

Эпицентральные зоны Чуйского 2003 г. и Айгулакского 2019 г. землетрясений

^{1,2}А.А. Еманов, ¹А.Ф. Еманов, ¹Е.В. Шевкунова, ^{1,2}А.В. Фатеев,
¹Е.А. Гладышев, ¹Р.А. Ершов, ¹В.В. Арапов

¹АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск; ²ИНГТ СО РАН, г. Новосибирск

На протяжении 20 лет продолжается сейсмическая активность в зоне Чуйского землетрясения 2003 года. Станции Алтайского сейсмологического полигона [1, 2] фиксируют повышенную сейсмичность относительно других районов Алтае-Саянской области. Для детальных наблюдений за сейсмичностью зоны Чуйского землетрясения, а также смежных блоковых структур в Горном Алтае, в 2022 г. в дополнение к стационарным станциям была развернута локальная сеть временных станций, охватывающая эпицентральные зоны Чуйского и Айгулакского землетрясений.

Сеть временных станций состоит из девяти станций с приборами, регистрирующими колебания ≥ 1 Гц (табл. III.4), и восьми станций с широкополосными датчиками (табл. III.5).

Таблица III.4. Сведения о сейсмических станциях временной локальной сети АСФ ФИЦ ЕГС РАН на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2022 г.

Код станции	Координаты и высота над уровнем моря			Оборудование		Период работы в 2022 г.	
	φ , °N	λ , °E	h , м	сейсмометр	регистратор	начало	конец
СВ15	50.482	87.494	1815	HS-1	Байкал-8.1	22.06	27.08
СС03	49.995	88.062	2237	HS-1	Байкал-8.1	19.06	21.09
СС04	49.824	88.038	2217	СК-1П	Байкал-8.1	20.06	19.09
СF00	50.550	87.386	1885	HS-1	Байкал-8.1	22.06	26.06
СН02	50.084	89.271	2217	СК-1П	Байкал-8.1	18.06	18.09
СН03	50.450	86.784	915	СК-1П	Байкал-8.1	16.06	15.09
СН05	50.779	86.457	797	СК-1П	Байкал-8.1	15.06	15.09
СН07	50.241	88.049	1790	СК-1П	Байкал АС-75	19.06	18.09
ТУТО	50.120	87.922	1762	СК-1П	Байкал АС-75	21.06	19.09

Таблица III.5. Сведения о сейсмических станциях широкополосного сейсмического профиля АСФ ФИЦ ЕГС РАН в 2022 г.

Код станции	Координаты и высота над уровнем моря			Оборудование		Период работы в 2022 г.	
	φ , °N	λ , °E	h , м	сейсмометр	регистратор	начало	конец
СF20	50.641	87.622	1629	СМЕ-6211	Байкал-8.2	23.06	23.09
СНР02	49.740	88.648	2092	Guralp CMG-6T	Guralp CMG-CD24	18.06	05.08
СНР03	49.926	88.515	1817	Guralp CMG-6T	Guralp CMG-CD24	27.06	19.09
СНР04	50.407	88.385	1530	СМЕ-6211	Байкал-8.2	24.06	05.09
СНР06	50.831	87.924	1558	Guralp CMG-6T	Байкал-8.1	23.06	15.09
СНР07	51.140	87.719	506	СМЕ-4111	Байкал-8.1	24.06	11.09
СНР08	51.564	87.399	1438	СМЕ-4111	Байкал-8.1	27.06	17.09
СНР20	52.482	86.790	367	Guralp CMG-6T	Байкал-8.2	27.06	21.09

На рис. III.19 показана карта сети временных и стационарных станций в Горном Алтае.

