

1
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

<http://www.elmag.uran.ru>

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

Оренбургская область
Саракташский район
Валиева Ж.А.



2023

УЧРЕДИТЕЛЬ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© Коллектив авторов, 2023

УДК 550.34

*В.С. Белов*¹, *Ю.Р. Владов*¹, *Э.Р. Галеева*²

ВЛИЯНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТЕХНОГЕННО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ

¹ Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

В работе представлен анализ современной сейсмической активности на территории Восточного Оренбуржья. Сделаны выводы о возможных причинах сейсмических событий. Приводятся аргументы их непосредственной корреляции с проведенными взрывными работами. Рассмотрены особенности строения земной коры исследуемой территории. Выявлены наиболее активные тектонические структуры. Предложена методика идентификации сейсмической активности недр в районах добычи твердых полезных ископаемых.

Ключевые слова: структурно-тектоническое районирование, геологическое строение, сейсмические события, техногенное воздействие, геодинамическая активность, сейсмический мониторинг.

*V.S. Belov*¹, *Yu.R. Vladov*¹, *E.R. Galeeva*²

THE IMPACT OF BLASTING OPERATIONS ON THE OCCURRENCE OF TECHNOGENIC-TECTONIC EARTHQUAKES IN THE TERRITORY EASTERN ORENBURG REGION

¹ Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

² Orenburg State University, Orenburg, Russia

This paper presents an analysis of modern seismic activity on the territory of the Eastern Orenburg region. Conclusions are drawn about the possible causes of seismic events. Conclusions are drawn about the possible causes of seismic events. The arguments of their direct correlation with the conducted blasting operations are given. The features of the structure of the Earth's crust of the studied territory are considered. The most active tectonic structures have been identified. The method of identification of seismic activity of the subsurface in the areas of extraction of solid minerals is proposed.

Key words: structural-tectonic zoning, geological structure, seismic events, technogenic impact, geodynamic activity, seismic monitoring.

Введение

На картах общего сейсмического районирования ОСР-2016 для Оренбургской области указано значение расчетной сейсмической интенсивности 6 баллов по шкале MSK-64 (степень сейсмической опасности) при вероятности их возможного превышения 1% в течение 50 лет. Однако по статистическим данным ОФИЦ УрО РАН, геофизической службы РАН и Республики Казахстан, с 2006 по 2022 гг. на этой территории зафиксировано свыше 12 тысяч сейсмических событий с магнитудами от 1 до 4,6 единиц [1]. Это указывает на то, что порог расчетной сейсмической интенсивности может превышать, и проблема сейсмической безопасности в регионе становится весьма актуальной.

По материалам развития техногенно-тектонической сейсмичности на территории Южного Урала в данной работе выполнен дополнительный анализ причин ее появления. Проведение подобного анализа нацелено на выяснение особенностей и механизмов формирования очаговых зон техногенно-тектонических землетрясений, возникновение которых представляет особую опасность в связи с их высокой интенсивностью и внезапным проявлением в любое время суток.

Конечной целью проводимых нами исследований является повышение геодинамической безопасности на территории Южного Урала, в данном случае – за счет выявления закономерностей влияния промышленных взрывов на сейсмическую активность верхней части земной коры (на примере Восточного Оренбуржья) и оценки уровня негативного влияния сейсмических процессов на природно-техногенные объекты.

Объектом исследований в данной работе являются опасные природные и техногенно-природные процессы, возникающие в геологической среде, инициируемые сейсмическим воздействием промышленных взрывов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

1. Выполнить анализ строения верхней части земной коры;
2. Оценить сейсмическую активность с учетом воздействия промышленных взрывов;
3. Выявить влияние техногенных воздействий на сейсмическую активность.

Особенности строения земной коры.

Рассмотрим особенности строения земной коры на примере территории, расположенной в восточной части Оренбургской области. Данная терри-

тория является частью Уральской разломно-надвиговой провинции, образовавшейся в результате коллизии двух крупных континентальных плит: Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ, и имеет сложное геологическое строение с многочисленными тектоническими нарушениями (разломами) и естественной сейсмической активностью [2-4].

В тектоническом отношении в пределах Русской плиты на территории Оренбургской области фиксируются небольшие части двух крупных (региональных) тектонических подразделений: Волго-Уральской антеклизы и сопряженной с юга Прикаспийской синеклизы. Западно-Уральский мегамоноклинорий (Южно-Предуральский краевой прогиб), граничащий с Волго-Уральской антеклизой, представлен здесь Ашинско-Алимбетовским моноклинорием. На схеме тектонического районирования [5, 6] видно, что усредненное зеркало складчатости устойчиво погружается на запад – в сторону Восточно-Европейской платформы.

