмических событий. Кроме того, детально рассмотрена сейсмическая активность в условно выделенных районах региона, что позволяет следить за изменениями параметров сейсмического режима и напряженно-деформированного состояния земной коры.

**Сеть станций и инструментальные данные.** Количество и режим работы цифровых сейсмических станций (ЦСС) Прибайкалья и Забайкалья в 2018–2019 гг. по сравнению с предшествующим годом [1] не изменились за исключением небольшой корректировки уровней чувствительности сейсмографов и акселерографов в короткопериодной аппаратуре (Прил. 1, 2).

В каталог землетрясений 2018–2019 гг. вошли параметры 14545 сейсмических событий с  $K_p \geq 5.6$  (рис. 1, табл. 1), 94 % из них произошли в Байкальской рифтовой зоне (БРЗ). В рассматриваемый период времени наибольшей сейсмической активностью характеризовался Байкало-Муйский район БРЗ, а наименьшей – Сибирская платформа (табл. 1).

В настоящем выпуске журнала опубликован каталог 1724 землетрясений с  $K_p \geq 7.6$  (Прил. 3), при этом расчет коэффициентов графика повторяемости в диапазоне энергетических классов  $K_p=7–14$  для всего региона и непосредственно для БРЗ показал их близкие значения:  $\gamma=-0.523 \pm 0.014$  и  $\gamma=-0.532 \pm 0.013$  соответственно.

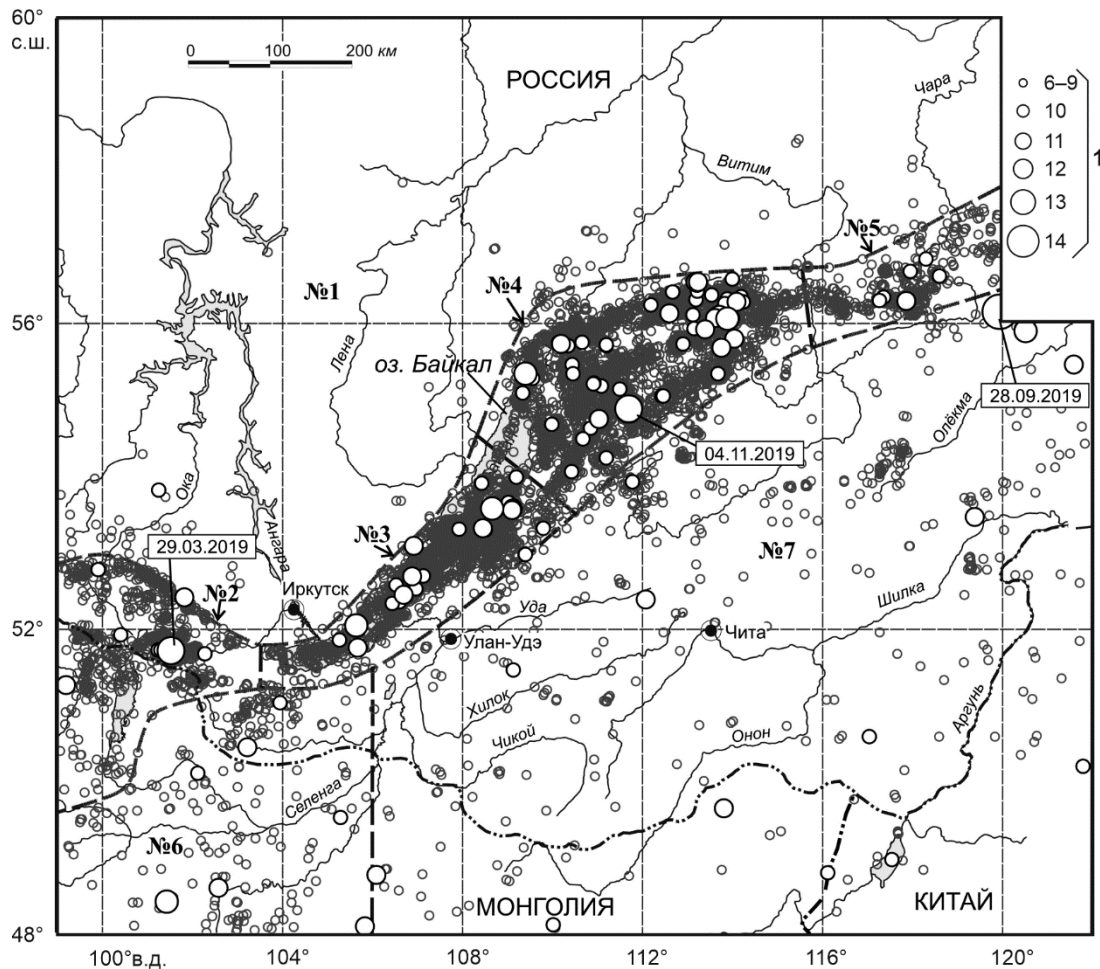
**Механизмы очагов в 2018–2019 гг.** были определены для 81 землетрясения с  $K_p \geq 9.1$  (Прил. 7). Большая часть решений основана на знаках первых вступлений  $P$ -волн на региональных станциях и получена с помощью программного обеспечения А.В. Ландера [2]. Для 13 событий с  $K_p \geq 11.4$  ( $M_w \geq 4.1$ ) в результате совместной инверсии амплитудных спектров поверхностных волн и знаков первых вступлений  $P$ -волн по методу [3, 4] определен тензор сейсмического момента (ТСМ): скалярный сейсмический момент, моментная магнитуда, фокальный механизм,

а также глубина гипоцентра. В итоге 54 % очагов землетрясений характеризовалось сбросовыми смещениями, 5 % – взбросовыми, 15 % – сдвиговыми и 26 % – смешанными типами подвижек (рис. 2 а), при этом простирания плоскостей разрывов в очагах в большинстве случаев следовали ориентации основных рифтовых структур (рис. 2 б).

**Таблица 1.** Распределение количества 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	14			
<b>I – Сибирская платформа</b>												
1 – Сибирская платформа	49	24	10	3	1	–	–	–	–	–	87	0.025
<b>II – Байкальская рифтовая зона</b>												
2 – Хубсугул-Тункинский р-н	618	272	98	22	6	2	–	1	–	1019	25.505	
3 – Южно-Байкальский р-н	2281	951	286	89	16	8	2	–	–	3633	5.168	
4 – Байкало-Муйский р-н	5476	2074	632	190	66	26	6	1	–	8471	20.989	
5 – Кодаро-Удоканский р-н	386	160	55	15	5	1	–	–	–	622	0.174	
<b>III – Забайкальская область</b>												
6 – Западное Забайкалье	62	87	49	16	4	3	1	–	–	222	1.150	
7 – Восточное Забайкалье	170	211	76	20	7	5	1	–	1	491	253.056	
Всего	9042	3779	1206	355	105	45	10	2	1	14545	306.067	

Примечание. \*Границы районов показаны на рис. 1.



