© Г.Г. Пирогов, 2006

УДК 622.272

Г.Г. Пирогов

ПОДЗЕМНАЯ РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Семинар № 15

В настоящее время подземная разработка рудных месторождений сталкивается с рядом проблем, среди которых возрастание горного давления, связанное с переходом горных работ на более глубокие горизонты (600–800 м), невысокое качество руд, усугубляемое наличием мелких и крупных породных включений.

Распространенной технологией разработки мощных крутопадающих рудных залежей является технология, которая базируется на этажно-камерной системе разработки с отбойкой руд скважинами большого диаметра. Высокопроизводительная технология, однако в условиях проявления вышеуказанных проблем характеризуется существенными недостатками: большие потери руды в целом по блоку, достигающие 18–20 %, что обусловливается необходимостью увеличения размеров целиков в условиях повышения горного давления, а следовательно запасов в них; трудностями, иногда невозможностью выделения пород при отработке сложноструктурных рудных тел.

Предлагаемая технология частично устраняет отмеченные недостатки и способствует оздоровлению окружающей среды, поскольку в качестве закладочного материала-заполнителя рекомендуется использовать отвальные (текущие) хвосты обогащения. Сущность технологии заключена в следующем.

Рудная залежь в пределах очистного блока условно делится в направлении вкрест простирания на крутонаклонные (согласно падению залежей) прирезки (рис. 1) шириной 6–8 м. Каждую прирезку, начиная от висячего бока, отрабатывают горизонтальными слоями толщиной 3,0–3,5 м в восходящем направлении. Отрабо-

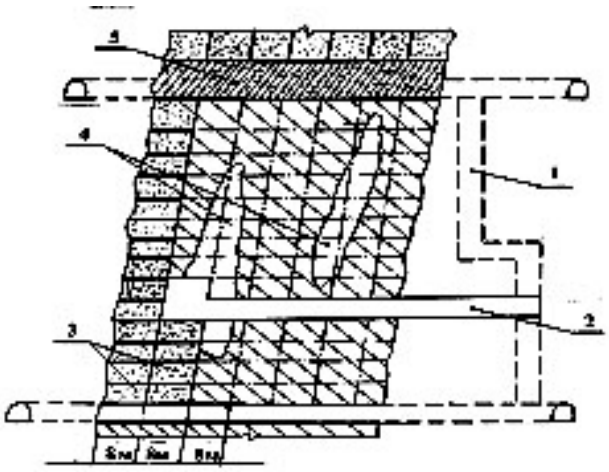


Рис. 1. Сплошная выемка запасов блока крутонаклонными прирезками (проекция вкрест простирания): *1* – диагональный наклонный съезд; *2* – слоевой заезд; *3* – отработанные прирезки; *4* – породные включения; *5* – железобетонная потолочина междуэтажный целик

Затраты, обусловленные показателями извлечения руды из блока

Показатели извлечения	Затраты, обусловленные показателями извлечения
Потери руды	Плата за разведку Плата за недра Плата за право на добычу Отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы Плата за основные фонды Проектирование предприятия Строительство предприятия Подготовительные и нарезные работы
Разубоживание руды	Отбойка рудной массы Доставка рудной массы Транспортирование рудной массы Подъем рудной массы Транспортирование рудной массы на поверхности до обогатительной фабрики Переработка (обогащение) рудной массы Хранение хвостов в хвостохранилище

танный слой после соответствующей подготовки заполняют твердеющей закладочной смесью, выдерживая при этом технологический зазор между поверхностями рудного забоя и закладкой, достаточный для перемещения в призабойном пространстве горно-добычного оборудования.

Очистные работы в слое развиваются от слоевого заезда, пройденного из блокового диагонального наклонного съезда с использованием очистного комплекса самоходных машин. Рудоспуски сооружают на флангах блока. Один из них предназначают для раздельного выпуска породы при наличии в прирезке породных включений.

В целях создания благоприятного напряженно-деформированного состояния горного массива и снижения общих потерь руды возможно сооружение искусственной потолочины – междуэтажного целика. Технология сору-жения следующая.

Верхнюю часть блока толщиной 3,5–4 м вынимают на всю его ширину заходками с последующим формированием в них арматурной объемно-пространственной решетки и заполнением твердеющей смесью для получения прочного железобетонного массива с нормативной прочностью 3,5–4,0 МПа. Таким образом, предлагаемая технология очистных работ позволяет осуществлять бесцеликовую раздельную выемку.

При отработке блока крутонаклонными прирезками основным параметром очистного забоя является ширина слоя. На рис. 2 приведена зависимость ширины слоя от прочности руды и глубины разработки для условий Ново-Широкинского месторождения, свидетельствующая, что принятая ширина 8 м удовлетворяет условиям устойчивости руды при прочности на сжатие в пределах 80–140 МПа до значительных глубин ведения горных работ.