Далее на восток в Урало-Монгольском складчатом поясе, в пределах Оренбургской области, выделяются три региональных структурных подразделения:

1 - Центрально-Уральский мегантиклинорий, который, в свою очередь, состоит из трех субрегиональных подразделений: Зилаирского синклинория, Медногорского макроблока и Уралтаусского антиклинория.

Зилаирский синклинорий с запада ограничен крупным Тараташско-Кураганским надвигом, отделяющим его от упомянутого выше Ашинско-Алимбетовского моноклинория.

Медногорский макроблок представляет собой мозаику мелких блоков с обрывками складок разного порядка.

Уралтауский антиклинорий образует восточную периферию Центрально-Уральского мегантиклинория, заканчивающейся фронтальной частью Главного Уральского разлома.

2 - Тагило-Магнитогорский мегасинклинорий состоит из двух крупных элементов, характерных для всего Южного Урала: Поляковско-Халиловского пакета пластин и Магнитогорского синклинория.

Поляковско-Халиловский пакет пластин представляет собой шовную зону, обычно отождествляемую с телом Главного Уральского разлома. Последний (ширина его может достигать нескольких десятков километров) характеризуется как региональная дизъюнктивная структура с общей взбросо-

во-надвиговой кинематикой, осложненной более поздними подвижками сбросового, сдвигового и взбросового характера по крутопадающим трещинам. Шовную зону составляет серия сравнительно мелких тектонических пластин (чешуй). Довольно широкий возрастной интервал, принимаемый для возрастной характеристики комплекса, обусловлен длительным и неоднократным проявлением коллизионных процессов.

Магнитогорский синклинорий занимает значительное пространство на востоке территории, имеет сложное строение, асимметричный в целом профиль и прорывающиеся интрузии основного, среднего и кислого состава. Как и все субрегиональные формы Урало-Монгольского складчатого пояса, мегасинклинорий существенно осложнен разрывными нарушениями, а главным его восточным ограничением является крупный Джусинско-Домбаровский разлом.

3 - Восточно-Уральский мегантиклинорий состоит из чередующихся с запада на восток Уйско-Солончакского пакета пластин (шовная зона), Еленовско-Кумакского синклинория, Текельдытауского антиклинория, Прииргизского синклинория и Троицко-Карашатауского антиклинория.

Все границы названных выше структурных форм – тектонические, более того, сами они разбиты второстепенными разрывами на многочисленные мелкие блоки. Помимо разрывной тектоники, структуры осложнены интрузивным магматизмом. Структурный план территории целиком обусловлен деформациями – как складчатыми, так и разрывными. Все структуры отличаются друг от друга временем и интенсивностью проявления магматизма, метаморфизма, осадкообразования, металлогении, которые в совокупности являются проявлениями глубинной активности региона в течение десятков и сотен миллионов лет.

Сейсмическая активность при воздействии промышленных взрывов.

По своей природе значительная часть уральских землетрясений имеет тектоническое происхождение, однако в последние десятилетия участились сейсмические события техногенной природы – деятельность человека, нарушающая равновесное состояние массива горных пород, усиливает и провоцирует разрядку природных тектонических напряжений. Так, в 2018 г. зафиксировано 760, в 2019 г. – 712 и в 2020 г. – 758 сейсмических событий. Иными словами, с 2018 по 2020 гг. произошло 2230 землетрясений с магнитудами от 0,7 до 3,6 (средняя магнитуда при этом составляет 2, а выделившаяся энергия – около 1,3 ГДж).

На территории Восточного Оренбуржья крупные горнодобывающие предприятия ведут разработку месторождений твердых полезных ископаемых с применением буро-взрывных технологий. На сопредельной территории республики Казахстан, близ городов: Житикара, Рудный, Актобе и Хромтау, также ведутся работы по добыче твердых полезных ископаемых с применением взрывных технологий, что, в свою очередь, может влиять на сейсмическую активность верхней части земной коры. В целом геодинамическая активность верхней части земной коры Восточного Оренбуржья в значительной мере определяется техногенным воздействием на нее в виде взрывов при добыче твердых полезных ископаемых.

Влияние техногенных воздействий на сейсмическую активность.