**Рис. 1.** Карта эпицентров землетрясений Прибайкалья и Забайкалья ( $K_p \geq 5.6$ ) в 2018–2019 гг.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; жирной пунктирной линией обозначены условные границы сейсмоактивных районов региона по [5], названия приведены в табл. 1; датами отмечены наиболее сильные землетрясения ( $K_p=12.9-14.4$ ,  $M_w=4.5-5.1$ ).

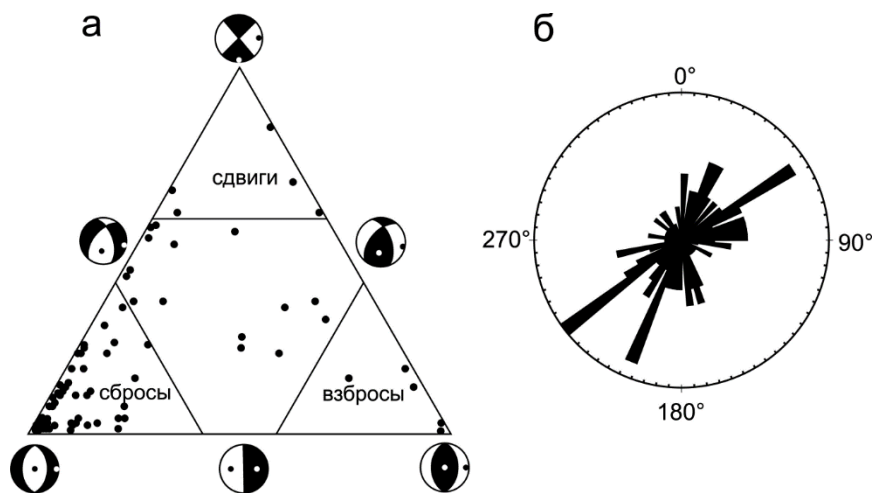


Рис. 2. Классификационная диаграмма фокальных механизмов (а) и азимуты простираний плоскостей разрывов в очагах землетрясений (б) Прибайкалья и Забайкалья в 2018–2019 гг.

**Сейсмичность по районам.** Рассмотрим особенности сейсмического процесса в условно выделенных районах региона в 2018–2019 гг.

На *Сибирской платформе (район № 1)*, обычно слабо активной в сейсмическом отношении, зарегистрировано наименьшее количество землетрясений с  $K_{p\max}=10.3$  (табл. 1, рис. 1).

В *Хубсугул-Тункинском районе (№ 2)* эпицентры большинства землетрясений располагались вдоль активных морфоструктур: Главного Саянского разлома, Тункинской системы впадин, а также Хубсугульской и Дархатской впадин. В пределах Хойтогорьской впадины 29 марта 2019 г. в 23<sup>h</sup>22<sup>m</sup> произошло одноименное относительно сильное землетрясение ( $K_p=13.4$ ,  $M_w=4.8$ ,  $\varphi=51.72^\circ$  с.ш.,  $\lambda=101.52^\circ$  в.д.), сопровождавшееся немногочисленными слабыми афтершоками ( $N=13$  с  $K_p=5.7-8.4$  в течение 5 суток) [6]. Наибольшая интенсивность сотрясений при этом событии (здесь и далее используется шкала MSK-64 [7]) наблюдалась в населенных пунктах: у. Хойто-Гол ( $\Delta=2$  км) – 6 баллов; с. Туран ( $\Delta=14$  км) – 5–6 баллов; пос. Нилова Пустынь ( $\Delta=11$  км) – 5 баллов (Прил. 8). В целом это землетрясение охватило большую площадь и ощущалось с интенсивностью до 3 баллов на эпицентральных расстояниях до 490 км. Очаговые параметры землетрясения: скалярный сейсмический момент, моментная магнитуда, взбросо-сдвиговый фокальный механизм, а также глубина гипоцентра были определены при расчете ТСМ (Прил. 7). Отметим, что механизм очага Хойтогорьского землетрясения подтвердил наличие тектонических движений положительного знака в районе одноименной впадины.

В *Южно-Байкальском районе (№ 3)* зарегистрировано  $N=3633$  сейсмических события с  $K_p \geq 5.6$  (табл. 1, рис. 3). Наиболее сильное из них ( $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.5$ ) произошло на полуострове Святой Нос 4 марта 2019 г. в 13<sup>h</sup>02<sup>m</sup> ( $\varphi=53.58^\circ$  с.ш.,  $\lambda=108.66^\circ$  в.д.). До конца года в эпицентральной области зарегистрировано 145 афтершоков с  $K_p=5.6-9.7$ . С интенсивностью 5 и 4–5 баллов землетрясение ощущалось в населенных пунктах: с. Баргузин ( $\Delta=64$  км), пгт Усть-Баргузин ( $\Delta=31$  км), с. Уро ( $\Delta=78$  км) и с. Суво ( $\Delta=89$  км) (Прил. 8). Тензорное определение очаговых параметров землетрясения 4 марта 2019 г. показало рифтовый механизм очага со сбросовыми подвижками в плоскостях разрывов северо-восток–юго-западного простирания (рис. 3) (Прил. 7). В районе многолетней Максимихинской последовательности землетрясений, начало которой было зарегистрировано в 2008 г. в акватории Центрального Байкала [8], в 2018–2019 гг. продолжилась сейсмическая активность геологических структур ( $K_{p\max}=11.2$ ,  $N=260$ ). В южной части рассматриваемого района в акватории оз. Байкал произошли два Голоустненских землетрясения средней силы: 16 марта 2018 г. в 04<sup>h</sup>28<sup>m</sup> ( $K_p=11.2$ ) и 10 октября 2019 г. в 04<sup>h</sup>11<sup>m</sup> ( $K_p=11.9$ ). Оба события локализовались практически в одном месте ( $\varphi=52.05^\circ$  с.ш.,  $\lambda=105.65^\circ$  в.д.) и не сопровождались афтершоками. Наибольшая интенсивность сотрясений – 4 балла – наблюдалась при землетрясении 2019 г. в шести населенных пунктах ( $\Delta=6-111$  км). Эффекты в 3–4 балла в обоих случаях отмечены в диапазоне эпицентральных расстояний  $\Delta=41-131$  км. (Прил. 8). Очаговые параметры землетрясения 16 марта 2018 г., определенные при расчете ТСМ, показали сбросовые

и чисто сдвиговые смещения в плоскостях разрывов субширотного и субмеридионального простираний (рис. 3). Решение фокального механизма землетрясения 10 октября 2019 г., полученное по знакам первых вступлений  $P$ -волн, также выявило в очаге субмеридиональную плоскость разрыва, но смещения в этой плоскости имели сдвиго-сбросовой характер (Прил. 7). По всей вероятности, сейсмогенное обновление дизъюнктивов именно такой ориентации произошло при указанных землетрясениях.

