

## АЛТАЙ И САЯНЫ

А.Ф. Еманов<sup>1,2</sup>, А.А. Еманов<sup>1,3</sup>, А.В. Фатеев<sup>1,3</sup>, В.Г. Подкорытова<sup>1</sup>, Е.В. Шевкунова<sup>1</sup><sup>1</sup>Алтае-Саянский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, Россия, [asf@gs.sbras.ru](mailto:asf@gs.sbras.ru)<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия, [press@nsu.ru](mailto:press@nsu.ru)<sup>3</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия, [ipgg@ipgg.sbras.ru](mailto:ipgg@ipgg.sbras.ru)

**Аннотация.** Представлен обзор сейсмичности Алтае-Саянского региона за 2013 год. Стационарная сейсмическая сеть состояла из 41 станции. Дополнительно в течение года функционировали четыре локальные временные сети общим количеством 55 станций. Общее число зарегистрированных землетрясений составило 11548. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в очагах землетрясений, равна  $1.81 \cdot 10^{15}$  Дж. Наиболее значимые землетрясения в 2013 г. произошли в районе угольного разреза «Бачатский» 18 июня с  $ML=6.1$  и в Республике Алтай 24 января с  $ML=6.1$ . Отдельно дана краткая характеристика сейсмичности Чуйско-Курайской зоны Горного Алтая.

**Ключевые слова:** Алтай и Саяны, землетрясение, сейсмичность, сейсмическая сеть.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2019.22.12

**Для цитирования:** Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Шевкунова Е.В. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 139–149. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.12

**Сеть стационарных станций.** В 2013 г. сейсмическую сеть региона составляла 41 станция данные о которых представлены в Приложении [1] к настоящему ежегоднику. По сравнению с 2012 г. добавлена одна сейсмостанция: статус региональной получила бывшая временная станция «Новосибирск-2» (NVSII), по многим параметрам дублирующая станцию NVS (табл. 1).

**Таблица 1.** Основные параметры сейсмостанции «Новосибирск-2» (NVSII)

Название станции	Код		Координаты			Тип АЦП	Тип сейсмометра
	межд.	рег.	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, m$		
Новосибирск-2	NVSII	NVSII	54.842	83.237	159	CMG-3ESPCDE	CMG-3ESP

В 2013 г. слабое расширение сети (добавлена всего одна новая станция) было компенсировано масштабной модернизацией оборудования действующих станций. Из наиболее значимых достижений следует отметить установку датчиков сильных движений фирмы Guralp CMG-5T на десяти сейсмостанциях: «Берчикуль», «Верх-База», «Джазатор», «Джой», «Джойская Сосновка», «Ельцовка», «Мина», «Новосибирск», «Чаган-Узун», «Черемушки». Установлены широкополосные велосиметры фирмы Guralp CMG-3/CMG-6 на восьми сейсмостанциях: «Берчикуль», «Джазатор», «Джой», «Джойская Сосновка», «Ельцовка», «Усть-Кан», «Чаган-Узун», «Черемушки». На большинстве указанных станций произведена замена регистраторов на более современные [1].

Ввиду крайне незначительного изменения конфигурации сети практически не изменились ее характеристики. Как и год назад, региональная сеть стационарных сейсмических станций [1] обеспечила в 2013 г. представительность на уровне  $K_{\min}=5$  в центральной части региона в пределах Российской Федерации, включая практически всю территорию республик Горный Алтай и Хакасия, большую часть Республики Тува и Кемеровской области, центральной и южной частей Красноярского края и восточную, наиболее населенную, часть Новосибирской области (рис. 1). Данное значение может быть преобразовано в локальные магнитуды  $ML$  по корреляционной зависимости [2]:

$$K_p=1.70 \cdot ML+2.50. \quad (1)$$

Принимая во внимание (1), значение  $K_p=5$  примерно соответствует  $ML=1.5$ . В то же время на всей территории в пределах границ ответственности составления каталога с включением

частей территории трех государств – Казахстана, Китая и Монголии не могут быть пропущены землетрясения, начиная с  $K_{\min}=8$ , которое (1) соответствует значению  $ML=3.2$  (рис. 1).

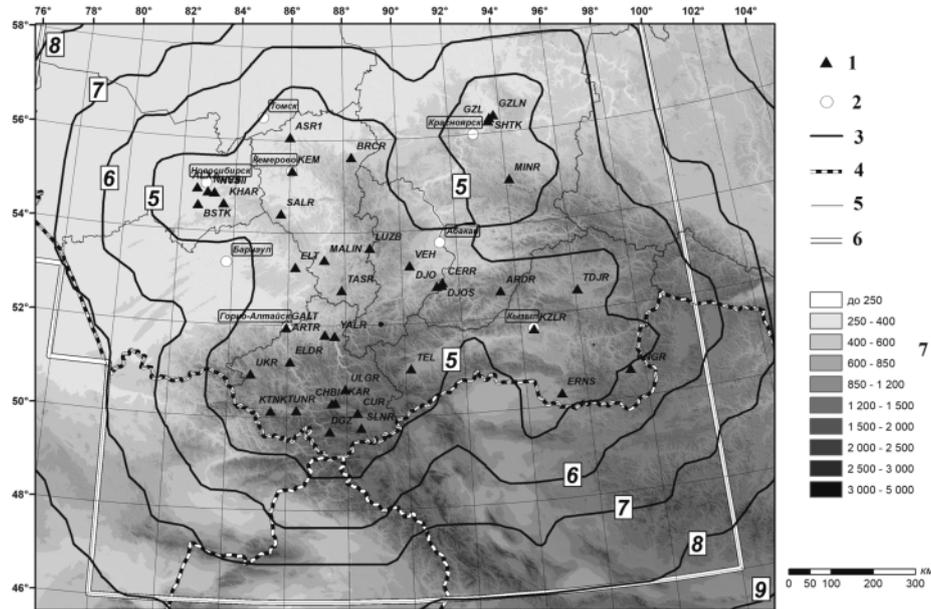


Рис. 1. Карта изолиний энергетической представительности Алтае-Саянской региональной сети в 2013 г.

