

ISSN 2221-3198

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2018



УДК 504.55.054: 622 (470.6)
DOI:10.23671/VNC.2018.4.20132

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕДР

© 2018 В. И. Голик¹, д. т. н., проф., О. Г. Бурдзиева¹, к. г. н., Ю. В. Дмитрак², д. т. н., проф., Т. Э. Шяймартдянов²

¹Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru;

²ФГБОУ ВО Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44

Статья посвящена проблемам охраны экосистем окружающей среды при разработке месторождений Садонской группы. Дана схема мониторинга состояния массива при техногенном вмешательстве. Приведены схемы моделирования вариантов управления напряжениями. Сформулированы условия обеспечения геомеханической сбалансированности массивов и земной поверхности в районе освоения недр. Дана типизация способов управления геомеханикой массивов при погашении техногенных пустот. Показано, что взаимодействие природных и технических систем, обеспечивающих геомеханическую сбалансированность массивов и земной поверхности в районе освоения недр с возможностью мониторинга состояния массива пород в течение неопределенно долгого периода времени, основано на оптимизации параметров полей напряжений в пределах разрабатываемых месторождений полезных ископаемых.

Ключевые слова: месторождение, Садон, мониторинг, массив, геомеханика, освоение недр, природные и технические системы.

Введение

Горное предприятие, эксплуатирующее месторождение подземным способом, в ходе извлечения из недр минеральных масс оказывает мощное воздействие на прилегающий к нему участок литосферы. Проблема оценки результатов этого воздействия становится все более актуальной, учитывая активизацию процессов общения подземных объектов с экосистемами окружающей среды в течение неопределенно долгого периода времени даже после прекращения добычных горных работ [Голик и др., 2016; Дмитрак, Камнев, 2016; Ханева, Голик, 2015; Бурдзиева, 2010].

Локализация скальных месторождений в зоне активного сейсмического воздействия обостряет геодинамические процессы при эксплуатации месторождений, потому что их породы характеризуются повышенными значениями геодинамических параметров: хрупкостью, коэффициентом удароопасности и тектонической нарушенностью. Поэтому технологические решения по организации горного производства должны обеспечивать возможность мониторинга состояния массива пород на всех этапах разработки месторождения.

При прогнозировании механизма и последствий взаимодействия природных и технических систем в горных регионах приоритетным считается геомеханическое направление, поскольку оно более полно учитывает особенности возникновения и трансформации напряжений.

Особенности решения задач горной геомеханики при разработке месторождений полезных ископаемых заключаются в том, что состояние и свойства массива являются исходными, что определяет необходимость изучения слагающих их природных систем и принятия к производству в качестве данных.

Природные и техногенные объекты всегда находятся в поле усиливающих друг друга природных и техногенных напряжений. Горные объекты реагируют на поля на своих частотах, поэтому геомеханические явления в регионе нередко становятся первопричинами негативных событий в экосистемах окружающей среды.

Наведенные геомеханические процессы соседствуют с естественными геодинамическими процессами. Следствием этих процессов является нарушение первоначального равновесия в верхней части земной коры горными работами [Комащенко, 2016; Заалишвили и др., 2014; Геомеханические..., 2017; Golik et al., 2015].

Нарушение стабильности литосферы активизирует природные явления на земной поверхности: оползни, обвалы, просадка грунтов, создает условия для формирования селей и снежных лавин; способствует увеличению поверхностного стока и т. д.

Группа Садонских месторождений в зоне повышенной активности Большого Кавказа располагает 5 млн м³ незаполненных пустот. Такой объем не может не реагировать на изменения геодинамической и сейсмической ситуации в регионе. Динамические процессы в ее недрах могут быть причиной катастрофических процессов, например, схода ледника Колка в Кармадонском ущелье.

Сила горного удара на Кировском руднике в 1989 г., достигала 6 баллов. Горно-тектонический удар в 1995 г. на Верхнекамском калийном месторождении разрушил междукамерные целики и спровоцировал оседание земной поверхности на глубину 5 м с обрушением более 3 млн м³ пород на площади 600'500 м.