По горно-геологическим условиям Ново-Широкинского месторождения нами выполнено технико-экономичес-кое сравнение с технологией, базирующейся на этажно-камерной системе. Экономическая оценка осуществлена по комплексному критерию, включающему стоимость продукции и затраты, обусловленные показателями извлечения систем разработки (таблица).

$$Эс = (\sum_{i=1}^{N} 0{,}01 Ci Цi + \sum_{j=1}^{M} 0{,}01 Cj Цj) Кн-$$

$$-[(A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7)/Ки+$$

$$+ (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7)/$$

$$/(1 - p) + C_8 + C_9], \qquad (1)$$

где Цi – рыночная цена i-го основного полезного компонента в руде, р./т; Сi – содержание i-го основного полезного компонента в руде, %; Цj – рыночная цена j – го сопутствующего полезного компонен-

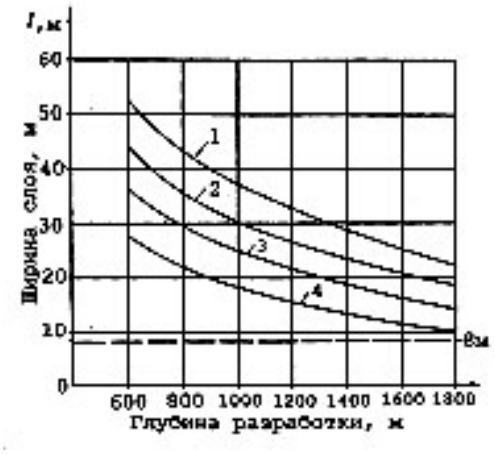


Рис. 2. График зависимости ширины слоя от глубины разработки и предела прочности руды на сжатие: *1* – 140 МПа; *2* – 120 МПа; *3* – 100 МПа; *4* – 80 МПа

та в руде, р./т; Cj – содержание j-го сопутствующего компонента в руде, %; Кн – сквозной коэффициент извлечения, ед.; А1 – плата за разведку, р./т; А2 – плата за право пользования недрами, отнесенная на 1 т балансовых запасов месторождения, р./т; А3 – плата за право на добычу руды, отнесенная на 1 т балансовых запасов, р./т; А4 – плата за использование основных фондов горного предприятия, р./т; А5 – затраты на проектирование горного предприятия, отнесенные на 1т балансовых запасов, р./т; А6 – затраты на подготовительные работы, связанные с условиями применения данной системы разработки (закладочный комплекс, монтаж – демонтаж закладочных трубопроводов и др.). Отнесены на 1 т балансовых запасов, р./т; А7 – затраты на строительство горного предприятия, отнесенные на 1 т балансовых запасов, р./т; Ки - коэффициент извлечения руды из выемочного участка (с учетом погашения целиков), д. ед; С1 – затраты на отбойку 1 т руды, р.; С2 – затраты на доставку 1 т руды, р.; С3 – затраты на подземное транспортирование 1 т руды, р.; С4 – затраты на подъем 1 т руды, р.; С5 – затраты на переработку (обогащение) 1 т руды, р.; С6 – затраты на транспортирование по земной поверхности 1 т руды, р.; С7 – затраты на складирование в хвостохранилище хвостов, полученных из 1 т руды, р.; С8 – затраты на подготовительно – нарезные работы в выемочном участке (блоке, панели), р.; С9 – затраты на поддержание выработанного пространства в период отработки выемочного участка (блока, панели), р. Затраты связаны с закладкой или креплением выработанного пространства; р – коэффициент разубоживания руды по выемочному участку (с учетом погашения целиков), д. ед.

Расчетная удельная экономическая эффективность технологий составляет:

- технологии выемки крутонаклонными прирезками с использованием хвостов обогащения – 217,5 р/т;
- технологии на базе этажно-камерной системы разработки – 104,2.

Проведенное технико-экономичес-кое сравнение позволяет сделать вывод о выгодности разработки сложноструктурных рудных залежей в условиях повышенного горного давления крутонак-лонными прирезками с применением для закладки хвостов обогащения.

Коротко об авторах

Пирогов Г.Г. – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры подземной разработки месторождений полезных ископаемых Читинского государственного университета.

© В.В. Потапов, В.Я. Потапов,

П.С. Куликов, 2006

УДК 622.7.691

В.В. Потапов, В.Я. Потапов, П.С. Куликов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРИКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Семинар № 15

В группу процессов обогащения полезных ископаемых, использующих различие в эффектах взаимодействия кусков разделяемых компонентов с рабочей поверхностью сепаратора, входят обогащение по упругости; трению; формы; а также комбинации нескольких эффектов взаимодействия с рабочей поверхностью [1, 2].

Как показывает анализ работ по обогащению с использованием эффектов взаимодействия частиц разделяемых компонентов с рабочей поверхностью сепаратора и изобретения в этой области, обогащение по упругости, по трению, комбинированное обогащение по упругости и трению широко применяется для получения высококачественных заполнителей для бетона из неравнопрочных пород, отделения гравия от глинистых включений, обогащения известкового щебня, для получения кондиционных продуктов из слюдосодержащего сырья и тальковых руд.