1 – стационарная сейсмическая станция; 2 – крупные города (столицы административных субъектов РФ); 3 – изолиния  $K_{\min}$ ; 4 – государственная граница; 5 – границы административных субъектов; 6 – зона ответственности АСФ ФИЦ ЕГС РАН; 7 – высоты рельефа  $h_y$ , м.

**Сети временных станций.** Кроме стационарной сети в регионе действовали четыре локальных временных сети цифровых станций: в Кемеровской области в районе разреза «Бачатский», в Республике Алтай, сеть в районе границы республик Хакасия и Тува, а также сеть в Красноярском крае (рис. 2).

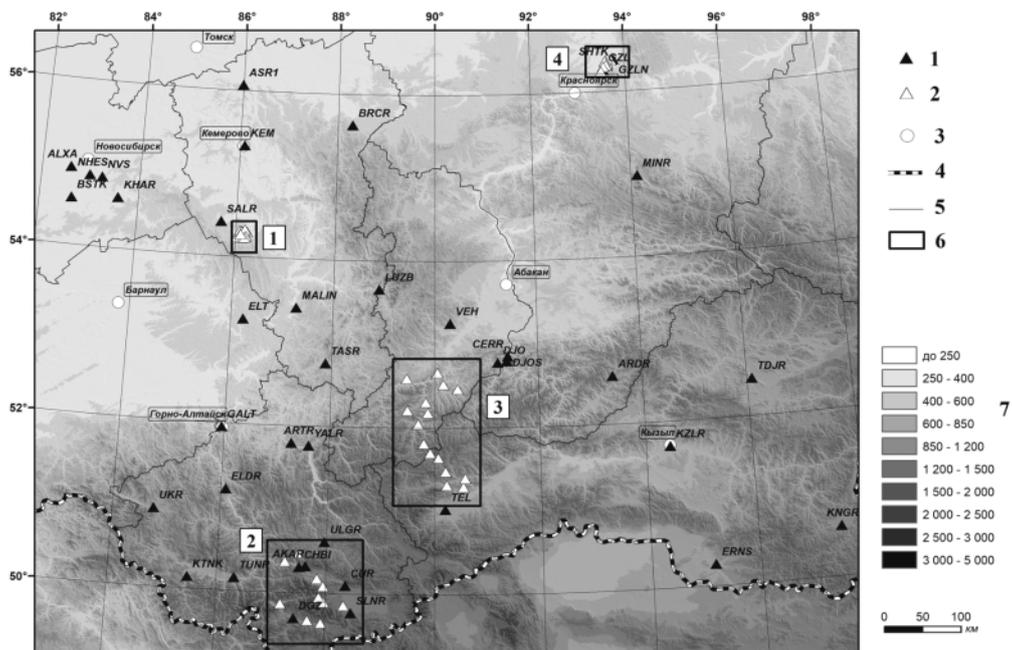


Рис. 2. Локальные сети временных станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в Алтае-Саянском регионе в 2013 г.

1 – стационарная сейсмическая станция; 2 – временная сейсмическая станция; 3 – города (столицы административных субъектов РФ); 4 – государственная граница; 5 – административные границы; 6 – места проведения работ с временными станциями (1 – в районе разреза «Бачатский», Кемеровская область; 2 – в Республике Алтай; 3 – в районе хр. Западный Саян; 4 – в районе г. Железногорск, Красноярский край); 7 – высоты рельефа  $h_y$ , м.

Первая сеть из 19 временных станций (№ 1 на рис. 2) была выставлена в Кемеровской области в районе разреза «Бачатский» [3] для исследования техногенной сейсмической активизации [4]. Первые три станции сети были выставлены уже спустя несколько часов после Бачатского землетрясения 18 июня в  $23^{\text{h}}02^{\text{m}}$  с  $ML=6.1$ , являющегося крупнейшим в мире техногенным землетрясением при добыче твердых полезных ископаемых [5]. В последующие двое суток сейсмическая сеть была расширена до десяти пунктов, и это количество станций сохранялось до конца года с небольшими конфигурационными изменениями. Таким образом, период работы сети в 2013 г. составил более шести месяцев.

Вторая локальная сеть из десяти станций [6] функционировала в период с 23 июня по 17 октября 2013 г. в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в эпицентральной области Чуйского землетрясения 27 сентября 2003 г в  $11^{\text{h}}33^{\text{m}}$  с  $K_p=17.1$ ,  $MS=7.3$  [7]. Сеть (№ 2 на рис. 2) выставлена внутри Алтайского сейсмологического полигона – уплотненной части станций региональной сети в пределах координат  $\varphi=49.0-51.0^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=87.0-89.0^{\circ}\text{E}$ . Наблюдения с сетями временных станций здесь проводятся ежегодно, начиная с 2002 года. Впервые с 2003 г. выставлена станция в труднодоступной зоне сочленения Северо-Чуйского, Южно-Чуйского и Катунского хребтов, что дало возможность «окружить» эпицентральною зону с запада. Две станции выставлены к югу от Южно-Чуйского хребта. Одна в районе Айгулакского хребта, в зоне, проявившей себя в 2012 г. сильным землетрясением 30 июля в  $22^{\text{h}}30^{\text{m}}$  с  $ML=6.1$ . Остальные временные станции традиционно были расставлены в Чуйской и Курайской впадинах для регистрации слабых событий [6].

Третья группа станций [8] была выставлена в районе хр. Западный Саян, на территории республик Хакасия и Тува, в районе автодороги Абаза – Ак-Довурак (№ 3 на рис. 2). Основной задачей исследований было выяснить особенности сейсмического режима хр. Западный Саян в районе пересечения автодороги на уровне землетрясений малых энергий, а также изучить пространственную приуроченность землетрясений, обеспечив повышенную точность определения координат за счет временной сети станций. Следует отметить, что в региональной сети западное окончание Западного Саяна характеризуется меньшей плотностью станций. Сеть из 15 станций [8] функционировала с 28 июля по 15 сентября 2013 г., было зарегистрировано 436 сейсмических событий в диапазоне магнитуд  $-0.5 \leq ML \leq 3.9$ .