Основным фактором техногенного воздействия на породные массивы является взрывание зарядов взрывчатых веществ при отделении руд от массивов. При разработке рудных залежей значение придается взаимосвязанным вопросам дробления пород взрывом и распределения энергии взрыва в массиве.

Значительное место отводится моделированию поведения горных пород в напряженном состоянии с использованием различных моделей среды. Однако идеализация естественных условий ограничивает пригодность полученных решений для практического использования.

Для объективной оценки устойчивости массивов необходим учет сейсмического действия массовых взрывов. В основе прогнозирования сейсмической опасности промышленных взрывов находится сравнение фактически возникающих при взрыве сейсмических колебаний с допустимой скоростью смещения.

Важнейшей динамической характеристикой рудовмещающих пород, определяющей показатели взрывной отбойки, является скорость распространения в них возбужденных взрывом продольных волн. Для большинства горных пород она изменяется от 1000 до 9000 м/с. Не менее важным параметром является прочность пород, которая с увеличением глубины горных работ, пусть и не закономерно, но изменяется.

Месторождения руд локализуются в залежах сложного строения с развитой тектоникой и интенсивной трещиноватостью (коэффициент структурного ослабления – 0,1-0,4). Эффективность их разработки зависит от учета сейсмического действия взрыва.

Наиболее эффективным методом управления параметрами сейсмических волн является изменение параметров поля напряжений путем регулирования граничных условий. Изменяя акустическую жесткость среды, примыкающей к разрушаемой, регулируют параметры отраженной и преломленной волн, или параметры вторичного поля напряжений.

Сейсмическое действие взрыва на сооружения оценивают по допустимой скорости колебаний, при которой сохранность сооружений гарантирована, а локальные деформации не превышают прогнозируемые. При возбуждении в массиве пород скорости колебаний выше допустимой величины сохранность зданий или сооружений не гарантируется.

Влияние возникающих в ходе природно-техногенных систем на безопасность жизнедеятельности общества усиливается с изменением географии работ и масштабов вмешательства.

Модели взаимодействия природных и технических систем, обеспечивающих геомеханическую сбалансированность массивов и земной поверхности в районе разработки месторождений полезных ископаемых в течение неопределенно долгого периода времени являются неперенным условием при проектировании технологий [Ляшенко, Голик, 2004; Заалишвили, 2014; Голик и др., 2015; Bucher et al., 2013].

Объект и результаты исследования

Целью многих исследований разных времен является судьба включающего группу Садонских месторождений участка Центрального Кавказа. Модель взаимодействия природных и техногенных напряжений при освоении запасов традиционными для истории Садона и диверсифицируемыми технологиями может быть создана, как результат моделирования вариантов технологий управления геомеханикой массивов и земной поверхности в регионе с учетом фактора времени [Голик и др., 2004; Заалишвили и др., 2005, 2013; Бурдзиева, 2011].

Взаимодействие природных и технических систем, обеспечивающих геомеханическую сбалансированность массивов и земной поверхности в районе освоения недр с возможностью мониторинга состояния массива пород в течение неопределенно долгого периода времени, основано на оптимизации параметров полей напряжений в пределах разрабатываемых месторождений полезных ископаемых.

Средством регулирования напряжений является заполнение выработанного пространства породами, глиной, песком, закладочными смесями и хвостами подземного выщелачивания руд.

Принятие решений по управлению состоянием массива основывается на результатах комплексных исследований, осуществляемых, как в стадии проектирования, так и на всех этапах существования месторождения, а иногда и после ликвидации (рис. 1).



Рис. 1. Схема к концепции мониторинга состояния массива

Величина напряжений в естественных и искусственных массивах регулируется путем комбинирования технологий управления состоянием рудовмещающего массива с совмещением технологий различного типа (рис. 2).

