

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОРОД НА УЧАСТКЕ СОПРЯЖЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК

В.И. Голик, Северо-Кавказский горно-металлургический институт, г. Владикавказ, Россия;

Н.М. Качурин, Тульский государственный университет, г. Тула, Россия;

Н.Г. Валиев, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия;

В.Х. Дзапаров, Северо-Кавказский горно-металлургический институт, г. Владикавказ, Россия.

Аннотация: В статье приведены результаты исследования несущей способности пород при проведении и эксплуатации горных выработок при подземной разработке месторождений.

Установлено, что величину природных и техногенных напряжений и деформации на участке проходки очистных и подготовительных выработок можно прогнозировать.

Определено, что безопасность и эффективность отработки месторождения обеспечивается путем предупреждения критических напряжений в элементах геомеханической системы.

Результаты исследований могут быть полезными при добыче полезных ископаемых и строительстве подземных объектов в скальных породах.

Ключевые слова: месторождения полезных ископаемых, массив, сопряжение выработок, напряжения, деформации, закономерности, динамика, структурные блоки, качество руд.

INVESTIGATION OF THE BEARING CAPACITY OF ROCKS AT THE INTERFACE OF PREPARATORY AND TREATMENT WORKINGS

V. Golik, the North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy, Vladikavkaz, Russia;

N. Kachurin, Tula State University, Tula, Russia;

N. Valiev, the Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia;

V. Dzaparov, the North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy, Vladikavkaz, Russia.

Abstract: The article presents the results of a study of the bearing capacity of rocks during the conduct and operation of mine workings during underground mining. It is established that the magnitude of natural and man-made stresses and deformations at the site of sinking of treatment and preparatory workings can be predicted. It is determined that the safety and efficiency of mining is ensured by preventing critical stresses in the elements of the geomechanical system. The results of the research can be useful in the extraction of minerals and the construction of underground facilities in rocks.

Keywords: mineral deposits, array, coupling of workings, stresses, deformations, patterns, dynamics, structural blocks, ore quality.

Эксплуатируемое месторождение представляет собой подземное сооружение, обладающее внутренним строением и системой элементов. Расчет параметров сооружения осуществляется методами строительной механики, которая является инструментом расчетов, связанных с прочностью, жесткостью и устойчивостью, как отдельных элементов, так и сооружения в целом.

Для расчета подземных сооружений используют общие законы механики и соотношения, учитывающие физико-механические свойства породного массива, условия взаимодействия элементов, частей и основания сооружения. По результатам измерений формируются расчетная схема сооружения и математическая модель в виде системы рекуррентных уравнений [1].

Достоинства строительной механики применительно к горному производству включают в себя возможность ре-

шения динамических задач, потому что подземное сооружение представляет собой систему, работающую под воздействием переменных динамических нагрузок и силовых полей [2-4].

Условием безопасной и эффективной эксплуатации месторождений полезных ископаемых подземным способом является учет и использование свойств рудовмещающих породных массивов. От полноты учета свойств зависит качество добываемого сырья и величина расходов на управление породными конструкциями, поэтому динамика напряжений и деформаций в процессе добычи руд является целью натурных исследований, в том числе, геофизическими и маркшейдерскими методами [5-8].

Безопасность и эффективность отработки месторождения обеспечивается путем предупреждения критических напряжений в элементах системы руда - порода - земная по-

верхность, возникающих при взаимодействии техногенных (пустотность, сейсмика взрыва, вибрация и т.п.) и природных (тектоника, гравитация, сейсмичность) факторов разрабатки месторождения [9-12].

Увеличение глубины разработки месторождений и увеличение объемов добычи минералов усиливают масштаб воздействия на рудовмещающие массивы, устойчивость которых является результатом взаимодействия формирующихся силовых полей. Наиболее опасные условия создаются при сопряжении рудного тела выработками [13-16].

Целью исследований данного направления является прогнозирование развития горного давления на участке сопряжения выработок для своевременного принятия управленческих решений.