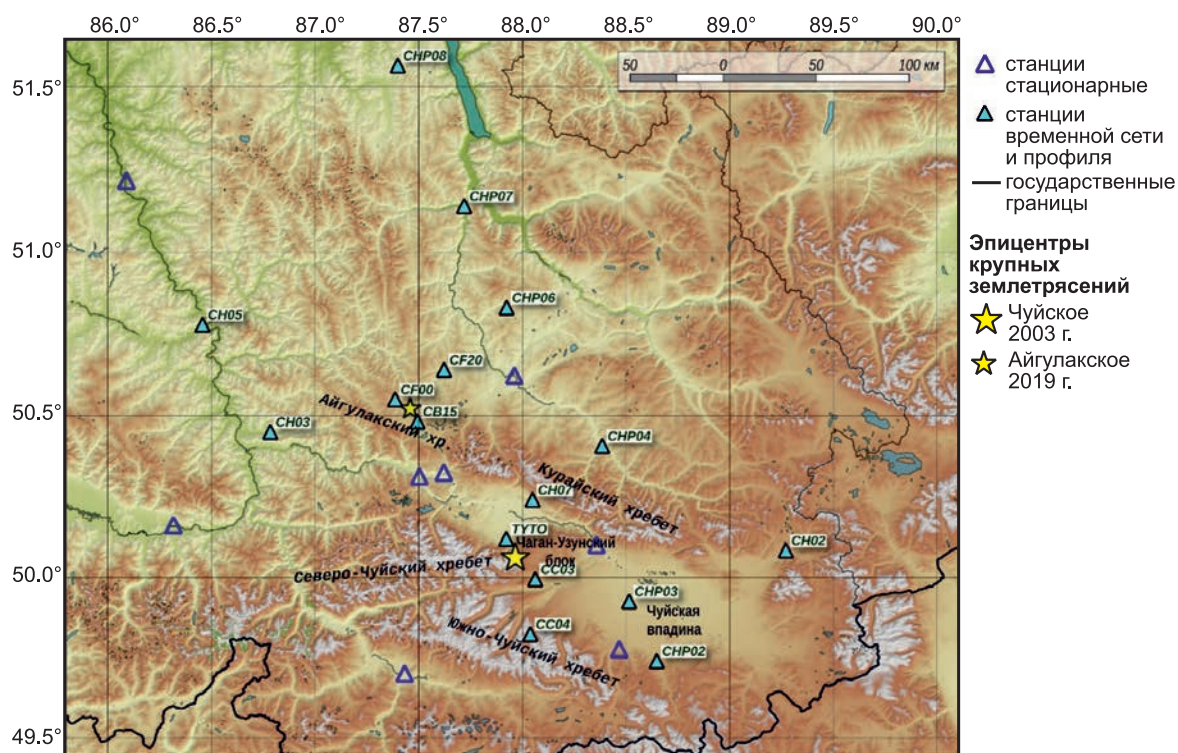


Рис. III.19. Сеть временных станций на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2022 г.

По данным сводной обработки, в электронный вариант сейсмологического каталога Чуйско-Курайской зоны Горного Алтая за период работы временных станций (19.06.–10.10.2022 г.) внесены параметры 898 землетрясений в энергетическом диапазоне $0 \leq M \leq 3.1$ ($-0.7 \leq ML \leq 3.4$) [3]. В печатный вариант каталога включены параметры 25 событий с $2.2 \leq M \leq 2.9$ [4], землетрясения с $M \geq 3.0$ опубликованы в печатном варианте основного каталога Алтае-Саянского региона [5] (ред.).

С 2019 г. на территории Горного Алтая после Айгулакского землетрясения хорошо выделяются по сейсмической активности эпицентральные обрасти Чуйского и Айгулакского землетрясений. В западной оконечности Айгулакского хребта сейсмичность нарастала с 2018 г. и заметно усилилась в 2019 году. На рис. III.20 приведена карта эпицентров землетрясений в период полевых наблюдений с 19 июня по 18 сентября 2022 г., а в табл. III.6 – распределение землетрясений за этот же период по магнитудам ML .