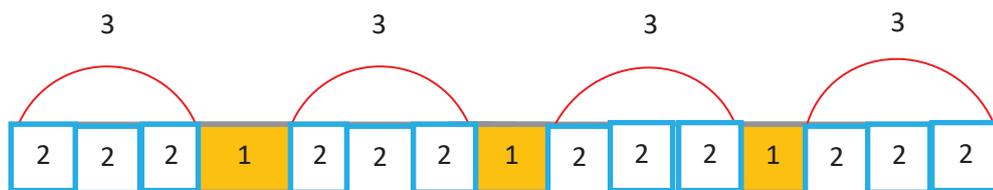


Рис. 2. Схема к комбинированию способов управления геомеханикой массивов: 1 – закладкой твердеющими смесями; 2 – кольматированными хвостами выщелачивания; 3 – зона разгрузки напряжений

Создаваемые выемкой камер первой очереди пустоты заполняются твердеющими смесями повышенной прочности, которые разгружают от напряжений камеры второй очереди, что дает возможность применить для их погашения менее прочные смеси, оставленные на месте хвосты выщелачивания и даже изолировать

Геомеханическая сбалансированность массивов и земной поверхности в районе освоения недр зависит от соотношения объемов техногенных пустот и материала их заполнения:

$$K_1 = \frac{V_{зап}}{V_{п}},$$

где $V_{п}$ – объем технологических пустот, м³; $V_{зап}$ – объем заполненных материалами пустот, м³.

Степень геомеханической опасности комбинаций технологий с закладкой твердеющими смесями и хвостами подземного выщелачивания (рис. 3):

$$K_2 = \frac{V_{зак} + V_{пв}}{V_{п}},$$

где $V_{пв}$ – объем заполненных хвостами подземного выщелачивания пустот.

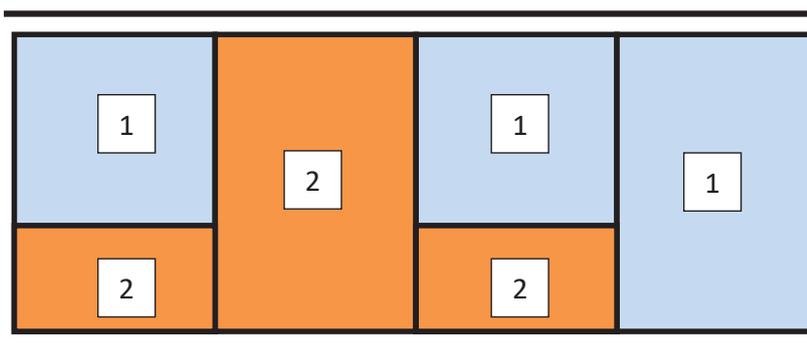


Рис. 3. Комбинация технологий с твердеющей закладкой и хвостами выщелачивания:
1 – хвосты выщелачивания; 2 – твердеющие смеси

Степень опасности комбинаций закладки твердеющими смесями, хвостами выщелачивания и оставлением пустот изолированными (незаполненными) (рис. 4):

$$K_3 = \frac{V_{зак} + V_{п}}{V_{п}}$$

где $V_{п}$ – объем изолированных пустот.

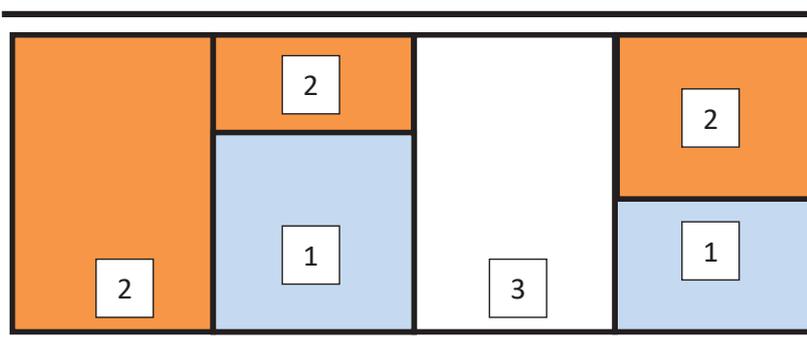


Рис. 4. Комбинация технологий с твердеющей закладкой, хвостами выщелачивания и изоляцией: 1 – хвосты выщелачивания; 2 – твердеющие смеси; 3 – незаполненные изолированные пустоты

Оптимальными по экономическому и экологическому критериям являются комбинированные технологии, при которых большая часть руды перерабатывается на месте залегания, а хвосты выщелачивания участвуют в управлении массивом, имитируя твердеющую смесь (рис. 5).

