

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РУД

Раскрыта актуальность освоения запасов руд в Украине и эффективность применения существующих технологий по их разработке. С помощью синергетического подхода выполнен анализ существующих в мире гипотез о горном давлении. Сформулированы основные подходы к управлению энергией горных пород при подземном способе разработки. Описан ряд технологических схем, позволяющих проводить ресурсосбережение при производстве горных работ на рудных шахтах Украины.

***Ключевые слова:** рудные полезные ископаемые, научные и производственные представления, синергетический подход, гипотезы о горном давлении, энергия горных пород, перераспределение энтропии, ресурсосберегающие технологии.*

Из наиболее распространенных в мире энергоносителей – нефти, газа, угля и урана – в достаточной степени Украина обеспечена лишь углем и ураном. При существующем балансе использования энергии угля к урану 46/54% запасами угля страна обеспечена на 300 лет, а ядерным топливом – на 150. Мировые запасы 10% марганца, по 4% урана и железа выводят Украину на первые места в международном рейтинге обладателей рудных полезных ископаемых. В свою очередь, значительные запасы стратегических полезных ископаемых определяют энергетический и промышленный суверенитет страны на далекую перспективу [1].

Современные научные и производственные представления, на которых базируется большинство отечественных технологий разработки рудных месторождений, обеспечивают устойчивость горных выработок исходя из двух основных принципов. Первый – противодействие крепи разрушению вмещающего массива за счет изменения видов крепей, параметров установки и условий их эксплуатации. Второй – это уравнивание устойчивости массива с параметрами горных выработок путем изменения их размеров, форм и трасс заложения. Усложнение геотехнологических условий добычи рудных полезных ископаемых до настоящего времени вызывало адекватное изменение конструкций крепей и технологических параметров систем разработки лишь с целью минимизации затрат. Использование энергии объемного сжатия пород как основного ресурса в качестве крепления и эксплуатации горных выработок остается открытым вопросом.

Разработкой ресурсосберегающих технологий добычи полезных ископаемых с исследованием свойств горных пород занималось большое количество научно-исследовательских, проектно-конструкторских и высших учебных заведений Украины. Этим вопросам посвящены работы в Институте геотехнической механики имени С.П. Полякова Национальной академии наук Украины – А.Н. Зорина, В.Г. Колесникова, В.В. Виноградова; в Национальном горном университете – С.Г. Борисенко, В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевской, А.В. Савостьянова; в Криворожском техническом университете – Ю.П. Капленко, В.Ф. Лавриненко, Е.И. Логачева, Г.М. Малахова; в Государственном предприятии «Научно-исследовательский горнорудный институт» – И.Д. Ривкина, В.В. Цариковского и многих других. В подавляющем большинстве случаев отечественные исследователи учитывали состояние массива горных пород технологическими параметрами крепей выработок и систем разработки. Однако отсутствие системного подхода в исследовании процессов преобразования энергии горных пород не позволило выявить явление зональной напряженности массива и использовать его в качестве основного критерия в ресурсосбережении для значительного повышения уровня производства в сложных геотехнологических условиях разработки рудных месторождений Украины [2].

При этом разработка и внедрение ресурсосберегающих технологических схем,

базирующихся на комплексном использовании потенциала объемного сжатия пород, повышает конкурентоспособность отечественного железо-, ураново- и марганцевородного сырья на рынках России, Западной Европы, Азии и внутри страны. Помимо этого, на пути к энергетическому суверенитету Украины открывается возможность создания основополагающих элементов собственного ядерно-топливного цикла, в котором на фоне недостаточного государственного финансирования задача ресурсосбережения является не просто актуальной, а имеет стратегическое значение [3].

Для достижения поставленной цели принят синергетический (системный) подход, который представляет собой направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которой лежит рассмотрение объектов как систем, с исследованием принципов цели, двойственности, целостности, сложности, множественности и историзма. Наиболее общий метод подхода к исследованию материальных тел – создание феноменологической макроскопической теории, основанной на полученных опытным путем закономерностях и гипотезах.

