

**ГЕОМЕХАНИКА, РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД, РУДНИЧНАЯ  
АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА  
GEOMECHANICS, DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION,  
MINE AEROGASDYNAMICS AND MINING THERMOPHYSICS**

Научная статья

УДК 622.271

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-3-70-78

**ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД  
ПРИ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКЕ РУДНЫХ ЗАПАСОВ НА УЧАСТКАХ  
ТАШТАГОЛЬСКОГО И ШЕРЕГЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Еременко Андрей Андреевич<sup>1</sup>, Копытов Александр Иванович<sup>2</sup>,  
Филиппов Владимир Николаевич<sup>1</sup>, Андрей Викторович Волков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт горного дела им. Н.А.Чинакала

<sup>2</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

<sup>3</sup>ООО «Глобал БВР»

\*для корреспонденции: L01BDV@yandex.ru



**Информация о статье**

Поступила:

21 марта 2023 г.

Одобрена после  
рецензирования:

15 июня 2023 г.

Принята к публикации:

20 июня 2023 г.

Опубликована:

30 июня 2023 г.

**Ключевые слова:**

Руды и вмещающие породы,  
геодинамические явления,  
очистные работы,  
энергетический класс,  
сейсмические события,  
разгрузочные скважины.

**Аннотация.**

Дана оценка горно-геологических и геомеханических условий разработки участков Таштагольского и Шерешевского месторождений. Определены участки, относящиеся к «опасным» по горным ударам. Проведен анализ ведения очистных работ по участкам и блокам. Отработка рудных запасов осуществлялась в основном системами разработки этажно-камерной и подэтажного обрушения с твердеющей закладкой выработанного пространства. Установлено, что при проведении взрывов возрастает интенсивность толчков с различным энергетическим классом в шахтном поле. Выполнены экспериментальные исследования и дана оценка геодинамического состояния массива горных пород при взрывной отбойке. Рассмотрено изменение количества толчков, их энергия ежемесячно в течение года и наиболее крупные сейсмические события, которые вызвали обрушения горных пород, нарушения крепи и мощные колебания на земной поверхности. Определено, что наибольшее количество толчков соответствует 1,2 классам – 87,77%. Установлено влияние массы зарядов взрывов на энергетический класс толчков по месяцам года. Основная геодинамическая активность в течение года отмечена на участке Новый Шереш. Даны рекомендации по безопасности ведения очистных работ и снижению напряжений в массиве горных пород.

**Для цитирования:** Еременко А.А., Копытов А.И., Филиппов В.Н., Волков А.В. Оценка геодинамического состояния массива горных пород при взрывной отбойке рудных запасов на участках Таштагольского и Шерешевского месторождений // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 3 (157). С. 70-78. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-3-70-78, EDN: JRQFR

Таштагольское и Шерегешевское железорудные месторождения расположены в сейсмически активном районе в Горной Шории. Глубина ведения горных работ – более 1000 м [1,2]. Руды и вмещающие породы на месторождениях прочные, высокомодульные, хрупко разрушаются под нагрузкой и способны накапливать значительную упругую энергию деформаций [3]. По физико-механическим свойствам пород и руд, уровню напряжений, действующих в массиве, наличию геодинамических явлений участок Восточный, Северо-Западный – с горизонта (гор.- 70) м и ниже, участок Юго-Восточный, Западный – с (гор.+ 70) м и ниже относятся к «опасным» по горным ударам [4].

В состав Шерегешевского месторождения включены более 5 рудных участков: с гор (+325) м участок Главный и с гор (+255) м, участок Подрусловый, Болотный, Новый Шерегеш также отнесены к «опасным» по горным ударам [5] (Рис. 1).

Рудная зона разбита рядом разрывных нарушений типа сброса-сдвига с углами падения  $40 \div 85^\circ$  и с амплитудами смещения  $40 \div 300$  м. Протяженность рудных зон составляет порядка 3,5 км и более, их мощность изменяется от 40 до 200-300 м [6-10].

