

ISSN 2221-3198

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 2 / 2017



УДК 622.831:550.543

DOI: 10.23671/VNC.2017.2.9487

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ СТАРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

© 2016 О.Г. Бурдзиева¹, к.г.н., Ю.И. Разоренов²,
д.т.н., проф., Б.В. Дзеранов^{1,2}, к.г.-м.н.

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;

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

Систематизированы сведения об управлении геомеханическим состоянием рудовмещающего массива в сложных горно-геологических условиях путем организации системы геомеханического мониторинга его напряженно-деформированного состояния геофизическими методами при подземной разработке скальных месторождений. Дан критический анализ теорий управления состоянием напряженно-деформированных скальных массивов. Приведены сведения о функциях, способах и схеме организации геофизического мониторинга подземных горных работ. Даны результаты использования геофизических методов на предприятиях – аналогах. Дан анализ геомеханических процессов при разработке старых месторождений Северного Кавказа и показаны особенности их разработки. Показано, что геофизический мониторинг добычных процессов позволяет оценивать устойчивость массива при различных условиях. Даны рекомендации по организации геофизического мониторинга при возобновлении добычных работ в зоне погашенного выработанного пространства.

Ключевые слова: геофизический мониторинг, месторождение, массив, напряженно-деформированное состояние, устойчивость массива

Введение

Добыча и переработка полезных ископаемых является одной из главных отраслей экономики, поэтому реализация программы освоения и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов недр является приоритетным направлением [Бурдзиева, 2010; Вагин, Голик, 2005; Разоренов, Голик, 2013; Разоренов и др., 2010].

Большинство рудных месторождений залегают на больших глубинах и не могут извлекаться открытым способом по экономическим соображениям. В XXI веке важнейшим направлением в области добычи сырья будет: конверсия от разрушающих геологическую среду технологий добычи к природоохранным технологиям.

Объектом подземной разработки месторождений полезных ископаемых является рудовмещающий массив. Состояние разрабатываемого массива определяется совместным влиянием природных и техногенных процессов, которые возникают как следствие нарушения геостатического состояния локальной геологической среды.

В результате техногенного вмешательства породы приобретают свойства неустойчивой среды из-за нарушения текстурно-структурных связей на уровне минеральной упаковки, элементарные частицы которой вступают в сложное и трудно-

контролируемое взаимодействие друг с другом, вызывая проявления горного давления в форме сдвижений, дислокаций, разрывов, обрушений, вплоть до разрушения земной поверхности [Бурдзиева, 2011; Голик и др., 2013; Пагиев и др., 1998].

В случае выхода зон сдвижения за предельно допустимые границы литосфере, гидросфере и атмосфере наносится непоправимый ущерб. Рудные месторождения очень часто залегают в скальных и полускальных породах. В районе очистных работ она зависит в большей степени от геомеханических характеристик вмещающих пород, чем от глубины.

Эффективность разработки месторождений обеспечивается учетом результатов научно-исследовательских работ на всех этапах эксплуатации горных выработок. Механизм взаимодействия научных исследований при этом базируется на комплексном использовании общетехнических, специальных и прикладных дисциплин: физики и механики горных пород, геологии, сопротивления материалов и многих др.

При подземной добыче минерального сырья горные работы отрицательно влияют на окружающую природную среду. Сохранность рудовмещающих массивов и участка земной поверхности над ними чаще всего обеспечивается за счет использования остаточной несущей способности нарушенных пород путем регулирования уровня напряжений и соответствующих им деформаций.

При разработке скальных месторождений техногенно наведенные геомеханические и природные процессы нарушают геодинамическое равновесие в верхней части осадочного чехла и активизируют катастрофические явления. Устойчивость рудовмещающих массивов определяется уровнем напряжений на контуре очистных выработок, который регулируется технологическими процессами после подтверждения их эффективности методами контроля напряженного состояния, например, геофизическими, механическими, оптическими.

Установление закономерной связи между величиной горного давления и остаточной несущей способностью пород, разработка параметров управления массивами и способов определения этих параметров в процессе их подготовки к выемке руды и погашения пустот по оптимальным природоохранным технологиям имеет важное значение.

Эффективное управление геомеханическим состоянием рудовмещающего массива в сложных горно-геологических условиях обеспечивается мониторингом его напряженно-деформированного состояния. В основе такого мониторинга представляется целесообразным использовать геофизические методы, совершенствование которых применительно к конкретным типам месторождения весьма актуальны.