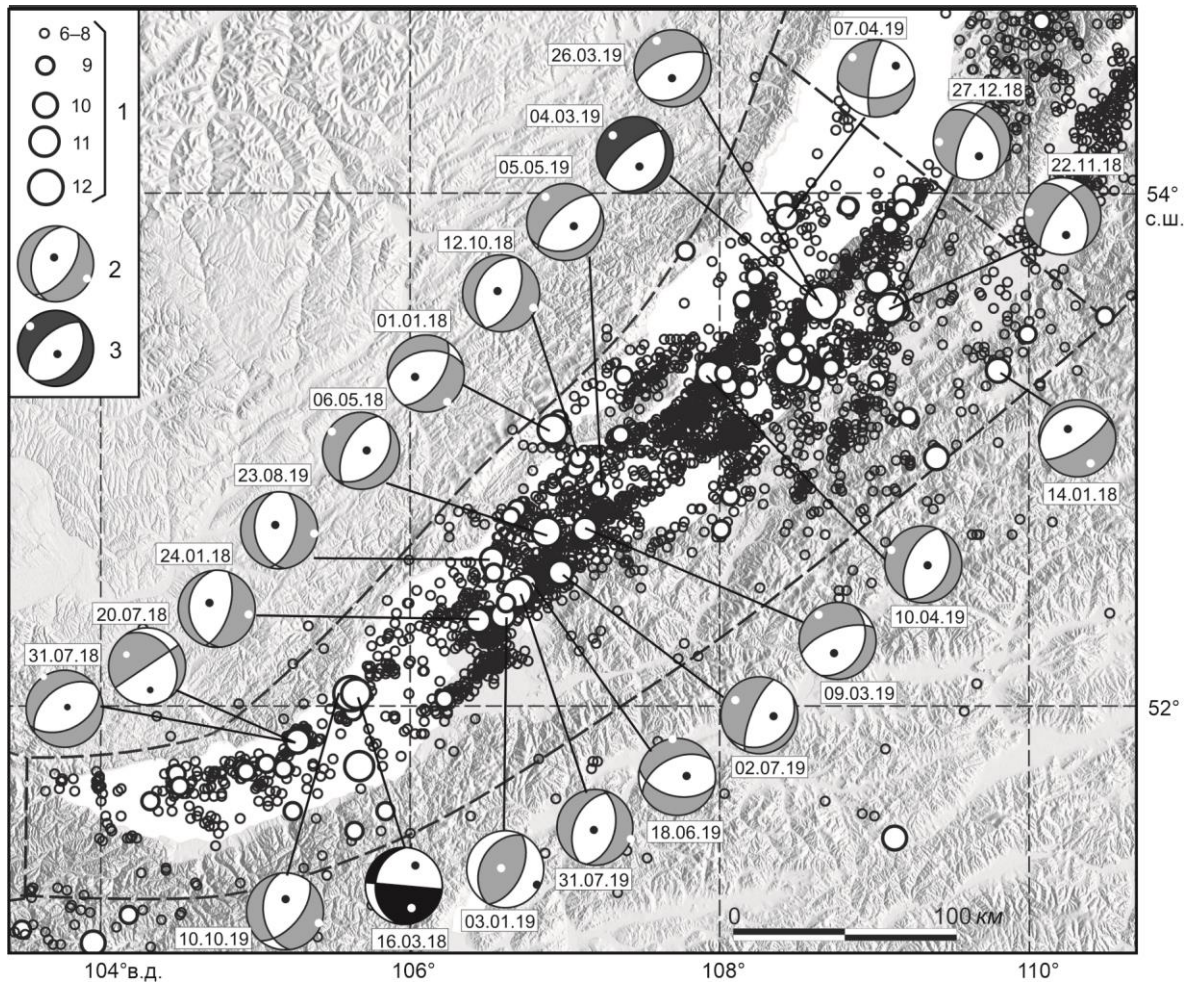


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Южно-Байкальского района (№ 3) в 2018–2019 гг.

1 – условные обозначения см. на рис. 1; 2, 3 – стереограммы фокального механизма землетрясения в проекции нижней полусферы (2 – решение получено по знакам первых вступлений  $P$ -волн, 3 – при совместной инверсии знаков первых вступлений  $P$ -волн и амплитудных спектров поверхностных волн); цифрами указаны даты землетрясений.

Несколько землетрясений средней силы ( $K_r \leq 11.4$ ), интенсивность колебаний при которых в ближайших населенных пунктах не превышала 4 баллов, произошли вблизи юго-восточного берега Байкала и в акватории озера (рис. 3). Устойчивая, преимущественно северо-запад–юго-восточная ориентация субгоризонтального растяжения в очагах землетрясений рассматриваемого района, свидетельствует о доминирующем влиянии в этой части региона рифтового поля напряжений.

**Байкало-Муйский район (№ 4)** характеризуется наибольшим количеством (около 58 %) региональных землетрясений (табл. 1), в эпицентральной поле которых отчетливо проявляется структурный план рифтовой зоны с преимущественно северо-восток–юго-западным простиранием основных структур (рис. 4). На фоне общей картины сейсмичности выделяются несколько локальных сейсмоактивных областей с индивидуальными проявлениями сейсмической активности. Так, в акватории Северного Байкала, судя по фокальным механизмам землетрясений с  $K_r = 10.3–11.9$ , активизировались разломы субширотного и северо-запад–юго-восточного направлений с преимущественно сбросовыми смещениями.

В районе Кичеро-Акуликанских землетрясений, произошедших в горном обрамлении Северного Байкала в 1999–2006 гг. [9], в 2018–2019 гг. зарегистрировано ~350 толчков с  $K_p \geq 5.6$ , при этом очаги наиболее сильных событий ( $K_p=9.7-11.2$ ) сформировались в рифтовом поле напряжений. Аналогичная по количеству группа землетрясений ( $N \sim 375$ ,  $K_p=5.6-10.2$ ) локализована на севере Баргузинского хребта. На его восточном склоне в очагах землетрясений (в феврале–марте 2019 г.) наблюдались как сбросовые, так и взбросовые подвижки (рис. 4).

