

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

¹А.Ф. Еманов, ^{1,2}А.А. Еманов, ^{1,2}А.В. Фатеев, ¹Е.В. Шевкунова, ¹В.Г. Подкорытова,
¹А.А. Дураченко, ¹Е.А. Гладышев, ¹Р.А. Ершов, ¹П.О. Полянский

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

На протяжении почти 20 лет продолжается сейсмическая активность в зоне Чуйского землетрясения 2003 года. Станции Алтайского сейсмологического полигона фиксируют с повышенной, относительно других районов Алтае-Саянской области, точностью ход сейсмического процесса, начиная с 2002 г. [1, 2]. Для детальных наблюдений за сейсмичностью зоны Чуйского землетрясения, а также смежных блоковых структур в Горном Алтае Алтае-Саянским филиалом ФИЦ ЕГС РАН в 2021 г., в дополнение к стационарным станциям, была развернута локальная сеть временных станций, охватывающая теперь и Айгулакский хребет. Сеть временных станций состояла из 11 станций с приборами, регистрирующими колебания ≥ 1 Гц (табл. III.5), и девяти станций с широкополосными датчиками (табл. III.6).

Таблица III.5. Сведения о сейсмических станциях временной локальной сети АСФ ФИЦ ЕГС РАН на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2021 г.

Код станции	Координаты и высота над уровнем моря			Оборудование		Период работы в 2021 г.	
	φ , °N	λ , °E	h , м	сейсмометр	регистратор	начало	конец
СВ15	50.482	87.494	1815	СК-1П	Байкал АС-75	02.07	14.09
СВ19	50.179	87.676	1873	СК-1П	Байкал АС-75	29.06	11.08
СС03	49.995	88.062	2237	НС-1	Байкал 8.2	30.06	03.10
СС04	49.824	88.038	2217	СК-1П	Байкал АС-75	01.07	03.10
СЕ01	49.956	87.883	2090	СК-1П	Байкал АС-75	30.06	03.10
СF00	50.550	87.386	1885	НС-1	Байкал 8.2	02.07	11.09
СF20	50.641	87.622	1629	НС-1	Байкал 8.1	03.07	12.09
СН02	50.084	89.271	2217	СК-1П	Байкал АС-75	28.06	02.10
СН03	50.450	86.784	915	СК-1П	Байкал 8.1	25.06	16.09
СН05	50.779	86.457	797	СК-1П	Байкал 8.1	25.06	02.09
ТУТО	50.120	87.922	1762	СК-1П	Байкал АС-75	29.06	06.10

Таблица III.6. Сведения о сейсмических станциях широкополосного сейсмического профиля АСФ ФИЦ ЕГС РАН в 2021 г.

Код станции	Координаты и высота над уровнем моря			Оборудование		Период работы в 2021 г.	
	φ , °N	λ , °E	h , м	сейсмометр	регистратор	начало	конец
СН07	50.241	88.049	1790	Guralp CMG-6T	Guralp CMG-CD24	10.07	02.10
СНР02	49.740	88.648	2092	Guralp CMG-6T	Guralp CMG-CD24	28.06	20.09
СНР03	49.926	88.515	1817	Guralp CMG-6T	Guralp CMG-CD24	28.06	06.08
СНР04	50.407	88.385	1530	СМЕ-6211	Байкал 8.2	03.07	27.07
СНР06	50.831	87.924	1558	Guralp CMG-6T	Байкал 8.2	05.07	08.08
СНР07	51.140	87.719	506	Nanometrics Trillium Compact	Nanometrics Centaur	06.07	05.10
СНР08	51.564	87.399	1438	Guralp CMG-6T	Guralp CMG-CD24	07.07	05.09
СНР09	52.046	87.064	393	СМЕ-6211	Байкал 8.2	07.07	03.09
СНР20	52.482	86.790	367	Guralp CMG-6T	Байкал 8.1	08.07	17.08

На рис. III.25 показана карта сети временных и стационарных станций в Горном Алтае. Сеть временных станций размещена таким образом, что позволяет выстроить более плотную систему наблюдений непосредственно в Чуйско-Курайской зоне и на Айгулакском хребте.