Объект и результаты исследований

Основой оценки напряженного состояния горного массива являются комплексные методы исследований, включающие анализ с использованием основ теории упругости и пластичности, визуальные наблюдения, геомеханический мониторинг [Голик, Полухин, 2013; Ляшенко, Голик, 2004; Golik et al., 2015a].

Экологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых заключается в сохранении земной поверхности от разрушения.

Прочность массивов и искусственных сооружений в недрах нередко увязывают с глубиной работ через массу пригружающих пород. С увеличением глубины работ естественная напряженность разрабатываемых массивов, влияющая на их устойчивость, возрастает.

Специфика рудных месторождений заключается в неравномерности распределения запасов полезного компонента в рудах, невыдержанности форм и элементов размещения в пространстве, наличии породных включений. Такие условия характерны, прежде всего, для месторождений сложной структуры руд цветных, редких и радиоактивных металлов, золота, других полезных ископаемых.

Результаты разработки рудных месторождений позволяют сформулировать зависимости между напряженностью массивов, свойствами слагающих их пород и эффективностью управления ими с сохранением целостности прилегающих участков земной поверхности.

Напряжения в массивах рудных месторождений геостатическому закону распределения напряжений соответствуют всегда. При разнообразии условий формирования горных массивов прослеживается общность геомеханических явлений:

- вертикальная составляющая гравитационного поля отличается от нормальной составляющей;
- главные нормальные механические напряжения в горизонтальной плоскости превосходят вертикальную составляющую, что свидетельствует об активности тектонических сил.

Знакопеременные скачки интенсивности тектонических напряжений объясняются их возникновением в условиях петрофизических и структурных неоднородностей. При наличии больших горизонтальных сжимающих напряжений тектонические зоны служат направляющими плоскостями для восходящих и нисходящих движений земной коры. Определение прочности искусственных массивов, исходя из глубины работ, дает неточные результаты.

Не подтверждаются и представления о значительном изменении свойств пород с глубиной. Коэффициент структурного ослабления пород на глубинах 500-1000 м изменялся в пределах 0,076-0,06. С увеличением глубины до 1000 м прочностные и упругие характеристики пород возрастают, а их ослабленность уменьшается на 10-20%. Увеличение глубины залегания пород с 500 до 1500 м изменяет коэффициент хрупкости пород в пределах 18-20, коэффициент крепости по Протодьяконову – 11-18. Практика выемки рудных тел на глубинах до 600 м подтверждает отсутствие коррелятивной зависимости устойчивости пород от глубины заложения выработок.

Подтверждается возникновение вокруг выработок зон упрочнения пород путем создания несущих конструкций из самозаклинившихся минералов.

С учетом установленных закономерностей концепция природо- и ресурсосбережения заключается в снижении запаса прочности влияния глубины работ на участках, защищенных породными конструкциями. Оптимизация горной технологии с учетом геомеханических факторов расширяет область применения природо- и ресурсосберегающих способов управления массивами горных пород при разработке полезных ископаемых.

В основе управления геомеханикой массивов лежит теория М. М. Протодьяконова (1933), в соответствии с которой на выработку действует лишь вес пород, заключенный в пределах свода высотой, значительно меньшей глубины работ.

А. А. Борисов (1964) увязал ее с устойчивостью слоя пород в кровле выработки, а В. Д. Слесарев (1948) – с сопротивлением разрыву образующих балку пород.

Наконец, С. В. Ветров (1975) определил устойчивость выработки как равенство между прочностью заклинивающихся пород, образующих шарнирную арку в кровле выработки и весом пород в пределах свода естественного равновесия.

Принципиальные условия геомеханической сбалансированности массива предусматривают, чтобы фактические размеры горных выработок не превышали предельных для данных условий размеров, а влияние горных работ не распространялось до земной поверхности.

При разработке месторождений эффективность определяется рациональным во времени и пространстве соотношением вскрытых, подготовленных и готовых к добыче запасов.

Вскрытые и подготовленные запасы на напряженно-деформированное состояние массива не влияют. Готовые к выемке запасы – это участки месторождения с большим объемом пустот, заключенные между целиками. Управление их состоянием обеспечивает сохранность массивов и земной поверхности над ними.

Регулирование состояния подготовленности запасов руд к добыче повышает оперативность и надежность управления массивами с сохранением земной поверхности и минимизацией затрат на добычу. Состояние массива и вероятность обрушения закономерно связаны. При устойчивом состоянии массива вероятность обрушения равна 0,023-0,067, наибольшее значение которой при прогнозировании принимается за допустимую.