Методы исследования. Для получения данных был использован комплекс исследований: аналитические, натурные (измерение напряжений и деформаций), лабораторные, теоретические, а также методы с экспериментальным подтверждением расчетных данных и др. Используемые методы исследований имеют возможность количественно определить параметры проявления несущей способности разрушенных пород. Их диапазон исследований включал в себя разделы: расчет строительных конструкций, динамика конструкций и сооружений, аналитические и численные методы расчета конструкций, расчеты на устойчивость и др. В частности, геологический и маркшейдерский инструментарий исследований включали в себя:

- ✧ измерение напряжений в крепи тензометрами;
- ✧ измерение деформаций крепи маркшейдерским нивелированием (рис. 1).

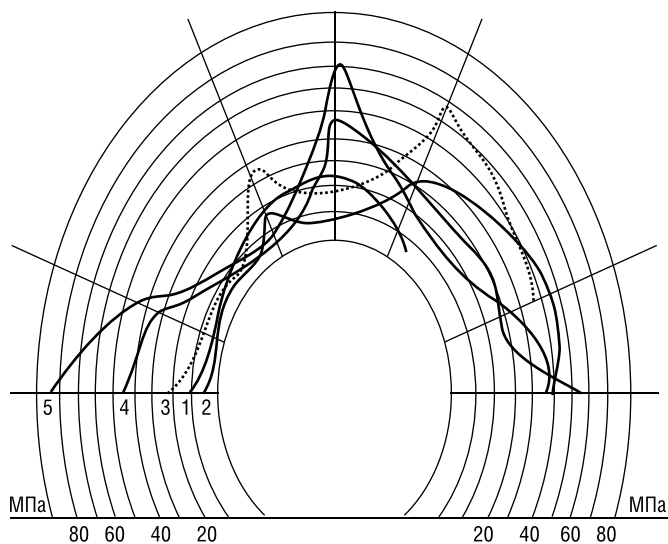


Рис. 1. Эпюры напряжений σ_x в рамной крепи:
1-5 - измерения.

Результаты и обсуждение. При подземной разработке сложноструктурных месторождений, например, Восток (Северный Казахстан) поведение рудовмещающих массивов во многом определяется тектоническими нарушениями, которые сопровождаются зонами трещиноватости и рассланцевания пород.

Физико-механические свойства пород представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства пород.

Характеристика пород	Плотность, г/см ³	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при растяжении, МПа	Скорость продольных волн, м/с	Акустическая жесткость, 10 ⁹ г/с см
Андезитовые порфириды	3,0	107,95	8,5	4700	13,8
Кварцевые порфиры измененные	2,89	77,3	3,6	3400	10,2
Кварцевые порфиры расланцованные	2,76	26,7	3,3	2600	7,15
Конгломерат валунно-галечный	2,75	77,5	14,8	-	-
Оруденелые алевритово-аргиллиты	2,75	62,6	15,9	-	-

Динамика изменения напряжений в процессе приближения горной выработки к рудному телу определялась путем измерения расстояний между установленными на металлических крепежных рамах реперами, показания которых регистрировали один раз в месяц.

По измеренным деформациям ξ_0 , ξ_{f1} , ξ_{f2} определяли главные деформации:

$$\xi_{1,2} = \frac{\xi_{f2} + \xi_{f1}}{2} \pm \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\xi_{f2} - \xi_{f1})^2 + (\xi_0 - \xi_{f1})^2}, \quad (1)$$

и угол φ между направлениями ξ_0 и ξ_{f1}

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{\xi_{f1} - \xi_{f2}}{2\xi_0 - \xi_{f1} - \xi_{f2}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (2)$$

Главные напряжения в исследуемой точке на основании закона Гука:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2} (\xi_1 + \mu \xi_2), \quad (3)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\mu^2} (\xi_2 + \mu \xi_1), \quad (4)$$

где E – модуль упругости; μ – коэффициент Пуассона.

Измерения напряжений датчиками смещения стенок скважин позволяют утверждать, что они являются функцией величины нагрузки и времени ее действия (рис. 2).

В процессе развития деформации массива можно выделить фазы:

- ✧ начальная, при проходке нарезной выработки с увеличением деформаций крепи от 2 до 16 мм;
- ✧ срединная, при подработке висячего бока выработкой с увеличением деформаций до 19 мм;
- ✧ заключительная, при полном развитии очистных работ.