Отработка рудных запасов в 2022 г. на участках месторождений осуществлялась в основном системами разработки этажно-камерной (этажи 70 м) и подэтажного обрушения (подэтажи 25-

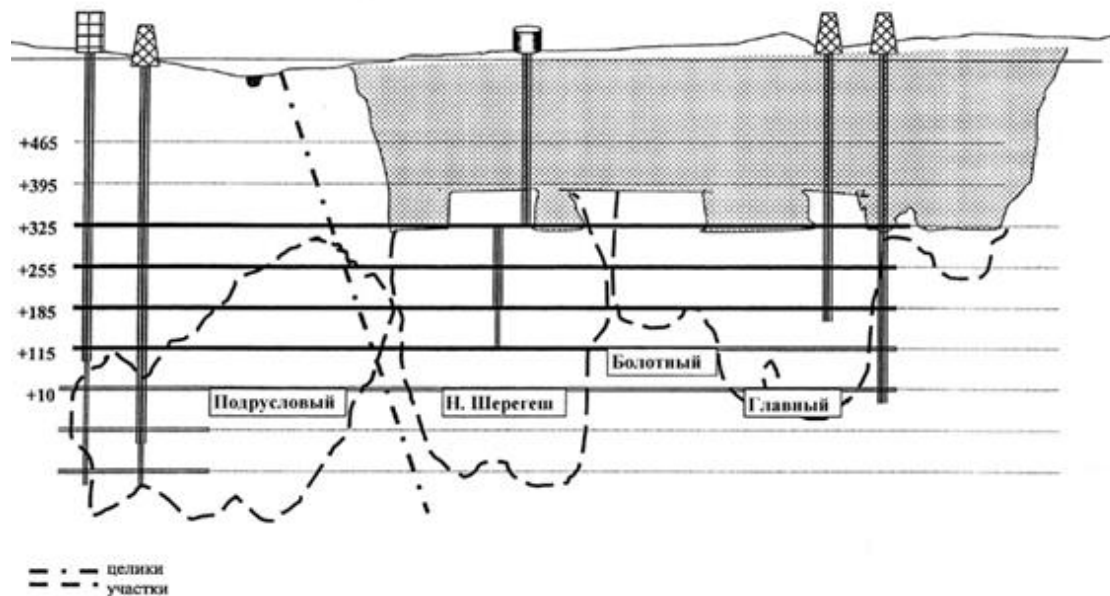


Рис. 1. Расположение удароопасных участков Шерегешевского месторождения  
Fig. 1. Location of shock-prone areas of the Sheregeshvsky field

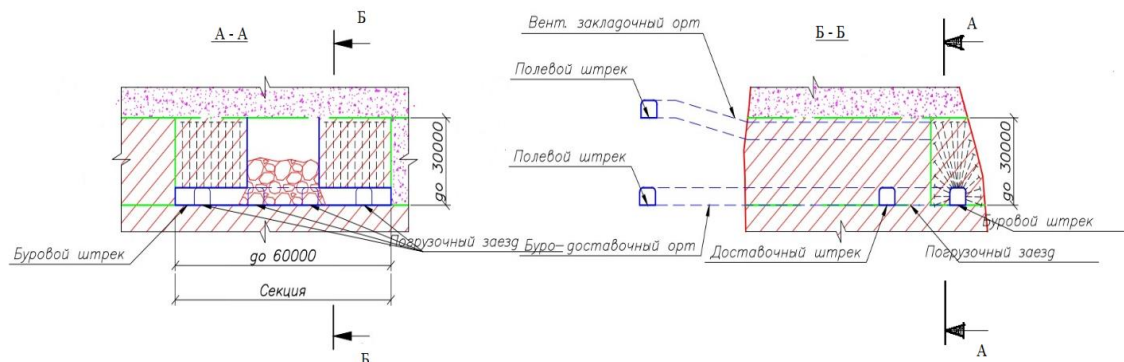


Рис. 2. Система разработки подэтажного обрушения с твердеющей закладкой выработанного пространства  
Fig. 2. Sublevel caving development system with goaf hardening backfill

