- снижение рисков для населения и животных, связанных с высокой травмоопасностью отходов стекла, попадающих в окружающую среду;
- уменьшение ущерба технике от возможного неконтролируемого взаимодействия с отходами стекла;
- вторичное использование стеклобоя приводит к снижению общей массы отходов, попадающих на полигоны;
- снижение потребности в первичном сырье предприятий стекольной промышленности;
- производство из отходов стекла продуктов, конкурентно способных по сравнению с аналогами, полученными из первичного природного сырья, имеющих спрос на рынке;
- применение вторичного стекла снижает потребление природных ресурсов, необходимых для получения минеральных инертных материалов типа щебня, гравия, песка, широко применяемых в строительной отрасли.

В этом случае отходы стекла, размещаемые вновь или находящиеся на полигонах ТКО можно рассматривать как отложенные материальные и энергетические ресурсы, которые могут быть извлечены и переработаны, причем стекло выгодно отличается от других компонентов ТКО именно тем, что не разрушается со временем и сохраняет ценные потребительские свойства [2].

Вопрос об организации на мусоросортирующем предприятии выделения потока стеклобоя и дополнительной технологической обработке этого потока, следует решать, исходя из экономической целесообразности. Ключевыми показателями в анализе являются затраты на проведение технологических операций, которые сравниваются с аналогичными продуктами, востребованными на рынке.

Отходы стекла, входящие в состав ТКО на сегодняшний день не в полной мере вовлекаются в ресурсный цикл вследствие невысокой экономической целесообразности для мусоросортировочных предприятий извлечения несортного стекла, обладающего невысокой рыночной стоимостью. Перспективным направлением применения несортного стеклобоя следует признать использование его в качестве сырья при производстве легковесных ячеистых материалов, вследствие того, что в этом случае производятся продукты с высокой прибавочной стоимостью, обусловленной, в свою очередь, востребованными потребительскими свойствами, такими, как негорючесть, биопозитивность и долговечность.

1. Трофимов Г. В. Профессиональные секреты переработки стеклобоя // Твердые бытовые отходы.- 2017.- №10.- С. 22-26.
2. Слюсарь Н.Н. Возможности извлечения отложенных ресурсов из массивов захоронения твердых коммунальных отходов // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика.- 2016.- № 1.- С. 63-78.

Ковальский Е.Р., Карпов Г.Н.

Проблемы повышения полноты извлечения минерального сырья из недр

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-08

idsp: sciencepublic-12-05-2019-08

Одной из основных проблем систем разработки, применяемых на пластовых – в особенности на калийных – месторождениях, является проблема невысокого коэффициента извлечения полезного ископаемого из недр. Так, наиболее распространенные на соляных месторождениях камерные системы с жесткими целиками, хотя и обеспечивают региональную безопасность калийных рудников

(сохраняют сплошность водозащитной толщи и, соответственно, предотвращают проникновение воды в очистные и подготовительные выработки), позволяют извлечь только до 40% сырья. Применение камерных систем с податливыми целиками ненамного увеличивает этот показатель – лишь до 45-50%. Столбовые системы разработки, в случае обоснованной возможности их применения на месторождении, позволяют достичь степени извлечения порядка 60% калийной руды, что также является весьма низким показателем по сравнению, например, с угольными месторождениями, где он может достигать 85-90%. В среднем же по калийной отрасли этот показатель составляет от 35 до 50%.

Оставленные в недрах калийные руды сосредотачиваются в целиках различного назначения. К ним относятся барьерные целики, предохранительные целики под объектами на поверхности, междустрековые целики у участковых и главных выработок, межстолбовые и внутрестолбовые целики, целики у геологических нарушений и т.д. – то есть участки запасов с ограниченными размерами, отработка которых длинными забоями значительно затруднена или даже невозможна.