Четвертая группа из 11 станций (№ 4 на рис. 2) была выставлена в Красноярском крае в районе г. Железногорск [9] для уточнения сейсмичности и разработки системы сейсмического контроля промышленного объекта. Период работы составил около месяца, с 22 ноября по 24 декабря 2013 г.

**Погрешность локации землетрясений** ( $\delta$ ) для большей части региона – менее 10 км (рис. 3), при этом наибольшая точность достигается в центре Алтайского сейсмологического полигона. В центральной части полигона погрешность  $\delta$  локации эпицентров землетрясений составляет менее 2 км [10]. В центре локальных сетей временных станций погрешность определения положения землетрясений достигает сотен метров.

**Обработка сейсмических данных.** В 2013 г. обработка сейсмологических данных в региональном информационно-обрабатывающем центре (РИОЦ) АСФ ФИЦ ЕГС РАН проводилась в многофункциональной системе программ SeisComp3 [11, 12]. Данный комплекс позволяет определять весь основной комплекс параметров сейсмических событий, как в автоматическом, так и в ручном режимах: локализацию гипоцентра, оценку энергетических характеристик, построение механизмов очагов и спектров и т.д. Положение эпицентра рассчитывается с помощью программы LocSat [13] в рамках глобальной скоростной модели IASPEI91 [14]. Энергия событий оценивается локальными магнитудами  $ML$  [15].

Для реализации процедуры автоматической обработки сейсмологических данных в системе SeisComp3 силами АСФ ФИЦ ЕГС РАН была разработана надстройка SENSYDA, позволяющая оперировать поступающими объемами информации, структурировать их и минимизировать потери и сбои. В рамках этого программного проекта создан единый архив для хранения в формате miniSEED, а также собственная база учета данных, система докачки и синхронизации архива в центре обработки данных (ЦОД) и удаленных архивов на станциях на основе программного обеспечения RSYNC [16].

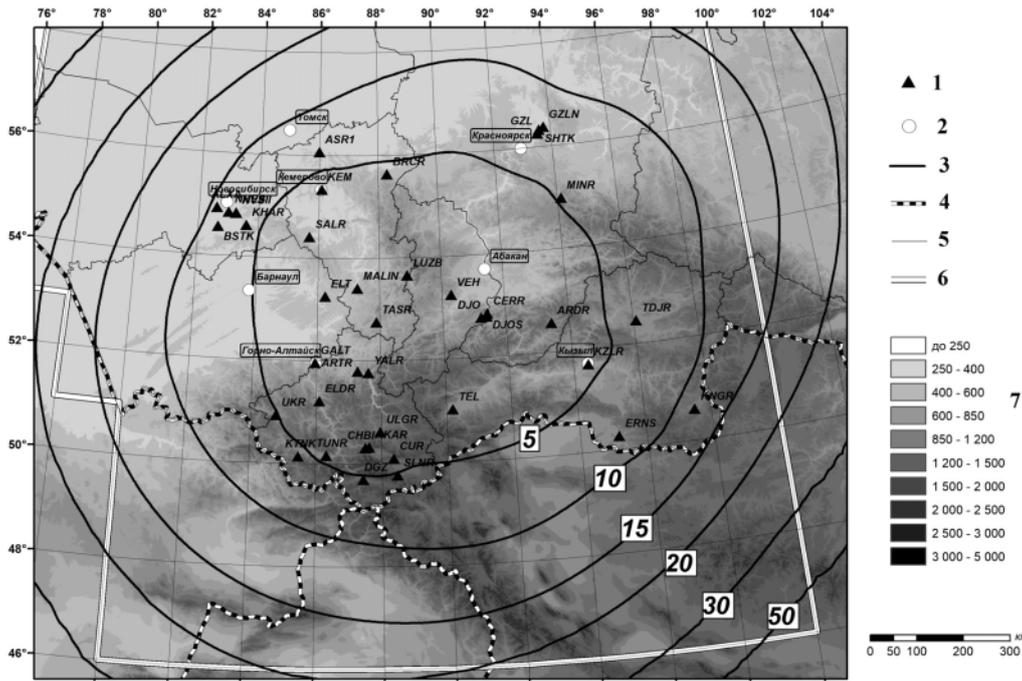


Рис. 3. Погрешность локализации эпицентров в Алтае-Саянском регионе в 2013 г. (на примере землетрясений с  $K_p=9$ )

1 – стационарная сейсмическая станция; 2 – города (столицы административных субъектов РФ), 3 – изолиния погрешности  $\delta$ , км; 4 – государственная граница; 5 – административные границы; 6 – граница каталога АСФ ФИЦ ЕГС РАН; 7 – высоты рельефа  $h_y$ , м.

**Каталог землетрясений, суммарная сейсмическая энергия, график повторяемости.**

Общее число землетрясений, включенных в каталог [17] в 2013 г., составило  $N_2=11548$ . Диапазон локальных магнитуд в каталоге равен –  $1.4 \leq ML \leq 6.1$ .

Макросейсмические данные [18] в 2013 г. имеются для Бачатского землетрясения с  $ML=6.1$ , зарегистрированного 18 июня в  $23^h02^m$  с координатами  $\varphi=54.26^\circ$  N,  $\lambda=86.16^\circ$  E. Максимальный макросейсмический эффект от него интенсивностью  $I=7$  баллов по шкале MSK-64 [19] наблюдался в населенных пунктах Бачатский и Старобачаты ( $\Delta=4$  км) Кемеровской области [18].

По данным международных агентств [20, 21] в 2013 г. в регионе зафиксировано еще пять ощутимых землетрясений с интенсивностью макросейсмических проявлений  $I=II-V$  по шкале MMI [22], произошедшие 23 января в  $09^h58^m$  с  $ML=4.1$ ; 24 января в  $07^h35^m$  с  $ML=6.1$ ; 3 ноября в  $06^h14^m$  с  $ML=5.6$ ; 11 декабря в  $14^h15^m$  с  $ML=4.9$ ; 21 декабря в  $17^h51^m$  с  $ML=5.9$  [17].