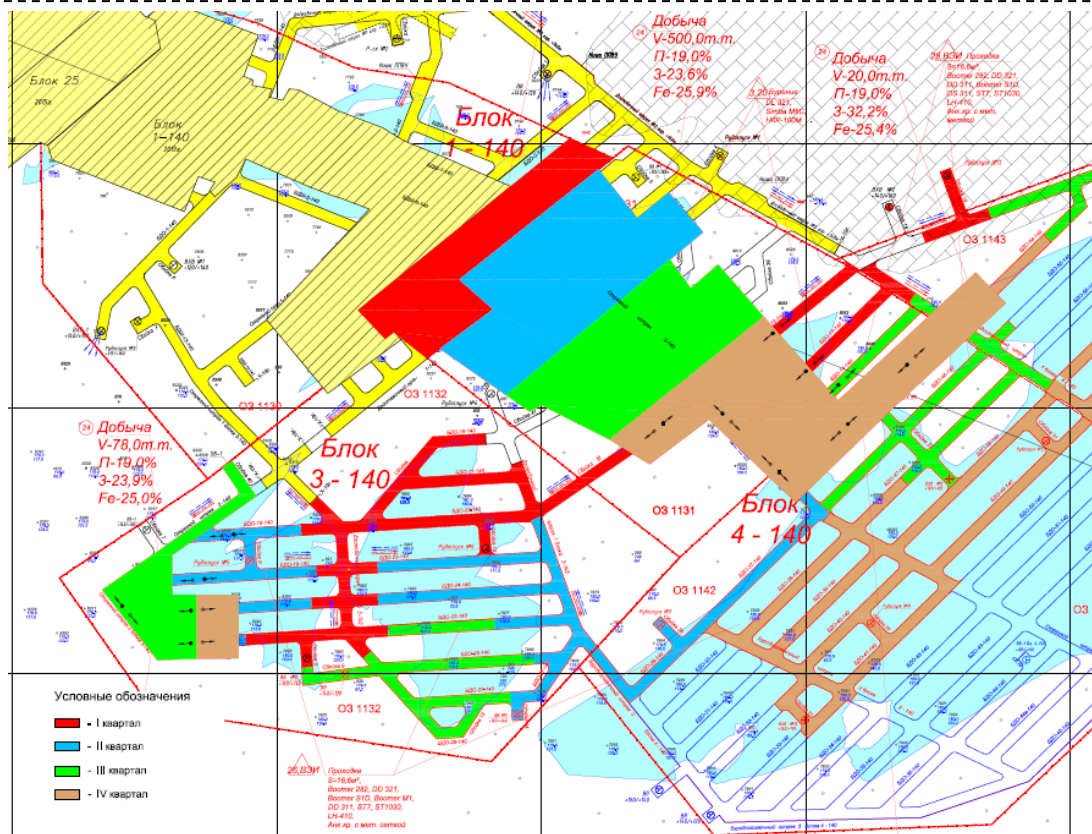


Рис. 3. Схема расположения блоков на участке Новый Шерегеш (гор.+140м)

Fig. 3. Layout of blocks on the site New Sheregesh (level +140m)



Рис. 4. Распределение толчков по энергетическим классам: I – 1-2 класс; II – 3-4 класс; III – более 4 класса; соответственно – 87,77%; 11,32% и 0,91%

Fig. 4. Distribution of shocks by stress energy release classes: I – 1-2 class; II – 3-4 class; III – more than 4 classes; respectively – 87.77%; 11.32% and 0.91%

30 м) с твердеющей закладкой выработанного пространства в нисходящем и восходящем порядках.

На Таштагольском месторождении очистные работы производились по блоку № 1-117 на Северо-Западном участке; по блокам № 5-03 и № 6 на Восточном участке и № 2 – Юго-Восточном участке, при этом осуществлено более 200 технологических взрывов.

На Шерегешевском месторождении очистные работы велись на гор + 115÷+235 м при обрушении блоков №№ 2-120, 2-5 гор(+140 м); 4-6 (гор+160 м); 2,5 – гор +115 м; 1 – гор+140 м

(участок Подрусловый), 1 – гор+185; 1 – гор+195; 1,2,6 – гор+215; 1 – гор +235 м (участок Главный); 1 – гор+235 м; 1 – гор+255 м (участок Болотный), при этом произведено более 640 технологических взрывов.