В зоне сопряжения выработок средние значения деформации в течение 1, 2 и 3 месяцев наблюдений составили: 43, 119, 128 мм, соответственно. Максимальные деформации крепи отмечены вблизи очистного забоя и в районе разлома. Через 6 месяцев деформации в верхней арке рамы № 4 составили 233 мм, а ширина крепи на высоте 0,5 м от почвы увеличилась на 55 мм. Рама № 19 вышла из строя, так как центр

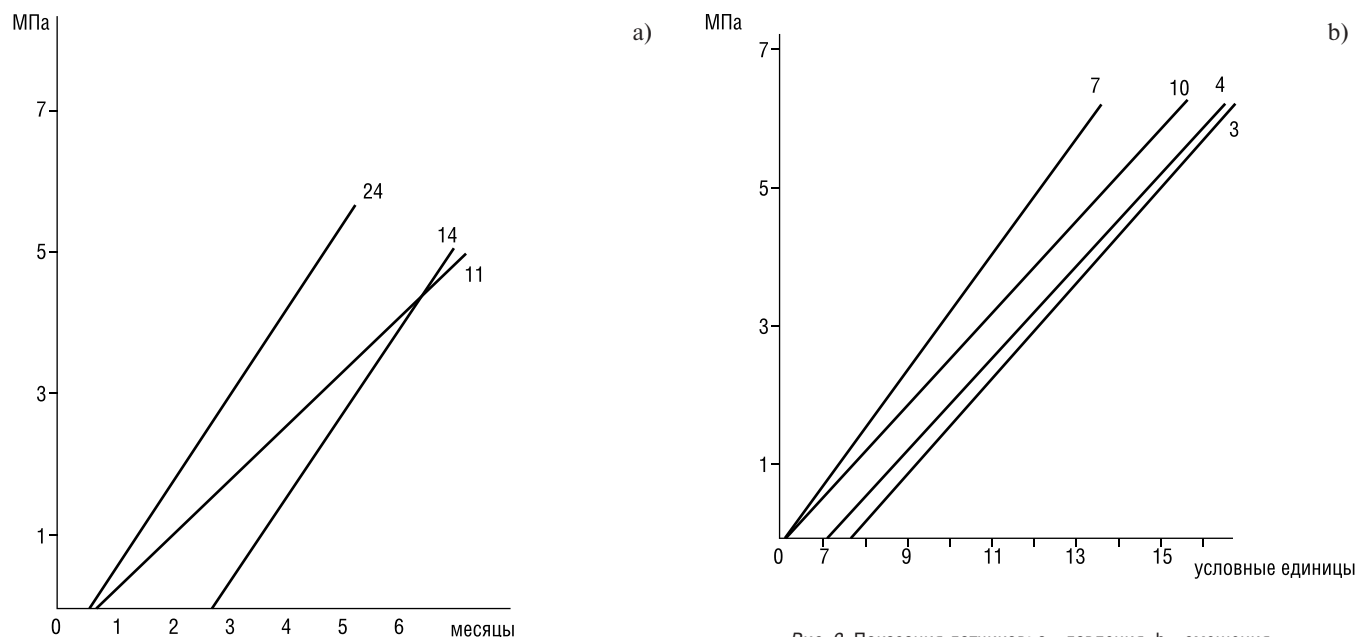


Рис. 2. Показания датчиков: а - давления, б - смещения.

ее верхней арки опустился на 432 мм, а ширина по замкам увеличилась на 312 мм.

В процессе развития деформации крепи при дальнейшем развитии добычных работ просматривается некоторая закономерность. Пока рудное тело ведет себя как защемленная в боках балка, горное давление распределяется равномерно, а после отрезки со стороны висячего бока нагрузка на крепь адекватно возрастает (табл. 2).

Таблица 2

Динамика напряжений и деформаций.

Месяцы	Деформации, мм				Напряжения, МПа		
	Номера датчиков				Номера датчиков		
	4	10	3	7	24	44	11
1	1,0	0,16	0,22	0,09	-	-	-
2	3,6	0,65	0,24	0,25	2,3	0,12	0,04
3	-	2,0	0,30	0,26	9,7	2,35	0,85
4	-	-	0,46	0,52	7,68	5,14	2,68
5	-	-	0,92	0,64	-	6,35	3,69
6	-	-	1,05	0,86	-	-	3,76

Деформации крепи в зоне разлома вызваны сильной нарушением пород с ухудшением их физико-механических свойств.