Таблица III.6. Количество землетрясений в Чуйско-Курайской и Айгулакской зонах в 2022 г. в зависимости от магнитуды ML

ML	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Всего
Чуйско-Курайская зона	13	223	180	601	361	105	25	9	3	2	1522
Айгулакская зона	0	62	98	231	205	48	17	4	1	0	666
Весь Алтай	13	285	278	832	566	153	42	13	4	2	2188

Как видно на карте эпицентров (рис. III.20), сейсмическая активность в очаговой области Айгулакского землетрясения существенно снизилась относительно очаговой области Чуйского землетрясения. Так и должно было быть в соответствии с разницей в магнитудах этих землетрясений.

В 2022 г. наблюдается изменение распределения общего количества землетрясений между эпицентрными зонами двух землетрясений – если в 2021 г. на долю каждой зоны приходилось приблизительно по 50% от общего количества землетрясений, то в 2022 г. происходит явное снижение количества землетрясений в Айгулакской зоне, доля которой составила 30% (табл. III.6). В целом сохраняется форма пространственного распределения эпицентров активизаций в сравнении с предыдущим годом.

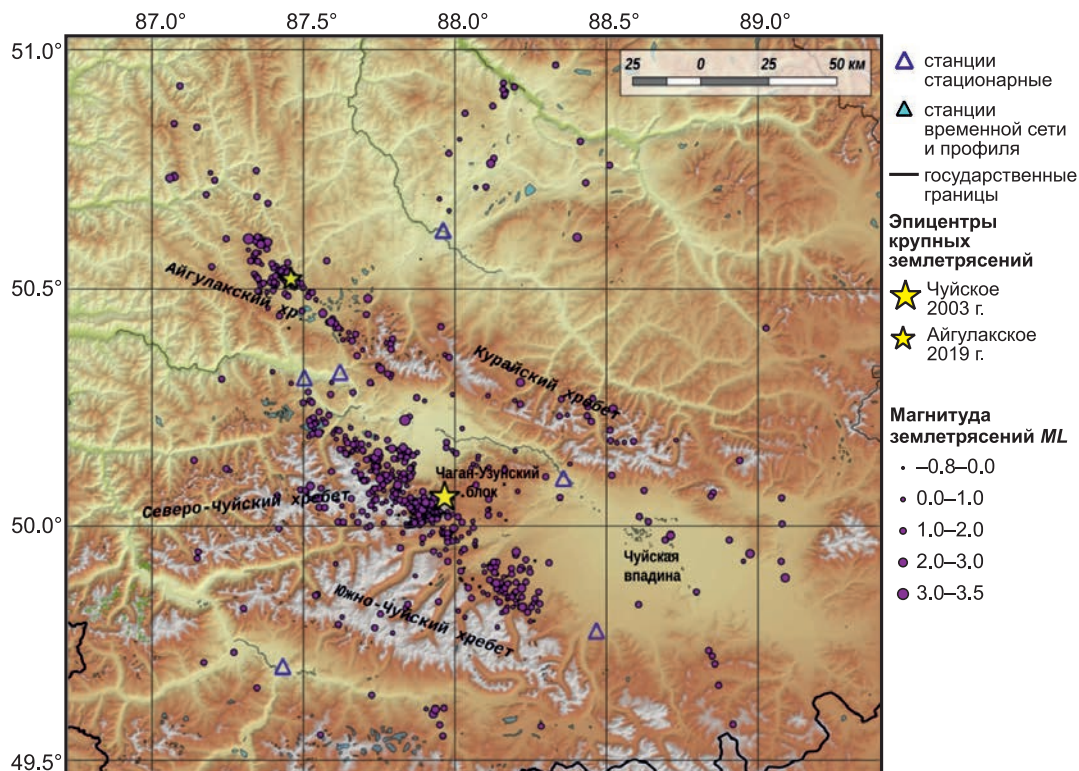


Рис. III.20. Карта землетрясений Чуйско-Курайской зоны за период работы временной сети станций (с 19.06.2022 г. по 18.09.2022 г.)