Для оценки влияния техногенных воздействий на геодинамическую активность верхней части земной коры проведен анализ сейсмических событий с учетом данных о взрывных работах (дата, время, географические координаты, масса и вид взрывчатого вещества (ВВ), местоположение рудников, где производились взрывы), предоставленных ПАО «Гайский ГОК», АО «ОР-МЕТ» и АО «Киембаевский ГОК» [7-10].

Средние показатели за 2018-2020 гг. о сейсмических событиях, зарегистрированных в 20-и километровой зоне вокруг рудников, а также данные о количестве взрывов и их мощности приводятся: в таблице 1 – для карьеров и в таблице 2 – для шахт при добыче твердых полезных ископаемых (ТПИ).

Таблица 1. Средние показатели при добыче ТПИ в карьерах за 2018-2020 гг.

Карьеры	Масса ВВ используемая за год, т	Масса заряда ВВ, т	Среднее кол-во взрывов за год	Количество сейсмических событий в 20-ти км зоне вокруг карьеров			Отношение количества сейсмических событий к количеству взрывов	
				за год	Мб 1-1,9	Мб 2-2,9		Мб 3-3,9
Осенний карьер (ГГОК)	2757	18,5	146	120	85	34	1	0,9
Южно-Кировский + Белозерский карьеры (ГГОК)	275	40	9	5	0	5	0	2,0
Весенний карьер (ОРМЕТ)	1847	17,8	127	100	86	13	0	0,78
Киембаевский карьер (КГОК)	5175	58	93	80	20	60	1	0,89
Среднее по карьерам	2514	34	94	76	48	28	1	1,14

Таблица 2. Средние показатели при добыче ТПИ в шахтах за 2018-2020 гг.

Шахты	Масса ВВ используемая за год, т	Масса заряда ВВ, т	Кол-во взрывов за год	Количество сейсмических событий в 20-ти км зоне вокруг шахт				Отношение количества сейсмических событий к количеству взрывов
				за год	Мб 1-1,9	Мб 2-2,9	Мб 3-3,9	
Гайская шахта (ГГОК)	5585	0,3	1096	92	56	36	0	0,08
Джусинская шахта (ОР-МЕТ)	305	0,53	609	29	6	23	0	0,05
Среднее по шахтам	2945	2,8	853	61	31	30	0	0,07

Прослеживается закономерность – чем больше масса заряда ВВ, тем больше отношение количества сейсмических событий к количеству взрывов. Особенно, это характерно для карьеров, где масса заряда исчисляется десятками и даже сотнями тонн ВВ. Среднее отношение количества сейсмических событий к количеству взрывов в карьерах достигает 1,14.

Имеет место превышение количества сейсмических событий в 20-и километровой зоне вокруг карьеров над количеством произведенных взрывов в них. Это касается Осеннего, Южно-Кировского, Белозерского и Киембаевского карьеров (Южно-Кировский и Белозерский карьеры в данной статье рассматриваются совместно ввиду их близкого расположения друг к другу). Преобладание количества сейсмических событий над количеством взрывов можно объяснить их индуцированной природой, так как рядом с этими рудниками располагаются рудники Республики Казахстан, где также ведутся промысловые работы.

В шахтах при проходке выработок или отработке добычных камер средняя масса заряда не превышает одной тонны ВВ. Так, в Гайской шахте используется в среднем 5,3 т ВВ на 17-ти горизонтах, то есть средняя масса заряда составляет 0,3 т ВВ. Интервал между проведением взрывов по горизонтам составляет около 30 секунд. Среднее отношение количества сейсмических событий к количеству взрывов в шахтах равно 0,07.

Статистические данные о сейсмических событиях и взрывах по времени суток с 2006 по 2020 гг. свидетельствуют о наличии прямой корреляции между ними. Для наглядности приводим диаграмму соотношения сейсмических событий и взрывов в 2020 г. (рис. 1).

