

- Акинфиев Н.Н., Зотов А.В., Шикина Н.Д.* Экспериментальные исследования и согласование термодинамических данных в системе Sb(III)-S(II)-O-H // *Геохимия*. – 1993. – № 12. – С. 1709–1720.
- Акинфиев Н.Н., Зотов А.В.* Термодинамическое описание водных компонентов системы Cu-Ag-AuS-O-H в диапазоне температур 0–600°C и 1–3000 бар // *Геохимия*. – 2010. – № 7. – С. 761–767.
- Борисенко А.С., Лебедев В.И., Тюлькин В.Г.* Условия образования гидротермальных кобальтовых месторождений. – Новосибирск: Наука, 1984. – 172 с.
- Kerrick R., Goldfarb R., Groves D., Garwin S.* The geodynamics of world-class gold deposits: characteristics, space-time distributions, and origins // *Reviews in 763: Economic Geology*. – 2000. – Vol. 13. – P. 501–551.
- Lebedev V.I.* Ore-magmatic systems of arsenide-cobalt deposits. – Kyzyl: TuvIENR SB RAS, 2003. – 132 p.
- Lebedev V.I., Maacha L.* Metallogeny of cobalt in the ore-belt of Bou Azer–El Graara / Ed.: doctor of geology, acad. RAS V.V. Yarmoliuk. – Marakesh: Academic Publishing LAP LAMBERT, 2017. – 218 p.
- Лебедев В.И., Маача Л.* Кобальтовые арсенидные месторождения рудного пояса Bou Azer–El Graara (Марок) / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук, академ. РАН В.В. Ярмолук. – Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2018. – 279 с.
- Лебедев В.И.* Кобальтовые месторождения Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук, проф. А.С. Борисенко. – Барнаул: Новый формат, 2018. – 203 с.
- Образцов Б.В.* Закономерности локализации арсенидных никель-кобальтовых руд, связанных с серпентинитами, и опыт проведения поисков месторождений буазерского типа в Туве // *Материалы по геологии Тувы. АССР. Вып. V*. – Кызыл: Тув. кн. изд-во, 1981. – С. 150–161.

УДК 550.34

С.-С.С. МОНГУШ

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СЕЙСМИЧНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА**

По материалам каталога сейсмических событий Сибирского региона оценено влияние человеческой деятельности на естественную сейсмичность. Исследовано локальное вмешательство человека в природные процессы на примерах проведения промышленных взрывов при добыче полезных ископаемых карьерным способом в Каа-Хемском угольном разрезе.

*Ключевые слова:* угольный разрез, сейсмическая активность, полезные ископаемые, техногенные факторы.

Рис. 3. Табл. 1. Библ. 4 назв. С. 22–26.

S.-S.S. MONGUSH

### *Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)* **THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC FACTORS ON SEISMICITY OF TYVA REPUBLIC**

The influence of human activity on natural seismicity is estimated according to the materials of the catalogue of seismic events of the Siberian region. Local human intervention in natural processes is investigated based on the industrial mining explosions by quarry method in the Kaa-Khem coal mine.

*Keywords:* coal mine, seismic activity, minerals, technogenic factors.  
Figures 3. Table 1. References 4. P. 22–26.

Современная сейсмология всё чаще уделяет внимание вопросам изучения влияния техногенных факторов на сейсмичность, как в глобальном масштабе, так и в отдельных регионах земного шара. Могут ли влиять такие мощные источники возбуждения сейсмических волн, как подземные ядерные, промышленные взрывы, работа крупных вибрационных комплексов на процессы возникновения и ослабления сейсмической активности, а если могут, — то каким образом? (Еманов и др., 2009).

В статье (Кондратьев, Люкэ, 2007) делается вывод о том, что воздействие крупных землетрясений и атомных взрывов в виде инициирования новых землетрясений в общем случае близко к нулю.

Цель данной работы состоит в рассмотрении примеров влияния техногенных процессов на изменение сейсмичности Республики Тыва.

### СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

Сейсмогеологические работы проводились в период с 2013 по 2018 гг. на территории Республики Тыва в рамках Базового проекта ТувИКОПР СО РАН «Напряжённое состояние сейсмоопасных территорий Тувы: оценка сейсмической безопасности на основе сейсмологических исследований и данных сети сейсмических станций».