Наибольшее скопление землетрясений Чуйской афтершоковой зоны по-прежнему наблюдается вблизи эпицентра главного толчка 2003 г. на границе Чаган-Узунского блока с Северо-Чуйским хребтом. Более разреженный процесс фиксируется на стыке Южно-Чуйского хребта с Чуйской впадиной и в Курайской впадине. Наиболее сильное землетрясение за период полевых наблюдений 2022 г. было зарегистрировано в Курайской впадине 30 августа в 23^h13^m с $M=3.1$ ($ML=3.4$). Также в Курайской впадине было зарегистрировано и землетрясение с максимальной магнитудой за 2022 г. – 19 ноября в 12^h35^m с $M=3.6$ ($ML=4.1$).

На рис. III.21 приведен общий график повторяемости и графики для каждой зоны отдельно для 2021 и 2022 гг. Как уже было установлено детальными наблюдениями, в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения [6–8] на протяжении первого десятилетия наблюдалась устойчивая сейсмическая активизация объемной структуры разломов. Позднее возникли изменения сейсмического режима Алтая, связанные с сейсмической активизацией смежных с эпицентральной зоной Чуйского землетрясения 2003 г. структур [9]. К наиболее сильной активизации смежной структуры привело Айгулакское землетрясение 2019 г. [10, 11].

На рис. III.22 представлен вертикальный срез сейсмического процесса в Чуйско-Курайской зоне, включая Айгулакскую в 2021 г. (0 км по оси расстояний соответствует положению эпицентра Чуйского землетрясения 2003 г.). Слева сосредоточена зона афтершокового процесса в Айгулакском хребте. Характерный наклон оси концентрации землетрясений по мере изменения глубины сохраняется, как и в предыдущие годы. Правее по оси расстояния протянулась афтершоковая зона Чуйского землетрясения. Землетрясения рассредоточены по всей линии вдоль активизации, достигая наибольшей концентрации в эпицентральной области Чуйского землетрясения. Большое количество событий по всей зоне наблюдений фиксируется на глубине до 5 км.

