

СЕЙСМИЧНОСТЬ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА в 2015 г.

А.Ф. Еманов^{1,2}, А.А. Еманов^{1,3}, А.В. Фатеев^{1,3}, Е.В. Шевкунова¹, В.Г. Подкорытова¹

¹Алтае-Саянский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, asf@gs.sbras.ru

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, press@nsu.ru

³Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, ipgg@ipgg.sbras.ru

Аннотация. В работе дан обзор сейсмичности Алтае-Саянского региона в 2015 г. Стационарная сейсмическая сеть состояла из 52 станций. По сравнению с составом сети в 2014 г. в регионе добавлены четыре новые сейсмических станции. Дополнительно функционировали две локальные временные сети, включающие 37 станций. В течение года зарегистрировано 6206 землетрясений. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в очагах землетрясений, составила $5.97 \cdot 10^{12}$ Дж. Отдельно дана краткая характеристика сейсмичности Чуйско-Курайской зоны Горного Алтая.

Ключевые слова: Алтай и Саяны, сейсмичность, землетрясение, сейсмическая станция.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.11

Для цитирования: Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Сейсмичность Алтае-Саянского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 122–128. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.11

Сеть стационарных сейсмических станций. В 2015 г. сейсмическая сеть региона состояла из 52 станций, данные о которых представлены в Приложении [1]. Продолжилось развитие сети в Кемеровской области при поддержке областной администрации и ряда угледобывающих предприятий Кузбасса – по сравнению с составом сети в 2014 г. добавлены четыре сейсмические станции – «Верх-Чумыш» (VCHU) в 10 км к западу от г. Киселевска, «Ерунаковская» (ERU) в 40 км к северо-востоку от г. Новокузнецка, «Костёново» (KOST) в 20 км к юго-западу от г. Новокузнецка и «Тайлеп» (TAIL) в 30 км к югу от г. Новокузнецка.

В рамках модернизации оборудования в 2015 г. на станции «Чибит» произведена замена регистратора на более современный, а также установлен датчик сильных движений Guralp CMG-5T [1].

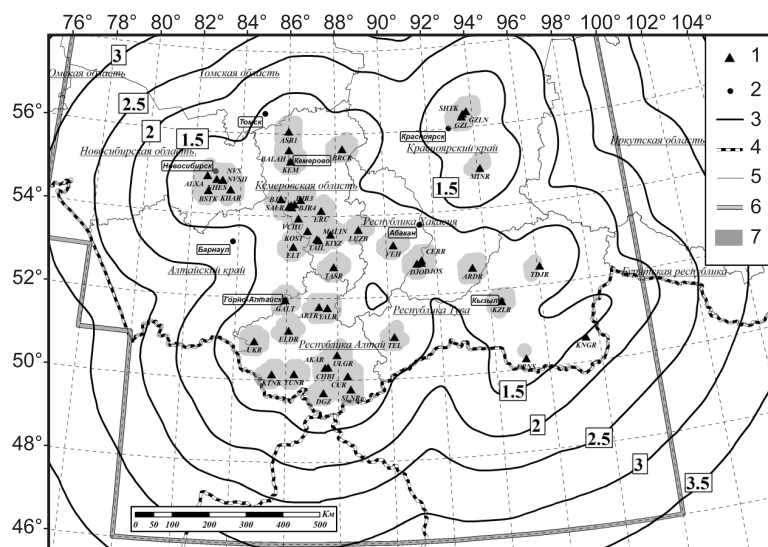


Рис. 1. Карта изолиний энергетической представительности ML_{\min} регистрации землетрясений Алтае-Саянской региональной сети станций в 2015 г.

1 – стационарная сейсмическая станция; 2 – крупные города (столицы административных субъектов РФ); 3 – изолиния ML_{\min} ; 4 – государственная граница; 5 – границы административных субъектов; 6 – зона ответственности АСФ ФИЦ ЕГС РАН; 7 – участки с энергетической представительностью $ML_{\min}=1$

На рис. 1 представлена карта изолиний энергетической представительности регистрации землетрясений Алтае-Саянской региональной сети стационарных сейсмических станций в 2015 г. [1]. Согласно карте, в центральной части региона в пределах Российской Федерации обеспечивалась представительность на уровне $ML_{\min}=1.5$. В эту зону входят практически полностью Кемеровская область, Республика Алтай, Республика Хакасия, а также большая часть Республики Тува, центральная и южная части Красноярского края и восточная, наиболее населенная, часть Новосибирской области. Ряд территорий с повышенным количеством сейсмостанций

(юго-восток Новосибирской области, центральная и южная части Кузбасса, более половины территории Республики Алтай и ряд других) характеризуются энергетической представительностью на уровне $ML_{\min}=1$. В то же время на всей территории в пределах границ зон ответственности составления каталога, включающих части территорий Казахстана, Китая и Монголии, не могут быть пропущены землетрясения с $ML_{\min}=3.5$ и выше (рис. 1).