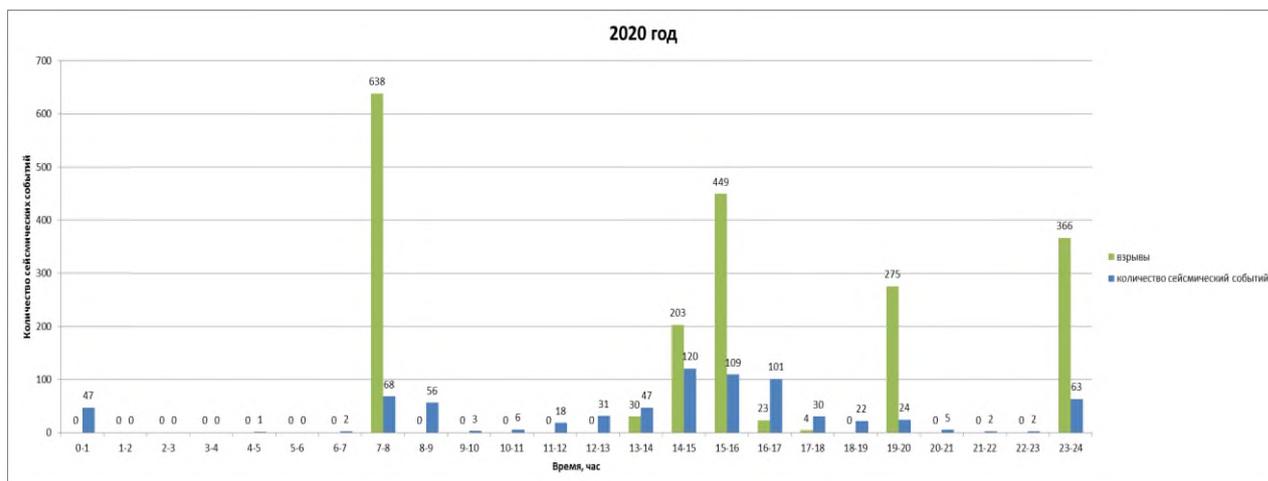


Рис. 1. Соотношение сейсмических событий и взрывов по времени суток в 2020 г.

Вместе с тем, из диаграммы представленной диаграммы видно, что наряду с сейсмическими событиями, совпадающими по времени со взрывами, имеются и несовпадающие. По всей видимости, сейсмические события, совпадающие по времени со взрывами, имеют техногенную природу, а не совпадающие – техногенно-индуцированную или тектоническую.

На рисунке 2 показано расположение эпицентров сейсмических событий, произошедших с 2018 по 2020 гг. на территории Восточной части Оренбургской области

Как видно из рисунка 2, эпицентры сейсмических событий сгущаются вокруг действующих рудников по добыче твердых полезных ископаемых.

На территории области таких сгущений два.

Наибольшие концентрации эпицентров отмечаются в районе городов: Новотроицк, Гай, Новоорск («Гайский» и «Джусинский» рудники) и в районе г. Ясный - Домбаровский («Осенний», «Весенний» и «Киембаевский» рудники). Неоднородность и значительный разброс зарегистрированных эпицентров сейсмических явлений от местоположения рудников, на которых взрывы по времени совпадали с ними, объясняются сложным геологическим строением верхней части земной коры и погрешностями при вычислении координат этих эпицентров, связанных с большой удаленностью (более 200 км) сейсмических станций от места событий.

С точки зрения тектоники, эпицентры сейсмических событий большей частью приходятся на Центрально-Уральский мегантиклинорий (Медногорский макроблок и Уралтауский антиклинорий) и соседствующий с ним с востока Тагило-Магнитогорский мегасинклинорий.