Состояние массивов в процессе горных работ контролируют комплексным методом, включающим анализ аналогичных разработок, расчеты с использованием теорий упругости, пластичности и запредельного деформирования, шахтные экспериментальные исследования геофизическими методами: акустической и электромагнитной эмиссии, сейсмического зондирования, ультразвукового и ударно-волнового контроля, а также анализ и обобщение результатов измерений.

Основой успешной разработки месторождения является совместное решение задач промышленной и геомеханической безопасности путем внедрения системного контроля и диагностики состояния горного массива и охранных конструкций [Воробьев и др., 2011; Голик, Разоренов, 2007; Ляшенко и др., 1992].

Системный контроль геомеханического состояния рудовмещающего массива и подземных сооружений обеспечивает мониторинг, базирующийся на методах оперативного и непрерывного контроля и на технической диагностике. Основной мониторинга является разделение геотехнической системы при контроле отдельных объектов и процессов с синтезом и оценкой его результатов для прогноза эффективности функционирования производственного цикла всей системы.

Функции геофизического мониторинга на всех стадиях разработки месторождения включают в себя как обеспечение вопросов безопасной эксплуатации месторождения, так и профилактику негативных природно-техногенных процессов (рис. 1).

Трудности геофизического контроля в горных выработках объясняются недостаточным объемом базы данных и недостаточной репрезентативностью исследований, полученных на стадиях проектирования горных работ. При выборе методов контроля учитывают характер решаемых задач, условия и возможности выполнения измерений, наличие технических средств и времени.

Геофизический мониторинг подземных геотехнических систем горнодобывающих предприятий представляет из себя комплекс теоретических представлений и парк технических средств для их реализации на практике (рис. 2)

Система геофизического мониторинга является инструментом управления технологическими процессами на всех стадиях существования горного производства



Рис. 1. Функции геофизического мониторинга подземных горных работ

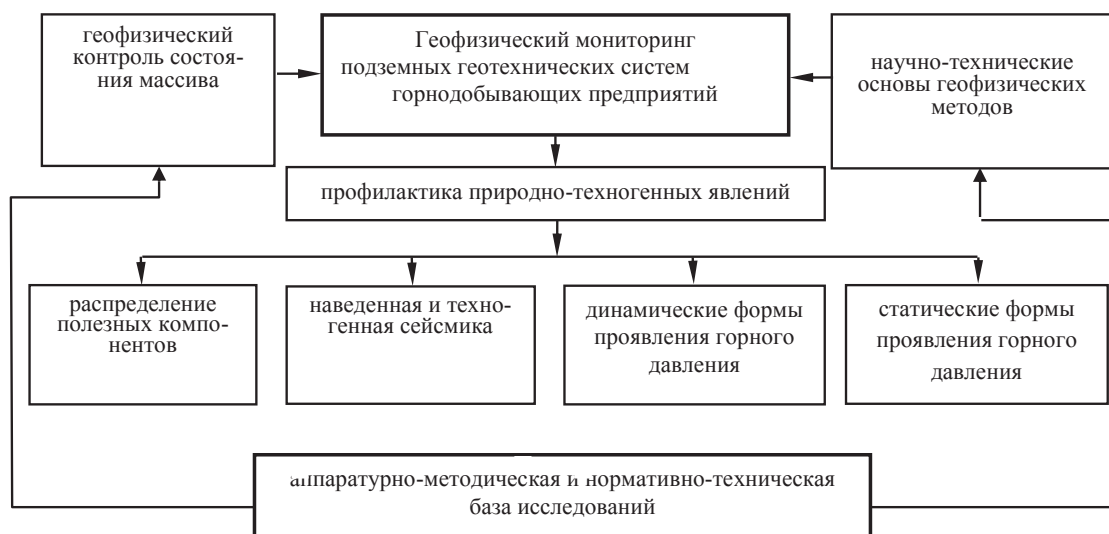


Рис. 2. Структура геофизического мониторинга подземных горных работ

и осуществляет свои функции, как в случаях единовременной оценки производственной ситуации, так и при долговременном исследовании процессов.

Арсенал технических средств для осуществления геофизического мониторинга включает в себя приборы и аппараты, действие которых основано на достижениях современной науки в различных ее отраслях и позволяет решать проблемы всего спектра горного производства (рис. 3).