Сети временных сейсмических станций. В 2015 г. в Алтае-Саянском регионе функционировали также две локальные временные сети – в Кемеровской области в районе разреза «Бачатский» и в Чуйско-Курайской зоне Республики Алтай. Кроме того, для выполнения экспериментальных работ по выделению обменных волн землетрясений от глубинных границ подошвы земной коры [2] был выставлен профиль из широкополосных сейсмических станций (рис. 2).

[Сеть станций в Кемеровской области в районе разреза «Бачатский» [3] была развернута для исследования сейсмической активизации, сопутствующей Бачатскому землетрясению 18 июня 2013 г. в $23^{\text{h}}02^{\text{m}}$ с $ML=6.1$, которое является крупнейшим в мире техногенным землетрясением при добыче твердых полезных ископаемых [4, 5]. Она работала в течение всего 2015 г. и состояла из семи комплексов регистрации (№ 1 на рис. 2).

Вторая локальная сеть из 18 станций [5] функционировала в период с 19 июля по 6 октября 2015 г. в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая, в эпицентральной области Чуйского землетрясения 27 сентября 2003 г. в $11^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с $K_p=17.1$, $MS=7.3$ [6] и прилегающих районах. Сеть (№ 2 на рис. 2) почти полностью расположена 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 сетями временных станций здесь проводятся ежегодно, начиная с 2002 года. Большая часть станций расположена в районе Южно-Чуйского и Северо-Чуйского хребтов, Чаган-Узунского блока, Айгулакского хребта и южной части Курайского хребта. Еще две станции вынесены на 50–100 км на запад и восток от Чуйско-Курайской зоны (рис. 2).

В дополнение к сети в Чуйско-Курайской зоне выполнены экспериментальные работы с 12 широкополосными временными сейсмическими станциями, оснащенными регистраторами Байкал-8.1 и сейсмографами Guralp CMG-6T и расположенными вдоль профиля от хребта Сайлюгем (Республика Алтай) до пос. Ельцовка (Алтайский край) [5]. Также привлекались данные со стационарных станций, оборудованных широкополосной аппаратурой – Ельцовка (ELT), Артыбаш (ARTR) и Чаган-Узун (CUR) [1]. Произведена обработка по методу приемных функций для выделения обменных волн землетрясений от глубинных границ. Зафиксированы обменные волны от границы Мохо и изменение глубины подошвы земной коры вдоль профиля [2].

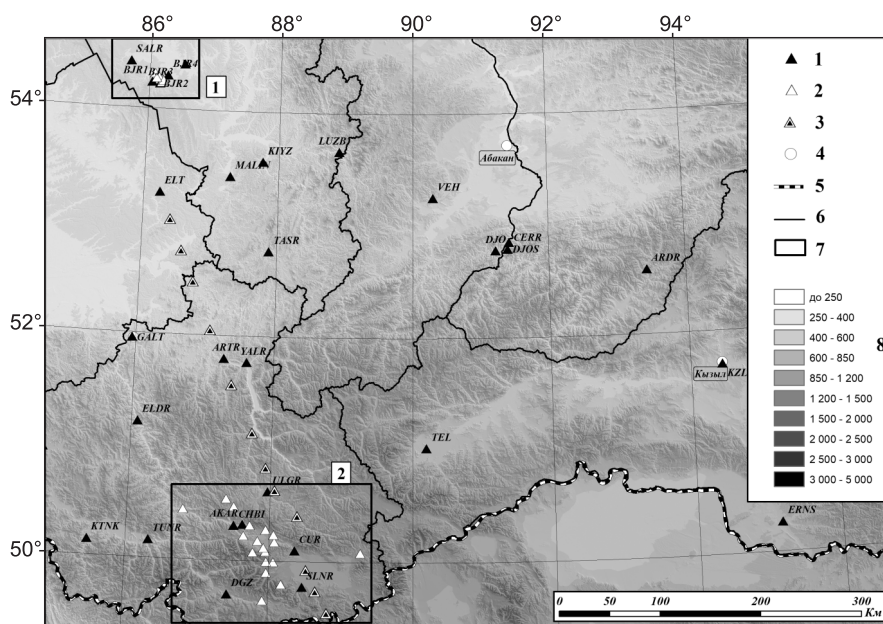


Рис. 2. Локальные сети временных станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в Алтае-Саянском регионе в 2015 г.

