

Наблюдения временными сетями

Чуйско-Курайская зона Горного Алтая

^{1,2}А.Ф. Еманов, ^{1,3}А.А. Еманов, ^{1,3}А.В. Фатеев, ¹Е.В. Шевкунова

¹АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск; ²НГУ, г. Новосибирск;

³ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

За год до Чуйского землетрясения 2003 г. с $M=7.3$ [1] и ежегодно после него [2, 3] в эпицентральной зоне этого землетрясения разворачивались сети временных станций, которые дополняли сеть стационарных станций Алтайского сейсмологического полигона [4]. После Чуйского землетрясения сейсмический режим его эпицентральной зоны изменился и сохранял во времени стабильность, но с 2015 г. в сейсмичности Чуйско-Курайской зоны начали происходить новые структурные изменения [5]. В 2017 г., по данным региональной сети станций, обнаружен факт усиления сейсмичности на удаленностях до 250–300 км от эпицентра Чуйского землетрясения [6].

Для повышения детальности изучения процесса изменений в сейсмичности Горного Алтая в 2017 г. была выставлена временная сеть станций, позволившая получить дополнительную информацию о происходящих в земной коре процессах. В табл. III.6 представлены сведения о временных сейсмических станциях на Алтайском сейсмологическом полигоне с приборами, регистрирующими колебания от одного $G\mu$ и выше, в табл. III.7 – сведения о широкополосных станциях в локальной временной сети.

Таблица III.6. Сведения о сейсмических станциях временной локальной сети АСФ ФИЦ ЕГС РАН на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2017 г.

Код станции	Координаты и высота над уровнем моря			Оборудование		Период работы в 2017 г.	
	φ, °N	λ, °E	h, м	сейсмометр	регистратор	начало	конец
AKOL	49.900	87.968	2325	СК-1П	Байкал АС-75	30.06	21.09
CB15	50.482	87.494	1814	СК-1П	Байкал АС-75	29.06	19.09
CC02	50.181	87.838	1622	СК-1П	Байкал АС-75	02.07	21.09
CC08	50.366	87.251	1127	СК-1П	Байкал АС-75	01.07	22.09
CH01	50.237	88.062	1895	СМЕ-6211	Байкал 8.1	01.07	14.09
CH02	50.084	89.271	2221	СК-1П	Байкал АС-75	30.06	20.09
M23	50.318	87.725	2210	СК-1П	Байкал АС-75	27.06	22.09
RKUR	50.281	87.949	1803	СК-1П	Байкал АС-75	02.07	21.09
SLNR	49.777	88.467	2057	СК-1П	Байкал АС-75	28.06	16.09
TYTO	50.120	87.922	1762	СК-1П	Байкал АС-75	02.07	21.09

Таблица III.7. Сведения о временных широкополосных сейсмических станциях на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2017 г.

Код станции	Координаты и высота над уровнем моря			Оборудование		Период работы в 2017 г.	
	φ, °N	λ, °E	h, м	сейсмометр	регистратор	начало	конец
CHP02	49.740	88.648	2092	Guralp CMG-6T	Байкал 8.1	28.06	20.09
CHP03	49.926	88.515	1812	Guralp CMG-6T	Байкал 8.1	28.06	28.08
CHP06	50.831	87.924	1568	Guralp CMG-6T	Байкал 8.1	29.06	19.09

На рис. III.20 дана карта расположения сети временных и стационарных станций в Горном Алтае. Видно, что имеется плотная система наблюдений непосредственно в Чуйско-Курайской зоне и достаточно хорошее окружение этого района стационарными станциями.