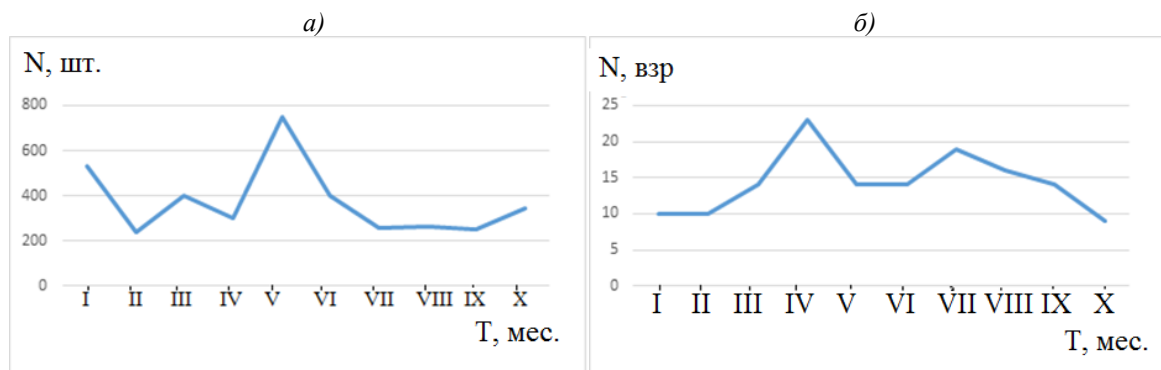


Рис. 5. Изменение количества толчков (N) (а) и взрывов (Nвзр) (б) в течение года  
Fig. 5. Change in the number of shocks (N) (a) and explosions (Nexplosions) (b) during the year

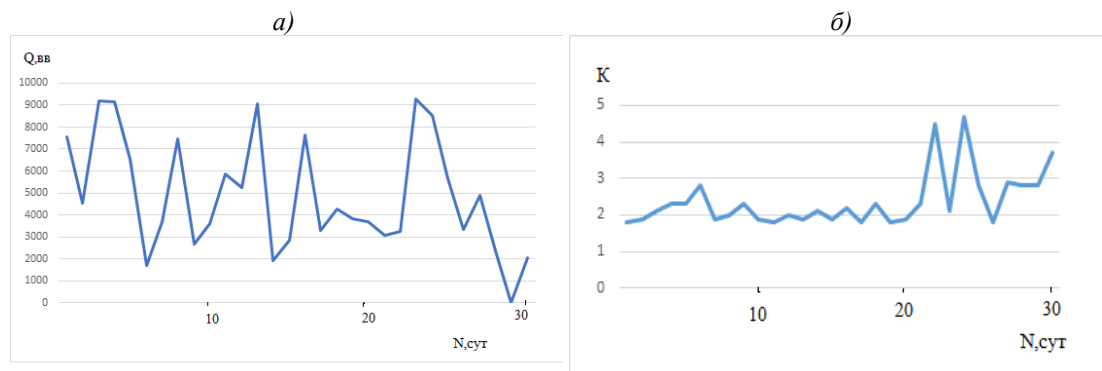


Рис. 6. Изменение массы зарядов ВВ ( $Q_{вв}$ ) (а) и энергетического класса толчков (K) (б) при взрывной отбойке руды по блокам в апреле  
Fig. 6. Change in the mass of explosive charges ( $Q_{вв}$ ) (a) and the stress energy release class of shocks (K) (b) during the explosive breaking of ore by blocks in April

Следует отметить, что при проведении взрывов часто возрастает интенсивность толчков с различным энергетическим классом в шахтном поле [11-13].

Для обеспечения безопасности ведения горных работ выполнены экспериментальные исследования и дана оценка геодинамического состояния массива горных пород при взрывной отбойке.

На Рис. 4 представлено распределение толчков по энергетическим классам в течение года на Таштагольском месторождении.

Определено, что наибольшее количество толчков соответствует 1,2 классам – 87,77%. Если рассмотреть изменение количества толчков, то максимальное число толчков регистрировалось в мае – до 800 шт., с энергией от  $10^4$  (517шт) до  $10^6$  Дж (5 шт), остальные толчки с энергией  $10^2 \div 10^5$  Дж (278 шт), при этом количество взрывов составило более 130 (Рис. 5).

Наиболее крупные сейсмические события после взрывов в мае 2022 г. возникли в районе Северо-Западного участка в центре орта №7, классом – 4,1; на Восточном участке в районе ортов № 02-03, БО – 4-5-270 (бурового орта); № 01, 1-01, БДО 3-БДО4 (буродоставочных ортов); ортов № 4,10-11 на отм - 250÷-369 м с классом – от 4,0 до 6,8, которые вызвали обрушение горных пород, нарушения крепи, мощные колебания на земной поверхности.

Технологические взрывы на Шерегешевском месторождении велись с массой ВВ от 0,7 до 9 т и более. Основная геодинамическая активность в течение года отмечена на участке Новый Шерегеш, где зарегистрировано более 2500 толчков, а на участках Подрусловый, Главный и Болотный – более 250 шт. Если оценить влияние массы зарядов ВВ и энергетический класс толчков по месяцам года, то при массе ВВ от 2,0 до 10,0 т рост сейсмической активности



наблюдался в апреле-мае, августе и октябре. Так, 20÷30.04.2022 г. произошло 30÷50 толчков с энергией 4,5÷5,0; 5.05.2022 г. в течение суток выявлено 63 толчка, классами - 5÷6; 3.08.2022 г., 9-10.08.2022г. зарегистрировано от 20 до 35 толчков, классами – 3,9÷6,0; 27.10.2022г. – 10 толчков, классами 2,5÷3,2 (Рис. 6).

