УДК 622.831.32.322

О.В.КОВАЛЕВ, Ю.Г.СИРЕНКО,
И.Ю.ТХОРИКОВ, Е.Р.КОВАЛЬСКИЙ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОИЗВЛЕЧЕНИЯ КАЛИЙНОЙ РУДЫ ИЗ ЦЕЛИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУРОШНЕКОВОЙ ВЫЕМКИ

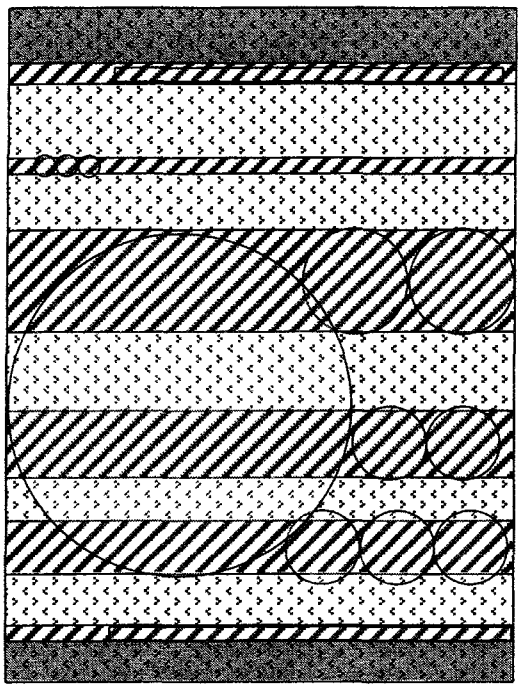
На примере Старобинского месторождения рассмотрены критерии, определяющие выбор систем разработки и возможные пути повышения извлечения калийных пластов. Предложены различные принципиальные схемы доизвлечения сильвинита из целиков бурошнековой технологией. Разработана методика геомеханического обоснования параметров доизвлечения целиков. Приведены результаты оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) целиков и вмещающего их массива для характерных временных моментов существования оконтуривающих целики выработанных пространств.

On an example of the Starobino field the yardsticks are reviewed, which determining selection of mining methods and possible pathes of increase of the potash seams extraction. The different principal recovery schemes of the potash pillars by drilling-drum technology are offered. The technique of the geomechanical substantiation of pillar recovery parameters is designed. The outcomes of an estimation of pillar stress state and massif stress state are adduced, containing them, for the reference temporary «existence» moments of the work out, which delined these pillars.

При отработке калийных пластов традиционными способами выемки коэффициент извлечения полезного ископаемого в среднем составляет 30-70 %, так как значительная часть полезного ископаемого остается в целиках, служащих для охраны горных выработок и обеспечения безопасности горных работ. Проблематика разработки месторождений горно-химического сырья практически аналогична для всех предприятий данного профиля. Кроме России, в настоящее время отработка минеральных солей рудничной технологией и растворением через скважины ведется в таких странах, как ФРГ, США, Канада, Беларусь и др. Одним из основных направлений повышения конкурентоспособности рудников, отрабатывающих месторождения горно-химического сырья, является доизвлечение оставляемых в целиках запасов. Данная проблема актуальна не только для действующих, но и для проектируемых рудников. Доизвлечение 10-20 % запасов из целиков позволит поддерживать производственные мощности без строительства новых рудников (а соответственно, обойтись без крупномасштабных инвестиций), что значительно снизит себестоимость продукции.

Основной особенностью разработки месторождений минеральных солей является их легкая растворимость в воде, а следовательно, необходимость гарантированного сохранения сплошности водозащитной толщи (ВЗТ), что обеспечивает недопущение проникновения подземных вод в горные выработки, так как это неизменно влечет за собой закрытие (затопление) действующего предприятия. Актуальность данной проблемы подтверждает мировой опыт разработки данных месторождений, который свидетельствует о высокой аварийности предприятий, отрабатывающих месторождения минеральных солей. Основной системой разработки при выемке калийных солей является камерная система с поддержанием вышележащей толщи на целиках различной жесткости. В то же время на Старобинском месторождении в Беларуси длительное время ус-

ISSN 0135-3500. Записки Горного института. Т.156



VI: m = 0,25 м; KCl = 45,17 %; НО = 4,98 %

V-VI: m = 0,92 м; KCl = 6,28 %; НО = 18,66 %

V: m = 0,20 м; KCl = 40,97 %; НО = 6,38 %

IV-V: m = 0,69 м; KCl = 5,53 %; НО = 18,20 %

IV: m = 1,25; KCl = 35,8 %; НО = 7,53 %

III-IV: m = 0,97; KCl = 1,52 %; НО = 7,19 %

III: m = 0,83; KCl = 38,0 %; НО = 3,65 %

II-III: m = 0,53; KCl = 6,89 %; НО = 7,05 %

II: m = 0,65; KCl = 51,28 %; НО = 2,16 %

I-II: m = 0,63; KCl = 3,15 %; НО = 5,01 %

I: m = 0,19; KCl = 38,12 %; НО = 1,31 %

Рис.1. Строение Третьего калийного горизонта и возможные схемы выбуривания руды из целиков

пешно используются столбовые системы разработки с длинными очистными забоями. Однако и при использовании таких систем значительная часть руды остается в целиках различного назначения. Ширина таких целиков изменяется от единиц до десятков метров (иногда более 100 м). Отметим, что пролеты выработанных пространств и параметры целиков определяют характер деформирования вмещающего массива, а следовательно, и состояние ВЗТ.