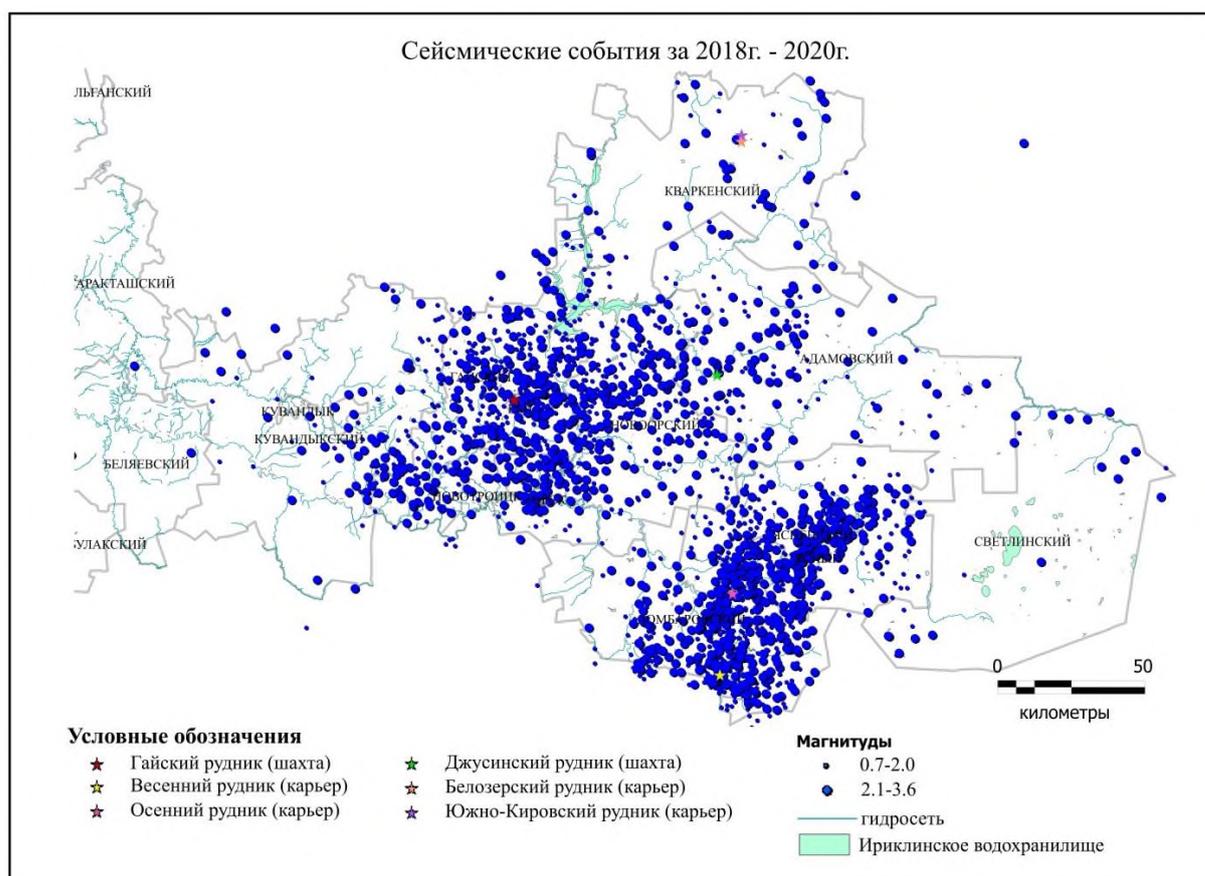


Рис. 2. Эпицентры сейсмических событий, произошедших в 2018-2020 гг.

Сейсмические события, зарегистрированные на территории Восточно-Уральского мегантиклинория, являются преимущественно техногенно-тектоническими, так как на сопредельной территории Республики Казахстан, в непосредственной близости от границы, также ведется добыча твердых полезных ископаемых с применением буро-взрывных технологий.

Заключение

Урало-Монгольский складчатый пояс имеет сложное геологическое строение с многочисленными тектоническими нарушениями (разломами) и естественной сейсмической активностью. Главный Уральский и Джусинско-Домбаровский разломы достаточно сейсмоактивны, а на сопряженных с ними территориях Центрально-Уральского мегантиклинория, Тагило-Магнитогорского мегасинклинория и Восточно-Уральского мегантиклинория возможны, если не катастрофические, то довольно сильные землетрясения.

Выполненный анализ выявил аномальную сейсмическую активность на рассматриваемой территории и уверенную корреляцию между сейсмическими событиями и массовыми технологическими взрывами при добыче твердых полезных ископаемых. Также имеют место сейсмические события, не

совпадающие по времени со взрывами. Это указывает на то, что, наряду с техногенными, происходят техногенно-индуцированные и тектонические сейсмические события. Частота их проявлений и мощность свидетельствуют об угрозе возникновения, если не катастрофических, то сильных землетрясений с магнитудой 5 и более.