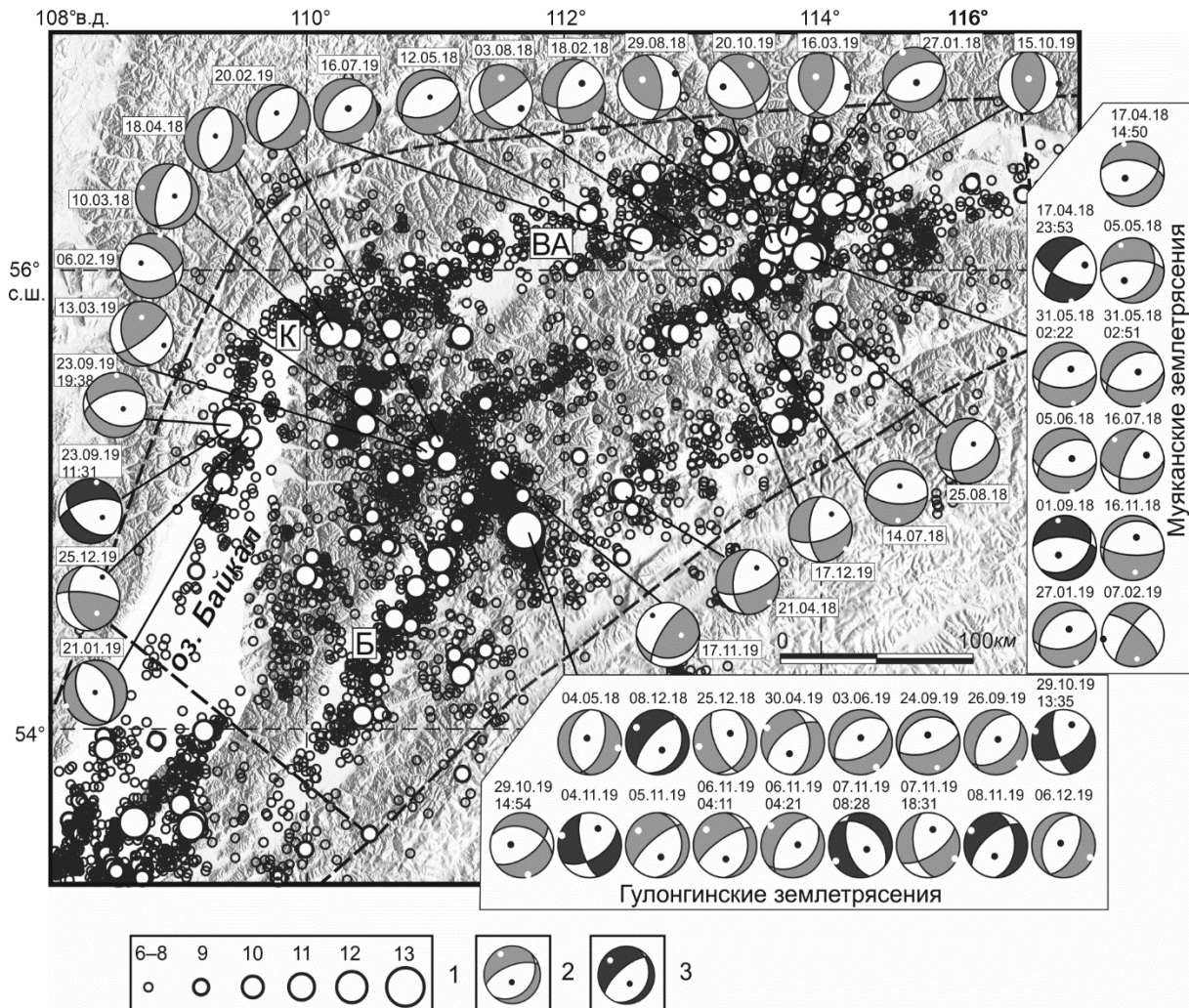


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Байкало-Муяского района (№ 4) в 2018–2019 гг.

Условные обозначения см. на рис. 1 и 3; буквами на карте обозначены впадины рифтового типа: К – Кичерская, ВА – Верхне-Ангарская, Б – Баргузинская.

В очаговой зоне сильных Гулонгинских землетрясений 2015 г. ( $M_w=4.6, 4.7$ ), произошедших в центральной части Икатского хребта [10], в 2018–2019 гг. наблюдался новый всплеск сейсмической активности ( $N=1739$  с  $K_p \geq 5.6$ ) (Прил. 5). Активизация началась 8 декабря 2018 г. в  $08^h 10^m$  с относительно сильного землетрясения ( $K_p=12.4$ ,  $M_w=4.5$ ,  $\varphi=54.87^\circ$  с.ш.,  $\lambda=111.73^\circ$  в.д.), ощущавшегося в пос. Улюнхан ( $\Delta=45$  км) с интенсивностью в 4–5 баллов. Еще одно достаточно сильное землетрясение зарегистрировано в рассматриваемом районе 4 ноября 2019 г. в  $10^h 30^m$  ( $K_p=12.9$ ,  $M_w=4.5$ ). Сведения об интенсивности колебаний (не более 3 баллов) при этом событии ограничены вследствие малой населенности территории (Прил. 8). ТСМ двух событий показали наличие сбросовых смещений в очагах, сформированных в деформационном режиме субгоризонтального северо-запад–юго-восточного (рифтового) растяжения (рис. 4). В этом же режиме произошли и другие землетрясения, очаги которых имели разнообразные простирания плоскостей разрывов, что свидетельствует об активизации в данном сейсмоактивном объеме земной

коры разнонаправленных дизъюнктивов, по всей вероятности, невысокого ранга. Из рис. 5 следует, что процесс разрядки напряжений в очаговой зоне Гулонгинских землетрясений в период 2015–2019 гг. неравномерен, имеет дискретный характер и, вероятно, в дальнейшем будет иметь продолжение.