1 – стационарная сейсмическая станция; 2 – временная сейсмическая станция; 3 – станция широкополосного профиля; 4 – города (столицы административных субъектов РФ); 5 – государственная граница; 6 – административные границы; 7 – места проведения работ с временными станциями (1 – в районе разреза «Бачатский», Кемеровская область; 2 – в Республике Алтай); 8 – высоты рельефа h_y , м

Методика обработки сейсмологических данных, получаемых сетями сейсмических станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН, не изменилась и изложена в [7].

Каталог землетрясений. Общее число землетрясений, включенных в каталог [8] в 2015 г., составило $N_{\Sigma}=6206$. Диапазон локальных магнитуд в каталоге составил $-1.24 \leq ML \leq 5.98$.

Макросейсмических обследований в Алтае-Саянском регионе в 2015 г. не проводилось. По данным Сейсмологического бюллетеня [9], в 2015 г. землетрясений с интенсивностью макросейсмических проявлений более, чем $I=1$ балл по шкале MSK-64 [10], в регионе не зафиксировано.

В табл. 1 приведены распределение землетрясений по магнитудам ML и суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в регионе в 2015 г. ($\Sigma E=5.97 \cdot 10^{12}$ Дж). Она оказалась существенно ниже среднего значения по Алтае-Саянскому региону за период с 1963 г. (рис. 3).

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по магнитудам ML и суммарная сейсмическая энергия ΣE в регионе Алтай и Саяны в 2015 г.

ML	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
N	16	375	694	700	1523	1146	804	543	225	115	40	15	9	0	1	6206	$5.97 \cdot 10^{12}$

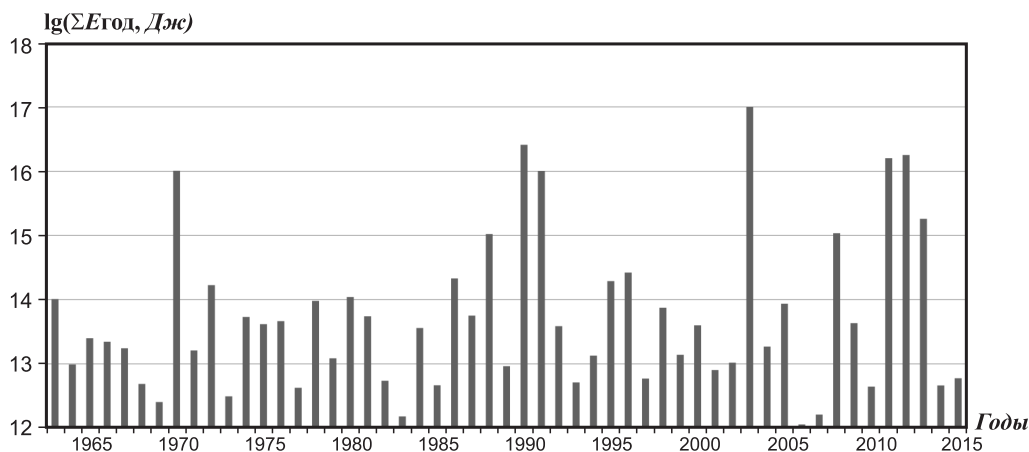


Рис. 3. Ежегодное выделение суммарной сейсмической энергии в Алтае-Саянском регионе за период 1963–2015 гг.