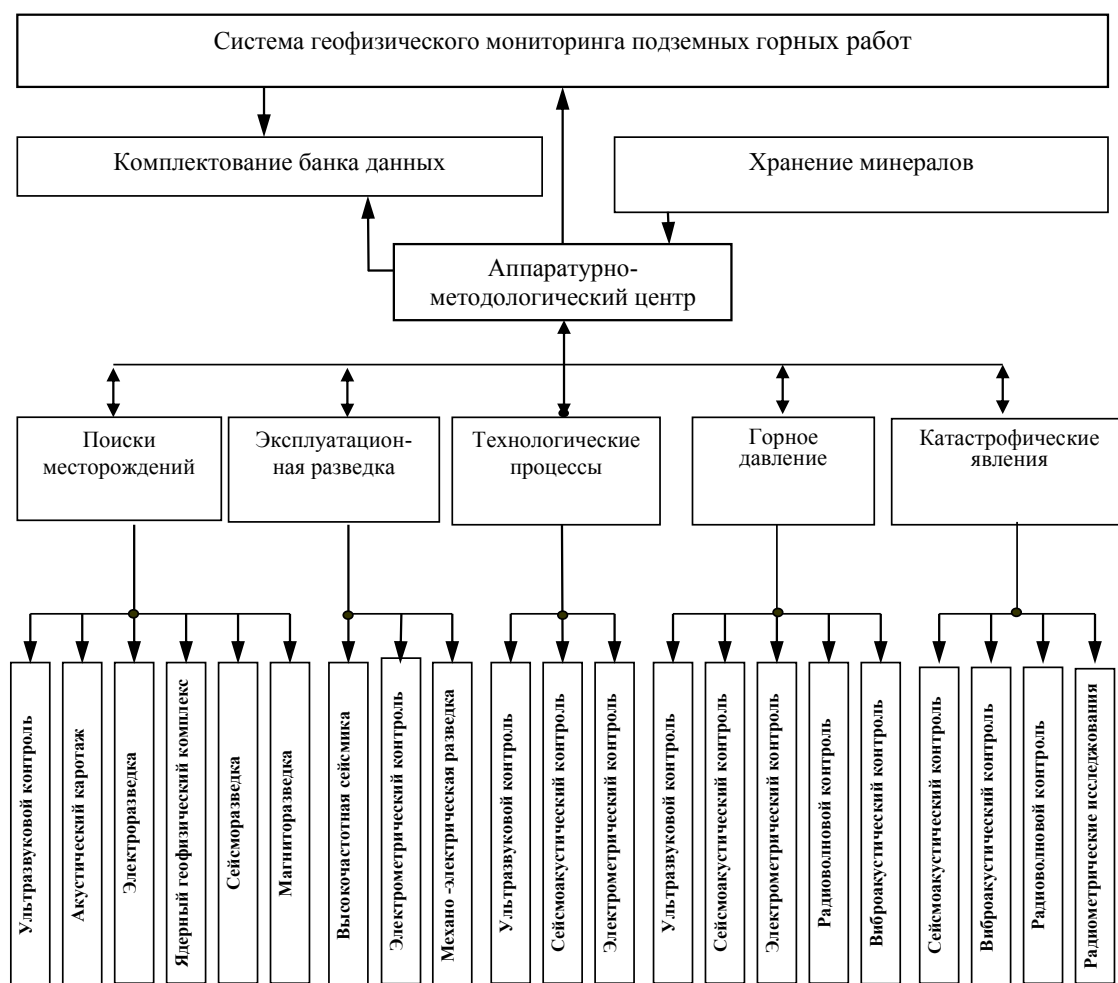


Рис. 3. Схема геофизического мониторинга подземных горных работ

Применению каждого метода предшествует определение его информативности путем статистической обработки массива данных, полученных в идеальных для данного процесса условиях. Конкретный тип аппаратуры выбирается, исходя из соответствия требуемой характеристике, портативности, наличия источника питания, наличия доступного адаптера для связи с персональными компьютерами, возможности тестирования в процессе выполнения работы, автоматической блокировки при неисправности, оперативного просмотра сохраненных данных и др.

Периодичность контроля физико-механических характеристик горных пород для подземных условий имеет особенности:

- в подготовительных выработках интервал опробования не должен превышать 50 м со сгущением в зонах тектонических нарушений до 10 м;
- в очистных выработках опробование производится в каждом блоке с отбором проб руд и пород висячего и лежачего боков, причем количество проб в каждой точке отбора должно быть не менее 5-ти.

Физико-механические показатели определяют методами, регламентированными соответствующими ГОСТами. Динамические методы основаны на измерении скоростей распространения продольных и поперечных волн и на последующем

расчете динамических упругих показателей по волновым уравнениям. При этом, если измерена только скорость продольной волны, то вычисляют модуль Юнга E (при условии, что коэффициент Пуассона ν и плотность ρ известны). В этом случае скорость принимают равной средним значениям для данного типа пород.