Оставляемые целики могут доизвлекаться с применением различных технологий, например, короткими механизированными комплексами и проходческими комбайнами, или специально спроектированным оборудованием (бурошнековые установки и др.). Такие запасы приурочены, в основном, к геомеханически неблагоприятным зонам на границах с выработанными пространствами. Обойтись без крепления выработок в таких условиях практически невозможно. В настоящее время на Старобинском месторождении подготовительные выработки только частично закрепляются анкерной крепью. Использование арочной крепи (или других видов рамной крепи) не позволит достичь требуемой эффективности отработки подобных запасов. В этом случае наиболее перспективно-прогнозируемой технологией является бурошнековое доизвлечение целиков из действующих или специально проводимых выработок. Очевидно, что отработка таких запасов может реализоваться только на базе обоснованного выбора параметров технологических схем (диаметр шнека, количество скважин в ряду, оставляемые целики и т.п.) с точки зрения локальной (состояние подготовительных выработок и параметры крепления) и региональной (состояния ВЗТ) безопасности.

На рудниках РУП ПО «Беларуськалий» при отработке двух калийных и одного каменно-солевого горизонтов применяется значительное число различных технологических схем выемки запасов: от камерных – до столбовых с разделением на слои. При применении этих систем в целиках различного назначения (междукамерные, межпанельные, технологические и т.п.) остается большое количество руды. Вовлечение данных запасов в отработку позволит расширить сырьевую базу предприятий, а соответственно, продлить срок службы рудников при сохранении необходимых объемов добычи на объединении. Вопрос поддержания

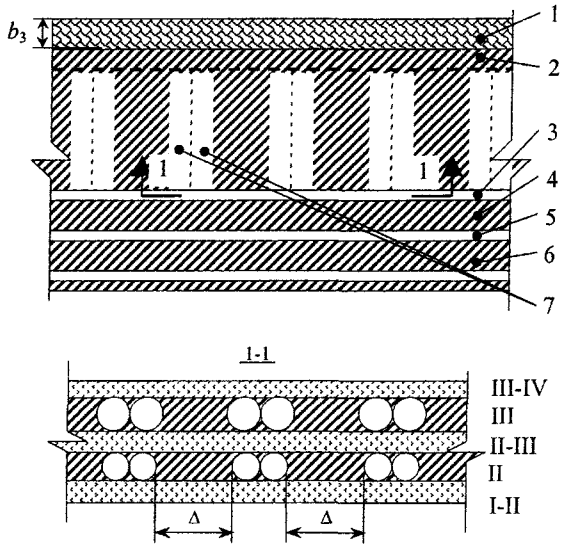


Рис.2. Вариант технологической схемы доизвлечения запасов бурошнековой выемки при валовой выемке Третьего горизонта с комбинированным порядком отработки столбов в панели

1 – смежное выработанное пространство; 2 – контурный целик ($b_3 \geq 1{,}0$ м); 3 – стартовая выработка для размещения в ней бурошнековой установки; 4 – технологический целик между стартовой и разгружающей выработкой (с возможной его прорезкой в технологических целях); 5 – разгружающая выработка (пройденная вдоль вентштрека лавы); 6 – междуштрековый целик (между разгружающей выработкой и вентштреком); 7 – сдвоенные очистные скважины длиной менее 20 м с междускважинным целиком шириной Δ

производственных мощностей объединения может возникнуть уже в ближайшие годы даже при планируемой отработке запасов «Краснолободского участка» месторождения.

Доработка таких целиков характеризуется практическим отсутствием затрат на их подготовительные работы, хотя понятие доизвлечение запасов подразумевает наличие существенных проблем горно-геомеханического характера. Данные проблемы связаны с интенсивными геомеханическими процессами, протекающими на границе с выработанными пространствами ранее отработанных участков. Особенно следует подчеркнуть, что эффективное управление упомянутыми процессами существенно предопределяет безопасность и рациональность доработки запасов. Предварительный анализ показал, что для доизвлечения запасов на Третьем и Втором калийных горизонтах Старобинского месторождения целесообразно применять специально спроектированные бурошнековые установки, что обусловлено геологическим строением отрабатываемых пластов и особенностями данной технологии. Так, например, возможно селективно отрабатывать все слои сильвинита или объединять их вместе с определенными прослоями галита при использовании машин с постоянным диаметром исполнительного органа (рис.1). Для обеспечения высокой нагрузки на выемочные участки целесообразно создать установки специальной конструкции, так как имеющиеся на сегодняшний день буровые машины не позволяют достичь 10-20 % от нагрузки на очистные комбайны.