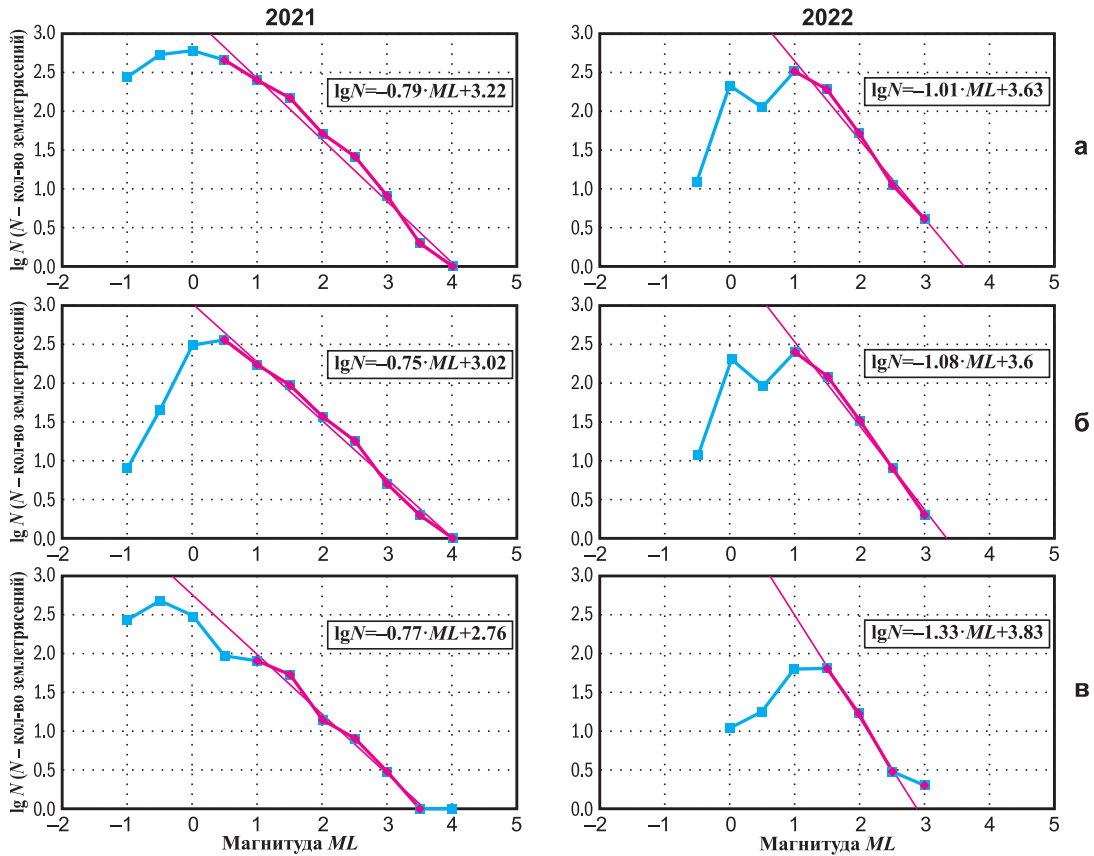


Рис. III.21. Графики повторяемости землетрясений отдельно для 2021 и 2022 гг.: а – общий; б – Чуйско-Курайская зона; в – Айгулакская зона

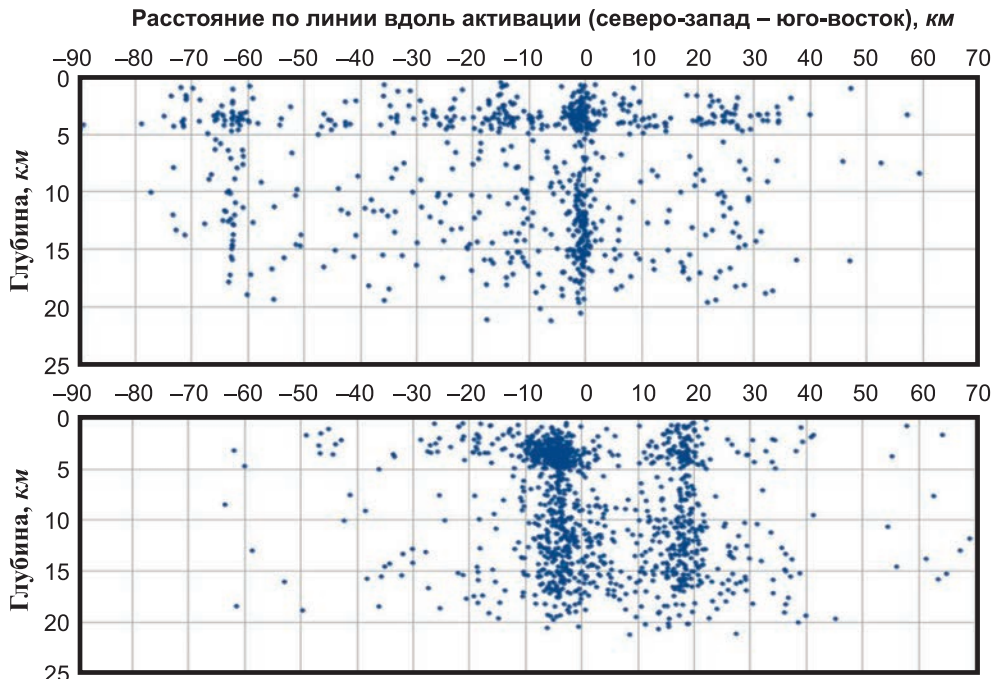


Рис. III.22. Распределение по глубине землетрясений, зарегистрированных в Чуйско-Курайской и Айгулакской зонах в 2022 г. Точка отсчета – эпицентр Чуйского землетрясения 2003 г.