Наиболее активным с точки зрения геомеханики является участок Новый Шерегеш, где в основном проводились очистные работы. Например, 10.08.2022г. в 6 час. 08 мин. зарегистрирован толчок классом 3,5 в районе гор.+115 м, орта 43, затем там же через 3 мин. – еще один толчок классом 4,0 (Рис. 7).

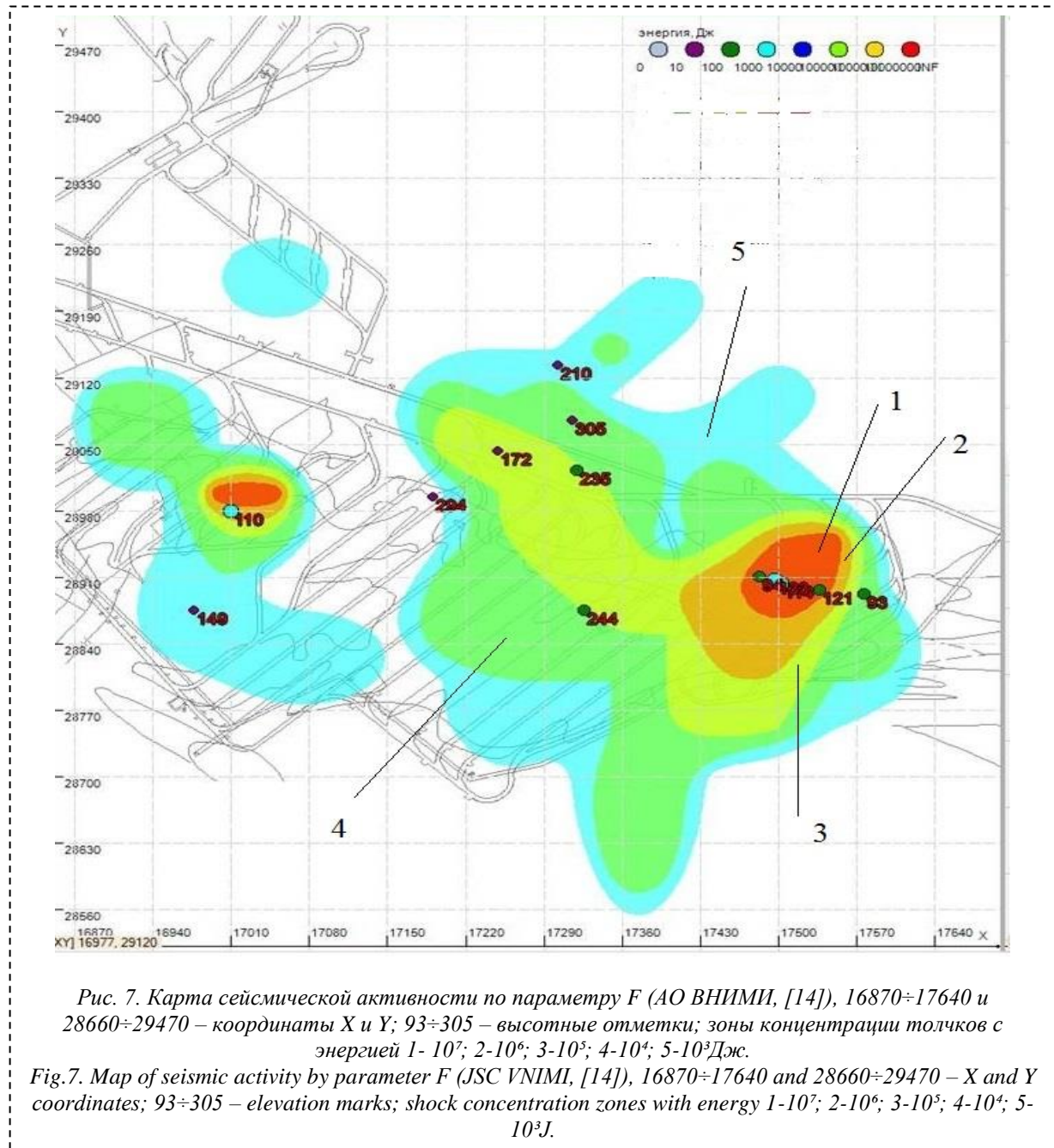


Рис. 7. Карта сейсмической активности по параметру  $F$  (АО ВНИМИ, [14]), 16870÷17640 и 28660÷29470 – координаты  $X$  и  $Y$ ; 93÷305 – высотные отметки; зоны концентрации толчков с энергией 1- $10^7$ ; 2- $10^6$ ; 3- $10^5$ ; 4- $10^4$ ; 5- $10^3$  Дж.