График повторяемости землетрясений по данным табл. 1 приведен на рис. 4. Его линейная часть ($ML=2.5-5$) аппроксимирована уравнением:

$$\lg N = 4.58 - 0.74 ML \tag{1}$$

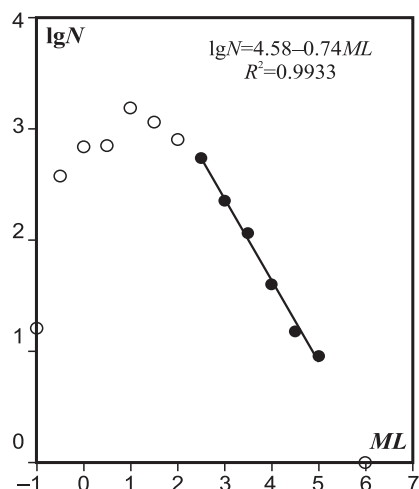


Рис. 4. График повторяемости землетрясений Алтае-Саянского региона в 2015 г.

В 2015 г. для семи землетрясений с использованием пакета программ [11] рассчитаны механизмы очагов [12] (рис. 5, 6). Эпицентры шести из них расположены в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая (рис. 6).

Анализ сейсмичности. Карта эпицентров всех 6206 землетрясений представлена на рис. 5. В Алтае-Саянском регионе главные сейсмоактивные зоны расположены в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая, а также в Республике Тува: юго-западное обрамление Тувинской котловины, хр. Обручева, восточная граница с Монголией (рис. 5). Ряд крупных землетрясений зафиксирован также в восточной части Казахстана; сейсмичность на уровне малых энергий (до $ML=3$) регистрировалась в горнодобывающих районах Кузнецкой котловины, между Салаирским кряжем и Кузнецким Алатау (рис. 5).

Самое сильное землетрясение в регионе (2 на рис. 5) с $ML=6.0$ произошло 20 января в 09^h31^m в Казахстане, в районе

Зайсанской впадины. Кроме того, на востоке Казахстана отмечен ряд менее мощных ($4.5 \leq ML \leq 5.5$) землетрясений (4, 8, 10, 14, 18 на рис. 5). Землетрясения с $4.5 \leq ML \leq 5.5$ в 2015 г. происходили в Республике Алтай (3, 5), в Республике Хакасия, в 35 км к юго-западу от г. Абаза (12), в Монголии в районе хр. Хан-Хухэй (11) и котловины Убсу-Нур (7), на хр. Восточный Саян (15, 17), а также в Республике Тува, в районе хр. ак. Обручева (1, 6, 9) и в районе Бусийно-гольской впадины (13, 16 на рис. 5).

Сейсмичность Чуйско-Курайской зоны. Из 6206 сейсмических событий, зафиксированных в 2015 г. в Алтае-Саянском регионе [8], 4054 (65%) произошло в Чуйско-Курайской зоне Республики Алтай (рис. 6).

Сохраняется сейсмическая активность в очаговой зоне крупнейшего ($K_p=17.1$, $MS=7.3$) за период инструментальных наблюдений в регионе Чуйского землетрясения 27 сентября 2003 г. [6]. Также отмечается тенденция распространения сейсмического процесса в области, смежной с эпицентральной зоной Чуйского землетрясения, – в районы Айгулакского, Курайского и Южно-Чуйского хребтов (рис. 6). В районе Южно-Чуйского хребта произошли два сильнейшие за год землетрясения с одинаковой $ML=5.1$ и с интервалом в восемь дней [8]: 26 января в 11^h25^m и 3 февраля в 22^h47^m (3 и 5 на рис. 6).

Для землетрясений, зарегистрированных в Чуйско-Курайской зоне, построен график повторяемости (рис. 7). Временная сеть станций, функционирующая в летне-осенний период [5], существенно улучшает представительность регистрации сейсмических событий ($ML_{\min} < 1.5$). Параметры графика, рассчитанные для его линейной части ($ML=1.0-4.0$), имеют вид:

$$\lg N = 4.1 - 0.88 ML. \quad (2)$$

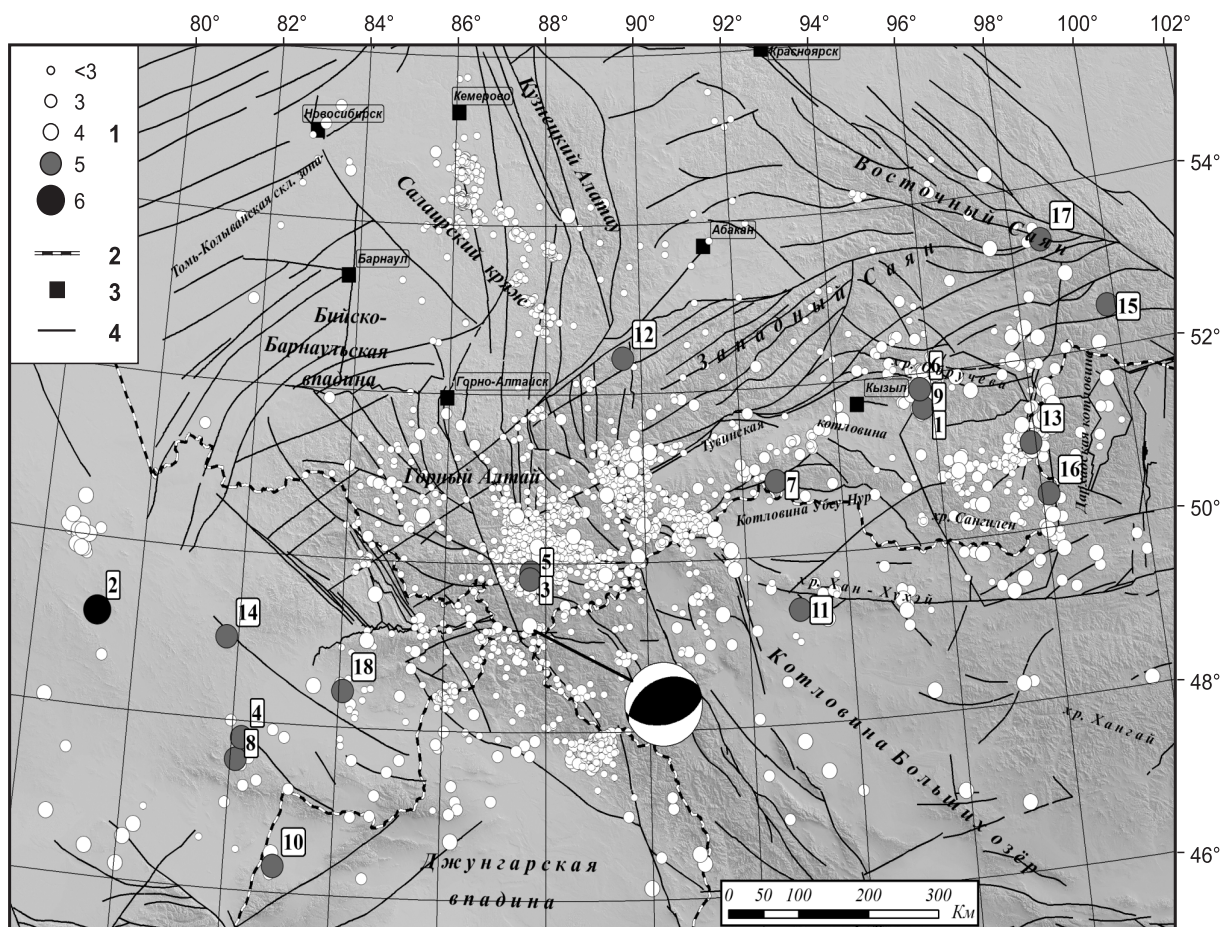


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Алтае-Саянского региона в 2015 г.

1 – магнитуда ML ; 2 – государственная граница; 3 – город; 4 – неотектонический разлом по [13]; 5 – диаграмма механизма землетрясения 18 января в 18^h35^m , зачернена область сжатия. Цифры на карте, а также далее в тексте в круглых скобках соответствуют номерам землетрясений в каталоге [8]