Значения скоростей поверхностных релеевских V_R , продольных V_p и поперечных V_s волн связаны соотношением:

$$\left(2 - \frac{V_R^2}{V_s^2}\right)^2 = 4 \sqrt{\left(1 - \frac{V_R^2}{V_s^2}\right) \left(1 - \frac{V_R^2}{V_p^2}\right)}.$$

По эмпирическим данным значения скоростей V_R и V_s связаны соотношением:

$$\frac{V_R}{V_s} = \frac{0,87 + 1,12\nu}{1 + \nu}.$$

Динамические упругие параметры (модуль упругости Юнга E , модуль сдвига G , коэффициент Пуассона ν , модуль всестороннего сжатия K) определяют по средним для пробы значениям скоростей продольных и поперечных волн и измерений гидростатическим методом (или по табличным значениям для соответствующего типа пород или бетона) плотности ρ . Упругие константы рассчитывают по преобразованным формулам волновых уравнений:

$$\nu = \frac{1 - 2(V_s/V_p)^2}{2 - 2(V_s/V_p)^2} = \frac{0,5(V_p/V_s)^2 - 1}{(V_p/V_s)^2 - 1}; \quad G = \rho V_s^2; \quad E = 2G(1 - \nu);$$

$$E = \rho V_p^2 \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{1 - \nu}; \quad E = \rho V_n^2 (1 - \nu)^2; \quad E = \rho V^2_D; \quad K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}.$$

Скорости распространения упругих волн в образце:

$$V_p = \frac{l}{t_p - t_3}; \quad V_s = \frac{l}{t_s - t_3},$$

где l – длина образца; t_p – время пробега упругого импульса продольной волны; t_s – время пробега сдвиговой волны; t_3 – время задержки датчиков.

Определения пределов прочности при многократном раскалывании образцов производится на образцах с линейными размерами параллельных плоскостей 20×20 мм и допускаемыми отклонениями. Образцы с предварительно замеренными линейными размерами параллельных плоскостей отреза помещают в центре давящей плиты пресса на одну из плоскостей отреза. Пресс работает с постоянной скоростью до разрушения образца.

Предел прочности образца горной породы при раскалывании (σ_p) в МПа:

$$\sigma_p = \frac{P}{S} \times 10,$$

где P – разрушающая нагрузка при раскалывании, кН; S – площадь поперечного сечения образца вдоль линии раскалывания, см².

Предел прочности образца горной породы при сжатии ($\sigma_{сж}$) в МПа вычисляют:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{S} \times 10,$$

где P – разрушающая нагрузка при сжатии, кН; S – средняя площадь поперечного сечения образца породы, см².

Угол внутреннего трения (φ) и коэффициент сцепления (k) определяются путем построения паспортов прочности горных пород или кривой, огибающей максимальные круги напряжений, построенной в координатах нормальных и касательных напряжений.

Внутрискважинный геофизический контроль позволяет определить тип и структуру пород, окружающих горную выработку, выявить наличие, определить положение и размеры расслоений в массиве; выявить наличие и глубину пустот за крепью выработки, выявить дефекты в бетонной и железобетонной крепи, локализовать поступление воды в выработку. Исследование проводится в скважинах специально пробуренных для этого эксперимента, или в существующих дегазационных, измерительных, разгрузочных скважинах.

Так, с использованием метода выполнены работы:

- определены зоны влияния пустот отработанных камер на дневную поверхность для Ингульской и Смолинской шахт Украины при глубине работ 330 м;
- установлены зоны взаимного влияния пустот при различной толщине прослоя между сближенными залежами;
- обоснована устойчивость обнажений отработанных камер по допустимому и эквивалентному пролетам.

Комплексное геофизическое обеспечение осуществлялось при эксплуатации месторождений Северного Кавказа [Голик, 2014а; Голик и др., 2001; Golik et al., 2015а, б].

Тырныаузское вольфрамово-молибденовое месторождение приурочено к зоне метаморфизованных пород и расположено среди кристаллических сланцев, пегматитов и гранитовых гнейсов. Рудное тело представляет собой седловидную залежь с падением крыльев на север и юг под углом 60-70° и погружением замковой части к востоку под углом 55-60° под толщу биотитовых роговиков. Мощность залежи в перегибе – 100-120 м, на флангах – до 3-5 м. Руда и породы характеризуются высокой крепостью и хорошей устойчивостью. Крепость по М.М. Протодыяконову и плотность соответственно для руд – 16-20 и 3 т/м³, пород висячего бока (роговики) – 12-14 и 2,6 т/м³, пород лежачего бока (мраморы) – 8-12 и 2,5 т/м³.