При одинаковой удаленности от очистного пространства междууровневые целики деформируются больше, чем породный массив (рис. 3).

Исследованиями подтверждено, что рудовмещающий массив характеризуется различной величиной действующих напряжений, причем с приближением фронта очистных работ к рудному телу и увеличением размеров очистного пространства он испытывает возрастающую нагрузку.

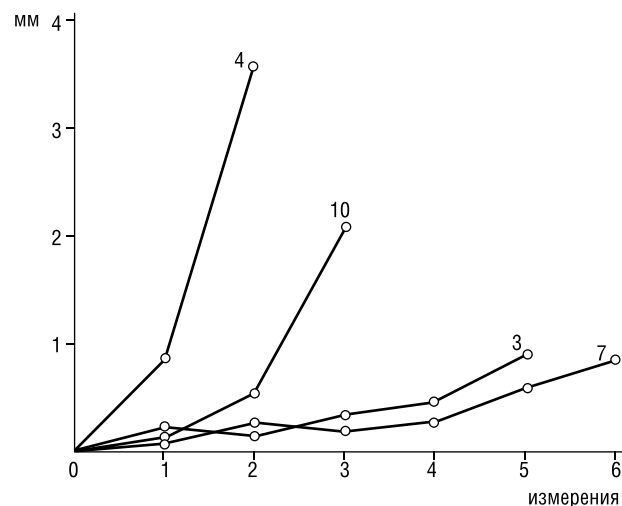


Рис. 3. Графики смещения стенок скважин во времени: 3, 4, 7, 10 - номера датчиков.

Практический интерес представляет то, что значительный рост деформаций и напряжений начинается в данном случае в течение первых трех месяцев очистных работ и возрастают в породах медленнее, чем в руде. По окончании очистных работ напряжения и деформации в массиве стабилизируются.

Если структурные блоки пород смещаются в выработанное пространство, кровля принимает форму свода, а обрушающиеся породы разубоживают руду, что увеличивает потери металлов при обогащении руд.

Поэтому на практике стремятся сохранить плоскую форму кровли путем выбора таких параметров работ, при которых породы в нижнем слое над выработкой заклиниваются и удерживают пригрузку массой породы внутри свода естественного равновесия (рис. 4).

Это условие описывается моделью Ветрова - Голика:

$$L_{пред} = 2d_2 \sqrt{\frac{10R_{сжс}}{K_2 \gamma d_1}}, \quad (5)$$

где $L_{пред}$ – предельный пролет плоской кровли выработки; d_1 – горизонтальный размер структурных блоков, м; d_2 – вертикальный размер структурных блоков, м; γ – объемный вес пород; K_2 – коэффициент запаса.

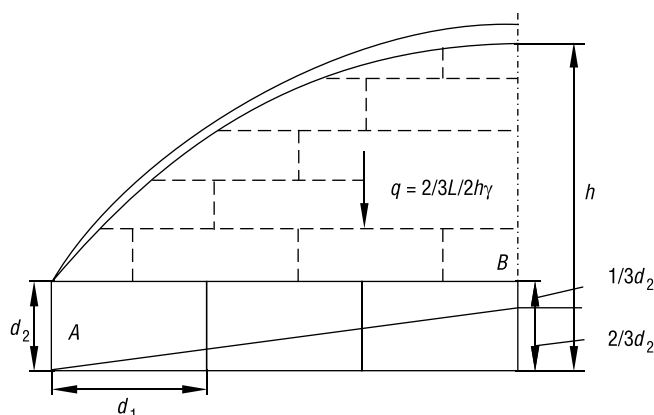


Рис. 4. Условие образования плоской кровли выработки:

h – высота свода естественного равновесия пород; L – ширина пролета; d_1 – длина структурных блоков; d_2 – высота структурных блоков; γ – объемный вес пород; q – момент силы, A и B – пяты свода естественного равновесия пород.