Основными мероприятиями по сохранению выработок при разработке калийных месторождений являются прорезка компенсационных щелей, проведение разгружающих выработок и оставление целиков достаточной ширины между выемочными столбами (панелями). В частности, на Старобинском месторождении калийных солей значительное количество оставленных запасов сосредотачивается именно в межпанельных и внутрестолбовых целиках (рис. 1). При этом их суммарная ширина (с учетом междустрековых целиков) может достигать 200-250 м, в среднем составляя 100 м (рис. 2).

Рис.1. Распределение запасов по целикам различного назначения на Старобинском месторождении

Рис. 2. Соотношение длины лав и ширины целиков по выемочным столбам (панелям) ОАО «Беларуськалий»

Сложные горно- и гидрогеологические условия отработки калийных месторождений и обязательные требования по обеспечению региональной безопасности предприятий сдерживают увеличение показателей извлечения руды за счет применения более прогрессивных безцеликовых систем разработки. В связи с этим основным направлением повышения полноты извлечения калийной руды из недр становится частичное доизвлечение ранее оставленных (и оставляемых в данный момент) целиков. Предварительная оценка показывает, что по горно-геологическим условиям около 70% запасов в целиках различного назначения на Старобинском месторождении (в целом, эта цифра справедлива и для других месторождений) можно отнести к категории доизвлекаемых.

Прогнозная технико-экономическая оценка по ОАО «Беларуськалий» также показала, что вовлечение в отработку оставленных ранее в недрах запасов калийных руд может позволить продлить срок службы калийных рудников на 8-12 лет (при оценочном коэффициенте извлечения указанных запасов до 30% и более) и в то же время отсрочить инвестирование средств на строительство новых рудников за счет расширения сырьевой базы калийных руд на действующих рудоуправлениях. Доход при этом может составить порядка 4-4,5 млрд. \$ по объединению.

Межпанельные и внутрипанельные целики характеризуются относительно выдержанной формой и значительными размерами. Они оконтурены сетью подготовительных выработок ранее отработанных столбов (рис. 3, целики выделены цветом), т.е. являются фактически вскрытыми и подготовленными (при необходимом объеме восстановительных работ), что значительно сокращает затраты, необходимые на их доизвлечение.

Анализ существующих технологий доизвлечения целиков, применяемых в условиях угольных и калийных пластов различной мощности [1-14], позволил выявить основные подходы к решению данного вопроса (рис. 4).

Рис. 3. Характерная технологическая схема слоевой выемки Третьего пласта Старобинского месторождения с оставлением под центром верхней лавы жёсткого целика между нижними лавами (а) и валовой выемки пластов с комбинированным порядком отработки столбов в панели (б).

На рисунке 3, а:

1, 2, 3 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки верхней лавы; 4, 5, 6 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки нижних лав; 7 – разгружающая выработка; 8, 9 – вспомогательные выработки; а – ширина межпанельного целика

На рисунке 3, б:

1, 2 – панельные конвейерный и транспортный штреки; 3, 4, 5 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки лавы; 6 – разгружающая выработка; 7 – вспомогательные выработки; 8 – конвейерные сбойки; а – ширина межпанельного и внутрипанельного целиков

Первая характерная группа способов доизвлечения включает в себя применение механизированных комплексов. При этом доизвлекаемый целик подготавливается как традиционный выемочный столб и характеризуется шириной, достаточной для оконтуривания его необходимыми подготовительными выработками, нарезки в нем монтажной печи, монтажа комплекса и его нормальной работы [2].

В практике ведения горных работ вблизи околоствольных предохранительных целиков нередко имеет место «врезание» длинными очистными забоями в пределы целика, то есть их частичная выемка. Случаи частичной выемки околоствольных целиков (по рекомендациям ВНИМИ) имели место на угольных шахтах Донецкого бассейна (шахты «Комсомольская», «Южная» и др.), Печорского бассейна («Центральная», «Промышленная» и др.) и других шахтах [4].