Содержащиеся в работах сведения о контрастности параметра разделения по упругим свойствам компонентов обрывочны, а порой протеречивы и требуют уточнения. В основном контрастность признака разделения представлена в виде значения коэффициента трения по стали.

Основной причиной разных значений упругих характеристик материалов, является методика для определения этих свойств [1].

Для количественной оценки упругих и фрикционных свойств разделяемых материалов нами предложены зависимости позволяющие определить величину коэффициентов трения при ударе частицы о поверхности разделения λ и коэффициента восстановления k.

Коэффициенты λ и k определяются из переопределенной системы нелинейных алгебраических уравнений одинакового вида, (при числе различных значений углов наклона плоскости разделения не менее трех) [3].

Решение системы уравнений получено методом миниминизации функционала.

$$F(\lambda,k)=\sum_{i=3}^{n}\left\{\frac{4h_i}{l_i}\left(k+1\cdot\left(tg\alpha_i-\lambda\right)\right)\times\right.$$

$$\left.\times\left[k-tg\alpha_i\cdot\left(tg\alpha_i-k\cdot\lambda-\lambda\right)\right]-\cos^{-4}\alpha_i\right\}^2$$

где n-число испытаний для различных углов наклона плоскости α_i; h_i-высота, с которой падает частица для i-го опыта; l_i-дальность отскока частицы по горизонтали.

Данная методика была апробирована при определении физических характеристик асбеста и угле содержащих продуктов, а также глинистого сырья для производства кирпича (таблица).

Расчеты коэффициентов λ и k по полученным уравнениям показали, что предложенная методика расчета хорошо согласуется с механикой удара частиц.

Показатели физико–механических свойств на различных поверхностях разделения (сталь/резина)

Продукт	Коэффициенты			
	Статического трения, μ	**Кинематического трения, $f_{ск}$**	**Восстановления, k**	**Трения при ударе, λ**
Асбест				
сталь	0,96	0,79	0,01	0,29
резина	1,27	0,84	0,01	0,44
Порода				
сталь	0,38-0,53	0,23-0,41	0,45-0,48	0,08-0,1
резина	0,49-0,67	0,31-0,49	0,42-0,52	0,08-0,12
Уголь				
сталь	0,52	0,34	0,24	0,21
резина	0,7	0,56	0,16	0,26
Порода				
сталь	0,46	0,31	0,7	0,12
резина	0,59	0,47	0,33	0,19
Глинистое сырье: глина				
сталь	0,74	0,62	0,12	0,36
резина	1,1	0,88	0,09	0,48
Кварц				
сталь	0,46	0,37	0,76	0,08
резина	0,59	0,47	0,33	0,12

Для обоснования конструкции аппаратов, выбора их параметров, а также схем обогащения для рассмотренных продуктов (асбеста, угля и глинистого сырья), выполнены теоретические и экспериментальные исследования процесса разделения на полупромышленных моделях сепараторов с подвижной (барабанно-полочный фрикционный сепаратор: БПФС) и неподвижной (сепаратор для разделения сыпучих материалов по трению и упругости - СПРУТ) разделительными поверхностями (рисунок).

Испытания показали, что сепаратор БПФС обеспечивает выделение концентрата предварительного обогащения асбеста с содержанием обогащаемого свободного волокна $\alpha_{св}$ от 8 %-16 % при выходе хвостов 90 % с массовой долей асбеста 0,3 % для класса - 40+0 мм.

Разделение углесодержащих формаций класса - 50+0 мм позволило выделить 42 % низкозольного и 58 % высокозольного угля с массовой долей золы соответственно 12,5 % и 52,8 %; использования БПФС в схемах выделения твердых включений из глины, позволило выделить глины 43,2: с содержанием твердых включений 8 % и твердых включений 56,8 % с содержанием глины 12 %.

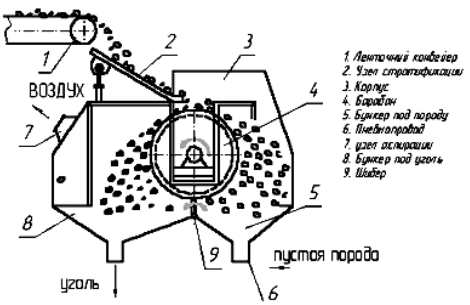
Показатели разделения этих продуктов на сепараторе СПРУТ следующие:

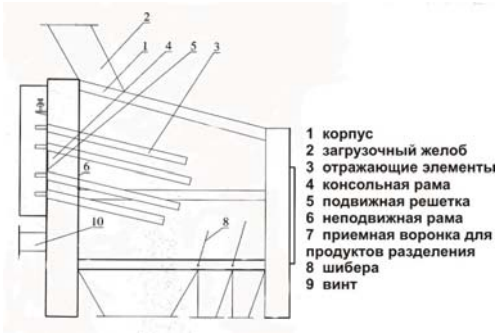
Содержащих асбеста – получен концентрат предварительного обогащения с содержанием свободного волокна $\alpha_{св}$ -10-18 % при выходе хвостов 79 % с массовой долей асбеста 0,25 %.