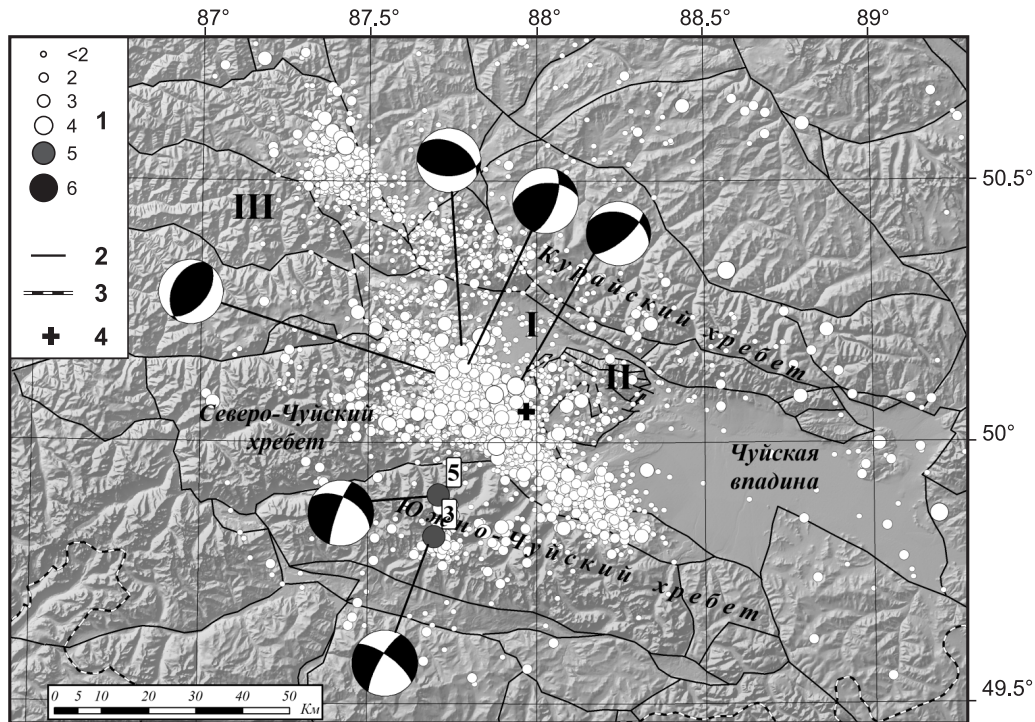


Рис. 6. Эпицентры землетрясений в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в 2015 г.

1 – магнитуда ML ; 2 – неотектонический разлом по [14]; 3 – государственная граница; 4 – инструментальный эпицентр Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с $K_p=17.1$, $M_S=7.3$ [6]. Римскими цифрами на карте обозначены: I – Курайская впадина, II – Чаган-Узунский блок, III – Айгулакский хребет. Цифры на карте, а также далее в тексте в круглых скобках соответствуют номерам землетрясений в каталоге [8].

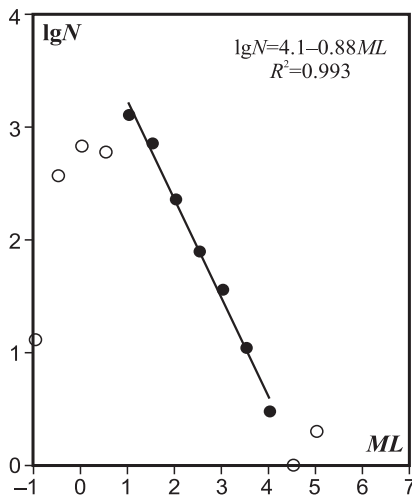


Рис. 7. График повторяемости землетрясений в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в 2015 г.

Заключение. После активизации сейсмичности в 2011–2013 гг., в 2014 и 2015 г. в Алтае-Саянском регионе отмечена пониженная сейсмическая активность. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в очагах землетрясений региона в 2015 г. ($5.97 \cdot 10^{12}$ Дж), существенно ниже ее среднегодового значения за период с 1963 г. ($3.5 \cdot 10^{15}$ Дж).

Наиболее крупное землетрясение на территории контролируемого региона произошло 20 января в 09^h31^m с $ML=6.0$ в Казахстане, в районе Зайсанской впадины.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках темы НИР АААА-А20-120060890030-9 госзадания № 075-00576-21 ФИЦ ЕГС РАН с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

Л и т е р а т у р а

1. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Чурашев С.А., Корабельщиков Д.Г., Манушин С.Н., Фатеев А.В. (отв. сост.). Стационарные сейсмические станции Алтае-Саянского региона в 2015 г. (код сети ASRS) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
2. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Оценка глубины поверхности Мохо по данным МОВЗ профиля Сайлюгем–Ельцовка // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология». – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 121–126.

3. Еманов А.А., Фатеев А.В. (отв. сост.). Локальная сеть сейсмических станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в районе разреза «Бачатский» Кемеровской области в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
4. 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.
5. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. Бачатское техногенное землетрясение 18 июня 2013 г. с $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Кузбасс) // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 48–61.
6. 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.
7. 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
8. Подкорытова В.Г. (отв. сост.), Денисенко Г.А., Еманов А.А., Лескова Е.В., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В. Каталог землетрясений Алтая и Саян в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
9. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2015. (2021) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2015
10. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
11. 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.
12. Еманов А.А., Куприш О.В. (отв. сост.), Шевкунова Е.В. Каталог механизмов очагов землетрясений Алтае-Саянского региона за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
13. Трифионов В.Г. Неотектоника Евразии. (Тр. ГИН РАН; Вып. 514). – М.: Научный мир, 1999. – 242 с.
14. Новиков И.С., Еманов А.А., Лескова Е.В., Баталев В.Ю., Рыбин А.К., Баталева Е.А. Система новейших разрывных нарушений Юго-Восточного Алтая: данные об их морфологии и кинематике // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49, № 11. – С. 1139–1149.