В данном исследовании к зонам повышенной сейсмической активности будем относить зоны, в которых за исследуемый период были зарегистрированы сейсмические события энергетическим классом  $K \geq 11,0$  (магнитудой  $M \approx 3,9$  и выше). За период с 2013 по 2018 гг. на территории Республика Тыва было зарегистрировано 35 землетрясений  $K \geq 11,0$ .

На *рисунке 1* красными звёздами отмечены сейсмические события  $K \geq 11,0$ , зарегистрированные в 2013–2018 гг. и выделены пять зон повышенной сейсмической активности. Рассмотрим эти зоны.

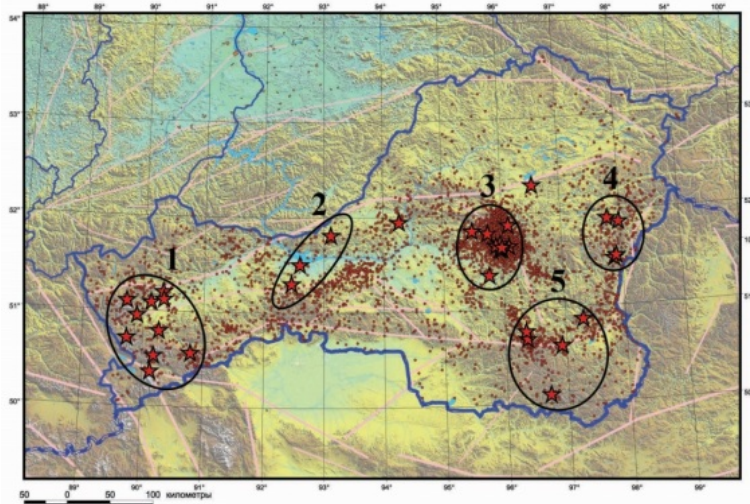


Рисунок 1. Землетрясения, зарегистрированные на территории Республики Тыва в 2013–2018 гг. и зоны повышенной сейсмической активности

**Зона №1** — в юго-западной части Республики Тыва и включает в себя северное окончание Шапшальской очаговой зоны и Тээлинскую зону возникновения очага землетрясений (ВОЗ). В зоне зафиксировано 10 землетрясений  $K \geq 11,0$ .

**Зона №2** — Шагонарский очаг в центральной части Республики Тыва. В 2013–2016 гг. зарегистрировано 3 землетрясения  $K \geq 11,0$ .

**Зона №3** — зона Тувинских землетрясений 2011–2012 гг. в районе Каахемского сейсмоактивного очага. В зоне зарегистрировано 11 землетрясений  $K \geq 11,0$ . Эти сейсмические события являются продолжением афтершокового процесса после землетрясений 27.12.2011 и 26.02.2012 гг.

**Зона №4** — связана с Бусийнгольской очаговой зоной, в которой в 2013–2016 гг. зарегистрировано 4 землетрясения  $K \geq 11,0$ .

**Зона №5** — относится к Нарынскому ВОЗ и располагается на сочленении нескольких разломных зон.

Относительно сильные сейсмические события ( $M \geq 3,5$ ) приурочены к относительно узким (до 200 км) вытянутым зонам, в которые входят все известные сейсмические очаги (Алтайский, Шапшальский, Бусийнгольский, Хубсугульский, Караганский и др.). При этом зона разрядки напряжений в виде сейсмических событий с  $M \geq 3,5$  окаймляет зону повышенной сейсмической эмиссии, приуроченной к очаговой зоне Тувинских землетрясений (27.12.2011  $M = 6,5$  и 26.02.2012  $M = 6,7$ ). Можно констатировать, что Тувинские (Каахемские) землетрясения привели к снятию напряжений в земной коре в Туве (Монгуш, 2018).

#### **Влияние техногенных факторов на сейсмичность Каа-Хемского угольного разреза**

Каа-Хемский угольный разрез находится рядом с г. Кызылом, на левобережье р. Мал. Енисей, является главным поставщиком угля в пределах Республики Тыва. Начал свою работу в 1970 г., заменив в последующем шахту «Красная горка». В последние годы уголь частично вывозится автотранспортом за пределы республики для использования в металлургии. Активная добыча полезных ископаемых производится карьерным методом, т. е. с использованием промышленных взрывов (Улуг-Хемский...: Электрон. ресурс).