Углесодержащих формаций выделено:

низкозольного угля 34,6 % и высокозольного 65,4 % с массовой долей золы соответственно 9,75 % и 54,23 %.

Глинистого сырья - выделено глины 38,8 % с содержанием твердых включений





Сепараторы для разделения по трению и упругости: а) – БПФС; б) – СПРУТ

6 % и твердых включений 61,2 % с содержанием глины 11 %.

Выводы

Полученные данные - фрикционных и упругих характеристиках асбеста и угле содержащих продуктах глинистого сырья, свидетельствуют о высокой контрастности исследуемого признака и возможности для разделения этих продуктов.

Этот признак был положен в основу, разработки новых обогатительных аппаратов.

Такими устройствами являются БПФС И СПРУТ, технологические испытания которых позволили успешно разделять продукты по трению и упругости. Данные сепараторы могут быть рекомендованы для использования в технологических схемах предварительного обогащения асбеста и угля, а также в схемах подготовки сырья кирпичного производства для обеспечения качества производимой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тимченко Н.К.* Основы механического разделения зерен щебня и гравия по упругости и трению.//Строительные материалы - 1964. N 4, с.17-19.

2. *Олюнин В.В.* Переработка нерудных строительных материалов. - М.: Наука, 1988. - 232 с.

3. *Потапов В.Я., Цыпин Е.Ф., Ляпцев С.А., Афанасьев А.И.* Методика определения упругих и фрикционных характеристик сыпучих материалов. Известия вузов, Горный журнал, 1998, N 5-6. - С. 103-108.

Коротко об авторах

Потапов В.Я. – кандидат технических наук, доцент кафедры горной механики,
Потапов В.В – аспирант, ассистент кафедры разработки пластовых месторождений,
Куликов П.С. – магистр кафедры горной механики,
Уральский государственный горный университет.

© Т.В. Петрова, 2006

УДК 622.33:519.876

Т.В. Петрова

МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА В ПОСТРЕСТРУКТУРИЗАЦИОНЫЙ ПЕРИОД

Семинар № 15

Российская экономика в настоящее время находится на завершающем этапе реструктуризации базовых отраслей промышленности, в том числе угольной отрасли. Рациональное использование природно-ресурсной базы, преобразование в постреструктуризационный период производственной и организационной структур угледобывающего производства должно стать основой положительной динамики социально-эконо-мического потенциала углепромышленных регионов.

В процессе общественно-экономических отношений в углепромышленных регионах интересы и цели региона и собственников (в 2004 году 87,89 % угля добыто на частных предприятиях, 8,09 % – на предприятиях со смешанным видом собственности), горные предприятия которых расположены на территории угольного бассейна, как правило, не совпадают. Экономические интересы частного капитала определены рынком и направлены на получение максимальной прибыли в текущем и будущих периодах, в то время как усилия региональных органов власти направлены на создание и развитие социально-экономического потенциала территории, улучшение качества жизни населения, в том числе за счет привлечения частного капитала и реализации социально-ориентированных проектов. В постреструктуризационный период усиливаются противоречия администрации региона и частного капитала при использовании научно-технических достижений и импортных технологий в угледобывающей отрасли, так как не проводится оценка социально-экономических и экологических последствий для региона, особенно при расширении области применения открытого способа разработки.

Исследование динамики и тенденций развития угольной отрасли России на завершающем этапе реструктуризации в период 2000-2005 годы выявило новые нерешённые проблемы, связанные с интеграцией угольных предприятий в крупные корпоративные структуры, отсутствием государственных дотаций, эксплуатацией дешёвых трудовых ресурсов на угледобывающих предприятиях. Основными современными проблемами в угольной отрасли в постреструктуризационный период являются:

- продолжение процессов стагнации социальной сферы и деградации окружающей среды в старопромышленных угледобывающих геолого-экономических районах;
- недостаточная эффективность реализации государственных программ местного развития кризисных углепромышленных территорий в средне- и долгосрочной перспективе из-за ограниченного бюджетного финан-сирования;
- углубление концепции селективной отработки участков перспективных месторождений посредством перевода доли промышленных запасов на новых месторождениях в забалансовые запасы;
- инвестирование промышленной и экологической безопасности по остаточному принципу;

- ускорение процессов превращения угледобывающих регионов в сырьевой придаток не только отечественной, но и мировой экономики;
- рост зависимости отечественного угледобывающего производства от импортных технологий и технических средств разработки месторождений.