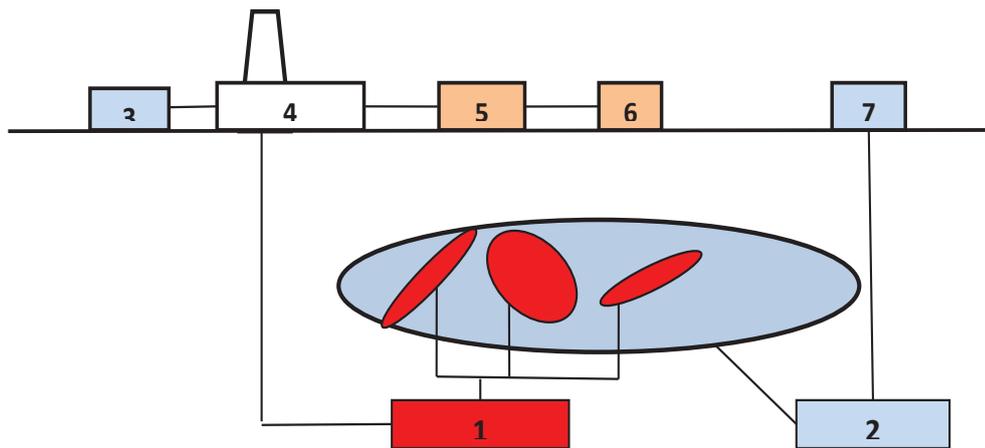


Рис. 5. Комбинированная разработка месторождения: 1 – богатые руды; 2 – бедные руды; 3 – куча выщелачивания; 4 – рудо-контрольная станция; 5 – обогатительная фабрика; 6 – закладочный комплекс; 7 – цех приготовления растворов реагентов

Схема выбора комбинированного управления геодинамикой массива при комбинированной разработке представлена на рисунке 6.



Рис. 6. Алгоритм выбора технологии разработки месторождения

Проектные параметры разработки месторождения: пролет выработки бесконечной длины, высота свода естественного равновесия и характеристика пород-

ных блоков связаны зависимостью, в основе которой лежат прочностные свойства структурных блоков, слагающих трехшарнирную арку над выработкой:

$$\left(\frac{2R_{сж}k_0d_1h_{св}}{\gamma g(2H-h_{св})} \right)^2 = k_y k_p h_{св}^2 \left(\frac{l}{2} \right)^2 + \left(\frac{l}{2} \right)^4,$$

где d_1 – горизонтальный размер структурного породного блока, м; $R_{сж}$ – прочность пород при одноосном сжатии, Па; k_0 – коэффициент структурного ослабления пород; $h_{св}$ – высота свода естественного равновесия, м; γ – плотность пород, кг/м³; g – ускорение свободного падения; H – глубина расположения выработки, м; l – пролет выработки бесконечной длины, м; k_y – коэффициент усадки твердеющих смесей; k_p – коэффициент ослабления руды в процессе воздействия растворами реагентов.

Особенность комбинированного управления напряженностью массива заключается в совокупном использовании свойств природного рудовмещающего массива и измененных обработкой природных и привнесенных извне материалов: пород, глин, песка и хвостов подземного выщелачивания.

Комбинированное управление геомеханикой массивов чаще всего реализуется при добыче разносортных руд, например, после выемки богатых руд с обрушением под гибким перекрытием бедные руды выщелачивают в блоках (рис. 7).