Если кровлю слагают породы, деформации в которых не превышают предел пластических, допустимый пролет плоской формы кровли определяется из уравнений:

$$\begin{aligned} q &= \frac{2}{3} \frac{L_0}{2} h_0; & h_0 &= \frac{L_0}{2V_0}; \\ q &= \frac{L_0}{2V_0}; & M_q &= \frac{L_0 \gamma}{18V_0}; \\ T &= \frac{10 R_{сж}}{R_c} \frac{1}{2} d_{oc}; \\ M_T &= T \frac{5}{2} d_{oc} = \frac{10 R_{сж}^o \cdot 5 d_{oc}}{18 K_2}; & R_{сж} &= R'_{сж} = R^n_{сж}. \end{aligned}$$

Ширина плоского пролета может быть увеличена при скреплении структурных породных блоков анкерами, бетоном и т.п.:

$$\begin{aligned} q_n &= \frac{L_3}{2} \gamma; & M_q &= \frac{L_3}{2} \gamma \frac{L_3}{4} = \frac{L_3^2 \gamma}{8}; \\ T &= \frac{10 R_{сж}}{K_2} \frac{2}{3} d_{n2}; \\ M_T &= T \frac{2}{3} d_{n2} = \frac{10 R_{сж} \cdot 10 d_{n2}^2}{18 K_2}; \\ L_3 &= 298 d_{n2} \sqrt{\frac{10 R_{сж}}{K_2 \gamma}}. \end{aligned}$$

Результаты исследования коррелируются с выводами специалистов данного направления горного дела [17-20].

Заключение. При подземной разработке рудных месторождений напряжения и деформации на участке сопряжения очистных и подготовительных выработок поддаются прогнозированию, что позволяет корректировать параметры разработки с получением экономического эффекта от повышения качества добываемых руд.

Выводы. Безопасность и эффективность отработки месторождения обеспечивается путем предупреждения критических напряжений в элементах геомеханической системы.

Использование несущей способности пород при проведении и эксплуатации подземных горных выработок является еще не в полной мере задействованным фактором повышения эффективности горного производства.

Достоверные сведения о величине природных и техногенных напряжений и деформации позволяют оптимизировать расходы на управление состоянием массивов при подземных работах.

Результаты исследований носят универсальный характер и могут быть востребованы при проектировании и эксплуатации горных объектов, а также в процессе подготовки специалистов высшей квалификации. ■

ЛИТЕРАТУРА

- Потапов В.Д., Фимкин А.И., Пепанян А.Р. Экспериментальная проверка модели нелокально упругого основания // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2015. - № 5. - С. 63-68.
- Дребенштедт К., Голик В.И., Дмитрак Ю.В. перспективы диверсификации технологии добычи металлов в РСО-Алания // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 1 (35). С. 125-131.
- Ляшенко В.И., Голик В.И. Научное и конструкторско-технологическое сопровождение развития уранового производства. Достижения и задачи // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 7. С. 137-152.
- Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Т. 7. № 4. С. 325-329.
- Пространственно-временные задачи геоэкологии – междисциплинарный подход / В.С. Бригида, Х.Х. Кожиев, А.А. Сарян, А.К. Джиева // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 4. С. 20-32.
- Khani A., Baghbanan A., Norouzi S., Hashemolhosseini H. Effects of fracture geometry and stress on the strength of a fractured rock mass // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. 2013. No. 60. P. 345-352.
- Дмитрак Ю.В., Логачева В.М., Подколзин А.А. Геофизическое прогнозирование нарушенности и обводненности массива горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 11. С. 35-36.
- Валиев Н.Г., Беркович В.Х., Пропп В.Д., Кокарев К.В. Проблемы отработки предохранительных целиков при эксплуатации рудных месторождений // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. № 2. С. 4-9.
- Ping Y. J., Zhong C. W., Sen Y. D., Qiang Y. J. Numerical determination of strength and deformability of fractured rock mass by FEM modeling // Computers and Geotechnics. - 2015. - Vol. 64. - P. 20-31.
- Валиев Н.Г., Пропп В.Д., Вандышев А.М. Кафедре горного дела УГГУ – 100 лет // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 8. С. 130-143.