Решение указанных проблем в постреструктуризационный период возможно посредством разработки и реализации следующих основных механизмов устойчивого саморазвития угледобывающего и социально-экономического потенциалов в углепромышленных регионах:

- постепенная передислокация объектов угледобывающего производства из старопромышленных в осваиваемые и перспективные геолого-экономические районы, которая позволит:
- максимально использовать инфраструктуру, диверсифицированное производство и трудовые ресурсы старопромышленных территорий при строительстве и эксплуатации угледобывающих предприятий в осваиваемых перспективных геолого-экономи-ческих районах;
- осуществлять промышленную диверсификацию производства старопромышленных районов с целью перехода от монопродуктового производства к полипродуктовому и обеспечения уровня и динамики качества жизни населения не ниже средних по региону;
- создавать рабочие места за счёт средств целевого регионального фонда;
- использовать в качестве критерия возможности реализации механизма передислокации снижение промышленной нагрузки на природную среду в старопромышленных и ее минимизацию в осваиваемых геолого-экономических районах угольного бассейна.
- формирование и использование под патронажем администрации региона целевого фонда для финансового обеспечения процессов регулирования социально-экономических последствий роста производительности труда на угледобывающих предприятиях и высвобождения работников. Объём целевого фонда должен быть не меньше величины финансовых ресурсов, необходимых для создания рабочих мест высвобождаемых работников для обеспечения бесконфликтного регулирования социально-экономических последствий в старопромышленных районах. Формирование целевого регионального фонда в постреструктуризационный период в условиях отсутствия государственного финансирования мероприятий по реструктуризации угольной промышленности должно осуществляться за счет средств угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий. Возможны два варианта источников средств. Первый вариант представляет собой региональный налог, относящийся на себестоимость продукции предприятий и зависящий от величины реализации продукции в стоимостном выражении. За налогооблагаемую базу принимается объем реализованной продукции. Вторым вариантом источника формирования целевого регионального фонда могут стать отчисления из фонда накопления угольных предприятий на основе соглашения социального партнерства между региональными органами управления и работодателями угольной отрасли. При организации инвестором нового производства в старопромышленном районе из целевого фонда выделяются средства, пропорциональные количеству вновь создаваемых рабочих мест. Целевой фонд промышленной диверсификации старопромышленных районов будет находиться в распоряжении администрации области или специально созданного по аналогии с

ГУ «Соцуголь» регионального учреждения (РУ) по промышленной диверсификации старых геолого-эконо-мических районов;

- сохранение отраслевой направленности экономики старопромышленных территорий посредством создания малых предприятий по добыче и переработке угля по экологически безопасным наукоёмким технологиям, адаптивным к сложным условиям природных и техногенных месторождений полезных ископаемых.

Использование предложенных механизмов позволит за счет эндогенных региональных ресурсов обеспечить качество жизни населения угледобывающего региона не ниже среднего в России и достигнутого в регионе в предыдущий период.

Коротко об авторах

Петрова Т.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и управление горным производством», Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк.

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ			
ГАММУХ Абдессамад	Формирование эффективного механизма управления персоналом горнодобывающих предприятий	08.00.05	к.э.н.
ОАО «ЭНИМС»			
МАГОМЕДОВ Гамза Хабибович	Повышение эффективности растрового художественного гравирования на станках с ЧПУ	05.03.01	к.т.н.

© О.В. Ковалёв, И.Ю. Тхориков, С.П. Мозер, 2006

УДК 622.363.1/.2:622.268.8.001.2

О.В. Ковалёв, И.Ю. Тхориков, С.П. Мозер

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР ПОДЗЕМНОГО РАСТВОРЕНИЯ СОЛИ В ЗОНАХ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Семинар № 15

Основной отличительной особенностью соляных месторождений является легкая растворимость данных полезных ископаемых, что предопределяет необходимость разработки таких месторождений подземным способом (за исключением добычи натриевых солей рапованием). Подземная разработка данного вида сырья ведется достаточно давно, однако метод подземного растворения солей является относительно молодым и стал активно внедряться в конце 60-х годов XX столетия. Тенденции последних десятилетий (новые предприятия по подземному растворению солей построены в Аргентине, Бразилии, США, Канаде, Германии, Израиле, Турции, Китае и многих других странах) свидетельствует о перспективности данного способа разработки месторождений горно-химичес-кого сырья. Шахтная добыча позволяет осуществить отработку более сложных форм залегания рудных тел в пространстве. Бесшахтная отработка соляных залежей предопределяет образование выемочных камер с диаметром 100 м и более, по форме, приближающихся к телам вращения, осью симметрии которых является скважина. Подземное растворение солей (ПРС) позволяет вовлекать в эксплуатацию месторождения, труднодоступные или недоступные для шахтного метода, так как предельная глубина, достигнутая соляными рудниками равна на настоящее время около 600÷1000 м, а подземным растворением через скважины с поверхности сейчас разрабатываются месторождения каменной соли на глубинах около 2 км (Волгоградское и Зиминское), а экспериментальные работы ведутся и на больших глубинах (например, в Голландии на глубине 2500÷2800 м).

На сегодняшний день накоплен значительный опыт создания подземных камер методом ПРС. Его можно условно разделить на три больших группы:

1) Отработка неглубоко залегающих пластов небольшой мощности сплошными системами разработки (Ново-Карфагенское месторождение);

2) Отработка мощных пластов на больших глубинах камерной системой разработки (Яр-Бишкадакское, Зиминское, Волгоградское месторождения и др.);

3) Строительство индивидуальных камер в пластах различной мощности (камеры, используемые для хранения газа, нефтепродуктов, для захоронения отходов, включая от атомных производств и др.)