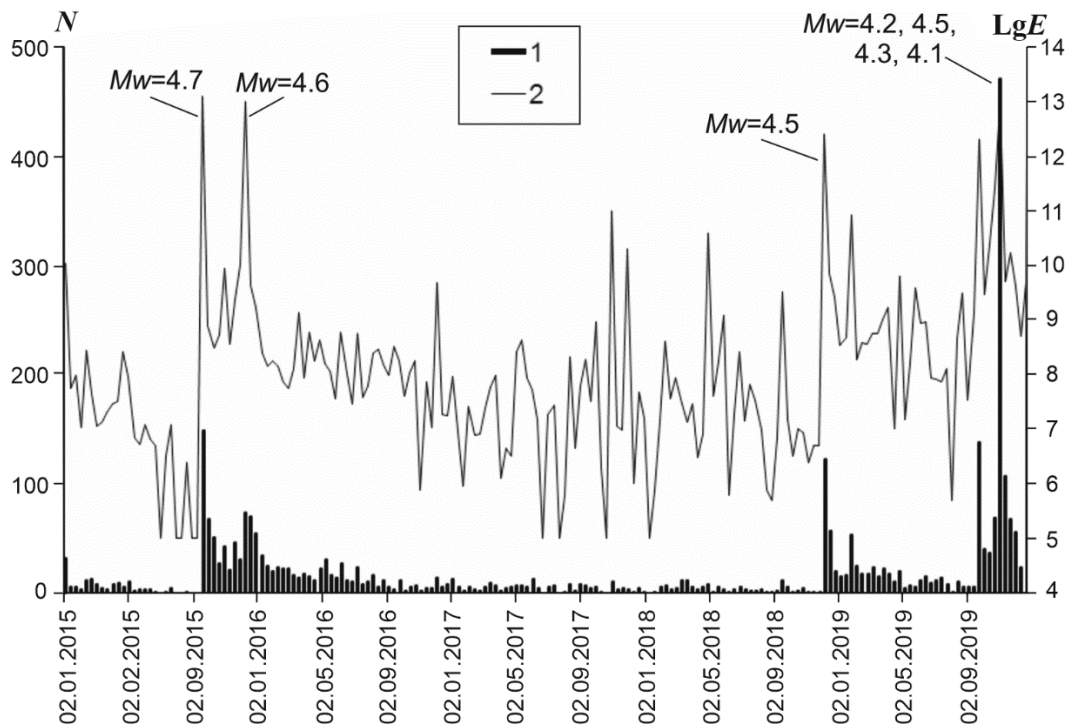


Рис. 5. Распределение количества землетрясений и суммарной сейсмической энергии в районе Гулонгинской последовательности сейсмических событий (2015–2019 гг.)

1 – количество землетрясений ( $N$ ), 2 – суммарная сейсмическая энергия ( $LgE$ ), единичный интервал – 10 суток.

В рассматриваемый период времени область самой крупной за период инструментальных наблюдений Муяканской активизации, произошедшей в Северо-Муйском районе БРЗ в 2014–2015 гг. [11], все еще оставалась сейсмически активной ( $N=680$  с  $K_p=6.6–12.4$ , Прил. 4). Общее количество землетрясений здесь в 2018–2019 гг., с учетом слабых толчков ( $K_p \geq 5.6$ ), приблизилось к 2000. Стоит отметить, что в большинстве очагов с установленными фокальными механизмами наблюдались субширотные плоскости разрывов и сбросовые смещения, иногда с небольшой сдвиговой составляющей (рис. 4).

Относительно слабый рой землетрясений (138 событий с  $K_p=5.6–11.2$  (Прил. 6)) с механизмом очага взбросового типа у наиболее сильного события (29 августа 2018 г.,  $K_p=11.1$ ) был зарегистрирован с 22 августа по 30 сентября 2018 г. в Делюн-Уранском хребте, севернее Муяканской активизации. К юго-востоку от нее в районе Горбылокского землетрясения 22.11.2016 г. с  $M_w=5.0$  [12] также отмечена умеренная сейсмическая активность в виде 52 землетрясений с  $K_p=5.6–11.3$ .

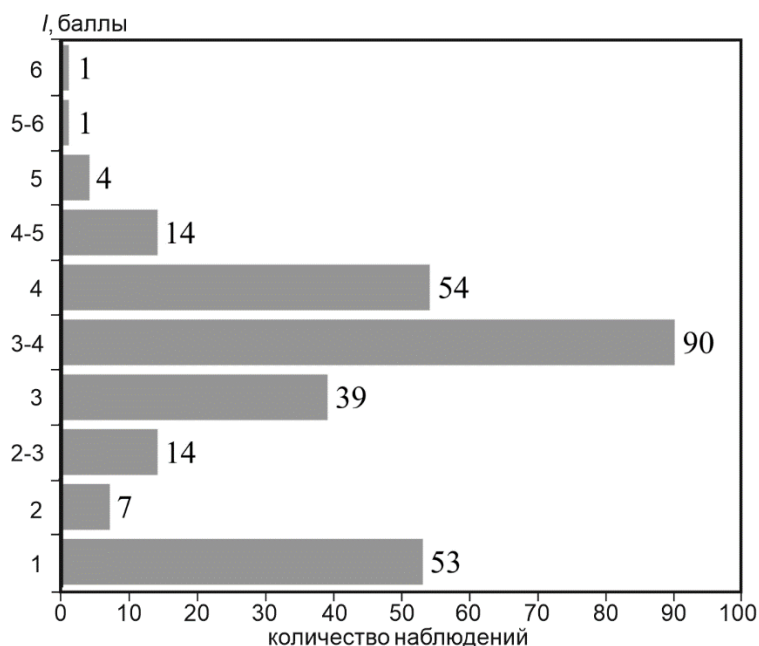
В **Кодаро-Удоканском районе (№ 5)** в 2018–2019 гг. отмечается самый низкий в БРЗ уровень выделившейся сейсмической энергии (табл. 1). Небольшое количество толчков ( $N=64$ ) зарегистрировано в Каларском хребте, в районе одноименного землетрясения 03.04.2017 г. с  $M_w=4.8$  [12], и к северо-западу от него. Очаги самых сильных событий: 12 января 2018 г. с  $K_p=10.7$  и 26 апреля 2018 г. с  $K_p=10.5$  (Прил. 3) произошли в рифтовом поле напряжений при доминирующем влиянии субгоризонтального растяжения.

В **Западном Забайкалье (район № 6)** среди преимущественно слабых ( $K_p=5.6–11.3$ ) землетрясений (рис. 1, табл. 1) выделяется событие 14 марта 2018 г. в  $18^h14^m$  ( $\varphi=48.44^\circ$  с.ш.,  $\lambda=101.43^\circ$  в.д.) со взбросовыми смещениями в очаге, произошедшее на территории Монголии. В течение недели в его эпицентральной зоне произошло девять афтершоков с  $K_p=7.4–9.4$ .

В **Восточном Забайкалье (район № 7)** наблюдалась слабая рассеянная сейсмичность (рис. 1), на фоне которой на северо-восточном фланге БРЗ произошло самое сильное в регионе Ленгерское землетрясение (28 сентября 2019 г. в 21<sup>h</sup>28<sup>m</sup>,  $K_p=14.4$ ,  $M_w=5.1$ ) с немногочисленными афтершоками [13]. Диапазон эпицентральных расстояний, на которых ощущалось это землетрясение, составил от 89 до 545 км. Наиболее сильные макросейсмические эффекты, оцениваемые в 5 баллов по шкале MSK-64, зарегистрированы в пгт Новая Чара на эпицентральной дистанции 125 км. Тензорные характеристики очага показали, что он сформировался на глубине 11–12 км в сдвиговом поле напряжений (Прил. 7). К югу от эпицентра Ленгерского землетрясения зарегистрировано относительно сильное сейсмическое событие 23 августа 2018 г. в 19<sup>h</sup>57<sup>m</sup> ( $K_p=12.1$ ) сдвиго-взбросового типа.