Сейсмологическая лаборатория двойного подчинения (Краевое государственное бюджетное учреждение «Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края и ТуВИКОПР СО РАН) предоставляет данные о сейсмических событиях в районе Каа-Хемского угольного разреза (в радиусе 50 км.). По данным карт сейсмического районирования России ОСР–97 Каа-Хемский угольный разрез расположен в зоне 8-ми балльной степени сейсмической активности. Кроме того, нами использован каталог сейсмических событий, который составлен на основе данных сети сейсмологических станций Центра эндогенных источников чрезвычайных ситуаций Республики Тыва.

Проанализируем данные о сейсмических событиях в районе Каа-Хемского угольного разреза (в радиусе 50 км) за 2018 г. (табл. 1; рис. 2, 3).

**Таблица 1. Землетрясения с энергетическим классом  $K$  от 6,1 до 9,6 и промышленные взрывы с энергетическим классом  $K$  от 7,0 до 9,0 в районе Каа-Хемского угольного разреза (в радиусе 50 км) за 2018 г.**

№	Дата	Н (с. ш.)	Е (в. д.)	Глубина, км	Магнитуда (М)	Энергетич. класс (К)
Землетрясения						
1	05.02.2018	51°65′	95°36′	15	1,8	7,2
2	22.03.2018	51°28′	94°83′	15	2,7	8,8
3	30.03.2018	51°55′	94°59′	15	3,1	9,6
4	07.04.2018	51°66′	94°62′	15	2,4	8,3
5	16.05.2018	52°06′	94°37′	15	1,9	7,4
6	25.05.2018	51°60′	94°43′	15	1,9	7,5
7	31.05.2018	51°61′	94°56′	15	2,9	9,3
8	08.06.2018	51°73′	95°19′	15	2,7	8,8
9	28.07.2018	51°58′	94°65′	15	2,9	9,3
10	08.08.2018	51°62′	94°88′	15	1,2	6,1

Промышленные взрывы						
1	13.01.2018	51°57'	94°75'	0	2,6	9
2	01.02.2018	51°60'	94°52'	0	1,8	7
3	13.02.2018	51°58'	94°70'	0	2,5	9
4	07.03.2018	51°69'	94°34'	0	2,8	9
5	26.04.2018	51°62'	94°65'	0	2,8	9
6	28.04.2018	51°64'	94°66'	0	2,3	8
7	22.05.2018	51°65'	94°62'	0	2,5	9
8	19.06.2018	51°67'	95°04'	0	2,1	8
9	19.06.2018	51°50'	95°02'	0	1,8	7
10	21.06.2018	51°70'	94°62'	0	2,8	9
11	22.07.2018	51°60'	94°62'	0	1,9	7
12	04.08.2018	51°64'	94°74'	0	1,5	7
13	31.08.2018	51°64'	94°64'	0	2,4	8
14	29.09.2018	51°60'	94°66'	0	2,6	9
15	11.10.2018	51°61'	94°62'	0	2,0	8
16	24.10.2018	52°00'	95°00'	0	2,0	7

В 2018 г. зарегистрировано 10 сейсмических событий с энергетическим классом К от 6,1 до 9,6 и 16 промышленных взрывов с энергетическим классом К от 7,0 до 9,0 в районе Каа-Хемского угольного разреза (в радиусе 50 км).