Одним из основных вопросов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых (МПИ) является вопрос обеспечения устойчивого состояния подземных выработок. В общем случае под устойчивым понимается состояние горной выработки, удовлетворяющее в течение заданного срока требованиям ее эксплуатации и техники безопасности в отношении формы, размеров поперечного сечения и продольного профиля. Под устойчивостью горных пород понимается их свойство сохранять устойчивые обнажения при проведении горных выработок. В горных породах основными формами потери устойчивости выработок в общем случае являются: а) вывалообразование по трещинам; б) разрушение пород в зонах предельной концентрации напряжений. Сдвижение (в смысле обрушения, сползания) пород наступает в результате разру-

шения (например, скола) в зонах концентрации напряжений или под действием собственного веса отдельных блоков породы. Для оценки устойчивости горной выработки при хрупком разрушении в зонах предельной концентрации напряжений, как установлено опытным путем, достаточным является сопоставление прочности породы с дейсвующими на контуре выработки максимальными напряжениями. Однако при подземном растворении основным является вопрос обеспечения устойчивости междукамерных целиков на различных этапах эксплуатации камер. Обычно разделяют два основных этапа "жизни" камер ПРС: первый – это этап собственно образования (растворения) данной камеры и второй – это этап последующего ее использования. Причем проект использования камер растворения является одним из разделов проекта отработки месторождения. Если в условиях эксплуатации рудников (при камерной системе разработки) критерием устойчивого состояния целиков обычно принимается условие непревышения рассчитанных нагрузок на целик некоторому "безопасному" значению (обычно пределу прочности на сжатие при наличии определенного коэффициента запаса прочности), то при подземном растворении через скважины с поверхности необходимо учитывается как минимум еще и противодавление в камерах. Основной отличительной особенностью таких целиков является необходимость сохранения ими устойчивого состояния в процессе всего срока существования камер (то есть они должны обеспечить "изоляцию" камер друг от друга и от водоносных горизонтов). При отработке подземным растворением мощных соляных пластов довольно часто плоскости кровли и почвы камер могут условно пересекать рядом расположенные камеры, целики в этом случае имеют сложную (непрямоугольную форму).

Характерной особенностью рассолопромыслов является трудность достоверной и оперативной оценки не только состояния поверхности подземных выработок (камер), но даже и их формы и ориентации в пространстве. Для уточнения формы камеры необходимо ежегодно останавливать растворение и проводить комплекс работ по эхолокации. Еще более сложно получать информацию о сдвижениях (деформациях) вмещающего камеры массива. Единственной – сравнительно легко доступной – является информация о состоянии поверхности на участках рассолопромыслов. Ранее считалось, что поверхность в районах рассолопромыслов, поддерживаемая на целиках не испытывает существенных деформаций. Однако, как показывает опыт эксплуатации рассолопромыслов в этом случае, как и при подземной разработке шахтным способом, поверхность также испытывает существенные опускания, хотя во времени они более "растянуты". Причем основными факторами, оказывающими влияние на опускание поверхности является не только площадь поперечного сечения камер, но и их высота (т.е. практически объем вынутого полезного ископаемого). При отработке одиночной камеры большой высоты (сотни метров) на поверхности всегда образуется "мульда сдвижения" вне зависимости от глубины разработки.

В условиях расположения камер в зонах повышенной сейсмической активности необходимо оценивать и дополнительные нагрузки на междукамерные целики, вызванные воздействием волновых факторов на указанные (и другие) элементы массива.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при оценке состояния элементов соляного массива (например, от "сложных" целиков, разделяющих камеры растворения, и вплоть до состояния поверхности), в сейсмически активных районах при ведении работ подземным растворением необходимо решить три принципиальные задачи, касающиеся:

- получения научно-обоснованных данных, позволяющих установить параметры состояния земной поверхности

(причем обязательно в течение довольно длительного времени – более 10-20 лет с момента начала растворения);

- горногеомеханического обоснования устойчивого (неустойчивого) состояния элементов массива (междукамерных целиков и др.) в окрестности камер (как в период растворения, так и в период возможного их использования "в качестве хранилища");

- установления роли сейсмоактивности региона расположения рассолопро-мысла на указанные выше аспекты.

Подобные оценки должны базироваться на доскональном изучении и научном обобщении: геологической информации об объекте исследований – галогенном массиве и покрывающей его толще пород, данных горногеомеханических параметров указанной среды и подземных сооружений; сведений о сейсмоактивности региона в рамках суперпозиционного рассмотрения влияния геостатического и геодинамического полей напряжений на формирование механического состояния пород в окрестности камер.