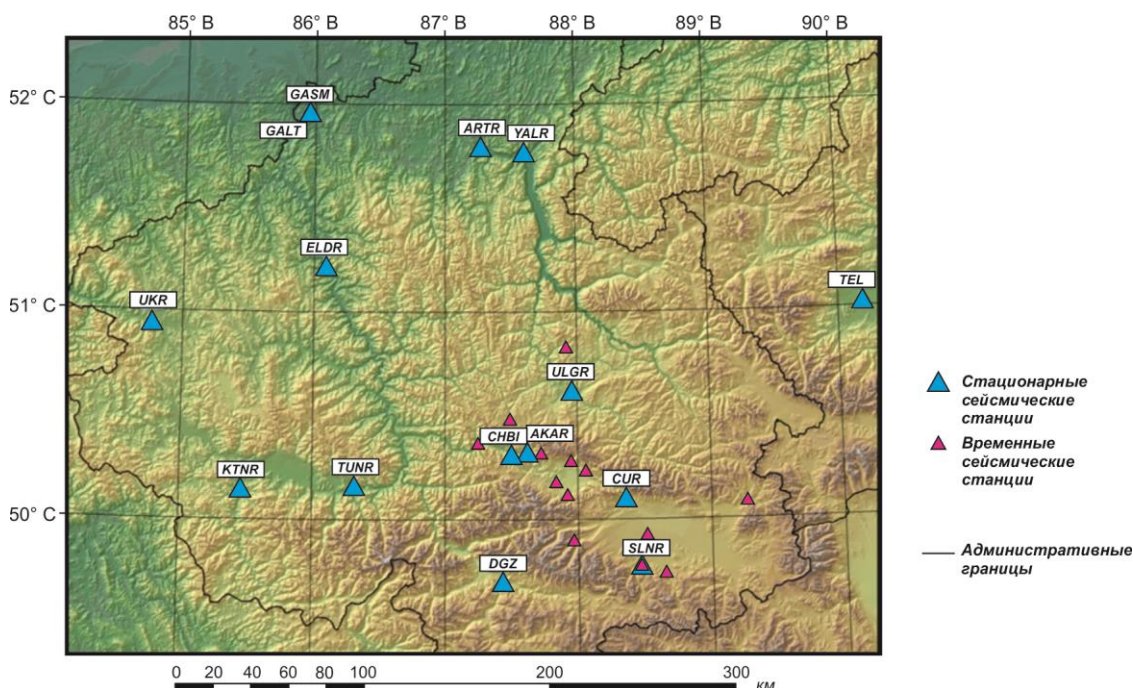


Рис. III.20. Сеть временных станций на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2017 г.

В результате сводной обработки данных временной сети станций, в Чуйско-Курайской зоне за период с 27.06. по 22.09.2017 г. локализовано 1450 землетрясений в диапазоне магнитуд $-1.4 \leq M \leq 2.9$ ($-1.0 \leq ML \leq 4.1$). Каталог их параметров приведен в [7], печатный вариант каталога содержит параметры 39 землетрясений с $ML \geq 2.3$ [8].

На рис. III.21 представлена карта эпицентров землетрясений, зарегистрированных временной сетью станций. Даже на мало детальной карте отмечается, что выделенные ранее элементы в афтершоковом процессе Чуйского землетрясения 2003 г. [2, 3] продолжают быть активными и обособленными. Одновременно фиксируется продолжение процесса изменения сейсмического режима Чуйско-Курайской зоны [5]. Наиболее активна в данный период локальная зона Айгулакского хребта. Цепь эпицентров землетрясений проходит по Курайскому хребту. От зоны сочленения Айгулакского и Курайского хребтов эпицентры землетрясений образуют линию, перпендикулярную от них в сторону Шапшальского хребта.

На рис. III.22 даны проекции очагов землетрясений на плоскость, проходящую через эпицентр Чуйского землетрясения по вертикальной плоскости, ориентированной вдоль длинной оси афтершокового процесса.

Обращает на себя внимание, что наиболее активна в период эксперимента с временной сетью станций в 2017 г. была эпицентральная область Чуйского землетрясения, но глубины большинства событий (около 5 км) – меньше глубины основного толчка. В целом во всей зоне события происходили на глубинах до 15 км.

Анализ каталога землетрясений позволил определить наклон графика повторяемости, сейсмическую активность и уровень представительности регистрации. Наклон графика повторяемости (рис. III.23) значительно отличается от среднего для Алтае-Саянской складчатой зоны в целом за весь период наблюдений. Представительность для данного района в целом начинается с $ML=1$, но при этом регистрируется большое количество землетрясений с магнитудами меньше единицы.