Рис. 4. Способы отработки участков с ограниченными размерами на пластовых месторождениях

Вторую группу способов представляет полная выемка целиков камерами с обрушением кровли. В частности, такая выемка была опробована на угольной шахте «Покровская» (ПО «Тулауголь») Подмосковского бассейна для выемки целиков ограниченных размеров и сложной конфигурации [14].

Третий способ выемки (камерными системами с жесткими целиками) проектировался на руднике имени 50-летия Октября (Прикарпатье) для отработки охранных целиков стволов, в которых было сосредоточено до 7 млн запасов каинитовой руды (пласты ЛК-3 Верхний и ЛК-1/2). На этом же руднике по такой технологии были отработаны междублоковые целики на пластах К-6 (системой открытых камер по восстанию) и К-3 (открытыми камерами по простиранию) [13].

Этот способ выемки нашел достаточно эффективное применение в условиях доизвлечения охранных целиков (как правило, значительных размеров), отработка которых должна исключать деформации вышележащего массива и проседания дневной поверхности. Однако, данному способу традиционно сопутствует высокий уровень потерь (до 65%).

В некоторых случаях, в целях снижения потерь и одновременного исключения деформаций вышележащей толщи пород, для доизвлечения целиков применяют четвертую группу способов, включающую в себя закладку очистных камер. В работах [5, 6, 7] отмечается, что отработка барьерных целиков по такой технологии является важным резервом повышения извлечения руды и эффективности горной технологии.

Последний, пятый, способ доизвлечения характеризуется нетрадиционным подходом к решению вопроса – например, применением нового оборудования или необычных технологических решений.

В качестве показательного примера можно привести отработку межблокового целика (между блоками №3 и №4) на пласте «Слоистый-II» шахты «Анадырская», которая производилась при помощи механизированного комплекса на базе комбайна ГШ-68 [11]. При этом на стадии подготовки столба (доизвлекаемого целика) были использованы новые технологические решения.

Некоторые нестандартные подходы к решению вопроса о доизвлечении запасов из целиков описаны также в работе [8]. Характерной особенностью предложенных авторами технологических схем является подготовка выемочного участка (целика) только одной выработкой, а вторая выработка создается в процессе очистных работ путем крепления части выработанного пространства позади лавы.

В качестве примера использования «нетрадиционного» оборудования для доизвлечения запасов также можно привести технологию, основанную на бурошнековой выемке [9].

Выемка целиков представляет сложную горно-геомеханическую задачу, в рамках которой важную роль играют процессы деформирования и разрушения целиков и массива горных пород в условиях опорного давления. В связи с этим основным вопросом при выемке целиков является обеспечение эффективного управления горным давлением, основанное на достоверном геомеханическом анализе ситуации.

К основным обстоятельствам, обуславливающим сложность разработки запасов на участках с ограниченными размерами, относятся следующие:

- участки имеют весьма ограниченные размеры, поэтому для их подготовки требуется проведение большого объема нарезных выработок на 1000 т добычи – в 1,5-3 раза больше, чем на обычных участках;
- соответственно увеличивается объем монтажных и демонтажных работ технологического оборудования;
- разработка этих участков при применении обычной технологии и средств комплексной механизации ведет к существенному увеличению себестоимости руды ввиду ограниченных размеров подготавливаемых участков;
- участки, как правило, либо находятся в зоне концентрации напряжений или в зоне разрушенных пород, в связи с чем появляются трудности в управлении кровлей и повышаются требования к технологиям, обеспечивающим безопасность работ в таких условиях.

Ввиду отмеченных обстоятельств эффективность разработки участков с ограниченными размерами зависит от результатов обоснования параметров таких технологических схем и средств механизации, которые обеспечивали бы резкое снижение протяженности проводимых, поддерживаемых выработок и монтажно-демонтажных работ транспортно-выемочного оборудования. При этом существенно, чтобы новые технологические схемы и средства комплексной механизации компоновались бы на ранее проверенных в промышленных условиях базовых элементах и узлах.