Fig.7. Map of seismic activity by parameter  $F$  (JSC VNIMI, [14]), 16870÷17640 and 28660÷29470 –  $X$  and  $Y$  coordinates; 93÷305 – elevation marks; shock concentration zones with energy 1- $10^7$ ; 2- $10^6$ ; 3- $10^5$ ; 4- $10^4$ ; 5- $10^3$  J.

Для снижения напряжений в массиве горных пород на участке была предусмотрена разгрузка посредством бурения разгрузочных скважин на гор + 160м в БДШ - 1÷БДШ - 3, которая позволила снизить энергию толчков на 40÷60%.

Выводы:

1. При взрывной отбойке рудных запасов на Таштагольском месторождении суммарный энергетический класс толчков на Юго-Восточном участке колебался от 1,6 до 2,6; на Северо-Западном – от 1,3 до 3,63 и на Восточном – 1,36÷5,45;

- установлено, что наибольшее количество толчков 1,2 энергетических классов в течении года равно 87,77%; при этом 3,4 и более 4 соответственно 11,32% и 0,91%;

- выявлено, что крупные толчки зарегистрированы в мае месяце 2-22г. в районе Северо-Западного участка классом 4,1; Восточного участка, классом 4,0÷6,8, они вызвали нарушения крепи.

2. При отработке рудных запасов на Шерегешевском месторождении геодинамическая активность в течение года отмечена на участке Новый Шерегеш, где установлено более 2500 толчков, при этом на участках Подрусловый, Главный и Болотный – более 250 толчков. Следует отметить, что при массе зарядов ВВ от 2,0 до 10,0 т рост сейсмической активности наблюдался в апреле-мае, августе и октябре;

- снижение энергетического класса на 40÷60% достигнуто посредством бурения разгрузочных скважин в напряженном массиве горных пород.

3. Обеспечение безопасности очистных работ достигается очередностью ведения взрывных работ в направлении от пригруженных массивов горных пород, где интенсивно ведутся горные работы, к разгруженным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко А. А., Еременко В. А., Гайдин А. П. Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск : Наука, 2009. 224 с.

2. Еременко А. А., Шапошник Ю. Н., Филиппов В. Н., Конуринов А. И. Развитие научных основ безопасной и эффективной геотехнологии при освоении удароопасных месторождений Западной Сибири и Крайнего Севера // Горный журнал. 2019. №10. С. 33–39.

3. Лобанова Т. В., Трофимова О. Л., Лобанов С. А. Современные геодинамические процессы в районе железорудных месторождений Горной Шории // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Новокузнецк : СибГИУ, 2012. С.88–95.

4. Указания по безопасному ведению горных работ на Таштагольском месторождении, опасном по горным ударам. ИГД СО РАН; АО «Евраз ЗСМК», Новосибирск – Новокузнецк. 2021. С. 74.

5. Указания по безопасному ведению горных работ на Шерегешевском месторождении, опасном по горным ударам. ИГД СО РАН; АО «Евраз ЗСМК», Новосибирск – Новокузнецк. 2021. С. 65.

6. Еременко В. А., Негурица Д. Л. Эффективный и активный мониторинг напряжений и деформаций в массивах горных пород // Eurasian Mining. 2016. №1. С.21–24.

7. Копытов А. И. Развитие железорудной отрасли Горной Шории – основа стабильной работы металлургии Кузбасса // Черные металлы. 2018. № 7. С. 41–48.

8. Филиппов В. Н., Еременко А. А., Христолюбов Е. А. Отработка предохранительных целиков в удароопасных условиях на Таштагольском и Шерегешевском месторождениях. ФТПРПИ. 2021. №1. С 62–72.

9. Рассказов И. Ю. Совершенствование методов и технических средств геомеханического мониторинга для предупреждения катастрофических явлений на удароопасных рудниках / В книге: Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Тезисы докладов II Международной научной школы академика К.Н. Трубецкого. 2016. С. 129–133.