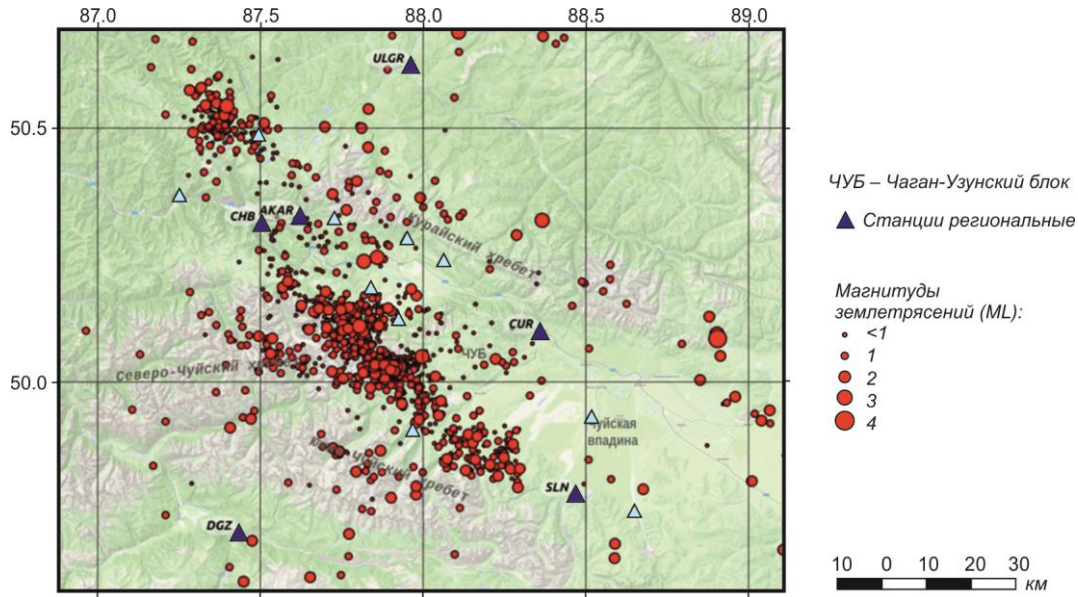


Рис. III.21. Карта землетрясений Чуйско-Курайской зоны за период работы временной сети станций (с 27.06. по 22.09.2017 г.)

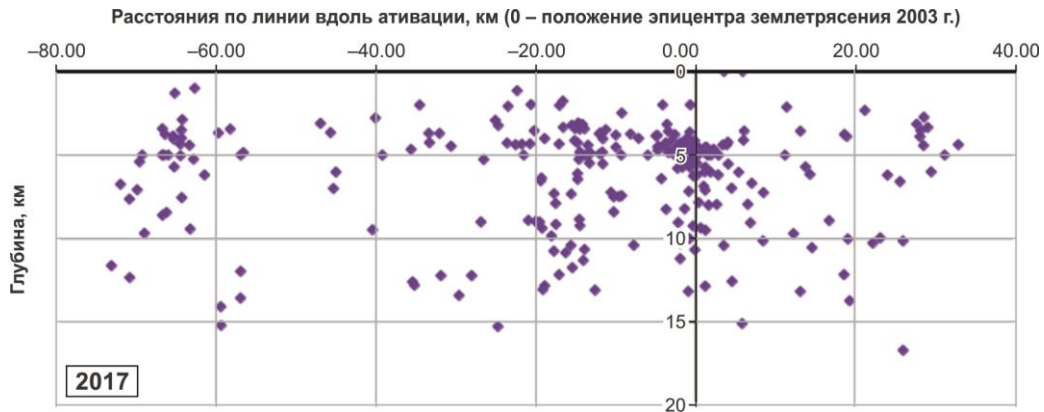


Рис. III.22. Глубины землетрясений в Чуйско-Курайской зоне в 2017 г.