Вариант принципиальной технологической схемы доработки запасов показан на рис.2. Внедрение данного оборудования позволит, увеличив коэффициент извлечения, вовлечь в отработку забалансовые запасы руды и повысить качество селективно добываемого полезного ископаемого при снижении себестоимости конечной продукции на предприятии. В настоящее время шахтные поля Старобинского месторождения в значительной степени отработаны и фронты очистных работ на всех горизонтах приближаются к их центрам. Поэтому при решении горно-геомеханических задач доизвлечения руды из целиков необходимо учитывать не только влияние выработанных пространств в пределах одного добычного горизонта, но и отработанные площади смежных горизонтов.

В СПГГИ(ТУ) на базе анализа горно-геологических условий и вариантов технологических схем доизвлечения запасов сильвинитовой руды на рудниках РУП ПО «Беларуськалий» построены горно-геомеханические модели (рис.3) и соответствующие им расчетные схемы, с использованием которых возможна оценка НДС соляного массива. Решение конкретных задач горного производства по определению НДС массива горных пород в зонах доизвлечения выполнялось с учетом необходимой модернизации одного из численных методов (метод граничных элементов) применительно к исследованию механических процессов в неодно-

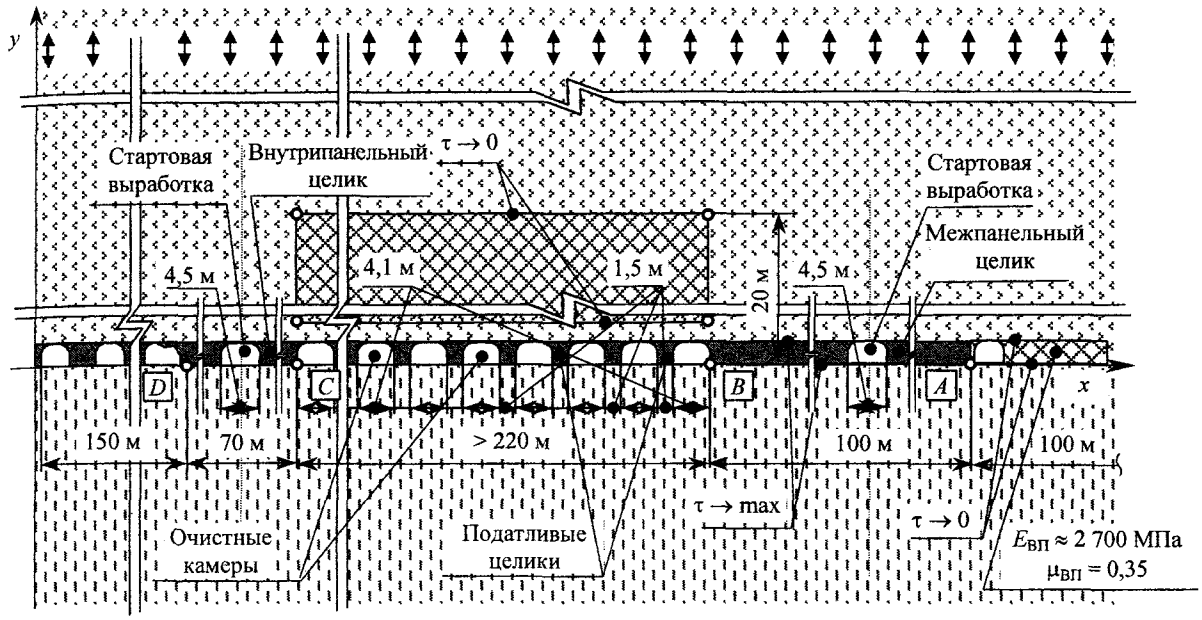


Рис.3. Горно-геомеханическая модель при доизвлечении запасов межпанельного и внутрипанельного целиков из центральной стартовой выработки при применении в панели комбинированного способа отработки Третьего калийного горизонта и использовании «податливых» целиков в камерной системе при очистной выемке нижних калийных слоев

родной весомой среде. Данные исследования позволили разработать инженерную методику расчета эффективных и безопасных параметров бурошнековой технологии.

Предложенная методика оценки устойчивых (в течение технологически требуемого времени) состояний междускважинных целиков при гарантированном обеспечении безопасного состояния ВЗТ позволила сформулировать требования к такому оборудованию и рациональные технологические схемы его работы. По разработанным исходным данным требуемое оборудование проектируется и изготавливается на машиностроительных предприятиях Германии и Польши. В дальнейшем будет проведен производственный эксперимент по подтверждению рациональных параметров внедряемой технологии, анализ и обобщение результатов которого позволит произвести корректировку рекомендуемых параметров и начать промышленное внедрение бурошнековой технологии доизвлечения целиков.