На поперечном сечении рис. III.22 уверенно фиксируются два вертикальных скопления – это, прежде всего, разнесенные в этом измерении зоны Чуйского и Айгулакского землетрясений.

Результаты

С использованием временной сети станций для Чуйско-Курайской зоны Горного Алтая получены высокоточные данные о развитии сейсмичности с повышением представительности данных на единицу по локальной магнитуде и с точностью определения координат событий по площади до 0.5 км и по глубине 1 км.

Наиболее сильное землетрясение за период полевых наблюдений 2022 г. имело магнитуду $M=3.1$ ($ML=3.4$).

Сейсмически активны были одновременно эпицентральные зоны Чуйского землетрясения 2003 г. с $M_s=7.3$ и Айгулакского землетрясения 2019 г. с $ML=5.5$. По количеству землетрясений в очаговой области Айгулакского землетрясения произошло 30% от числа событий в очаговой области Чуйского землетрясения.

Литература

1. Еманов А.Ф., Колесников Ю.И., Еманов А.А., Филина А.Г., Подкорытова В.Г., Фатеев А.В., Ярыгина М.А. Изучение землетрясений малых энергий на локальной сети Алтайского сейсмологического полигона // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. Труды Всероссийского совещания / Отв. ред. С.И. Шерман. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – С. 324–326. – EDN: THVXFJ
2. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Фатеев А.В. Алтайский сейсмологический полигон // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 94–98. – EDN: WYKYRR
3. 2022-ER_App25_Altai-detaild.xlsx [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2022 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_22.html, свободный.
4. Подкорытова В.Г. (отв. сост.); Артёмова А.И., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевкунова Е.В., Фролов М.В., Гладышев Е.А., Арапов В.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтайский сейсмологический полигон // Землетрясения России в 2022 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024. – С. 197.
5. Подкорытова В.Г. (отв. сост.); Артёмова А.И., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевкунова Е.В., Фролов М.В., Гладышев Е.А., Арапов В.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2022 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024. – С. 159–163.
6. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В. Афтершоковый процесс Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. // Динамика физических полей Земли. – М.: Светоч Плюс, 2011. – С. 173–185. – EDN: TGYWFD
7. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. Сеймотектоника активизированной объемной структуры разломов: результаты исследования строения верхнекоровой очаговой области континентального Чуйского землетрясения $M_s=7.3$, произошедшего 27 сентября 2003 г. в Горном Алтае (Россия) // Геотектоника. – 2021а. – № 2. – С. 94–104. – DOI: 10.31857/S0016853X21010045. – EDN: RJCBDK
8. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. Устойчивые структуры афтершоков Чуйского землетрясения 2003 года // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 63, № 1. – С. 87–101. – DOI: 10.15372/GiG2020176. – EDN: FYBZVV
9. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Фатеев А.В. Об изменении сейсмического режима в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая в 1963–2016 гг. // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 41–45. – EDN: YUEEDT
10. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Соловьёв В.М., Шевкунова Е.В., Гладышев Е.А., Антонов И.А., Корабельщиков Д.Г., Подкорытова В.Г., Янкайтис В.В., Елагин С.А., Серёжников Н.А., Дураченко А.В., Артёмова А.И. Сейсмологические исследования в Алтае-Саянской горной области // Российский сейсмологический журнал. – 2021б. – Т. 3, № 2. – С. 20–51. – DOI: 10.35540/2686-7907.2021.2.02. – EDN: XRLSMR
11. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Гладышев Е.А. Эволюция сейсмичности Алтая после Чуйского землетрясения 2003 г. // Вулканология и сейсмология. – 2023. – № 6. – С. 26–40. – DOI: 10.31857/S0203030623700347. – EDN: XJIRKL