В табл. 2 приведено распределение землетрясений по магнитуде  $ML$  и суммарная сейсмическая энергия. Суммарная сейсмическая энергия, высвобожденная в очагах землетрясений в 2013 г., равна  $\Sigma E=1.81 \cdot 10^{15}$  Дж. Это на порядок ниже показателя за 2012 г. [2], но при этом превышает средние показатели по Алтае-Саянскому региону за период с 1963 г. (рис. 4).

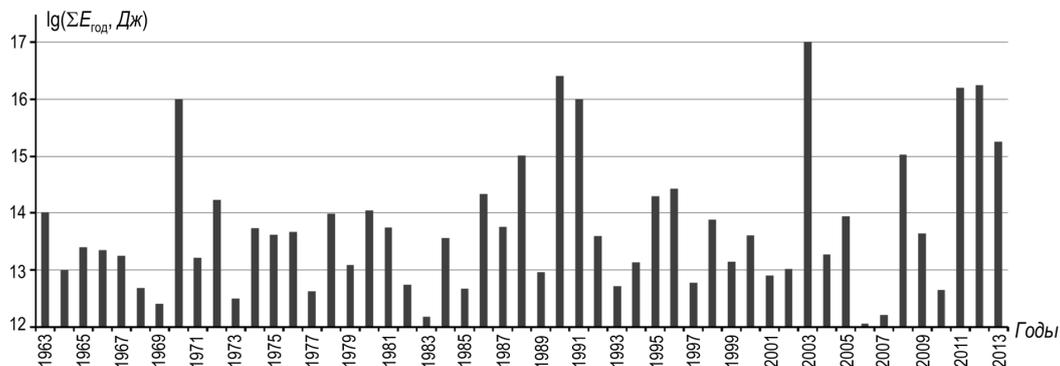


Рис. 4. Ежегодное распределение суммарной выделившейся энергии в Алтае-Саянском регионе за период 1963–2013 гг.

**Таблица 2.** Распределение числа землетрясений по магнитудам  $ML$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  в регионе Алтай и Саяны в 2013 г.

$ML$	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	$N_{\Sigma}$	$\Sigma E, Дж$
$N$	1	277	1056	1081	1546	2793	1792	1389	1068	305	159	43	25	7	1	5	11548	$1.81 \cdot 10^{15}$

В целом, судя по графику суммарной годовой выделенной энергии (рис. 4), 2013 г. можно считать годом повышенного уровня сейсмической активности региона.

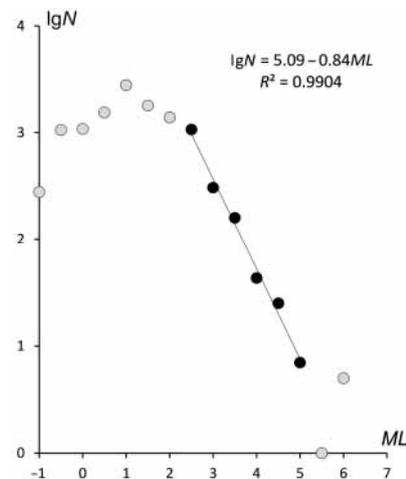
График повторяемости землетрясений по данным табл. 2 приведен на рис. 5. Некоторую его нерегулярность по сравнению с аналогичным графиком за 2012 г. [2], по-видимому, можно объяснить изменением режима сейсмичности Алтае-Саянского региона. В 2013 г. сейсмичность более равномерно распределена по различным эпицентральных зонам в отличие от 2012 г., когда более 90% каталога составили землетрясения, зафиксированные на востоке региона, в Республике Тува.

Параметры графика повторяемости, рассчитанные для его линейной части ( $ML=2.5-5$ ), имеют вид:

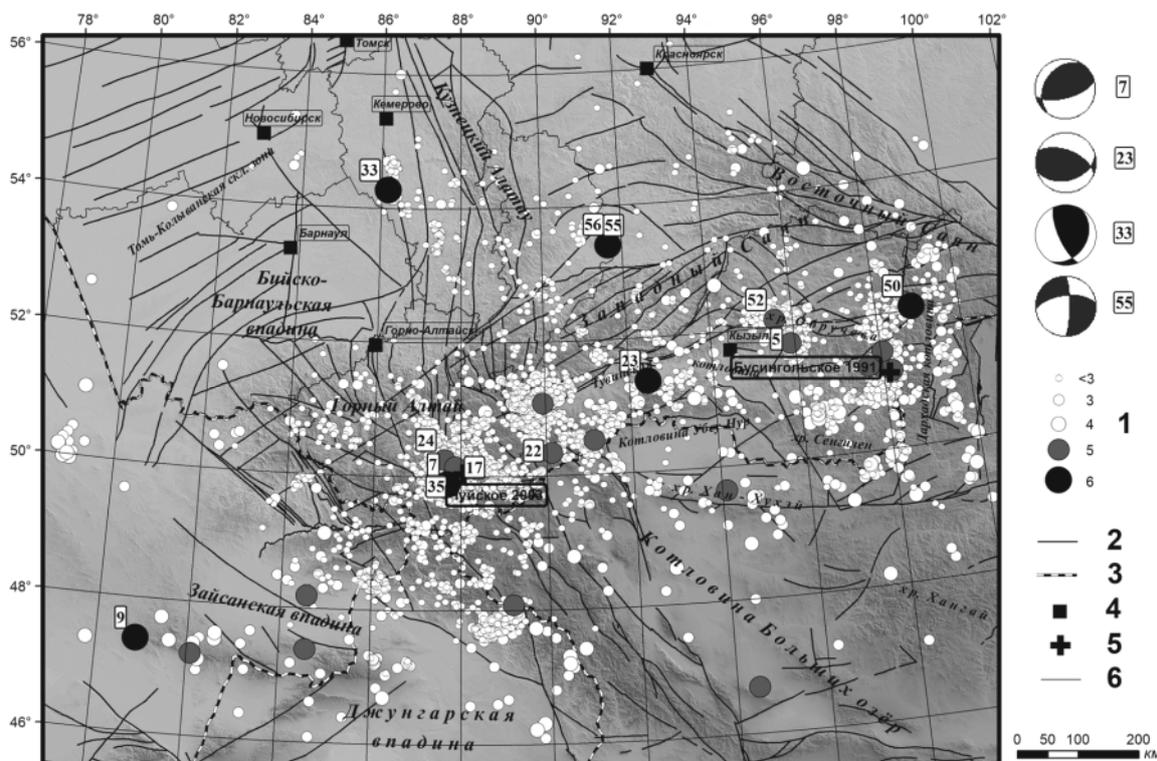
$$\lg N(ML) = 5.09 - 0.84 \cdot ML. \quad (2)$$

В 2013 г. для 43 землетрясений с использованием пакета программ [23] рассчитаны механизмы очагов [24].