11. Еременко В.А., Лушников В.Н., Сэнди М.П., Милкин Д. А., Мильшин Е.А., Кшановский В. С. Выбор и обоснование технологии проведения и способов крепления горных выработок в неустойчивых горных породах на глубоких горизонтах Холбинского рудника // Горный журнал. - 2013. - № 7. - С.78-84.
12. Куранов А. Д., Сидоров Д. В. Оценка напряженного состояния междуштрековых целиков на рудниках ОАО «Апатит» // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. - 2011. - № 1. - С. 308-312.
13. Протосеня А. Г., Куранов А. Д. Методика прогнозирования напряженно-деформированного состояния горного массива при комбинированной разработке Коашвинского месторождения // Горный журнал. - 2015. - № 1. - С. 67-71.
14. Ляшенко В.И. Развитие геомеханического мониторинга свойств и состояния массива горных пород при подземной разработке месторождений сложной структуры // Маркшейдерский вестник. - 2016. - №1. - С.35-43.
15. Дзапаров В.Х., Харебов Г.З., Стась В.П., Стась П.П. Исследование сухих строительных смесей на основе отходов производства для подземного строительства // Сухие строительные смеси. 2020. № 1. С. 35-38.
16. Zaalishvili, V.B., Melkov, D.A., Dzeranov, B.V., Morozov, F.S., Tuaev, G.E. Integrated instrumental monitoring of hazardous geological processes under the Kazbek volcanic center // (2018) International Journal of GEOMATE, 15 (47), pp. 158-163.
17. V V Aksenov, A A Khoreshok, V U Beglyakov and A B Efremkov. The concept of creating perspective technological paradigm of formation (development) of the underground space on the basis of the leading development of new approaches in construction geotechnology and geotechnics. Premises and basic provisions (part 2) // ISPCET 2019. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 656 (2019) 012005. IOP Publishing.
18. Хашева З.М. Факторы формирования кризисных ситуаций в региональной экономической системе // Социально-экономические проблемы развития Южного макрорегиона. Сборник научных трудов. - Краснодар, 2011. С. 94-103.
19. Голик В.И., Разоренов Ю.И., Каргинов К.Г. Основа устойчивого развития РСО - Алания - горнодобывающая отрасль // Устойчивое развитие горных территорий 2017. № 2. С. 56-62.
20. Голик В.И., Соболев А.А., Дзапаров В.Х., Харебов Г.З. Перспективы разработки месторождений Садона // Устойчивое развитие горных территорий. № 3. 2018. С. 45-53.

REFERENCES

1. Potapov V. D., Fimkin A. I., Pepanyan A. R. Experimental verification of a model of a nonlocally elastic base. Construction mechanics of engineering structures and structures. 2015. No. 5. pp. 63-68.
2. Drebenstedt K., Golik V.I., Dmitrak Yu.V. Prospects for the diversification of metal mining technology in the RSO-Alania. Sustainable development of mountain territories. 2018. Vol. 10. No. 1 (35). pp. 125-131.
3. Lyashenko V. I., Golik V.I. Scientific and design-technological support of the development of uranium production. Achievements and tasks. Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2017. No. 7. pp. 137-152.
4. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by use of canopies. Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 7. No. 4. pp. 325-329.
5. Spatial and temporal problems of geoecology – an interdisciplinary approach / V.S. Brigida, H.H. Kojiev, A.A. Saryan, A.K. Dzhioeva. Mining information and analytical bulletin. 2020. No. 4. pp. 20-32.
6. Khani A., Baghbanan A., Norouzi S., Hashemolhosseini H. Effects of fracture geometry and stress on the strength of a fractured rock mass. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. 2013. No. 60. P. 345-352.
7. Yu.V., Logacheva V.M., Podkolzin A.A. Geophysical forecasting of disturbance and waterlogging of rock mass. Mining information and analytical bulletin. 2006. No. 11. pp. 35-36.
8. Valiev N.G., Berkovich V.Kh., Propp V.D., Kokarev K.V. Problems of working off safety targets during the operation of ore deposits. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal. 2018. No. 2. pp. 4-9.
9. Ping Y. J., Zhong C. W., Sen Y. D., Qiang Y. J. Numerical determination of strength and deformability of fractured rock mass by FEM modeling. Computers and Geotechnics. 2015. Vol. 64. pp. 20-31.
10. Valiev N.G., Propp V.D., Vandyshev A.M. The Mining Department of UGSU is 100 years old. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal. 2020. No. 8. pp. 130-143.
11. Eremenko V.A., Lushnikov V.N., Sandy M.P., Milkin D. A., Milshin E.A., Kshanovsky V. S. The choice and justification of the technology of carrying out and methods of fixing mine workings in unstable rocks on the deep horizons of the Kholbinsky mine. Gornyi zhurnal. 2013. No. 7. pp.78-84.
12. Kuranov A.D., Sidorov D. V. Assessment of the stressed state of inter-track tselikov at the mines of JSC «Apatit». Izvestiya Tula State University. Earth sciences. 2011. No. 1. pp. 308-312.
13. Protosenya A. G., Kuranov A.D. Methodology for predicting the stress-strain state of a mountain massif during the combined development of the Koashvinsky deposit. Gornyi zhurnal. 2015. No. 1. pp. 67-71.
14. Lyashenko V.I. Development of geomechanical monitoring of properties and condition of rock mass during underground mining of deposits of complex structure. The Surveyor's Bulletin. 2016. No. 1. pp.35-43.
15. Dzaparov V.Kh., Kharebov G.Z., Stas V.P., Stas P.P. Investigation of dry building mixes based on production waste for underground construction. Dry building mixes. 2020. No. 1. pp. 35-38.
16. Zaalishvili, V.B., Melkov, D.A., Dzeranov, B.V., Morozov, F.S., Tuaev, G.E. Integrated instrumental monitoring of hazardous geological processes under the Kazbek volcanic center. International Journal of GEOMATE. 2018. 15 (47), pp. 158-163.
17. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglyakov V.U. and Efremkov A.B. The concept of creating perspective technological paradigm of formation (development) of the underground space on the basis of the leading development of new approaches in construction geotechnology and geotechnics. Premises and basic provisions (part 2). ISPCET 2019. IOP [Conf. Series: Materials Science and Engineering] 656 (2019) 012005. IOP Publishing.