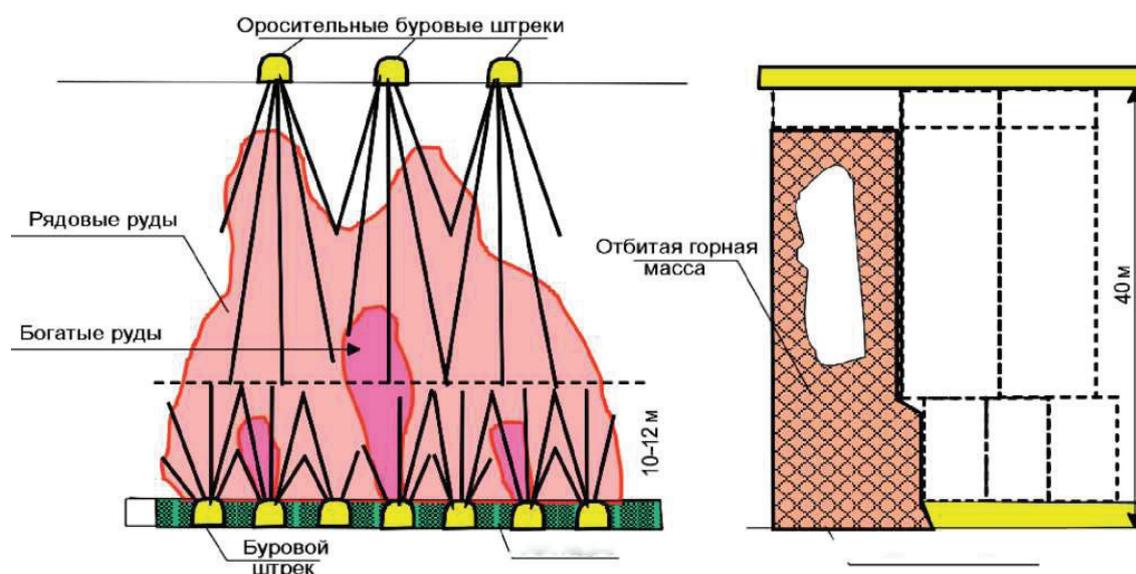


Рис. 7. Комбинация подземного выщелачивания с обрушением под гибким перекрытием

Геомеханическая сбалансированность массива обеспечивается разделением массивов на разгруженные от высоких напряжений участки.

Способы управления напряжениями классифицируют по принципу состояния выработанного пространства на время окончания погашения (табл. 1).

Взаимодействие природных и технических систем, обеспечивающих геомеханическую сбалансированность массивов и земной поверхности в районе освоения недр с возможностью мониторинга состояния массива пород в течение неопределенно долгого периода времени, обеспечивается регламентацией режимов добычи и переработки руд в рамках различающихся условиями участков месторождения [Голик и др., 2016б; Яковлев и др., 2016; Протосеня, Куранов, 2015].

Таблица 1.

Типизация способов управления геомеханикой массивов погашением

Классы	Группы	Функции
С изоляцией пустот	Перемычками	Ограждение гипотетически склонных к обрушению выработок от остального рудного поля
	Породными	
С обрушением пород	Принудительное обрушение с отбойкой взрыванием зарядов	Разгрузка массива с переводом пород в разрыхленное состояние
	Управляемое самообрушение с площадной подработкой	
С закладкой пустот	Твердеющими смесями	Заполнение пустот с созданием подпора стенкам выработок
	Сыпучими материалами	
Комбинированные	Сочетание способов управления	Оптимизация управления напряжениями

Механизм взаимодействия природных и технических систем, обеспечивающих геомеханическую сбалансированность массивов и земной поверхности в районе освоения недр с возможностью мониторинга состояния массива пород в течение неопределенно долгого периода времени, основан на регулировании параметров полей напряжений в пределах разрабатываемых различными технологиями участков месторождений [Юн и др., 2015; Hills, 2012; Xu N. W. et al., 2010].

Литература

1. Бурдзиева О. Г. Динамика изменения природной среды горного региона под влиянием горнодобывающей деятельности // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 5. – С. 17-27.
2. Бурдзиева О. Г. Механизм влияния горного производства на окружающую среду и направления выхода из эколого-технологического кризиса / О. Г. Бурдзиева, А. Н. Петин // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 4. – С. 224-230.
3. Геомеханические и аэрогазодинамические последствия подработки территорий горных отводов шахт Восточного Донбасса / Н. М. Качурин, Г. В. Стась, Т. В. Корчагина, М. В. Змеев // Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле. Вып. 1. – 2017. – С. 170-182.
4. Голик В. И., Якименко А. Д., Цидаев Т. С. Садонские месторождения: история и проблемы разработки // Горный журнал. – 2004. – № 10. – С. 025-028.
5. Голик В. И., Комащенко В. И., Качурин Н. М. Концепция комбинирования технологий разработки рудных месторождений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2015. – № 4. – С. 76-88.
6. Голик В. И., Комащенко В. И., Качурин Н. М. К проблеме подземной разработки рудных месторождений центрального федерального округа // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016а. – № 4. – С. 127-139.
7. Голик В. И., Комащенко В. И., Шкурятский Д. Н. Оптимизация состава твердеющих смесей по геомеханическим условиям при подземной разработке рудных месторождений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016б. – № 3. – С. 164-176.