**Анализ сейсмичности.** Карта эпицентров всех 11548 землетрясений представлена на рис. 6.



**Рис. 5.** График повторяемости землетрясений Алтае-Саянского региона в 2013 г.



**Рис. 6.** Карта эпицентров землетрясений Алтае-Саянского региона в 2013 г.

1 – магнитуда  $ML$ ; 2 – неотектонический разлом (по ГИН РАН, под ред. Ю.Г. Леонова); 3 – государственная граница; 4 – город; 5 – инструментальный эпицентр Чуйского 27.09.2003 г. с  $K_p=17.1$ ,  $M_S=7.3$  [6] и Бусингольского 27.12.1991 г. с  $K_p=16.2$ ,  $M=6.5$  [25] землетрясений; 6 – административные границы. Цифры на карте и у механизмов очагов, а также далее в тексте в круглых скобках соответствуют номерам землетрясений в каталоге [16].

Наиболее примечательное сейсмическое событие в Алтае-Саянском регионе в 2013 г. произошло 18 июня в 23<sup>h</sup>02<sup>m</sup> в Кемеровской области с  $ML=6.1$  (33). Эпицентр землетрясения приурочен к борту угледобывающего разреза «Бачатский» – одного из крупнейших в Кузбассе, что дало основания отнести его к разряду техногенных.

Землетрясение такого же масштаба, с  $ML=6.1$ , произошло 24 января в 07<sup>h</sup>35<sup>m</sup> (7) в районе Южно-Чуйского хребта в республике Алтай и сопровождалось афтершоковым процессом с событиями до  $ML=4$ . Эпицентральная область Чуйского землетрясения 2003 г. [6] проявила себя событиями, максимальное из которых произошло 28 июня в 17<sup>h</sup>23<sup>m</sup> (35) и имело  $ML=4.9$ .

В 2013 г. продолжался афтершоковый процесс в районе хр. Академика Обручева, где в 2011–2012 гг. произошли Тувинское-I (27 декабря 2011 г,  $ML=6.7$ ) и Тувинское-II (26 февраля 2012 г,  $ML=6.8$ ) землетрясения [26]. Наиболее сильные афтершоки (5, 52) достигали уровня  $ML=4.6$  (22 января в 18<sup>h</sup>40<sup>m</sup>) и  $ML=4.95$  (11 декабря в 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup>) соответственно.

Традиционно активны были Белино-Бусингольская зона и горное обрамление Дархадской котловины. Наиболее энергетически значимым сейсмическим событием в 2013 г. в этом регионе было землетрясение 3 ноября в 06<sup>h</sup>14<sup>m</sup> с  $ML=5.6$  (50). Также в республике Тува необходимо отметить землетрясение, произошедшее 30 апреля в 01<sup>h</sup>03<sup>m</sup> (23) с  $ML=6.0$  в северных отрогах хр. Западный Танну-Ола, в 35 км к юго-западу от г. Шагонар. Кроме того, ряд крупных событий случился на западе республики Тува в районе Шапшальского хребта и Алашского плато; максимальное из этих землетрясений имело магнитуду  $ML=4.8$  (22) и произошло 27 марта в 00<sup>h</sup>56<sup>m</sup>.

Необычное для региона сейсмическое событие с  $ML=5.9$  (55) произошло 21 декабря в 17<sup>h</sup>51<sup>m</sup> в 35 км южнее г. Абакан (Республика Хакасия). За всю предыдущую историю инструментальных сейсмологических наблюдений в регионе (с 1963 г.) землетрясений такой силы в Хакасии зарегистрировано не было. В 2013 г. было зарегистрировано шесть афтершоков данного события, крупнейший из которых с  $ML=4.2$  произошел 21 декабря в 17<sup>h</sup>54<sup>m</sup> (56).

Также из наиболее крупных землетрясений региона заслуживает быть отмеченным событие в Республике Казахстан в районе Зайсанской впадины с  $ML=5.8$ . Оно произошло 1 февраля в 06<sup>h</sup>32<sup>m</sup> (9).

**Сейсмичность Чуйско-Курайской зоны.** Из 11548 сейсмических событий, зафиксированных в 2013 г. в Алтае-Саянском регионе [16], 7090 (более 60%) произошло в Чуйско-Курайской зоне республики Алтай (рис. 7).