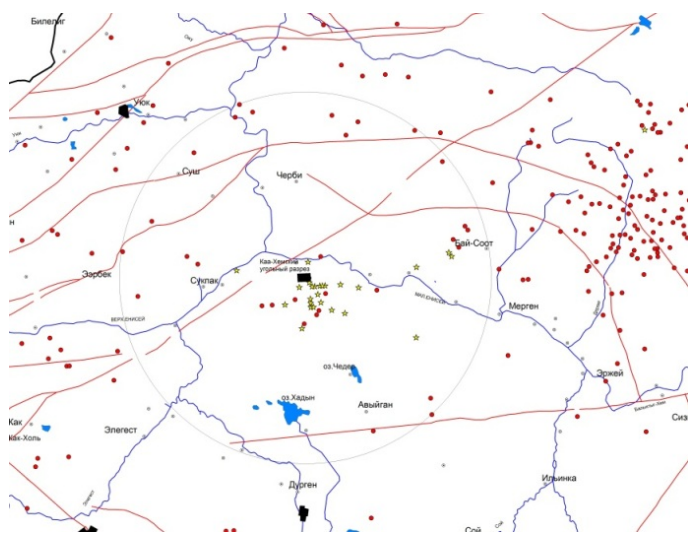


Рисунок 2. Карта-схема распределения землетрясений, зарегистрированных в районе Каа-Хемского угольного разреза в радиусе 50 км и Каахемского глубинного разлома за период с 01.01.2018 по 31.10.2018 г. (красные кружочки — землетрясения, жёлтые звёздочки — промышленные взрывы)

Всего на территории Республики Тыва в 2018 г. зарегистрировано 557 сейсмических событий и 30 промышленных взрывов.

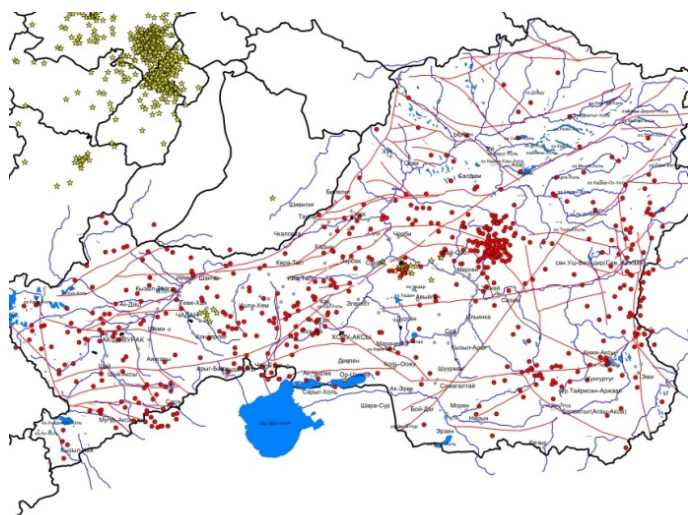


Рисунок 3. Обзор сейсмических событий по Республике Тыва за 2018 г. (красные кружочки — землетрясения, жёлтые звёздочки — промышленные взрывы)

Существует гипотеза, что постоянное вмешательство человека в естественные процессы сейсмичности земной коры путём создания множества малых сейсмических событий позволило постоянно разгружать накапливающиеся напряжённые состояния в потенциальных эпицентрах землетрясений и не допустить события высокого энергетического класса (Еманов и др., 2009). С другой стороны отметим, что в минувшие 10–15 лет в соседнем Алтайском крае произошла серия значительных землетрясений, что практически никак не сказалось на сейсмической активности в Кемеровской области.

В качестве общего заключения к данной статье хотелось бы сказать следующее. Безусловно, активная человеческая деятельность имеет тесную взаимосвязь с происходящими в Земле сейсмическими процессами. Важный вопрос, является ли снижение вероятности возникновения сильных сейсмических событий локальным и кратковременным, не последует ли вследствие прекращения регулярных нагрузок обратный всплеск активности — эти важные вопросы следует учесть при дальнейшем изучении поставленной задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

- Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В., Семин А.Ю. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе // Физическая мезомеханика. – 2009. – № 1. – С. 37–43.
- Кондратьев О.К., Люкэ Е.И. Наведённая сейсмичность. Реалии и мифы // Физика Земли. – 2007. – № 9. – С. 31–47.
- Монгуш С.-С.С. Обзор сейсмичности Республики Тыва за 2017 год // Молодёжный науч. вестн. – 2018. – № 12 (37). – С. 20–23.
- Улуг-Хемский угольный бассейн [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Улуг-Хемский\\_угольный\\_бассейн#Каа-Хемский\\_угольный\\_разрез](https://ru.wikipedia.org/wiki/Улуг-Хемский_угольный_бассейн#Каа-Хемский_угольный_разрез), свободный.