Верхние горизонты рудника отработаны системами поэтажных штреков и этажно-камерной. Камерные запасы отбивали минными или скважинными зарядами. Основные запасы добыты системой этажного принудительного обрушения.

Над отработанными блоками по Главному скарну развивается обрушение налегающих пород с образованием единой воронки. При посадке потолочин и целиков блоков и отбойке этажное принудительное обрушение сопровождается подвижками пород в форме воронок обрушения.

Для выявления механизма сдвижения пород при совместной отработке залежи открытым и подземным способами исследовали геомеханику напряженно-деформированного массива в элементах системы. Комплекс исследований включал инструментальные наблюдения, моделирование процесса методами фотомеханики и на станциях реперного типа с фиксацией динамики их развития и построением опасных зон.

На Северо-Западном скарне после массового взрыва потолочины блока образовалась зона обрушения, и на земную поверхность вышли воронки.

В Главном скарне геодинамика участка активизируется совместным влиянием природных и технических факторов, что сопровождается раскрытием трещин разрыва на земной поверхности северного склона. На поверхности карьера в течение одного года образовалось 13 воронок. Появление воронок сопровождалось быстрым оседанием земной поверхности вследствие выпуска руды со скоростью около 20 мм/с. и возникновением трещин на земной поверхности в виде замкнутых контуров.

Слепую залежь обрабатывали подземным способом камерно-целиковой системой с заполнением пустот сухой закладкой. Камеры высотой до 100 м размерами 30 x 30 м в плане разделяли междукамерными целиками таких же размеров. Так, камеры 6-7 расположены под подошвой северного борта на глубине 120 м. В камере 7 произошло обрушение с выходом воронки на поверхность карьера. При выпуске руды из камер воронка расширялась, затронув верхнюю часть междукамерного целика, и достигла ширины по простиранию 50 м и вкрест простирания – 30 м. Наблюдениями измерена скорость оседания пород – 2,7 м/с., когда на высоте 175 м от камер скорость оседания массива пород не превышала 14 мм/с.

Добыча металлов на территории Садонских месторождений известна с медного века. Промышленная разработка Садонского месторождения начата в 1839 г. До 1945 г. из месторождений Садонской группы разрабатывалось только Садонское. В 1945 г. начало эксплуатироваться Згидское, а с 1953 г. – Буронское и Холстинское месторождения.

Запасы потерянных руд тяготеют к зоне сопряжения Главного и Восточного разломов с неустойчивыми породами и высоким горным давлением.

В ранний период освоения месторождений Садонской группы преобладающей системой разработки были горизонтальные слои с сухой закладкой, которую добывали или в небольших карьерах на земной поверхности или отбойкой боковых пород и сортировкой руд [Шестаков и др., 2001].

С 1956 г. применяется система разработки с магазинированием руды. В первую стадию отбивали камерные запасы во вторую – междуэтажные и блоковые целики. В шестидесятые годы получили распространение варианты системы горизонтальных слоев с закладкой, с креплением и закладкой, а также под деревянным матом. С повышением горного давления стали преобладать варианты горизонтальных слоев с закладкой пустот лесом, а с 1967 г. – система слоевого обрушения. В опытном порядке применяли поперечно-гибкие и продольно-гибкие перекрытия.

Извлечение металлов из недр по отчетным данным не превышало 85%. Из-за выборочной отработки богатых участков запасы обеднялись с переводом в категорию забалансовых и неактивных, которые достигают в настоящее время около 50% всех запасов.

В истории Садонского месторождения выделяются периоды:

- начальный этап промышленной эксплуатации с добычей свинцовых руд с высоким содержанием;
- промышленная эксплуатация с образованием до 2 млн. м³ пустот, в которых оставлено около 140 тыс. тонн руды;
- интенсивная эксплуатация 48-68 г. с образованием до 1 млн. м³ пустот;
- современная добыча руд на территории новых рудных зон при снижении содержания металлов: по цинку в 20 раз, свинцу в 12 раз и увеличения объема добычи почти в 10 раз. До 80% добычи обеспечивает повторная разработка потерянных руд.