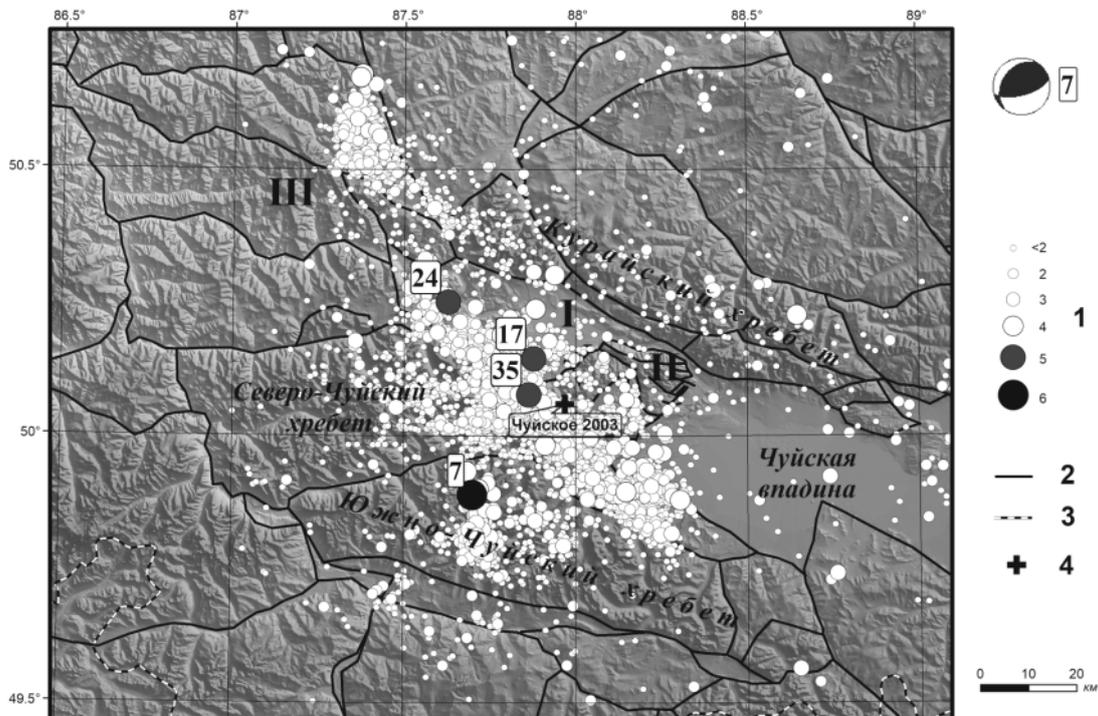


Рис. 7. Эпицентры землетрясений в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в 2013 г.

1 – магнитуда  $ML$ ; 2 – неотектонический разлом; 3 – государственная граница; 4 – инструментальный эпицентр Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с  $K_p=17.1$ ,  $MS=7.3$  [6]. Цифры на карте соответствуют номерам землетрясения в каталоге [16]. Римскими цифрами на карте обозначены: I – Курайская впадина, II – Чаган-Узунский блок, III – Айгулакский хребет.

Столь значительное количество событий было зафиксировано в числе прочего благодаря работе временной сети станций в летне-осенний период [5] в 2013 г., которая существенно повысила представительность регистрации сейсмических событий. В первую очередь сейсмическую активность проявила очаговая зона крупнейшего ( $K_p=17.1$ ,  $MS=7.3$ ) за период инструментальных наблюдений в регионе Чуйского землетрясения 27 сентября 2003 г. [6]. Стоит отметить сохраняющийся высокий уровень сейсмической активности в районе Айгулакского хребта – зоны, резко активизировавшейся в 2012 г. [2]. Крупнейшее из зафиксированных в 2013 г. в Чуйско-Курайской зоне землетрясений (7) с  $ML=6.1$  случилось 24 января в 07<sup>h</sup>35<sup>m</sup> в районе Южно-Чуйского хребта и сопровождалось афтершоковым процессом с событиями до  $ML=4$ . Эпицентральная область Чуйского землетрясения 2003 г. проявила себя событиями, максимальное из которых произошло 28 июня в 17<sup>h</sup>23<sup>m</sup> (35) и имело  $ML=4.9$ . По уровню выделенной энергии примечательны также еще два события: 3 марта в 11<sup>h</sup>53<sup>m</sup> с  $ML=4.6$  (17) и 30 апреля в 12<sup>h</sup>41<sup>m</sup> с  $ML=4.8$  (24). Отдельные сейсмические события ( $ML<4$ ) отмечаются в районе Курайского хребта (рис. 7).

В целом наблюдения в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в 2013 г. показали, что спустя 10 лет после сильнейшего Чуйского землетрясения (27 сентября 2003 г.,  $MS=7.3$ , [6]) все еще продолжается мощная активизация, существенно превышающая фоновый уровень сейсмичности. Наблюдается тенденция распространения сейсмического процесса в смежные с эпицентральной зоной Чуйского землетрясения области – в районы Южно-Чуйского, Айгулакского и Курайского хребтов. Для землетрясений, зарегистрированных в Чуйско-Курайской зоне, построен график повторяемости (рис. 8).

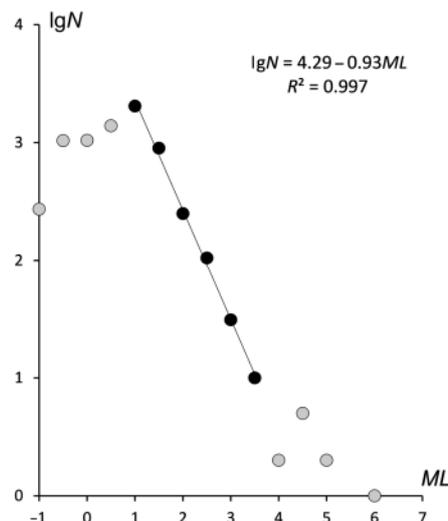
Параметры графика повторяемости, рассчитанные для его линейной части ( $ML=1.0-3.5$ ), имеют вид:

$$\lg N(ML)=4.29-0.93 \cdot ML. \quad (3)$$

**В заключение** можно сказать, что наиболее значимым сейсмическим событием в 2013 г. в Алтае-Саянском регионе стало Бачатское землетрясение с  $ML=6.1$ , произошедшее в Кемеровской области в непосредственной близости от одноименного угледобывающего разреза.

Данное событие является крупнейшим техногенным землетрясением при добыче твердых полезных ископаемых в мире. По результатам макросейсмического обследования [17], в ближайших к эпицентру поселках интенсивность сотрясений достигала  $I=7$  баллов. Землетрясение сопровождалось мощным афтершоковым процессом, имеющим пульсирующий характер [4, 5].

В целом сейсмическая активность региона снизилась на порядок по сравнению с уровнем 2012 г. (рис. 4). Помимо упомянутого Бачатского землетрясения, произошли еще пять событий с  $ML>5.5$ : в Белино-Бусингольской зоне, в районе хр. Западный Танну-Ола, в Чуйско-Курайской зоне, в Республике Хакасия в 35 км к югу от г. Абакан, а также в районе оз. Зайсан (Республика Казахстан).