10. Валиев Н. Г., Беркович В. Х., Пропп В. Д., Кокарев К. В. Проблемы отработки предохранительных целиков при эксплуатации рудных месторождений // Горный журнал УГТУ. 2018. №2. С. 4–9.

11. Mertuszka P., Szumny M., Fuławka K., Kondol P. Novel approach for the distress blasting in hard rock underground copper mines // Journal of Sustainable Mining. 2022. 21. Pp. 141–154. 10.46873/2300-3960.1352.

12. San J., Day L., Li J., Li X., Bai J., Wang M. Characteristics of Microseismic Waveforms Induced by Underground Distress Blasting: Comparison With Those Induced by Ground Blasting and Coal Mining // Frontiers in Earth Science. 2022. №10. P. 797358. 10.3389/feart.2022.797358.

13. Cheng P., Li Y., Lu Ch., Jian D., Xu Ch. Study on Blasting Effect Optimization to Promote Sustainable Mining under Frozen Conditions // Sustainability. 2022. №14. P. 16479. 10.3390/su142416479.

14. Еременко А. А., Мулев С. Н., Штирц В. А. Мониторинг геодинамических явлений микросейсмическим методом при освоении удароопасных месторождений. ФТПРПИ. 2022. №1. С. 12–23.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

Еременко Андрей Андреевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт горного дела им. Н.А. Чинакала (Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия), e-mail: eremenko@ngs.ru

Копытов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), L01BDV@yandex.ru

Владимир Николаевич Филиппов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, (Красный пр. 54, 630091, г. Новосибирск, Россия), e-mail: filippov144@yandex.ru

Андрей Викторович Волков, генеральный директор ООО «Глобал БВР», (141009, Московская область, г. Мытищи, ул. Новослободская, влд. 1, стр. 1), kazandrei3@mail.ru.

*Заявленный вклад авторов:*

Еременко А.А. – постановка исследовательской задачи, выводы.

Копытов А.И. – научный менеджмент, выводы.

Филиппов В.Н. – концептуализация исследования, обзор соответствующей литературы, написание текста.

Волков А.В. – сбор и анализ данных.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

### ASSESSMENT OF THE GEODYNAMIC STATE OF THE ROCK MASS DURING BLASTING OF ORE RESERVES AT THE TASHTAGOLSKY AND SHEREGESHEVSKY FIELDS

Andrey A. Eremenko <sup>1</sup>, Alexander I. Kopytov <sup>2</sup>,  
Vladimir N. Filippov <sup>1</sup>, Andrey V. Volkov <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Mining. N.A. Chinakala

<sup>2</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

<sup>3</sup> LLC Global BVR

\*for correspondence: L01BDV@yandex.ru



#### Article info

Received:

21 March 2023

Accepted for publication:

15 June 2023

Accepted:

20 June 2023

Published:

30 June 2023

**Keywords:** Ores and host rocks, geodynamic phenomena, mining operations, stress energy release

#### Abstract.

*An assessment of the mining-geological and geomechanical conditions for the development of areas of the Tashtagol and Sheregesh deposits is given. Areas related to "hazardous" rock bumps are identified. An analysis was made of the ore mining operations by sections and blocks. The development of ore reserves was carried out mainly by the systems of level-room and sub-level caving with hardening backfilling of the mined-out space. It has been established that during explosions, the intensity of shocks with different stress energy release classes in the mine field increases. Experimental studies have been carried out and an assessment of the geodynamic state of the rock mass during breaking by blasting has been given. The change in the number of shocks, their energy, monthly, during the year, and the largest seismic events that caused rock collapses, lining failures and powerful vibrations on the earth's surface are considered. It was determined that the largest number of shocks corresponds to classes 1 and 2 amounting to 87.77%. The effect of the mass of explosion charges on the stress energy release class of shocks by months of the year is established. The main geodynamic activity during the year was noted in the*

*class, seismic events, discharge wells*      *Novy Sheregesh area. Recommendations are given on the safety of mining operations and the reduction of stresses in the rock mass.*

**For citation:** Eremenko A.A., Kopytov A.I., Filippov V.N., Volkov A.V. Assessment of the geodynamic state of the rock mass during blasting of ore reserves at the Tashtagolsky and Sheregeshevsky fields. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 3(157):70-78. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-3-70-78, EDN: JRQFR