Решение вопросов обоснования исходных данных на проектирование подобных сооружений требует, следовательно, разработки специального комплексного метода. Такой метод должен основываться на подходах, параллельно использующих и обобщающих данные маркшейдерской информации (о сдвижении поверхности), и результаты геомеханической оценки состояние вмещающей подземные объекты (камеры) толщи горных пород. Анализ результатов геомеханических оценок, кроме того, должен учитывать изменения в массиве компонентов напряжений, деформаций и перемещений, оцениваемых как в рамках влияния геостатических и геодинамических полей характерных для данного региона, так и в рамках суперпозиционного поля. Недостаточность информации о маркшейдерских наблюдениях "собственно для площадок вновь проектируемых рассолопромыслов" может быть "компенсирована" включением в указанный комплексный метод выполнения научно-исследовательской работы "аналогового подхода", включающего сопоставление геологических и горномеханических параметров вмещающего массива данного рассолопромысла и "рассолопромысла-аналога". Горногеомеханические задачи, целью которых является получение достаточно доскональных оценок параметров проявлений геостатического поля в рассматриваемых массивах горных пород (в окрестности камер растворения), практически всегда базируются на рассмотрении и обосновании выбора как аналитических, так и экспериментально-аналитических методов оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород в окрестности указаных объектов. Очевидно, что приоритетно выбранный метод должен обеспечивать возможность учета широкого спектра геометрических параметров изучаемых объектов (например "невыдержанность" диаметра камер по высоте и участков массива, их разделяющих), а также структурно-механических характеристик вмещающих их массивов (слоистость, неоднородность, упруго-пластические свойства и т.д.). Рассмотренным обстоятельствам – и некоторым иным особенностям выполнения количественных оценок напряженно-деформированного состояния массива – как показал анализ, достаточно соответсвует применение численных методов, разработанных на базе так называемых "граничных" и "конечных" элементов.

В качестве рабочего метода, с учетом данных обобщения геолого-горнотехнических характеристик соляных массивов возможно принять одну из модификаций метода "граничных элементов", а именно – метод разрывных смещений (МРС), позволяющий дать необходимую количественную оценку интересующих исследователя величин компонента тензора напряжений (σ_{ij}), тензора деформаций (ε_{ij}) и вектора перемещений (δ_{ij}).

Особо следует отметить, что необходимо-достаточный анализ всего спектра

технологически возможных ситуаций (как с точки зрения изменения геометрии камер во времени, так и с точки зрения вероятности их “отклонения” от “запроектированного контура”) выполнить практически не реально. В этой связи целесообразно предусматривать выполнение оценки механического состояния подземных объектов для “экстремально-неблагоприятного” сочетания условий эксплуатации камер на различных стадиях их существования (развитие, вторичное использование, “консервация- захоронение” и т.п.). Такая специфика должна направленно отражаться в формировании геометрических, механических и силовых (в частном случае - геостатических) параметров, принимаемых в качестве исходных при решении этой части комплексного исследования. Наличие сейсмоактивости достаточно высокого уровня (от 2÷3 до 8÷9 баллов и выше по шкале MSK-64) требует разработки специального подхода к оценке параметров и геодинамического поля, что также должно отражаться в комплексном методе изучения горногеомеханического состояния массива. При этом, с учетом сугубо стохастической возможности проявления данного фактора в пределах определенного горного отвода рассолопромысла, оценка его в рамках решаемой задачи целесообразна лишь в экстремальной постановке рассмотрения количественных величин динамического поля напряжений (аналогично с экстремально неблагоприятными технологическими ситуациями). Такой подход, как очевидно, является единственно возможным, поскольку подобные камеры зачастую используются в качестве емкостей для размещения в них различного рода отходов, в том числе и существенно “экологоопасных”.

Результаты геомеханических оценок дают исходные данные для собственно анализа возможных “экстремальных” проявлений горного давления как в пределах “околокамерного” массива (междукамерные целики, стенки и потолочины камер), определяющих технологическое состояние рассолопромысла, так и в налегающих толщах – вплоть до земной поверхности. В целом, появляется возможность выполнения доскональной оценки вопросов гидродинамической “автономности” всей галогенной толщи, вмещающей комплекс действующих и “консервируемых” камер рассолопромысла.

Коротко об авторах

Ковалёв О.В. – профессор, доктор технических наук, кафедра РМПИ,
Тхориков И.Ю. – кандидат технических наук, ассистент, кафедра РМПИ,
Мозер С.П. – кандидат технических наук,

Санкт-Петербургский горный институт ГОУ ВПО СПГГИ(ТУ)

© А.С. Бродт, Б.Р. Раимжанов, И.И. Шаровар, 2006

УДК 622.272

А.С. Бродт, Б.Р. Раимжанов, И.И. Шаровар

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПОЛНОТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Семинар № 15

Современные методы освоения угольных и сланцевых месторождений нацелены, главным образом, на выемку кондиционных запасов энергетического сырья, В результате, к моменту отработки месторождения, энергетический потенциал недр исчерпывается от силы на половину, поскольку большая часть некондиционных угольных пластов и пропластков, а также рассеянного во вмещающих породах углистого вещества, так и остается недоведенной до промышленною использования.

Однако, существует новый подход к использованию энергетических ресурсов недр, заключающийся в последовательном извлечении всех видов энергоносителей, локализованных в данном месторождении, отличающийся четкой системностью технологических приемов и строгой подчиненностью организации всего комплекса проведения подземных горных работ к главной цели - рациональному и бережному освоению природного богатства недр.