8. Дмитрак Ю.В., Камнев Е.Н. АО «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии» – Путь длиной в 65 лет // Горный журнал. – 2016. – № 3. – С. 6-12.
9. Заалишвили В.Б. Некоторые проблемы практической реализации сейсмического микрорайонирования. Факторы, формирующие интенсивность землетрясения // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – № 3. – С. 3-39.
10. Заалишвили З.В., Мельков Д.А., Короткая Н.А., Дзеранов Б.В. Рейтинговая оценка грунтовых условий территории // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. I Кавказская международная школа-семинар молодых ученых. Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А. – 2005. – С. 153-160.
11. Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С. Информационный мониторинг распределённых физических полей в пределах урбанизированной территории // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – № 4. – С. 8-16.
12. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Габарев А.Ф., Шепелев В.Д. Сход каменно-ледовой лавины в районе ледника Девдорак 17 мая 2014 года по инструментальным данным // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – № 4. – С. 122-128.
13. Комащенко В.И. Разработка взрывной технологии, снижающей вредное воздействие на окружающую среду // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016. – № 1. – С. 34-43.
14. Ляшенко В.И., Голик В.И. Средства геомеханического мониторинга породного массива при подземной разработке рудных месторождений // Горный журнал. – 2004. – № 5. – С. 47-50.
15. 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.
16. Хашева З.М., Голик В.И. К экономической оценке опасности природных и техногенных катастроф // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2015. – № 2. – С. 11-15.
17. Юн А.Б., Рыльникова М.В., Терентьева И.В. О перспективах и стратегии освоения Жезказганского месторождения // Горный журнал. – 2015. – № 5. – С. 44-49.
18. Яковлев Д.В., Цирель С.В., Мулев С.Н. Закономерности развития и методика оперативной оценки техногенной сейсмической активности на горных предприятиях и в горнодобывающих регионах // ФТПРПИ. – 2016. – № 2. – С. 34-47.
19. Bucher R., Cala M., Zimmermann A., Balg C., Roth A. Large scale field tests of hightensile steel wire mesh in combination with dynamic rock bolts subjected to rock burst loading // 7-th Int. Symp. on Ground Support in Mining and Underground construction. Australia. – Perth. – 2013. – Pp. 56-65.
20. Golik V.I., Stradanchenko S.G., Maslennikov S.A. Experimental study of non-waste recycling tailings ferruginous quartzite // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10. No. 15. – Pp. 35410-35416.
21. Hills P.B. Managing seismicity at the Tasmania Mine // Mining Technology. – 2012. – Vol. 121. No. 4. – Pp. 204-217.
22. Xu N.W., Tang C.A., Sha C., Liang Z.Z., Yang J.Y., Zou Y.Y. Microseismic monitoring system establishment and its engineering applications to left bank slope of Jinping I Hydropower Station // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. – 2010. – Vol. 29. – Pp. 915-925.

INTERACTION OF NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS FOR ENSURING BALANCE OF EARTH SURFACE WHEN DEVELOPING BOWELSIN

© 2018 V.I. Golik¹, Sc. Doctor (Tech.), Prof., O.G. Burdzieva¹, Sc. Candidate (Geogr.), Yu.V. Dmitrak², Sc. Doctor (Tech.), Prof., T.E. Sheymartdyanov²

¹Geophysical institute VSC RAS, Russia, 362002, RNO-Alania, Vladikavkaz, Markov Str., 93 a, e-mail: cgi_ras@mail. ru;

²North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Russia, 362201, RNO-Alania, Vladikavkaz, Nikolaev str., 44

The article is devoted to the problems of environmental ecosystem protection during the development of deposits of the Sadon group. The scheme of monitoring the state of the array with man-made intervention is given. Circuits for modeling voltage management options are given. The conditions for ensuring the geomechanical balance of the massifs and the earth's surface in the area of the subsoil development are formulated. The typification of methods for controlling the geomechanics of arrays at the redemption of man-made voids is given. It is shown that the interaction of natural and technical systems that ensure geomechanical balance of arrays and the earth's surface in the area of subsoil development with the ability to monitor the state of an array of rocks for an indefinitely long period of time is based on optimization of the parameters of stress fields within the developed mineral deposits.