Макроскопические теории — это эффективное средство решения практически важных задач, а полученные с их помощью сведения соответствуют опытным данным. Основным же отличительным достоинством синергетического подхода от широко принятого в научной среде «комплексного» является привлечение максимального потенциала научного знания современной науки. Существующая комплексность исследования, как правило, выражается в использовании 2-5 видов исследования. Они, как правило, однобоко исследуют процесс, не раскрывая полной картины происходящего явления. Исследователь как бы удерживается в жестких рамках «классицизма» и оперирует с изолированными системами, которые не обмениваются с внешней средой ни энергией, ни веществом [4].

Эволюция состояния частицы минеральной системы в поле гравитационных сил Земли не происходит по обычным законам механики. Эта эволюция полностью подчинена и управляется законами синергетики. Поэтому любая предлагаемая теория процессов в породном массиве земных недр должна обладать единственным синергетическим свойством – возрастанием энтропии, являющимся следствием влияния внешнего мира, в котором система развивается по законам термодинамики. Появление существенно новых – синергетических – представлений при рассмотрении микромира элементарных частиц или макромира космического масштаба не вызывает удивления уже с самого начала 20 века. Учет термодинамики приводит к новым теоретическим представлениям и для явлений, наблюдаемых в системе нашего масштаба. В этом свете существующие научные гипотезы о горном давлении можно разделить на 3 основных группы: гипотезы «сил», «деформаций» и «состояний». К гипотезам «сил» относятся теории балок и свода. Гипотезы «деформаций» включают теории ползучести и разрушения. В гипотезы «состояния» вошли энтропийные, энергетические и термодинамические теории [5].

К исследователям гипотез «сил» относятся Шульц (1867 г.), А. Гейм, С.Г. Авершин, М. Толоб, А. Мюлер (1878 г.), В. Риттер (1879 г.), Энгесер (1882 г.), Фейоль (1885 г.), Манцель (1894 г.), В. Тромпетер (1899 г.), Каммерель (1912 г.). К исследователям гипотез «деформаций» относятся А. Леон (1910 г.), М.М. Протодьяконов (1912 г.), Ф. Левинсон-Лесинг и А. Зайцев (1915 г.), А.Н. Динник (1925 г.), Дж. Спелдинг (1937 г.), Р. Феннер (1938 г.), А. Лабасс (1947 г.), В.Д. Слесарев, Р. Морисон (1948 г.), К.В. Руппенейт (1953 г.), С.Г. Авершин (1955 г.), Р. Квапил (1958 г.), В.М. Либерман (1960 г.), Н. Хаст (1967 г.), А.В. Савостьянов (1974 г.). К исследователям гипотез «состояний» относится В.Ф. Лавриненко (1975 г.) и др.

Продолжение научных разработок А.В. Савостьянова и В.Ф. Лавриненко позволили получить новые результаты в эффективном управлении энергией горных пород. Было установлено, что обмен энтропией в системе, представленной минеральной средой, протекает во взаимно перпендикулярных направлениях, соответствующих вертикальным и горизонтальным энергетическим потокам. Установление самопроизвольного энергетического равновесия приводит к перераспределению потенциальной энтропии внутри элементарной

термодинамической системы, представленной минеральным веществом. В системе перераспределяется только часть потенциальной энергии, создаваемая за счет разности внешних напряжений. При внешнем силовом воздействии на элементарный объем породы возникает положительная разность внутренних остаточных напряжений в горизонтальной и вертикальной плоскостях, которая в двух частях системы неодинакова. Изменение энтропии внутри системы при протекании самопроизвольного необратимого процесса приводит к выравниванию напряжений и равномерному распределению потенциальной энергии. В результате приращений потенциальной энтропии в системе только ее часть участвует в процессах деформирования, которая составляет 40...60% от внешних нагрузок. Эту часть энергии можно эффективно использовать в качестве основного ресурса в качестве крепления и эксплуатации горных выработок [6].

На основе теоретического моделирования и получения аналитических зависимостей, которые подтверждены физическими и натурными исследованиями, были разработаны и внедрены ресурсосберегающие технологические схемы при разработке рудных полезных ископаемых подземным способом с использованием энергетических свойств горных пород. Это рациональные технологические схемы заложения подготовительных выработок при:

- подготовке очистных блоков на шахте «Проходческая» закрытого акционерного общества «Запорожский железорудный комбинат» (ЗАО «ЗЖРК»), позволяющие закладывать откаточные штреки в разгруженных областях массива, формирующихся вокруг очистных камер [7];

- нарезке очистных блоков для шахт открытого акционерного общества «Криворожский железорудный комбинат» (ОАО «КЖРК») и ОАО «Сухая балка», позволяющие закладывать буровые штреки за пределами областей деформирования массива, примыкающих к очистным камерам [8].