Технология доизвлечения должна обладать достаточной «мобильностью» и приспособляемостью к различным горнотехническим и горно-геомеханическим условиям, изменчивость которых явным образом диктуется широким диапазоном размеров целиков, предполагаемых к доизвлечению, а также различными глубинами их залегания (для условий Старобинского месторождения – от 400 и вплоть до 1000 м). Другими словами, предполагаемая технология доизвлечения должна обладать легко варьируемыми параметрами, определяющими ее применимость в тех или иных

условиях (включая размеры и количество обслуживающих выработок, применяемое оборудование и т.д.).

Кроме того, если речь идет о доизвлечении калийных руд, то возможная технология отработки должна обеспечивать минимальное разубоживание добываемой руды в целях снижения затрат на ее транспортировку на поверхность и последующее обогащение. Снижение уровня разубоживания возможно осуществить, во-первых, за счет сведения в такой технологии к минимуму объема проводимых подготовительных выработок, порода от которых поступает на обогатительную фабрику (к примеру, на Старобинском месторождении объем породы составляет на данный момент 20% от всей добычи), и, во-вторых, за счет применения селективного (выборочного) доизвлечения слоев руды с максимальным содержанием полезного компонента.

Не менее важным и согласующимся с предыдущим требованием является легкость в проведении промышленных испытаний такой технологии. В силу быстрого истощения подготовленных запасов на тех горных предприятиях, где встает вопрос об отработке целиков, период подготовки технологии доизвлечения оставленных целиков к испытаниям и ее возможного последующего внедрения на месторождении в промышленных масштабах следует сократить до минимума. Это возможно обеспечить за счет уменьшения начального объема подготовительных выработок, необходимых для начала ведения очистных работ, а также за счет применения простого в монтаже оборудования.

При этом важнейшим требованием к технологии доизвлечения остается безопасность ведения горных работ – как локальная, так и региональная. Предполагаемые к доизвлечению объекты находятся в зонах повышенного горного давления и характеризуются сложным напряженно-деформированным состоянием как самих объектов (целиков), так и вмещающего массива. В связи с этим вопросы управления горным давлением, устойчивости подготовительных выработок, обеспечения безопасности горнорабочих и незатопляемости рудников являются определяющими при выборе технологии доизвлечения и обосновании ее параметров.

Анализ требований, предъявляемых к технологиям отработки запасов с ограниченными размерами, позволяет констатировать следующее. Сложные горногеологические условия, сопровождающие работы по доизвлечению, не позволяют достичь высоких нагрузок на длинные очистные забои и оправдать высокие первоначальные затраты на их монтаж. Применение же «нетрадиционных» решений связано с долгой апробацией, возможным ростом издержек на их внедрение и приведение в соответствие с конкретными горно-геологическими условиями. Следовательно, наиболее эффективным способом доизвлечения запасов являются системы разработки короткими забоями с оставлением междукammerных целиков, которые согласуются со всеми аспектами требований к технологиям отработки запасов на участках с ограниченными размерами.

1. Авдеев Д.К. и др. Отработка запасов руды в зоне предохранительного целика под водоемом // Горный журнал. - М.: Недра. - 1989. №9.
2. Бакхаус Г., Гайслер Й. Отработка целиков на шахте "Вальзум" // Глюкауф. 1987, №5 (рус.)
3. Беляев Е.В. Извлечение запасов угля из охранных целиков // Охрана окружающей среды при подземной разработке угольных месторождений. – М.: Наука, 1995 – с. 128-131
4. Бошнятов Е.В., Лустикова Н.В., Приходько В.В. Частичная выемка угля из околоствольных предохранительных целиков // Исследования сдвижения горных пород и гидрогеомеханических процессов в массивах сложной структуры при разработке угольных месторождений. - сб.науч.тр., СПб, 1992. – с. 6-15
5. Булатов В.Ф., Беркович В.Х. и др. Опыт отработки охранных целиков с гидрозакладкой выработанного пространства, - М.: 1980. – 35 с.
6. Гаркушин П.К., Завалка И.М., Воликов В.В. Отработка охранных целиков в условиях Калуш-Голынского калийного месторождения // Разработка рудных месторождений: республиканский межведомственный научно-технический сборник. Киев, - «Техніка», 1986. Вып. №42. С.77-81.