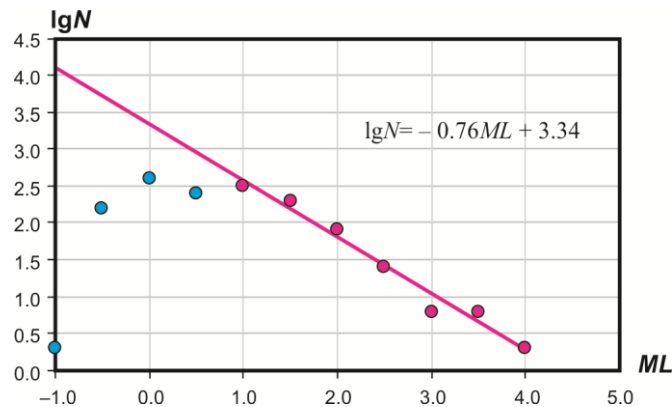


Рис. III.23. График повторяемости землетрясений Чуйско-Курайской зоны

В обзорной статье по Алтае-Саянскому региону отмечено, что наблюдается повышенная сейсмичность за год в радиусе 200–300 км от Чуйского землетрясения [6]. Временная сеть станций хорошо дополняет изучение одной из таких активизированных структур в районе Шапшальского хребта. На рис. III.24 представлена карта эпицентров землетрясений, локация которых производилась с использованием данных временной сети станций. Видно хорошо активизированный Шапшальский хребет и землетрясения, связывающие Чуйско-Курайскую зону с Шапшальской, окаймляющие не сейсмичное

в данный момент Улаганское нагорье с севера и с юга. Если ранее отмечались изменения сейсмичности в ближней зоне от эпицентра Чуйского землетрясения [5, 9], то в данном случае прослеживается повышенная сейсмичность в зоне более далекого влияния Чуйского землетрясения.

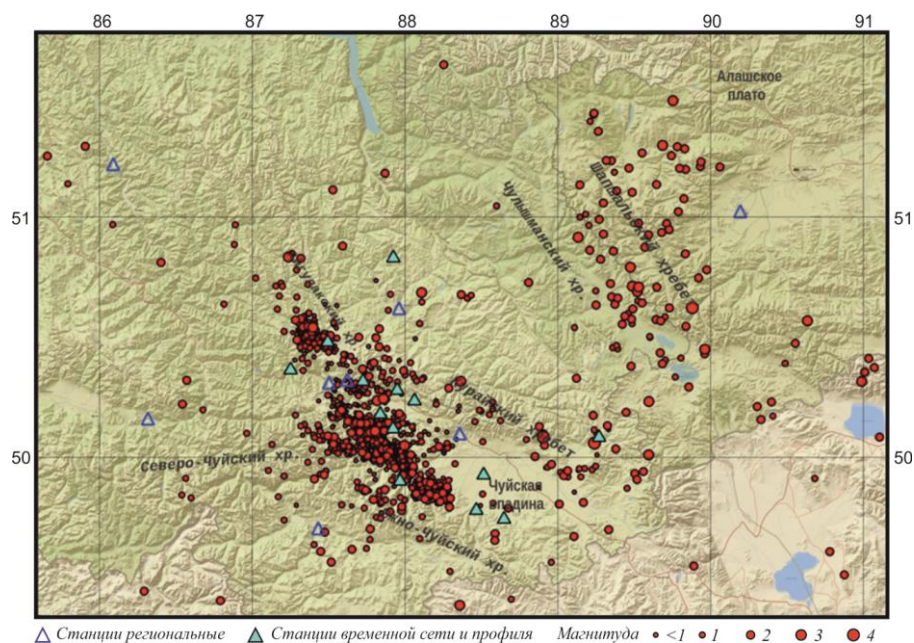


Рис. III.24. Карта эпицентров землетрясений с расширенной областью охвата 2017 г. Эксперимент с временной сетью станций

На рис. III.25 приведена карта эпицентров землетрясений за 2017 г. для Горного Алтая и северной части Монгольского Алтая. Уже отмечено, что наибольшее количество землетрясений во всем регионе происходило в радиусе до 300 км от эпицентра Чуйского землетрясения.