Keywords: field, Sadon, monitoring, array, geomechanics, subsoil development, natural and technical systems.

References

1. Burdzieva O.G. Dinamika izmeneniya prirodnoj sredy gornogo regiona pod vliyaniem gornodobyvayushchej deyatel'nosti [Dynamics of changes in the natural environment of a mountain region under the influence of mining]. Problemy regional'noj ekologii. 2010. No. 5. Pp. 17-27. (in Russian)
2. Burdzieva O. G. Mehanizm vliyaniya gornogo proizvodstva na okruzhayushchuyu sredyu i napravleniya vyhoda iz ekologo-tehnologicheskogo krizisa [The mechanism of the impact of mining on the environment and ways out of the environmental and technological crisis]. O. G. Burdzieva, A. N. Petin // Problemy regional'noj ekologii. 2011. No. 4. Pp. 224-230. (in Russian)
3. Geomehanicheskie i aerogazodinamicheskie posledstviya podrabotki territorij gornyh otvodov shaht Vostochnogo Donbassa [Geomechanical and aerogazodinamicheskie consequences of undermining the territories of mountain taps in Eastern Donbass mines] N.M. Kachurin, G.V. Stas', T.V. Korchagina, M.V. Zmeev // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. Issue 1. 2017. Pp. 170-182. (in Russian)
4. Golik V.I., YAkimenko A. D., Cidaev T.S. Sadonskie mestorozhdeniya: istoriya i problemy razrabotki [Sadon deposits: history and development problems]. Gornyj zhurnal. 2004. No. 10. Pp. 025-028. (in Russian)
5. Golik V.I., Komashchenko V.I., Kachurin N.M. Konceptiya kombinirovaniya tehnologij razrabotki rudnyh mestorozhdenij [The concept of combining technologies

for the development of ore deposits]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2015. No. 4. Pp. 76-88. (in Russian)

6. Golik V.I., Komashchenko V.I., Kachurin N.M. K probleme podzemnoj razrabotki rudnyh mestorozhdenij central'nogo federal'nogo okruga [To the problem of underground mining of ore deposits of the central federal district]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2016a. No. 4. Pp. 127-139. (in Russian)

7. Golik V.I., Komashchenko V.I., SHkuratskij D.N. Optimizaciya sostava tverdeyushchih smesej po geomehanicheskim usloviyam pri podzemnoj razrabotke rudnyh mestorozhdenij [Optimization of the composition of hardening mixtures for geomechanical conditions in underground mining of ore deposits]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2016b. No. 3. Pp. 164-176. (in Russian)

8. Dmitrak Yu. V., Kamnev E. N. AO «Vedushchij proektno-izyskatel'skij i nauchno-issledovatel'skij institut promyshlennoj tehnologii» – Put' dlinoj v 65 let [JSC “Leading design – survey and research institute of industrial technology” – Path length of 65 years]. *Gornyj zhurnal*. 2016. No. 3. Pp. 6-12. (in Russian)

9. Zaalishvili V.B. Nekotorye problemy prakticheskoj realizacii sejsmicheskogo mikrorajonirovaniya. Faktory, formiruyushchie intensivnost' zemletryaseniya [Some problems of practical implementation of seismic microzonation. Factors shaping earthquake intensity]. *Geologiya i geofizika YUGa Rossii*. 2014. No. 3. Pp. 3-39. (in Russian)

10. Zaalishvili Z. V., Mel'kov D. A., Korotkaya N.A., Dzeranov B.V. Rejtingovaya ocenka gruntovyh uslovij territorii [Rating assessment of the soil conditions of the territory]. *Sejsmicheskaya opasnost' i upravlenie sejsmicheskim riskom na Kavkaze. I Kavkazskaya mezhdunarodnaya shkola-seminar molodyh uchenyh. Centr geofizicheskikh issledovanij VNC RAN i RSO-A*. 2005. Pp. 153-160. (in Russian)