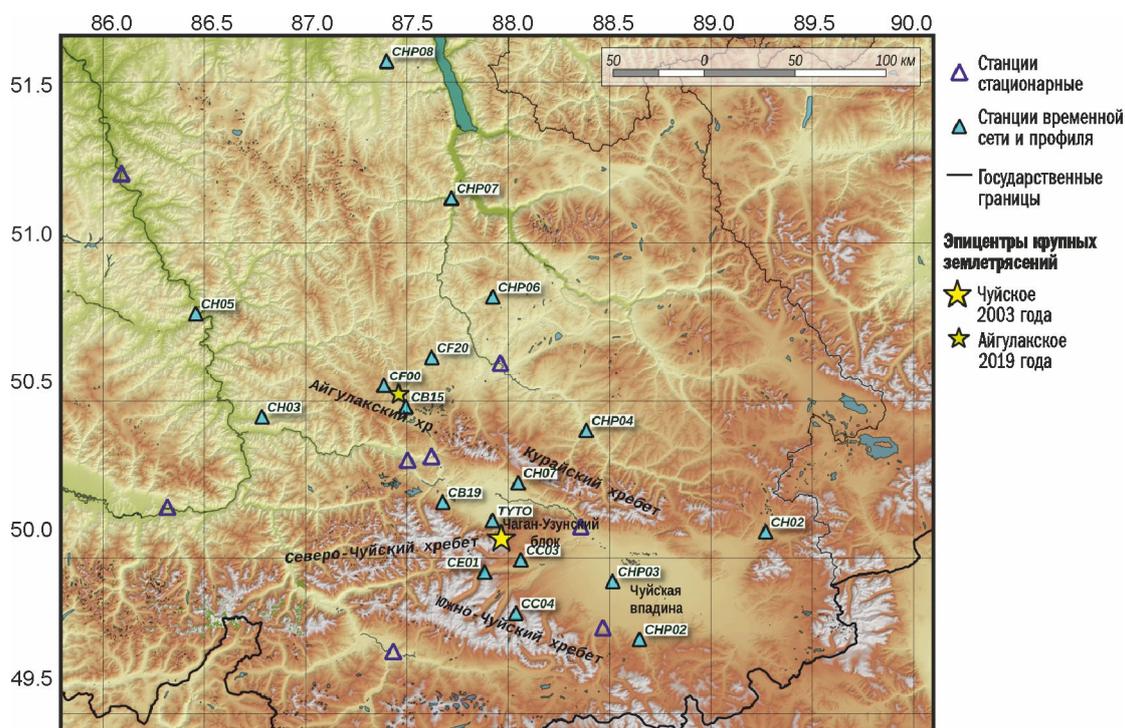


Рис. III.25. Сеть временных станций на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2021 г.

По данным сводной обработки, в электронный вариант сейсмологического каталога Чуйско-Курайской зоны Горного Алтая за период работы временных станций (26.06.–10.10.2021 г.) внесены параметры 2342 землетрясений в энергетическом диапазоне $(-0.4) \leq M \leq 3.5$ ($(-1.3) \leq ML \leq 4.0$) [3]. В печатный вариант каталога включены параметры 34 событий с $2.3 \leq M \leq 2.9$ [4], землетрясения с $M \geq 3.0$ опубликованы в печатном варианте основного каталога Алтае-Саянского региона [5] (ред.).

С 2019 г. после Айгулакского землетрясения на территории Горного Алтая хорошо выделяются по сейсмической активности две афтершоковые области: Чуйско-Курайская и Айгулакская. В западной оконечности Айгулакского хребта сейсмичность нарастала с 2018 г. и заметно усилилась в 2019 году.

На рис. III.26 приведена карта распределения эпицентров землетрясений в период полевых наблюдений с 26 июня по 10 октября 2021 г., а в табл. III.7 – распределение землетрясений за этот же период по магнитудам ML .

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 2021 г. было зарегистрировано в Чаган-Узунском блоке 23 июля в $23^{\text{h}}49^{\text{m}}$ с $M=3.5$ ($ML=4.0$).

В Айгулакской эпицентральной зоне с июня по октябрь произошло 1296 землетрясений, тогда как в Чуйской – 1048.

Афтершоковый процесс Айгулакской зоны можно назвать несформировавшимся, график повторяемости в области низких энергий имеет зигзагообразную форму, поэтому представительность несколько снижена по сравнению с представительностью для Чуйской афтершоковой зоны.