SEISMICITY of the ALTAI and SAYAN region in 2015

A.F. Emanov^{1,2}, A.A. Emanov^{1,3}, A.V. Fateev^{1,3}, E.V. Shevkunova¹, V.G. Podkorytova¹

¹Altai-Sayan Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, asf@gs.sbras.ru

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, press@nsu.ru

³Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, ipgg@ipgg.sbras.ru

Abstract. A review of seismicity of the Altai and Sayan region in 2015 is presented. The stationary network of seismic stations included 52 stations. Compared to 2014, four new seismic stations were added in the region. Additionally, two local temporary networks including 37 temporary seismic stations operated in the region. 6206 earthquakes were recorded with a total seismic energy of $5.97 \cdot 10^{12}$ J. A brief description of the seismicity in the Chui-Kurai zone of the Altai Mountains is given.

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.11

For citation: Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Shevkunova, E.V., & Podkorytova, V.G. (2021). [Seismicity of the Altai and Sayan region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 122–128. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.11

References

1. Fateev, A.V., Emanov, A.F., Emanov, A.A., Churashev, S.A., Manushin, S.N., & Korabel'shchikov, D.G. (2021). [Stationary seismic stations of the Altai and Sayan in 2015 (ASRS network code)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).

2. Emanov, A.A., Emanov, A.F., Fateev, A.V., & Leskova, E.V. (2017). [Moho depth estimation from receiver function of Sailugem–Yeltsovka profile]. In *Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii "Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniia i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Ekonomika. Geoekologiya" (Tom. 2, № 3)* [Proceedings of the International scientific conference "Subsoil use. Mining. Directions and technologies of prospecting, exploration and development of mineral deposits. Economics. Geoecology" (Vol. 2, № 3)] (pp. 121–126). Novosibirsk, Russia: SSUGT Publ. (In Russ.).
3. Emanov, A.A., & Fateev, A.V. (2021). [The local network of seismic stations of the ASB GS SB RAS near the coal open pit mining "Bachatskiy", Kemerovo region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
4. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., & Leskova, E.V. (2017). The technogenic Bachat earthquake of June 18, 2013 ($M_L=6.1$) in the Kuznetsk Basin – the world's strongest at solid mining. *Seismic Instruments*, 53(4), 333–355.
5. Emanov A.F., Emanov A.A., & Fateev A.V. (2020). Bachat technogenic earthquake on June 18, 2013 with $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Kuzbass). *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal [Russian Journal of Seismology]*, 2(1), 48–61.
6. 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 *Zemletriaseniia severnoi Evrazii, 2003* [Earthquakes in Northern Eurasia in 2003] (pp. 326–343). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
7. 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
8. Podkorytova, V.G., Denisenko, G.A., Emanov, A.A., Leskova, E.V., Manushina, O.A., Podlipskaya, L.A., Shatalova, A.O., Shevelyova, S.S., & Shevkunova, E.V. (2021). [Catalogue of earthquakes of the Altai and Sayan in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
9. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2015. (2021). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2015
10. 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.).
11. Reasenber, P.A., & Oppenheimer, D. (1985). FPFIT, FPLOT, and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. *U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 85–739.
12. Kuprish, O.V., Emanov, A.A., & Shevkunova, E.V. (2021). [Focal mechanisms of strong earthquakes of the Altai and Sayan in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
13. Trifonov, V.G. (1999). *Neotektonika Evrazii* [Neotectonics of Eurasia]. Moscow, Russia: Nauchnyi mir Publ., 242 p. (In Russ.).
14. Novikov, I.S., Emanov, A.A., Leskova, E.V., Batalev, V.Iu., Rybin, A.K., & Bataleva, E.A. (2008). [The system of neotectonic faults in Southeastern Altai: orientations and geometry of motion]. *Geologiya I Geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 49(11), 1139–1149. (In Russ.).