11. Zaalishvili V.B., Burdzieva O.G., Zaks T.V., Kanukov A.S. Informacionnyj monitoring raspredelyonnyh fizicheskikh polej v predelah urbanizirovannoj territorii [Information monitoring of distributed physical fields within an urbanized territories]. *Geologiya i geofizika YUGa Rossii*. 2013. No. 4. Pp. 8-16. (in Russian)

12. Zaalishvili V.B., Mel'kov D. A., Dzeranov B. V., Kanukov A. S., Gabaraev A. F., SHepelev V.D. Shod kamenno-ledovoj laviny v rajone lednika Devdorak 17 maya 2014 goda po instrumental'nym dannym [The descent of the stone-ice avalanche in the area of the Devdorak glacier on May 17, 2014 according to instrumental data]. *Geologiya i geofizika YUGa Rossii*. 2014. No. 4. Pp. 122-128. (in Russian)

13. Komashchenko V.I. Razrabotka vzryvnoj tehnologii, snizhayushchej vrednoe vozdejstvie na okruzhayushchuyu sredu [Development of explosive technology that reduces the harmful effects on the environment]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2016. No. 1. Pp. 34-43. (in Russian)

14. Lyashenko V.I., Golik V.I. Sredstva geomehanicheskogo monitoringa porodnogo massiva pri podzemnoj razrabotke rudnyh mestorozhdenij [Means of geomechanical monitoring of the rock massif during underground mining of ore deposits]. *Gornyj zhurnal*. 2004. No. 5. Pp. 47-50. (in Russian)

15. Protosenya A.G., Kuranov A.D. Metodika prognozirovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gornogo massiva pri kombinirovannoj razrabotke Koashvinskogo mestorozhdeniya [Methods of forecasting the stress-strain state of a mountain massif under the combined development of the Koashvinskoe field]. *Gornyj zhurnal*. 2015. No. 1. Pp. 67-71. (in Russian)

16. Hasheva Z.M., Golik V.I. K ekonomicheskoy ocenke opasnosti prirodnyh i tehnogennyh katastrof [To the economic assessment of the hazard of natural and anthropogenic disasters]. Nauchnyj vestnik YUzhnogo instituta menedzhmenta. 2015. No. 2. Pp. 11-15. (in Russian)
17. YUn A. B., Ryl'nikova M. V., Terent'eva I. V. O perspektivah i strategii osvoeniya Zhezkazganskogo mestorozhdeniya [On the prospects and development strategies of the Zhezkazgan field]. Gornyj zhurnal. 2015. No. 5. Pp. 44-49. (in Russian)
18. YAkovlev D. V., Cirel' S. V., Mulev S.N. Zakonomernosti razvitiya i metodika operativnoj ocenki tehnogennoj sejsmicheskoy aktivnosti na gornyh predpriyatiyah i v gornodobyvayushchih regionah [Patterns of development and methods for rapid assessment of anthropogenic seismic activity at mining enterprises and in mining regions]. FTPRPI. 2016. No. 2. Pp. 34-47. (in Russian)
19. Bucher R., Cala M., Zimmermann A., Balg C., Roth A. Large scale field tests of hightensile steel wire mesh in combination with dynamic rock bolts subjected to rock burst loading // 7-th Int. Symp. on Ground Support in Mining and Underground construction. Australia. – Perth. – 2013. – Rp. 56-65.
20. Golik V.I., Stradanchenko S.G., Maslennikov S.A. Experimental study of non-waste recycling tailings ferruginous quartzite // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10. No. 15. – Pp. 35410-35416.
21. Hills P.B. Managing seismicity at the Tasmania Mine // Mining Technology. – 2012. – Vol. 121. No. 4. – Pp. 204-217.
22. Xu N.W., Tang C.A., Sha C., Liang Z.Z., Yang J.Y., Zou Y.Y. Microseismic monitoring system establishment and its engineering applications to left bank slope of Jinping I Hydropower Station // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. – 2010. – Vol. 29. – Pp. 915-925.