Это рациональные способы крепления выработок путем:

- заложения нарезных выработок на шахте «Проходческая» ЗАО «ЗЖРК» по трассам, характеризующихся пониженной напряженностью массива и не требующих применения крепей [7];

- крепления нарезных выработок на шахте «Проходческая» ЗАО «ЗЖРК», позволяющим повторно использовать буровые штреки после разгрузки массива очистными камерами [9].

Это усовершенствованные способы ведения буровзрывных работ с рационализацией:

- расположения эксплуатационных скважин на шахте «Эксплуатационная» ЗАО «ЗЖРК» с учетом разгрузки массива отработкой первичных камер [9];

- расположения эксплуатационных скважин на шахте «Смолинская» государственного предприятия «Восточный горно-обогатительный комбинат» (ГП «ВостГОК») с учетом разгрузки массива от очистного пространства в процессе отработки блоков [10];

- подсечки запасов очистных блоков для шахт ОАО «КЖРК» и ОАО «Сухая балка», позволяющей формировать выпускные воронки без проведения высоких дучек [11].

Это повышение устойчивости подземных горных выработок для:

- обнажений конструктивных элементов камерных систем разработки в условиях шахт ОАО «КЖРК» и ОАО «Сухая балка» [11];

- отбиваемых слоев руды при камерных системах разработки с закладкой в условиях шахт ЗАО «ЗЖРК» [12];

- отбиваемых слоев руды для камерных систем разработки с закладкой в условиях шахт ГП «ВостГОК» [10].

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что состояние массива в окрестности подземной горной выработки определяется поочередным расположением зон разгрузки и концентрации напряжений, в которых нормальные и касательные напряжения, в отличие от имеющихся научно-практических представлений, действуют по синусоидальной затухающей зависимости, что позволяет использовать разность потенциалов напряженности для повышения ресурсосбережения при разработке рудных полезных ископаемых.

Список литературы

1. Хоменко О.Е., Дронов А.П. Энергетическая независимость Украины и ее экологическая цена // Вісник КТУ – 2009. – Вип. 23. – С. 34-38.
2. Хоменко О.Е., Кононенко М.Н., Мальцев Д.В. Пути ресурсосбережения при добыче железных и урановых руд в Украине: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Форум гірників» м. Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2006. – С. 122-124.
3. Хоменко О.Є. Ядерно-паливна енергетика України: учора, сьогодні, завтра. Міжн. наук.-техн. конф. м. Ялта: Арт-Пресс – 2009. – С. 321-328.
4. Синергетический подход в исследовании производственных процессов при добыче руд подземным способом / О.Е. Хоменко, В.В. Русских, М.В. Нетеча, М.Н. Кононенко, А.А. Долгий // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 7. – С. 3-5.
5. Хоменко О.Е. Истоки зонального распределения материи // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 3. – С. 29-33.
6. Хоменко О.Е., Владыко А.Б. Синергетика в управлении состоянием массива горных пород: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Форум гірників» м. Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2007. – С. 67-71.
7. Хоменко О.Е. Усовершенствованный способ подготовки очистных блоков для шахт Южно-Белозерского месторождения железных руд // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 6. – С. 38-40.
8. Хоменко О.Е., Владыко А.Б., Козлов С.А. Усовершенствование камерных систем разработки для шахт Криворожского бассейна // Вісник КТУ. – 2007. – Вип. 17. – С. 29-32.
9. Хоменко О.Е., Кононенко М.Н. Технология крепления выработок для камерных систем разработки с закладкой: Монографія. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 91 с.
10. Хоменко О.Е., Мальцев Д.В. Технология буровзрывных работ в условиях Ватутинского урановорудного месторождения // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 1. – С. 13-16.
11. Хоменко О.Е. Пути повышения устойчивости обнажений для конструктивных элементов камерных систем разработки // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 1. – С. 3-7.
12. Владыко А.Б., Хоменко О.Е., Козлов С.А. Прогнозирование устойчивости очистных камер в условиях фильтрации для ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 2. – С. 13-15.