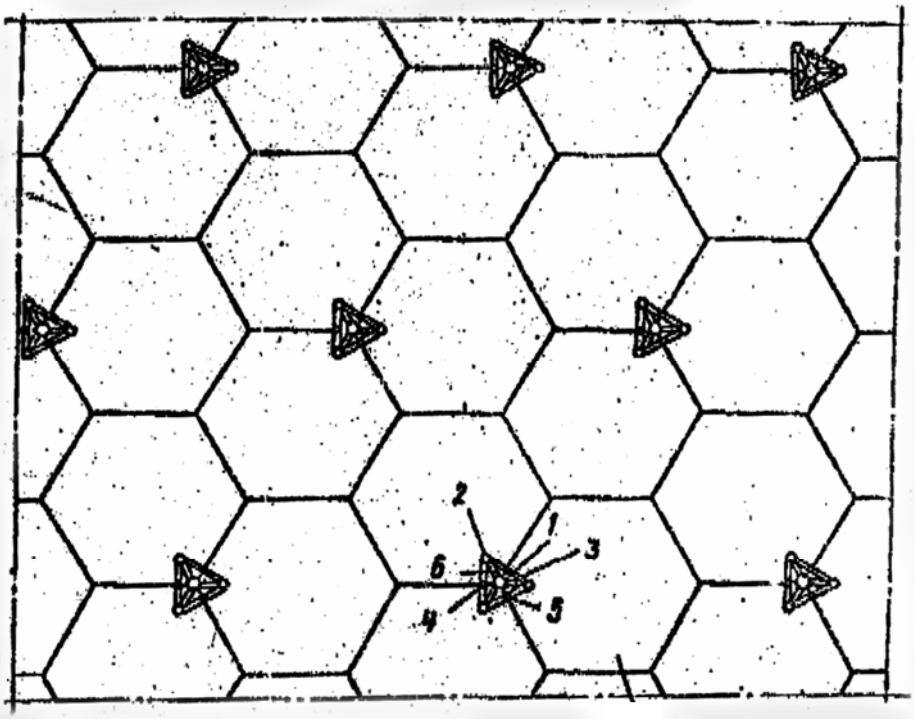
В основу такого метода положена стратегия освоения месторождения на основе последовательной эксплуатации сопряжённых между собой типовых базовых модулей, так называемых блок стволов, на которые раскраивается месторождение, с последующим стадийным извлечением всех видов энергоносителей, заключенных в каждом из них.

Для минимизации объёмов шахтостроительных и подготовительных работ, наиболее рациональной схемой раскройки шахтного поля в этом случае является гексагональная, при которой всё месторождение изначально расчленяем на блоки шестиугольном формы (см. рисунок). При этом каждый блок вскрывают лишь одним вертикальным стволом, проходимым однако, не в центре шестиугольника, а вблизи у одной из его вершин, общим для каждых трёх смежных между собой блоков главным стволом *1*, находящимся в узле их сопряжения, с последующим проведением между ними сбоек *3* и *6* замыкающих, таким образом, конфигурацию сети выработок околоствольного двора в трехугольную звезду, вписанную в треугольник.

У основания главного ствола *1* монтируют теплоэнергетическую установку, а всё вышерасположенное над ней пространство оснащают системой газоочистки, сообщающейся с установленной на дневной поверхности дымовой трубой.

В сбойках *3*, между вскрывающими выработками *2*, возводят герметичные перемычки *4* с открывающимися в обе стороны дверями *5*, и проводят все необходимые подготовительные и нарезные выработки для оконтуривания подлежащих очистной выемке кондиционных запасов.

Добычу полезного ископаемого ведут в обратном порядке. Доставляемый к околоствольному двору основной грузопоток угля не выдают на дневную поверхность, а сжигают в подземной теплоэнергетической установке. Вырабатываемый при этом пар высокого давления по высоконапорному теплоизолированному паропроводу, проложенному по главному стволу *1*, поступает на поверхность, где его энергия преобразовывается в кондиционные энергоресурсы, отпускаемые потребителям.



7

Отработав, таким образом, все кондиционные запасы в пределах блока *7*, топку в главном стволе *1* демонтируют, а на дневной поверхности устанавливают вытяжной вентилятор перед дымовой трубой, после чего все оставшиеся в недрах запасы, заключённые в целиках, нерабочих пластах и пропластках, потери по мощности и механические потери от отбитого угля, а также рассеянное во вмещающих породах углистое вещество сжигают со всасыванием горячих дымовых газов через оставшееся в главном стволе *1* теплоэнергетическое и газоочистное оборудование.

В аналогичном порядке отрабатывают и все остальные шестиугольные блоки такого шахтного поля.

Коротко об авторах

Бродт А.С. – Метек, Израиль,
Раимжанов Б.Р. – НГГИ, Узбекистан,
Шаровар И.И. – Российский университет дружбы народов, Россия.