Интенсивность отработки месторождения достигла максимума в 1936 г. (210 тыс. т.), снизилась до 20 тыс. тонн в 1943 г., и вновь увеличилась до 140-150 тыс. тонн в 1960 г. За последние 50 лет содержание металлов в товарных рудах уменьшилось по цинку в 19 раз, по свинцу в 12 раз при увеличении объема добычи в 8 раз.

В середине 60-х годов получила развитие концепция, согласно которой закладка пустот твердеющими смесями нецелесообразна, а заполнение пустот породами как средство управления горным давлением – неэффективно, поэтому в пустоты прекратили перепуск породы с поверхности, как это практиковалось в начальный период эксплуатации месторождений.

Разработка обоих крупных месторождений, в том числе старого Садонского, отличается особенностями:

- запасы отработывали с оставлением выработанного пространства незаполненным;
- бессистемное частичное заполнение очистных камер несвязанным породным материалом не участвовало в управлении состоянием массивом;
- очередность выемки запасов определялась соображениями рыночной конъюнктуры без учета геомеханической ситуации еще и потому, что добываемые металлы относились к стратегическим, а сами предприятия были дотационными;
- целики оставляли не в качестве средства управления массивом, а по условиям безопасности работ и качества добываемых руд;
- если при выемке первичных показатели потерь и разубоживания подлежали контролю, то выемка целиков во второй стадии увеличивали эти показатели, соответственно, до 20 и 40%;
- в процессе отработки основных запасов месторождение было представлено системой пустот и разделяющих целиков с весьма неравномерным распределением напряжений, что объясняет повышенное разубоживание руды отслаивающимися в результате деформаций массива породами;
- при извлечении запасов целиков в стадии погашения пустот бессистемная отработка увеличивала напряжения до критической величины с провокацией динамических форм горного давления и выходом на земную поверхность воронок обрушения;
- происходящие в недрах месторождений динамические процессы могут активно участвовать в региональной сейсмической деятельности с последствиями типа схода Кармадонского ледника в Осетии и сдвигении борта карьера в Кабардино-Балкарии.

В этих условиях возобновление добычных работ в окрестностях горного массива, где продолжают неуправляемые процессы перераспределения напряжений и деформаций предъявляет повышенные требования к геофизическому контролю горных работ. Основная роль отводится стационарным наблюдательным станциям для долговременного контроля состояния рудовмещающих массивов.

Геофизический мониторинг добычных работ является неотъемлемой частью технологии подземной разработки месторождений полезных ископаемых составляющих ее производственных процессов, обеспечивая безопасность и эффективность производства [Голик, 2014б; Голик и др., 2007; Golik et al., 2015в, г; Polukhin et al., 2014].

Выводы

В горной практике качественные и стоимостные показатели подземной разработки сложно-структурных рудных месторождений оптимизируют при сбалансированности геомеханической системы «земная поверхность – массив – выработка».

Геофизический мониторинг добычных процессов на всех стадиях разработки месторождения позволяет оценивать состояние системы и напряженно – деформированное состояние пород, что позволяет провести оценку устойчивости массива при различных условиях их формирования и сроках образования пустот.

Геофизический мониторинг горного массива осуществляется посредством звукометрических, маркшейдерских и оптических приборов, струнных тензометров, глубинных и грунтовых реперов, электрических цепей, визуально и косвенными методами по изменению минерализации шахтной воды.

Установление зависимости между природными и технологическими факторами позволяет уточнить нормативы вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов руд по геомеханическим условиям на основе математических и графоаналитических методов.

Доработка запасов в окрестностях старых очистных выработок требует организации комплексного геофизического мониторинга, поскольку она будет осуществляться в условиях неуправляемого и непрогнозируемого перераспределения горного давления, осложненного региональной сейсмикой.

Литература

1. 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.
2. Бурдзиева О. Г. Рациональное недропользование в регионе РСО-Алания (проблемы и пути их решения)/О. Г. Бурдзиева // Уголь. – 2010. – № 7. – С. 70-71.
3. Вагин В. С., Голик В. И. Проблемы использования природных ресурсов южного федерального округа // учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. 650100 «Приклад. Геология», по горно-геол. специальности. – Владикавказ, 2005. – 192 с.
4. Воробьев А. Е., Разоренов Ю. И., Ваккер О. В. Высшее профессиональное образование в XXI веке. – Новочеркасск, 2011. – 211 с.
5. Голик В. И. Природоохранные технологии разработки рудных месторождений // М.: ИНФРА – М, 2014а. Сер. Высшее образование: Бакалавриат. – 192 с.
6. Голик В. И. Специальные способы разработки месторождений. – Москва, 2014б. Сер. Высшее образование: Бакалавриат. – 132 с.
7. Голик В. И., Брюховецкий О. С., Габараев О. З. Технологии освоения месторождений урановых руд // учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по горно-геологическим специальностям; Федеральное агентство по образованию, Российский гос. геологоразведочный ун-т им. Серго Орджоникидзе. – Москва, 2007. – 131 с.
8. Голик В. И., Полухин О. Н. Природоохранные геотехнологии в горном деле. – Белгород, 2013. – 284 с.
9. Голик В. И., Полухин О. Н., Петин А. Н., Комащенко В. И. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА // Горный журнал. – 2013. – № 4. – С. 91-94.