**Макросейсмические данные.** В течение двухлетнего периода 2018–2019 гг. в границах Прибайкалья и Забайкалья было зарегистрировано 49 землетрясений, вызвавших ощутимые эффекты. Из этого числа 19 событий приходится на 2018 г. и 30 – на 2019 год. Диапазон энергетических классов ощутимых землетрясений составил  $K_p=7.7–14.4$ .

Сбор макросейсмических данных осуществлялся как с помощью традиционных методов (рассылка опросных листов, полевое обследование), так и посредством онлайн-анкетирования населения Восточной Сибири, практикуемого в регионе с 2008 г. [14]. Макросейсмические сведения (или подтвержденное отсутствие ощутимых эффектов) в течение рассматриваемого периода были получены в 277 случаях, при этом количество уникальных пунктов наблюдения составило 188 (с учетом землетрясения 15 мая 2019 г. в регионе Якутия). Значительная часть (~40 %) случаев наблюдения ощутимых эффектов связана с двумя сильными землетрясениями региона – Хойтогольским-II 29 марта 2019 г. ( $M_w=4.8$ , 77 пунктов) [6] и Ленгерским 28 сентября 2019 г. ( $M_w=5.1$ , 35 пунктов) [13]. На рис. 6. приведена гистограмма распределения интенсивности сотрясений по количеству наблюдений в течение 2018–2019 гг.



**Рис. 6.** Количество случаев сотрясений различной интенсивности при ощутимых землетрясениях Прибайкалья и Забайкалья в течение 2018–2019 гг. Интенсивность сотрясений 1 балл означает подтвержденное отсутствие ощутимых эффектов.

Наиболее часто в населенных пунктах юга Восточной Сибири отмечались макросейсмические эффекты интенсивностью 3–4 и 4 балла; высокобалльные сотрясения интенсивностью 5–6 баллов регистрировались в единичных случаях. Также достаточно часто документально фиксировалось отсутствие ощутимых сотрясений в той или иной точке. Карта пунктов с максимальной наблюдаемой интенсивностью сотрясений на территории Прибайкалья и Забайкалья за 2018–2019 гг. представлена на рис. 7.

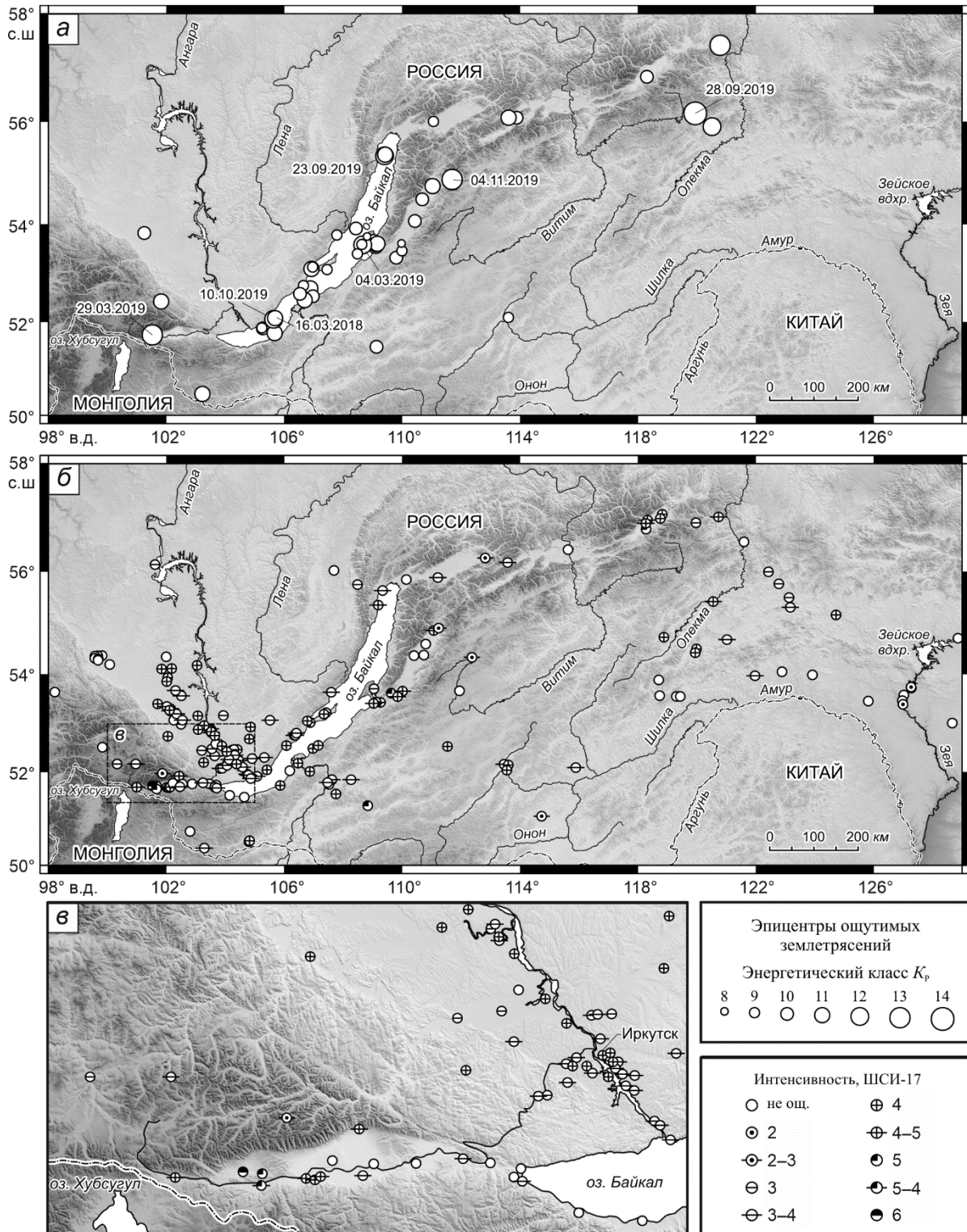


Рис. 7. Эпицентры осязательных землетрясений (а) и распределение максимальной наблюдаемой интенсивности сотрясений (в баллах шкалы MSK-64) в 2018–2019 гг. на территории региона Прибайкалье и Забайкалье в целом (б) и в Юго-Западном Прибайкалье (в)

**Обсуждение и заключение.** В 2018–2019 гг. на территории Прибайкалья и Забайкалья наблюдалась умеренная сейсмическая активность. Самое сильное Ленгерское землетрясение (28 сентября 2019 г.,  $M_w=5.1$ ) произошло в ранее асейсмичной зоне сочленения структур северо-восточного фланга БРЗ и Олёкмо-Становой системы разломов к юго-западу от известных эпицентральных полей [13]. Район этого события характеризовался умеренными и слабо дифференцированными тектоническими движениями, что проявлялось в малой сейсмической активности



[15]. Присутствующие здесь морфоструктурные элементы северо-восточной и субширотной ориентации в полной мере отразились в сдвиговом фокальном механизме редкого для данного района Ленгерского землетрясения [13].