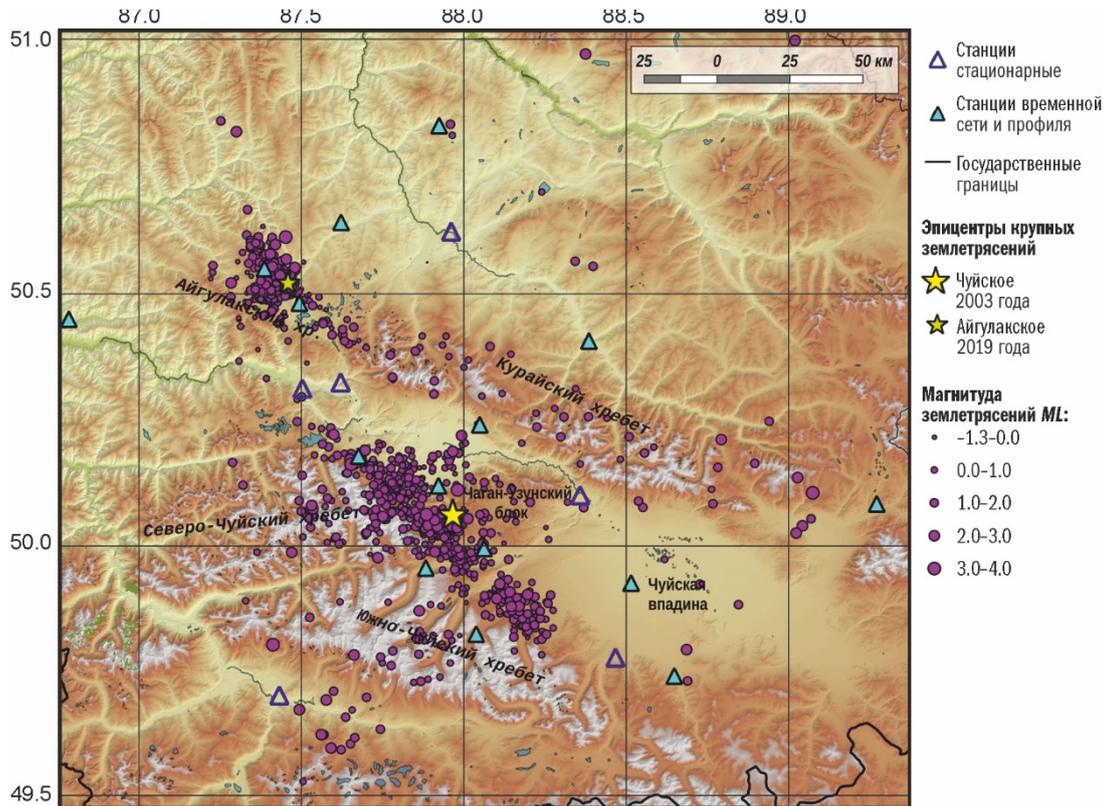


Рис. III.26. Карта землетрясений Чуйско-Курайской зоны за период работы временной сети станций (с 26.06.2021 г. по 10.10.2021 г.)

Таблица III.7. Распределение по магнитудам M_L землетрясений Чуйско-Курайской зоны за период 26.06.–10.10.2021 г.

M_L	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Всего
Количество землетрясений	277	528	599	453	253	146	51	26	8	2	1	2344

На рис. III.27 приведен общий график повторяемости и графики для каждой зоны в отдельности.