7. Западский Л.А., Ягунов А.С., Бирюков В.В. Отработка запасов угля из целиков в Кузбассе // Уголь, 1988. №6. С.26-27.
8. Квон С.С., Мамонтов А.Я. Состояние запасов угля в охранных целиках в Карагадинском бассейне и основные направления их извлечения // Комплексное использование минерального сырья. 1990, №5. С.13-18.
9. Левкович П.Е., Мезников В.И., Дьяченко Г.В., Королев Д.А. Бурошнековая выемка угля. – К.: Техніка, 1982. – 175 с.
10. Меликидзе К.А. Техничко-экономическая эффективность разработки угольных охранных целиков различного назначения на шахтах Ткварчельского месторождения // Рациональное использование недр Грузии. – Тбилиси: Мецниереба. – 1982. С.40-46.
11. Розенбаум М.А. и др. Отработка угольных целиков механизированными комплексами // Колыма. 1991. №4. с. 12-14.
12. Севастьянов Б.Н., Удалов А.Е., Битимбаев М.Ж., Бекбаев С.М. Управление горным давлением при выемке целиков // Управление горным давлением и прогноз безопасных условий освоения угольных месторождений. Сборник научных трудов, ч.1. – Ленинград, 1990.
13. Семчук Я.М., Гаркушин П.К. Отработка околостольных целиков на калийных рудниках Прикарпатья // Шахтное строительство. – М.: Недра, 1990, №12. С. 22-23.
14. Цуканов В.В. Технология отработки целика короткими заходками комбайном КМШ-3,5 и крепью ССК-I // Подземная разработка тонких и средней мощности угольных пластов. – Тула, 1989.

Ковальский Е.Р.

Обоснование параметров технологических схем селективной выемки запасов IV калийного горизонта Старобинского месторождения

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-09

idsp: sciencepublic-12-05-2019-09

Четвертый калийный горизонт включает семь выдержанно распространенных по площади слоев сильвинита мощностью от 0,2 м до 0,75 м, разделенных прослоями каменной соли мощностью от 0,6 м до 3,6 м (таблица 1).

Таблица 1

Геологические характеристики слоев 4 калийного пласта

Индекс слоя	Мощность слоя, м	Содержание KCl, %	Содержание NO, %
12	0,72	19,66	6,62
10-12	3,38	3,02	11,4
10	0,74	31,63	6,19
9-10	1,35	1,26	11
9	0,17	47,79	1,38
8-9	1,91	1,16	14,9
8	0,54	32,39	4,48
7-8	0,49	2,79	15,8
7	0,33	24,89	4,07
6-7	0,96	4,83	15,6
6	0,25	47,52	3,31
5-6	0,62	5,17	13,6
5	0,18	36,41	2,58

Среднее содержание сильвинита в пределах мощности 4 Калийного пласта (~ 12 м) составляет менее ~ 20 %, соответственно в условиях 4 Калийного горизонта (4 КГ) необходимо проектировать системы разработки, позволяющие селективно извлекать сильвинит и каменную соль, с обязательной закладкой пустой породы в выработанное пространство.

На рис. 1 и 2 показаны варианты технологических схем выемки запасов 4КГ. В первом варианте (рис. 1) охрана панельных выработок предусматривается целиками, ширина которых принимается по действующим методикам, и проходкой разгрузочных выработок. Верхний сильвинитовый слой (12 с.с.) не отрабатывается. Во втором варианте (рис. 2) панельные выработки проходятся по нижним сильвинитовым слоям и охраняются выработанным пространством 12 с.с. и разгрузочными выработками.