10. Голик В. И., Разоренов Ю. И. Проектирование горных предприятий. – Новочеркасск, 2007. – 262 с.
11. Голик В. И., Хадонов З. М., Габараев О. З. Управление технологическими комплексами и экономическая эффективность разработки рудных месторождений. – Владикавказ, 2001. – 391 с.
12. Ляшенко В. И., Голик В. И. Научные основы геомеханического мониторинга состояния горного массива при подземной разработке месторождений сложной структуры // Цветная металлургия. – 2004. – № 10. – С. 2.
13. Ляшенко В. И., Коваленко В. Н., Голик В. И., Габараев О. З. Бесцементная закладка на горных предприятиях. – Москва, 1992. – 94 с.
14. Пагиев К. Х., Голик В. И., Габараев О. З. Научно-технические технологии добычи и переработки руд // Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет). – Владикавказ, 1998. – 571 с.
15. Разоренов Ю. И., Голик В. И. Проблемы глубокой утилизации отходов переработки угля // Маркшейдерия и недропользование. – 2013. – № 4 (66). – С. 52-54.
16. Разоренов Ю. И., Голик В. И., Куликов М. М. Экономика и менеджмент горной промышленности // учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по горно-геологическим специальностям; Южно-Российский гос. технический ун-т (Новочеркасский политехнический ин-т). – Новочеркасск, 2010. – 251 с.
17. Шестаков В. А., Разоренов Ю. И., Габараев О. З. Управление качеством продукции на горных предприятиях // Рекомендовано Учебно-методическим объединением по горному образованию Минобрнауки РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 090200. – Новочеркасск, 2001. – 262 с.
18. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Khasheva Z. The effectiveness of combining the stages of ore fields development // Metallurgical and Mining Industry. – 2015a. – Т. 7. № 5. – С. 401-405.
19. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Innovative technologies of metal extraction from the ore processing mill tailings and their integrated use // Metallurgical and Mining Industry. – 2015b. – Т. 7. № 3. – С. 49-52.
20. 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.
21. Golik V. I., Khasheva Z. M., Shulgaty L. P. Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises waste // The Social Sciences (Pakistan). – 2015. – Т. 10. № 6. – С. 750-754.
22. Polukhin O. N., Komashchenko V. I., Golik V. I., Drebenstedt C. Substantiating the possibility and expediency of the ore beneficiation tailings usage in solidifying mixtures production // Scientific Reports on Resource Issues Innovations in Mineral Resource Value Chains: Geology, Mining, Processing, Economics, Safety, and Environmental Management. – Freiberg. – 2014. – С. 402-412.

DOI: 10.23671/VNC.2017.2.9487

MONITORING FEATURES IN UNDERGROUND DEVELOPMENT OF OLD FIELDS

© 2017 O. G. Burdzieva¹, Sc. Cand. (Geogr.), Yu. I. Razorenov², Sc. Doctor (Tech.),
prof., B. V. Dzeranov^{1,2}, Sc. Cand. (Geol.)

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

²North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University),
Russia, 362021, Vladikavkaz, Nikolayev Str., 44

The information on the geomechanical condition management of ore-bearing massif in difficult mining and geological conditions through the organization of geomechanical monitoring system of its stress-strain state using geophysical methods in underground mining of rock deposits is systematized. A critical analysis of the theories of state management of stress-strain rock massive is given. The information about the functions, methods and scheme of organization of geophysical monitoring of underground mining operations. The results of the use of geophysical methods in the companies – analogues are presented. The analysis of the geomechanical processes in the development of old fields of the North Caucasus and the features of their development are given. It is shown that geophysical monitoring of production processes allows to assess the stability of the massive under various conditions. Recommendations on the organization of monitoring with the resumption of mining processes in the area of gotten oaf are given.

Keywords: geophysical monitoring, field, massive, stress-strain state, stability of the massive.