**Рис. 8.** График повторяемости землетрясений в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в 2013 г.

## Л и т е р а т у р а

1. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Чурашев С.А., Манушин С.Н., Корабельщиков Д.Г., Фатеев А.В. (сост.). Стационарные сейсмические станции Алтае-Саянского региона в 2013 г. (код сети ASRS) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
2. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Шевкунова Е.В. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 132–142.

3. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. (сост.).** Локальная сеть сейсмических станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в районе разреза «Бачатский» Кемеровской области в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
4. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г.** Техногенная сейсмичность разрезов Кузбасса (Бачатское землетрясение 18 июня 2013 г.) // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 2. – С. 41–46.
5. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В.** Техногенное Бачатское землетрясение 18.06.2013 г. ( $M_L=6.1$ ) в Кузбассе - сильнейшее в мире при добыче твердых полезных ископаемых // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 34–60.
6. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. (сост.).** Локальная сеть сейсмических станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
7. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Филина А.Г.** Чуйское землетрясение 27 сентября 2003 г. с  $K_p=17.1$ ,  $M_S=7.3$  (Горный Алтай) // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 326–343.
8. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. (сост.).** Локальная сеть сейсмических станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в районе Западного Саяна (автодорога Абаза–Ак-Довурак) в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
9. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. (сост.).** Локальная сеть сейсмических станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в районе г. Железнодорожск, Красноярский край в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
10. **Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Манушина О.А., Рубцова А.В.** Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 154–167.
11. **Weber B., Becker J., Hanka W., Heinloo A., Hoffmann M., Kraft T., Pahlke D., Reinhardt J., Thoms H.** SeisComP3 – automatic and interactive real time data processing // Geophysical Research Abstracts In EGU General Assembly (Vienna, Austria). – 2007. – V. 9. – P. 09219.
12. **Hanka W., Saul J., Weber B., Becker J., Harjadi P., Fauzi, GITEWS Seismology Group.** Real-time earthquake monitoring for tsunamis warning in the Indian Ocean and beyond // Natural Hazards and Earth System Science. – 2010. – V. 10. – P. 2611–2622.
13. **Bratt S.R., Bache T.C.** Locating events with a space network of regional arrays // Bulletin of the Seismological Society of America. – 1988. – Т. 78. – P. 780–798.
14. **Kennett B.L.N. (Ed.).** IASPEI 1991 Seismological Tables // Research School of Earth Sciences, Australian National University. – 1991. – 167 p.
15. **Bormann P.** Magnitude of seismic events // New manual of seismological observatory practice (NMSOP). IASPEI / Ed. by P. Bormann. – Potsdam, Germany: GeoForschungsZentrum, 2002. – P. 3-16–3-49.
16. **Еманов А.А., Корабельщиков Д.Г., Дзюбарова Ю.О., Дураченко А.В.** Развитие программно-аппаратного комплекса автоматизированного сбора, хранения и обработки сейсмологических данных сети станций Алтае-Саянского региона: ретроспектива, анализ и перспективы // 50 лет сейсмологического мониторинга Сибири: тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием (г. Новосибирск, 21–25 октября 2013 г.). – Новосибирск, 2013. – С. 41–44.
17. **Подкорытова В.Г. (отв. сост.), Подлипская Л.А., Денисенко Г.А., Еманов А.А., Манушина О.А., Лескова Е.В., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В., Кузнецова Н.В. (сост.).** Каталог землетрясений Алтая и Саян в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
18. **Подкорытова В.Г. (отв. сост.), Лукаш Н.А. (сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Алтае-Саянского региона в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
19. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.

20. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
21. **United States Geological Survey (USGS)** [Сайт]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
22. **Wood H.O. and Neumann Frank** (1931). Modified Mercalli Intensity Scale of 1931: Seismological Society of America Bulletin. – 1931. – V. **21**. – N 4. – P. 277–283.
23. **Reasenberг P.A. and Oppenheimer D.** FPFIT, FPLOT, and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions // U.S. Geol. Surv. – 1985. – Open-File Rep. 85–739. – 109 p.
24. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Куприш О.В., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В. (сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Алтае-Саянского региона за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
25. **Филина А.Г.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: ОИФЗ РАН, 1997. – С. 38–39.
26. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Селезнев В.С., Фатеев А.В.** Тувинские землетрясения 27.12.2011 г.,  $ML=6.7$  и 26.02.2012 г.,  $ML=6.8$  и их афтершоки // Доклады РАН. – 2014. – Т. **456**. – № 2. – С. 223–226.

## METADATA IN ENGLISH

**ALTAI and SAYAN MOUNTAINS**  
**A.F. Emanov<sup>1,2</sup>, A.A. Emanov<sup>1,3</sup>, A.V. Fateev<sup>1,3</sup>,**  
**V.G. Podkorytova<sup>1</sup>, E.V. Shevkunova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Altai-Sayan Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, [asf@gs.sbras.ru](mailto:asf@gs.sbras.ru)*

<sup>2</sup>*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, [press@nsu.ru](mailto:press@nsu.ru)*

<sup>3</sup>*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, [ipgg@ipgg.sbras.ru](mailto:ipgg@ipgg.sbras.ru)*

**Abstract.** The review of Altai-Sayan region seismicity for 2013 is presented. The permanent seismic network included 41 stations. In addition, there were 4 local temporary networks in operation during the year with 55 stations in total. There were 11548 earthquakes recorded with the total seismic energy of  $1.81 \cdot 10^{15}$  J. The most significant earthquakes in 2013 occurred in the area of the Bachatsky coal mine on June 18 and in the Altai Republic on January 24, both with  $ML=6.1$ . A brief description of the seismicity of the Chui-Kurai zone of the Altai Mountains is given.