Таким образом, возникает необходимость постоянного мониторинга, контроля и управления индуцированной сейсмической активностью на участках добычи твердых полезных ископаемых. В этой связи Отделом геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН разработан проект создания сейсмологической сети на базе четырех сейсмических станций, а также предложена соответствующая технология управления индуцированной сейсмической активностью на участках разработки твердых полезных ископаемых [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Казахстанский национальный центр данных. Сейсмический бюллетень. Источник: <https://www.kndc.kz>.
2. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
3. Тагиров И.А. Новые данные о геологическом строении Магнитогорского синклинали. В сб.: Тектоника и нефтеносность Урала и Приуралья. Уфа: БФАН СССР, 1978: 7-11.
4. Голионко Б.Г., Рязанцев А.В. Складчатые структуры юго-восточной и западной вергентности Максютковского метаморфического комплекса Южного Урала. Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. №65(3): 506-527.
5. Лядский П.В., Кваснюк Л.Н., Жданов А.В., Чечулина О.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист М-40 (Оренбург) с клапаном М-41. Объяснительная записка. Санкт-Петербург, 2013 г. С. 170, 174-176, 177-178, 179-180, 180.
6. Актуализированные ГИС-пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас «Недра России»). Источник: <http://atlaspaket.vsegei.ru/#cbb7daadb42beb721>
7. Белов В.С., Нестеренко М.Ю., Зацепин Н.В., Цвяк А.В.. Геодинамические процессы в восточной части Оренбургской области. Успехи современного естествознания. 2020. 10: 65.
8. Нестеренко М.Ю., Белов В.С. Природная и техногенная сейсмичность Восточного Оренбуржья. В сборнике: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XV Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021: 61.
9. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М. Природно-техногенная геодинамика и сейсмическая активность восточной части Оренбургской области. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. 4. 8с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/MYN-2019-4.pdf>). DOI: 10.24411/2304-9081-2019-15007
10. Способ управления индуцированной сейсмической активностью на участках разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Патент на изобретение RU 2782173 С1, 21.10.2022. Заявка № 2021113280 от 07.05.2021.

Поступила 18 марта 2023 г.

(Контактная информация: **Белов Владимир Сергеевич** – научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; адрес: 460014, Оренбург, ул. Набережная, д. 29, а/я 59; тел./факс (3532) 77-06-60 e-mail: belov-vs@mail.ru;

Владов Юрий Рафаилович – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; адрес: 460014, Оренбург, ул. Набережная, д. 29, а/я 59; тел./факс (3532) 77-06-60 e-mail: urvladov@rambler.ru;

Галеева Эльвира Рафисовна – аспирантка Оренбургского государственного университета; адрес: 460018, Оренбургская обл, г. Оренбург, пр-кт Победы, д.13; e-mail: galeevskoe@mail.ru).

REFERENCES

1. Kazakhstan National Data Center. Seismic Bulletin. Source: <https://www.kndc.kz>.
2. Puchkov V.N. Geology of the Urals and the Urals (current issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa: DesignPoligraphService, 2010. 280 p.
3. Tagirov I.A. New data on the geological structure of the Magnitogorsk synclinorium. In: Tectonics and oil content of the Urals and the Urals. Ufa: BFAN USSR, 1978: 7-11.
4. Golionko B.G., Ryazantsev A.V. Folded structures of the southeastern and western vergence of the Maksyutovsky metamorphic complex of the Southern Urals. Bulletin of St. Petersburg University. Geosciences. 2020. No. 65(3): 506-527.
5. Lyadsky P.V., Kvasnyuk L.N., Zhdanov A.V., Chechulina O.V. and others. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1000000 (third generation). Ural series. Sheet M-40 (Orenburg) with valve M-41. Explanatory letter. St. Petersburg, 2013, pp. 170, 174-176, 177-178, 179-180, 180.
6. Updated GIS packages of operational geological information (GIS-Atlas “Russian Subsoil”). Source: <http://atlaspaket.vsegei.ru/#cbb7daadbb42beb721>
7. Belov V.S., Nesterenko M.Yu., Zatsepin N.V., Tsvyak A.V.. Geodynamic processes in the eastern part of the Orenburg region. Advances of modern natural science. 2020. 10: 65.
8. Nesterenko M.Yu., Belov V.S. Natural and man-made seismicity in the Eastern Orenburg region. In the collection: Modern methods of processing and interpretation of seismicological data. Theses of the XV International Seismological School / Rep. ed. A.A. Malovichko. Obninsk: FRC EGS RAS, 2021: 61.
9. Nesterenko M.Yu., Nesterenko Yu.M. Natural-technogenic geodynamics and seismic activity of the eastern part of the Orenburg region. Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2019. 4. 8с. [Electr. resource] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/MYN-2019-4.pdf>). DOI: 10.24411/2304-9081-2019-15007
10. A method for controlling induced seismic activity in areas of development of solid mineral deposits. Patent for invention RU 2782173 C1, 10/21/2022. Application No. 2021113280 dated 05/07/2021.

Образец ссылки на статью:

Белов В.С., Владов Ю.Р., Галеева Э.Р. Влияние взрывных работ на возникновение техногенно-тектонических землетрясений на территории Восточного Оренбуржья. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН 2023. 1. 10с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2023-1/Articles/WSB-2023-1.pdf>) DOI: 10.24411/2304-9081-2023-11010.