18. Khasheva Z.M. Factors of the formation of crisis situations in the regional economic system. Socio-economic problems of the development of the Southern macroregion. Collection of scientific papers. - Krasnodar, 2011. pp. 94-103.
19. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Karginov K.G. The basis of sustainable development of the RSO - Alania - mining industry. Sustainable development of mountain territories. 2017. No. 2. pp. 56-62.
20. Golik V.I., Sobolev A.A., Dzaparov V.Kh., Kharebov G.Z. Prospects for the development of Sadon deposits. Sustainable development of mountain territories. No. 3.2018. pp. 45-53.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Голлик Владимир Иванович:
доктор технических наук,
профессор,
Северо-Кавказский горно-металлургический
институт (ГТУ).
г. Владикавказ, Россия,
e-mail: v.i.golik@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Golik Vladimir Ivanovich:
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
the North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
(State Technological University).
Vladikavkaz, Russia,
e-mail: E-mail:v.i.golik@mail.ru



Качурин Николай Михайлович:
доктор технических наук,
профессор,
заведующий кафедрой геотехнологий
и строительства подземных сооружений,
Тульский государственный университет.
г. Тула, Россия,
e-mail: ecology_tsu_tula@mail.ru

Kachurin Nikolai Mikhailovich:
Doctor of Technical Science,
Professor,
Head of Department,
Tula State University.
Tula, Russia,
e-mail: ecology_tsu_tula@mail.ru



Валиев Нияз Гадым Оглы:
доктор технических наук,
заведующий кафедрой,
Уральский государственный горный университет,
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: science@ursmu.ru

Valiev Niyaz Gadym Ogly:
Doctor of Technical Sciences,
Head of the Mining Department,
the Ural State Mining University.
Ekaterinburg, Russia,
e-mail: science@ursmu.ru



Дзапаров Вячеслав Хаматканович:
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Горное дело»,
Северо-Кавказский горно-металлургический
институт (ГТУ).
г. Владикавказ, Россия,
e-mail: dzapa64@yandex.ru

Dzaparov Vyacheslav Khamatkanovich:
Candidate of technical sciences,
docent of the Mining Department
the North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
(State Technological University).
Vladikavkaz, Russia,
e-mail: dzapa64@yandex.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

Информируем Вас

При содействии Международного союза машиностроителей ДонНТУ издает Международный студенческий научно-технический журнал «ИНЖЕНЕР», в 2022 году выйдут № 1(31) – 2 (32). Срок подачи статей до 10.09.2022 г.
Более детальная информация приведена на сайтах: <http://tm.donntu.org>, <http://tm.donntu.org>