**Keywords:** Altai-Sayan region; earthquake; seismicity; seismic network; magnitude.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2019.22.12

**For citation:** Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Podkorytova, V.G., & Shevkunova, E.V. (2019). Altai and Sayan mountains. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 139–149. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.12

## References

1. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Churashev, S.A., Manushin, S.N., Korabel'shchikov, D.G., & Fateev, A.V. (2019). Stationary seismic stations of the Altai-Sayan region in 2013 (ASRS network code). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
2. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Podkorytova, V.G., & Shevkunova, E.V. (2018). Altai-Sayan region. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), 132–142. (In Russ.).
3. Emanov, A.F., Emanov, A.A., & Fateev, A.V. (2019). The local network of seismic stations ASB FRC GS RAS near the coal open pit mining "Bachatskiy", Kemerovo region in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).

4. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Leskova, E.V., Fateev, A.V., Shevkunova, E.V., & Podkorytova, V.G. (2014). [Mining-induced seismicity at open pit mines in Kuzbass (Bachatsky earthquake on June 18, 2013)]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. [Physical and technical problems of mining], 2, 41–46. (In Russ.).
5. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Leskova, E.V., & Fateev, A.V. (2016). [The technogenic  $M_L=6.1$  Bachatsky earthquake of June 18, 2013 in Kuzbass: the World strongest event during mining operations]. *Voprosy inzhenernoy seysmologii* [Problems of engineering seismology], 43 (4), 34–60. (In Russ.).
6. Emanov, A.F., Emanov, A.A., & Fateev, A.V. (2019). The local network of seismic stations ASB FRC GS RAS in the Chui-Kurai zone of the Altai Mountains in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
7. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Leskova, E.V., Kolesnikov, Yu.I., Fateev, A.V., & Filina, A.G. (2009). [ $M_S=7.3$  Chui earthquake on September 27, 2003 (Altai Mountains)]. In *Zemletryaseniia severnoi Evrazii, 2003* [Earthquakes in Northern Eurasia in 2003] (pp. 326–343). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
8. Emanov, A.F., Emanov, A.A., & Fateev, A.V. (2019). The local network of seismic stations ASB FRC GS RAS in the region of Western Sayan ridge. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
9. Emanov, A.F., Emanov, A.A., & Fateev, A.V. (2019). The local network of seismic stations ASB FRC GS RAS in the region of Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
10. Emanov, A.F., Leskova, E.V., Filina, A.G., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Podkorytova, V.G., Manushina, O.A., & Rubcova, A.V. (2011). [Altai-Sayan region]. In *Zemletryaseniya severnoi Evrazii, 2005* [Earthquakes in Northern Eurasia in 2005] (pp. 154–167). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
11. Weber, B., Becker, J., Hanka, W., Heinloo, A., Hoffmann, M., Kraft, T., Pahlke, D., Reinhardt, J. & Thoms, H. (2007). SeisComP3 – automatic and interactive real time data processing. In *Geophysical Research Abstracts In EGU General Assembly* (Vol. 9, No. 09,219).
12. Hanka, W., Saul, J., Weber, B., Becker, J., Harjadi, P., Rudloff, A., ... & Clinton, J. (2010). Real-time earthquake monitoring for tsunami warning in the Indian Ocean and beyond. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 10 (12), 2611–2622.
13. Bratt, S.R., & Bache, T.C. (1988). Locating events with a space network of regional arrays. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 78, 780–798.
14. Kennett, B.L.N. (1991). *IASPEI 1991 seismological tables*. Canberra: Res. Sch. of Earth Sci., Natl. Univ.
15. Bormann, P. (2002). *New manual of seismological observatory practice (NMSOP)*. IASPEI. Germany, Potsdam: GeoForschungsZentrum.
16. Emanov, A.A., Korabel'shchikov, D.G., Dzyubarova, Yu.O., & Durachenko, A.V. (2013). [Development of software and hardware complex for automated collection, storage and processing of seismological data of the network of stations of the Altai-Sayan region: retrospective, analysis and prospects]. In *50 let seysmologicheskogo monitoringa Sibiri: tezisy dokladov Vserossiyskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (g. Novosibirsk, 21–25 oktyabrya 2013 g.)* [50 years of seismological monitoring of Siberia: abstracts of the all-Russian conference with international participation (Novosibirsk, October 21–25, 2013)] (pp. 41–44). Novosibirsk, Russia. (In Russ.).
17. Podkorytova, V.G., Podlipskaya, L.A., Denisenko, G.A., Emanov, A.A., Manushina, O.A., Leskova, E.V., Shatalova, A.O., Shevelyova, S.S., Shevkunova, E.V., & Kuznecova, N.V. (2019). Catalogue of earthquakes in Altai-Sayan region in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
18. Podkorytova, V.G., Leskova, E.V., Podlipskaya, L.A., & Filina, A.G. (2019) Macroseismic effect of perceptible earthquakes in the Altai-Sayan region in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
19. Medvedev S.V. (1968). [International seismic intensity scale]. In *Seysmicheskoe rayonirovaniye SSSR* [Seismic zoning of the USSR] (pp. 151–162). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
20. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
21. USGS National Earthquake Information Centre. (2019). Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

22. Wood, H.O., & Neumann, F. (1931). Modified Mercalli Intensity Scale of 1931. *Seismological Society of America Bulletin*, 21 (4), 277–283.
23. Reasenber, P.A., & Oppenheimer, D. (1985). FPFIT, FPLOT, and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. *U.S. Geol. Surv., Open-File Rep.*, 85–739.
24. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Kuprish, O.V., Leskova, E.V., Fateev, A.V., & Shevkunova, E.V. (2019). The focal mechanisms of strong earthquakes in the Altai-Sayan region in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
25. Filina, A.G. (1997). [Earthquakes in the Altai-Sayan region]. In *Zemletryaseniya v SSSR v 1991 godu* [Earthquakes in the USSR in 1991] (pp. 38–39). Moscow, Russia: IPE RAS Publ. (In Russ.).
26. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Leskova, E.V., Seleznev, V.S., Fateev, A.V. (2014). [The Tuva earthquakes of December 27, 2011,  $M_L=6.7$  and February 26, 2012,  $M_L=6.8$ , and their aftershocks]. *Doklady RAN*. [Doklady Earth Sciences], 456 (2), 223–226. (In Russ.).