## REFERENCES

1. Eremenko A.A., Eremenko V.A., and Gaidin A.P. Mining and geological and geomechanical conditions for the development of iron ore deposits in the Altai-Sayan folded region. Novosibirsk: Science; 2009.
2. Eremenko A.A., Shaposhnik Yu.N., Filippov V.N., Konurin A.I. Development of scientific foundations for safe and effective geotechnology in the development of shock-prone deposits in Western Siberia and the Far North. *Mining Journal*. 2019; 10:33–39.
3. Lobanova T.V., Trofimova O.L., Lobanov S.A. Modern geodynamic processes in the area of iron ore deposits of Gornaya Shoria. *High-tech technologies for the development and use of mineral resources: collection of scientific articles of the International Scientific and practical Conference*. Novokuznetsk: SibGIU; 2012. Pp.88–95.
4. Guidelines for the safe management of mining works at the Tashtagolskoye field, dangerous for mountain impacts. IGD SB RAS; JSC "Evraz ZSMK", Novosibirsk – Novokuznetsk. 2021. P.74.
5. Instructions on the safe conduct of mining operations at the Sheregeshevskoye field, which is dangerous for mining impacts. IGD SB RAS; JSC "Evraz ZSMK", Novosibirsk – Novokuznetsk. 2021. P.65.
6. Eremenko V.A., Neguritsa D.L. EFFICIENT AND ACTIVE MONITORING OF STRESSES AND STRAINING IN ROCK MASSES. *Eurasian Mining*. 2016; 1:21–24.
7. Kopytov A.I. The development of the iron ore industry of the Mining Shoria is the basis for the stable operation of the Kuzbass metallurgy. *Ferrous metals*. 2018; 7:41–48.
8. Filippov V.N., Eremenko A.A., Hristolyubov E.A. Testing of safety targets in shock-hazardous conditions at the Tashtagol and Sheregeshev fields. *FTPRPI*. 2021;1:62–72.
9. Rasskazov I.Y. Improvement of methods and technical means of geomechanical monitoring for the prevention of catastrophic events at impact-prone mines. In the book: Problems and prospects of integrated development and preservation of the Earth's interior. Abstracts of the II International Scientific School of academician K.N. Trubetskoy. 2016. Pp. 129-133.
10. Valiev N.G., Berkovich V.H., Propp V.D., Kokarev K.V. Problems of working off safety targets during the operation of ore deposits. *Mining Magazine of UGSU*. 2018; 2:4–9.
11. Mertuszka P., Szumny M., Fuławka K., Kondol P. Novel approach for the de stress blasting in hard rock underground copper mines. *Journal of Sustainable Mining*. 2011; 21:141–154. 10.46873/2300-3960.1352.
12. San J., Day L., Li J., Li X., Bai J., Wang M. Characteristics of Microseismic Waveforms Induced by Underground De stress Blasting: Comparison With Those Induced by Ground Blasting and Coal Mining. *Frontiers in Earth Science*. 2022; 10:797358. 10.3389/feart.2022.797358.
13. Cheng P., Li Y., Lu Ch., Jian D., Xu Ch. Study on Blasting Effect Optimization to Promote Sustainable Mining under Frozen Conditions. *Sustainability*. 2022; 14:16479. 10.3390/su142416479.
14. Eremenko A.A., Mulev S.N., Stirts V.A. Monitoring of geodynamic phenomena by microseismic method in the development of impact-prone deposits. *FTPRPI*. 2022;1:12–23.

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

### *About the authors:*

Andrey A. Eremenko, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Chief Researcher, Institute of Mining. N.A. Chinakala, (Red Avenue, 54, 630091, Novosibirsk, Russia), e-mail: eremenko@ngs.ru

Alexander I. Kopytov, Dr. Sc. in Engineering, Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: L01BDV@yandex.ru

Vladimir N. Filippov, C. Sc. in Engineering, Senior Researcher, Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, (54 Krasny prospect, Novosibirsk, 630091, Russia), e-mail: filippov144@yandex.ru

Andrey V. Volkov, General Director of LLC Global BVR, (141009, Moscow region, Mytishchi, Novoslobodskaya str., vld. 1, p. 1), e-mail: kazandrei3@mail.ru



*Contribution of the authors:*

Andrey A. Eremenko – formulation of the research problem, conclusions.

Alexander I. Kopytov – scientific management, conclusions.

Vladimir N. Filippov – conceptualization of research, review of relevant literature, writing of the text.

Andrey V. Volkov – data collection and analysis.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