Макросейсмические эффекты на территории региона наблюдались при 49 землетрясениях. Наиболее часто в населенных пунктах отмечались 3–4- и 4-балльные сотрясения. Максимальная наблюдаемая интенсивность сотрясений (6 баллов) зарегистрирована при Хойтогольском-II землетрясении 29 марта 2019 г. (юго-западный фланг БРЗ на эпицентральной расстоянии  $\Delta=2$  км (улус Хойто-Гол)) [6]. Это значение на 1 балл превышает максимальный макросейсмический эффект, наблюдавшийся в регионе в течение предыдущих 2016–2017 гг. [1].

Как известно, режим сейсмотектонического деформирования земной коры Прибайкалья и Забайкалья предопределен историей новейшего развития БРЗ и связан с устойчивым (в масштабах геологического времени) субгоризонтальным растяжением, ориентированным вкост простирания основных структурных элементов [16]. В эту схему напряженно-деформированного состояния земной коры региона хорошо вписываются данные о механизмах очагов 81 землетрясения 2018–2019 гг., большая часть которых (более 50 %) произошла в рифтовом поле напряжений (Прил. 7). Для 13 из них при совместной инверсии амплитудных спектров поверхностных волн и знаков первых вступлений *P*-волн были получены более полные и надежные характеристики очаговых параметров (скалярный сейсмический момент, моментная магнитуда, механизм очага, глубина гипоцентра), способствующие лучшему пониманию физических процессов в очаге землетрясения.

В заключение отметим, что данные о сейсмичности Прибайкалья и Забайкалья в 2018–2019 гг. могут быть востребованы при мониторинге сейсмических проявлений, изучении вариаций полей напряжений и деформаций в регионе, а также при создании различных геодинамических моделей его развития.

Работа выполнена с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

В подготовке электронного приложения к данной статье принимали участие Н.С. Архипенко, Г.М. Бахтиярова, О.А. Борисова, Н.Н. Галактионова, О.А. Грачёва, Л.В. Емельянова, М.Ф. Инёшина, С.А. Ковалёва, Г.В. Курилко, Е.В. Мазаник, Ю.А. Меньшикова, С.В. Ныркова, А.А. Папкова, М.А. Подпругина, С.Г. Пойгина, П.А. Предеин, Д.П.-Д. Санжиева, Т.Е. Сенотрсова, А.А. Ситникова, Е.Н. Терёшина, Я.И. Федюшкина.

**Электронное приложение** App07\_Baykal\_2018–2019 (<http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>): 1 – Сейсмические станции Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН (BAGSR) в 2018–2019 гг.; 2 – Сейсмические станции Бурятского филиала ФИЦ ЕГС РАН (BUGSR) в 2018–2019 гг.; 3 – Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2018–2019 гг.; 4 – Каталог афтершоковой последовательности Муяканского землетрясения 23 мая 2014 г. с  $M_w=5.5$ ,  $K_p=14.3$ ,  $I_0=7-8$  в 2018–2019 гг.; 5 – Каталог района Гулонгинской последовательности землетрясений в 2016–2019 гг. 6 – Каталог роя в августе – сентябре 2018 г. в Делюн-Уранском хребте с наиболее сильным землетрясением 29 августа 2018 г. с  $m_b=3.9$ ,  $K_p=11.2$ ,  $I_0=5-6$ ; 7 – Механизмы очагов землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в 2018–2019 гг.; 8 – Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в населенных пунктах в 2018–2019 гг.; 9 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2018–2019 гг.

## Л и т е р а т у р а

1. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Филиппова А.И., Кобелева Е.А. Сейсмичность Прибайкалья и Забайкалья в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 137–145. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.12>. EDN: SZUKRR
2. Ландер А.В. Программа расчета и графического представления механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений *P*-волн (FA) / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662004 от 25 сентября 2018 г.
3. 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. – V. 25. – P. 723–728.
4. 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: <https://doi.org/10.1134/S1069351314030094>

5. 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: Изд-во ФООП, 2003. – С. 107–117.
6. Радзиминович Я.Б., Середкина А.И., Мельникова В.И., Гилёва Н.А. Землетрясение 29.03.2019 г. в западной части Тункинской системы впадин: Очаговые параметры и макросейсмические проявления // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47, № 2. – С. 64–80. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2020.2-4>
7. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
8. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б., Середкина А.И. Максимихинское землетрясение 20 мая 2008 г. с  $K_R=14.3$ ,  $M_w=5.3$ ,  $I_0=7$  (Центральный Байкал) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 337–345.
9. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б., Очковская М.Г., Серёдкина 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.
10. Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Филиппова А.И. Сильные землетрясения Северного Прибайкалья ( $M_w=4.6-4.7$ ) в 2015 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 276–290. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.27>
11. Melnikova V.I., Filippova A.I., Gileva N.A. The Muyakan Earthquake Sequence in the North Muya Region of the Baikal Rift Zone: Detailed Analysis and Possible Reasons // Pure and Applied Geophysics. – 2022. – V. 179, № 9. – P. 3157–3175. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03124-7>
12. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Филиппова А.И., Радзиминович Я.Б. Сильные землетрясения Северного Прибайкалья в 2016–2017 гг. ( $M_w=5.0$  и  $M_w=4.8$ ) // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2022. – Т. 49, № 2. – С. 56–73. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2022.2-3>
13. Середкина А.И., Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Гилёва Н.А. Геолого-геофизические и макросейсмические данные о землетрясении 28.09.2019 г. с  $M_w=5.1$  на северо-востоке Байкальского рифта // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47, № 1. – С. 51–69. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2020.1-3>
14. Радзиминович Я.Б., Хритова М.А., Гилёва Н.А. Современные способы получения макросейсмических данных и возможности их применения на территории Восточной Сибири // Вулканология и сейсмология. – 2014. – № 6. – С. 59–74. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0203030614060066>
15. Имаева Л.П., Мельникова В.И., Имаев В.С., Козьмин Б.М., Мельников А.И., Гриб Н.Н. Эволюция сейсмотектонических процессов северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2012. – 232 с.
16. Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, № 5. – С. 391–406.