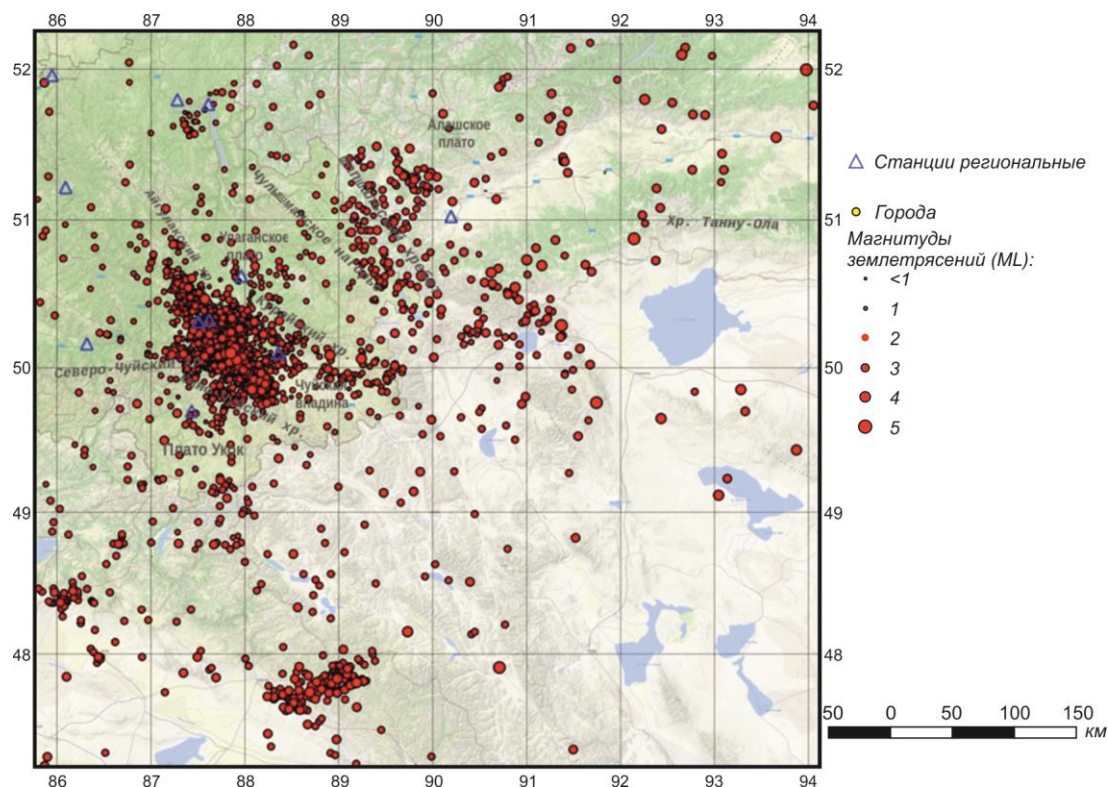


Рис. III.25. Карта эпицентров землетрясений Горного Алтая за 2017 г.

Представленная карта эпицентров (рис. III.25) демонстрирует некоторые закономерности сформировавшейся сейсмической активности: на севере – оз. Телецкое, Шапшальский хребет и его стык с Западным Саяном, к югу сейсмичность раздваивается по хребту Цаган-Шибэту и хребту Монгун-Тайга. Ярким пятном отмечается сейсмическая активизация в Монгольском Алтае. Особенностью данного сейсмического процесса является ориентация длинной оси активизации почти перпендикулярно простиранию Монгольского Алтая. Активизирована область, близкая к эпицентру Монголо-Алтайского (Фуюньского) землетрясения 1931 г. с магнитудой 8.0.

Для определения радиуса зоны влияния Чуйского землетрясения на развитие сейсмического процесса в Алтае-Саянской складчатой области построены графики изменения суммарной энергии за период работы временной сети станций до удалений в 160 км.

На удалениях 80–100 км от эпицентра Чуйского землетрясения сейсмическая активность летом 2017 г. выше, чем в эпицентре. Как уже отмечалось, меняется структура сейсмичности в Чуйско-Курайской зоне [5, 9].

Поскольку установлен факт повышенной активности западной части Алтае-Саянской горной области [6], рассмотрим возможную связь активизации с изменениями сейсмического режима вокруг Чуйского землетрясения. На рис. III.27 представлены расчеты, аналогичные показанным на рис. III.26, но с той разницей, что взят каталог за весь 2017 г., и расчеты выполнены для больших расстояний, в пределах которых обнаружена повышенная активность региона. На удалениях 80–100 км по-прежнему выделяется экстремум по сейсмической энергии, но в данном случае он не превышает энергию в собственно эпицентральной зоне Чуйского землетрясения с радиусом 20 км. Сильно выраженный подъем энергии фиксируется на удалениях 220–280 км от эпицентра Чуйского землетрясения. При этом для удалений 260–280 км отмечается выделение энергии, за год большей, чем в эпицентре Чуйского землетрясения.