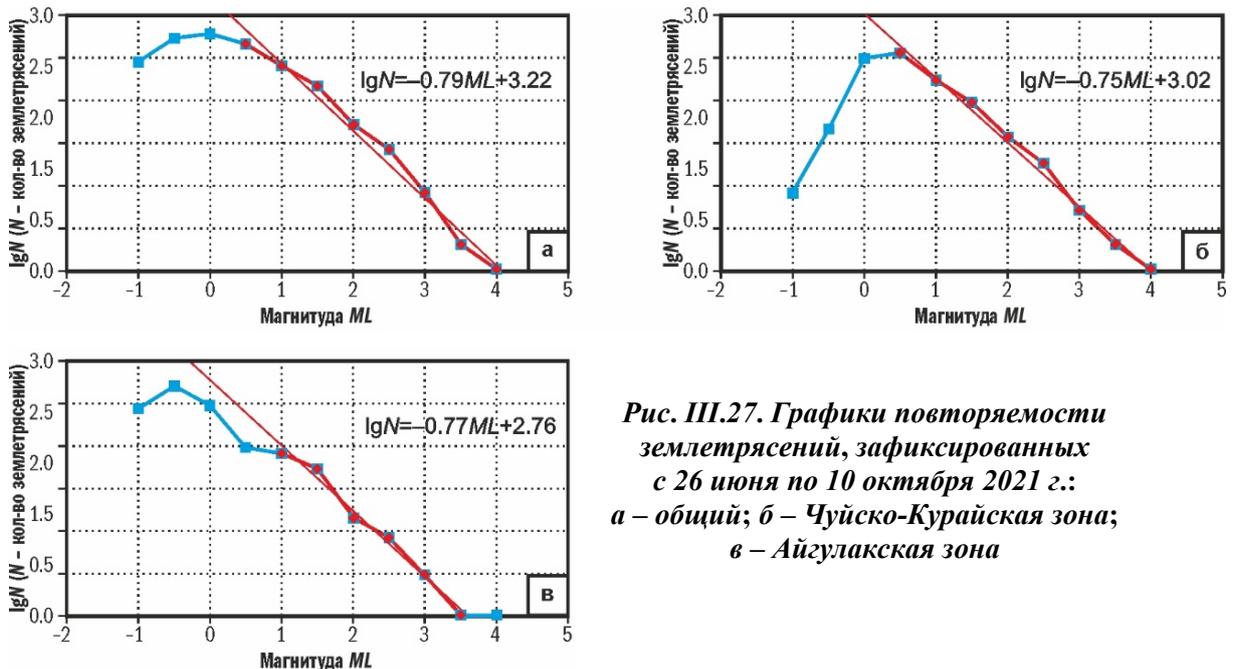


Рис. III.27. Графики повторяемости землетрясений, зафиксированных с 26 июня по 10 октября 2021 г.: а – общий; б – Чуйско-Курайская зона; в – Айгулакская зона

Как уже было установлено детальными наблюдениями в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения 2003 г. [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 структур [9]. К наиболее сильной активизации смежной структуры привело Айгулакское землетрясение 2019 г. [10].

На рис. III.28 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.).

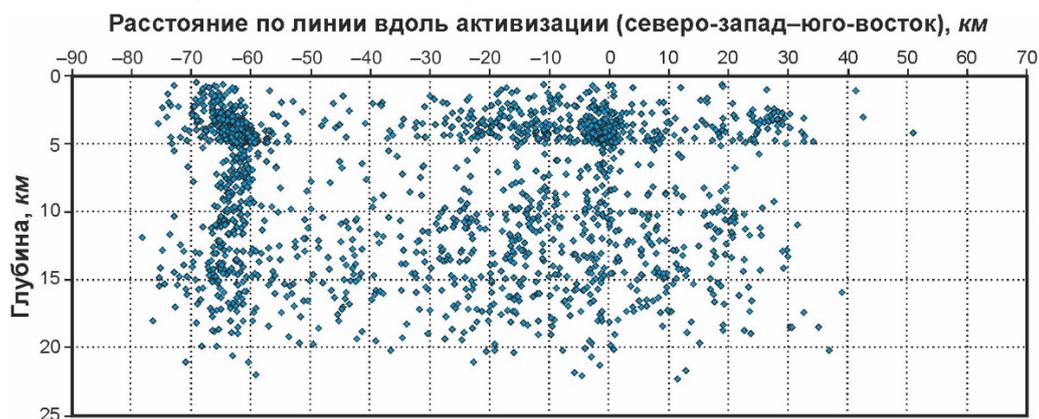


Рис. III.28. Глубины землетрясений в Чуйско-Курайской зоне в 2021 г.

Слева на рис. III.28 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 расстояний 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.

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 2021 г. было зарегистрировано в Чаган-Узунском блоке с $M=3.5$ ($ML=4.0$) вблизи эпицентра Чуйского землетрясения 2003 года.

Сейсмически активны одновременно эпицентральной зоны Чуйского землетрясения 2003 г. с $M=7.2$ и Айгулакского землетрясения 2019 г. с $M=4.7$ ($ML=5.5$) с небольшим преимуществом по количеству событий в Айгулакской зоне.

Сейсмоактивный слой в Чуйско-Курайской зоне в данный момент – от первых километров до, примерно, 20 км. Наибольшее число землетрясений – с глубинами около 5 км.

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. 2021-ER_App23_Altai-polygon.xls [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2021 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_21.html, свободный.

4. Подкорытова В.Г. (отв. сост.); Артёмова А.И., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В., Фролов М.В., Гладышев Е.А. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтайский сейсмологический полигон // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 191.

5. Подкорытова В.Г. (отв. сост.); Артёмова А.И., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В., Фролов М.В., Гладышев Е.А. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 152–156.

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. – 2021. – № 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. – 2021. – Т. 3, № 2. – С. 20–51. DOI: 10.35540/2686-7907.2021.2.02. – EDN: XRLSMR