### **SEISMICITY of the BAIKAL REGION and TRANSBAIKALIA in 2018–2019**

**V.I. Melnikova<sup>1,2</sup>, N.A. Gileva<sup>2</sup>, Ya.B. Radziminovich<sup>2</sup>, A.I. Filippova<sup>3</sup>, E.A. Kobeleva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of the Earth's Crust of SB RAS, Irkutsk, [vimel@crust.irk.ru](mailto:vimel@crust.irk.ru)*

<sup>2</sup>*Baikal Branch of GS RAS, Irkutsk, [nagileva@crust.irk.ru](mailto:nagileva@crust.irk.ru)*

<sup>3</sup>*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Moscow, Troitsk, [ale@izmiran.ru](mailto:ale@izmiran.ru)*

**Abstract.** We considered a character of the seismic process in the Baikal region and Transbaikalia in 2018–2019. During this time period, 14545 earthquakes with  $K_R \geq 5.6$  were registered. More than 94 % of the seismic events were localized in the Baikal rift zone. Within it, relatively strong earthquakes occurred in Khubsugul-Tunka area (March 29, 2019,  $M_w=4.8$ ) and in the junction zone of the northeastern flank of the Baikal rift and the Olekma-Stanovoy orogenic system (September 28, 2019,  $M_w=5.1$ ). 49 earthquakes caused felt macroseismic effects which most often manifested themselves in the settlements of the region with intensity of 3–4 and 4. Intensity of 5–6 was observed in few cases. Earthquake source parameters were determined for 81 seismic events with  $K_R \geq 9.1$ . Most of them occurred in the seismotectonic regime of subhorizontal extension. 61 focal mechanisms were determined from *P*-wave first-motion polarities. Source parameters for 13 earthquakes were estimated using a joint inversion of *P*-wave first-motion polarities and surface wave amplitude spectra. In general, 2018–2019 are characterized by a moderate level of seismic activity.

**Key words:** seismicity, earthquake focal mechanism, macroseismic data, Baikal rift zone.

**For citation:** Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Radziminovich, Ya.B., Filippova, A.I., & Kobeleva, E.A. (2023). [Seismicity of the Baikal Region and Transbaikalia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 143–153. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.12> EDN: YNRDLX

## References

1. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Radziminovich, Ya.B., Filippova, A.I., & Kobeleva, E.A. (2022). [Seismicity of the Baikal Region and Transbaikalia in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 137–145. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.12>. EDN: SZUKRR
2. Lander, A.V. (2018). [The program for calculating and graphically representing the mechanisms of earthquake sources by the signs of the first arrivals of *P*-waves (FA)]. Certificate of state registration of the computer program № 2018662004. (In Russ.).
3. Bukchin, B.G. (1990). Determination of source parameters from surface wave recording allowing for uncertainties in the properties of medium. *Izvestiya Akad. Nauk SSSR, Fizika Zemli*, 25, 723–728.
4. 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: <https://doi.org/10.1134/S1069351314030094>
5. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Kurushin, R.A., Masalsky, O.K., & Shlaevskaya, N.S. (2003). [Allocation of conditional areas for annual reviews of seismicity in the Baikal and Transbaikal regions]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1997 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 1997] (pp. 107–117). Obninsk, Russia: FOP Publ. (In Russ.).
6. Radziminovich, Ya.B., Seredkina, A.I., Melnikova, V.I., & Gileva, N.A. (2020). The March 29, 2019 earthquake in the western part of the Tunka rift basin system: Source parameters and macroseismic effects. *Seismic Instruments*, 56(6), 648–661. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923920060067>
7. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaya shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
8. Gileva, N.A., Melnikova, V.I., Radziminovich, Ya.B., & Seredkina, A.I. (2014). [Maksimikha earthquake on May 20, 2008 with  $K_R=14.3$ ,  $M_w=5.3$ ,  $I_0=7$  (Central Baikal)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2008 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 337–345). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
9. Gileva, N.A., Melnikova, V.I., Radziminovich, Ya.B., Ochkovskaya, M.G., & Seredkina, A.I. (2012). [The December 4, 2006,  $M_w=5.2$ ,  $I_0=7$  and December 11, 2006,  $M_w=4.9$ ,  $I_0=7$  Akulikan earthquakes (Baikal Region)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2006 godu*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 2006] (pp. 428–442). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
10. Radziminovich, Ya.B., Melnikova, V.I., Gileva, N.A., & Filippova, A.I. (2021). [Strong earthquakes in the north of the Lake Baikal region ( $M_w=4.6-4.7$ ) in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 276–290. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.27>
11. Melnikova, V.I., Filippova, A.I., & Gileva, N.A. (2022). The Muyakan Earthquake Sequence in the North Muya Region of the Baikal Rift Zone: Detailed Analysis and Possible Reasons. *Pure and Applied Geophysics*, 179(9), 3157–3175. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03124-7>
12. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Filippova, A.I., & Radziminovich, Ya.B. (2022). Strong Earthquakes in the Northern Baikal Region in 2016–2017 ( $M_w=5.0$  and  $M_w=4.8$ ). *Seismic Instruments*, 58(6), 611–625. DOI: <https://doi.org/10.3103/S074792392206010X>
13. Seredkina, A.I., Radziminovich, Ya.B., Melnikova, V.I., & Gileva, N.A. (2020). Geological, Geophysical and Macroseismic Data on the September 28, 2019,  $M_w=5.1$  Earthquake That Occurred at the Northeast of the Baikal Rift. *Seismic Instruments*, 56(6), 633–647. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923920060080>
14. Radziminovich, Ya.B., Khritova, M.A., & Gileva, N.A. (2014). Modern Methods for Acquisition of Macroseismic Data and their Possible Uses for Eastern Siberia. *Journal of Volcanology and Seismology*, 8(6), 375–389. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0742046314060062>
15. Imaeva, L.P., Melnikova, V.I., Imaev, V.S., Kozmin, B.M., Melnikov, A.I., & Grib, N.N. (2012). *Evolutsiya seysmotektonicheskikh protsessov severo-vostochnogo flanga Baykal'skoy riftovoy zony* [Evolution of seismotectonic processes of the northeastern flank of the Baikal rift zone]. Irkutsk, Russia: Institute of the Earth's Crust SB RAS Publ., 232 p. (In Russ.).
16. Logachev, N.A. (2003). History and geodynamics of the Baikal rift. *Russian Geology and Geophysics*, 44(5), 391–406.