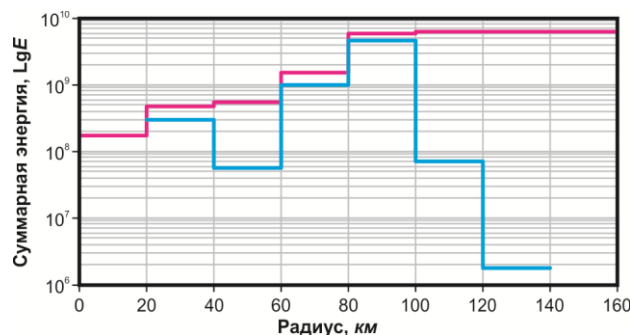


Рис. III.26. Изменение суммарной энергии с расстоянием от эпицентра Чуйского землетрясения 2003 г. с 27.06. по 22.09.2017 г.
Красная линия – энергия в круге по радиусу, синяя линия – энергия в кольце

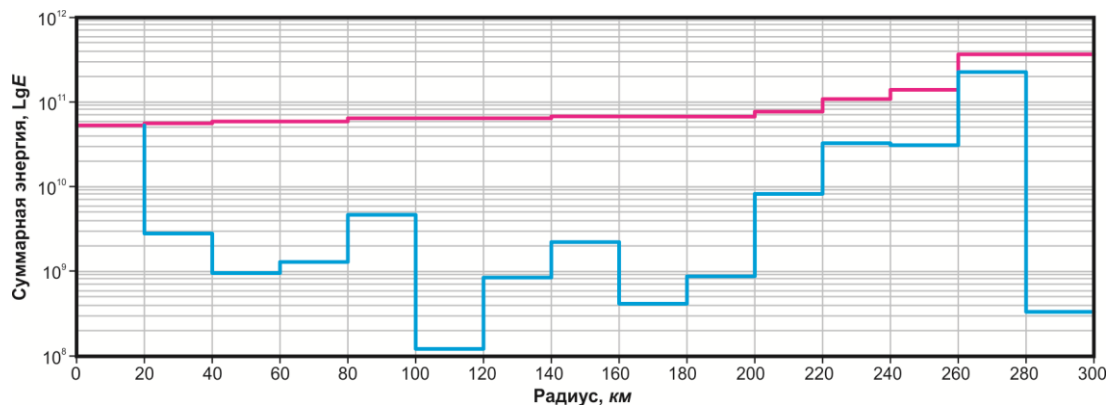


Рис. III.27. Изменение суммарной энергии с расстоянием от эпицентра Чуйского землетрясения 2003 г. по событиям 2017 г.
Красная линия – энергия в круге по радиусу, синяя линия – энергия в кольце

Выводы

Эпицентральная зона Чуйского землетрясения 2003 г. продолжает быть сейсмически активной в 2017 году. Локальными экспериментами показано, что наибольшее число землетрясений приурочено к верхней части земной коры, а собственно в эпицентре – к глубине около 5 км.

На расстояниях до 100 км от эпицентра Чуйского землетрясения продолжается переход сейсмичности в смежные геологические структуры: Северо-Чуйский, Южно-Чуйский, Айгулакский и Курайский хребты, которые около десятилетия после Чуйского землетрясения были мало сейсмичными.

На удалениях 220–280 км от эпицентра Чуйского землетрясения зафиксированы факты повышения сейсмической активности геологических структур: Шапшальский хребет и его стык с Западным Саяном, хребты Цаган-Шибету и Монгун-Тайга, локальная область в Монгольском Алтае, район оз. Зайсан, с севера оз. Телецкое.

В целом, учитывая слегка повышенную фоновую сейсмичность всей 280-километровой зоны от эпицентра Чуйского землетрясения, можно интерпретировать происходящее как формирование зоны влияния крупного землетрясения на изменения в сейсмичности Горного Алтая.

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. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2003. – С. 324–326.
2. 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 $M_S=7.3$, $K_p=17$ (Горный Алтай) // Землетрясения Северной Евразии в 2003 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 326–343.
3. 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.
4. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Фатеев А.В. Результаты детального сейсмического мониторинга. Алтайский сейсмологический полигон // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 94–98.
5. 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.
6. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г., Дураченко А.А., Корабельщиков Д.Г., Чурашев С.А., Гончаров В.Н. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 36–42.
7. Part_IV-2017. 17_Kuzbass_2017.xls // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
8. Подкорытова В.Г. (отв. сост.), Денисенко Г.А., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Чуйско-Курайская зона Горного Алтая // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 190.
9. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г., Корабельщиков Д.Г., Чурашев С.А. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 32–38.