УДК 622.831.32.322

О.В.КОВАЛЕВ
профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
С.А.ВАСИЛЬЕВ
Горный факультет, группа ТПП-02-2, ассистент профессора
И.Ю.ТХОРИКОВ
научный сотрудник кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
К.А.БОНДАРЕВ
аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РОЛИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ УГЛЕНОСНЫХ МАССИВОВ В ФОРМИРОВАНИИ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ОТРАБОТКИ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПЕЧОРСКОГО БАССЕЙНА

В статье приведены основные факторы, которые должны быть учтены при внедрении высокопроизводительных очистных комплексов в условиях Воркутского месторождения. Проанализированы основные подходы к решению этой задачи, отмечены основные проблемные вопросы. Приведены результаты исследований, основанные на анализе объемной деформации массива и ее влияния на фильтрационные свойства среды, позволяющие установить функциональную взаимосвязь параметров напряженно-деформированного состояния массива и его газопроницаемости.

The article states the main factors which have to be taken into account in designing high-output cleaning complexes in conditions of the Vorkuta deposit. Basic approaches to solving this problem have been analyzed and the main problematic issues have been outlined. Research results are given, which help to establish functional dependence between the stress-and-strain state of the rock strata and its gas permeability basing on the analysis of the rock massif volumetric deformation and its impact on the filtration characteristics of the medium.

По мере отработки запасов и переходом горных работ на более глубокие горизонты горно-геологические условия выемки запасов усложняются: возрастает газообильность выработок, увеличивается опасность внезапных выбросов угля и газа, горных ударов.

Наряду с этим в условиях современной экономики одним из основных требований, обеспечивающих конкурентоспособность отрасли, является повышение производительности труда, нагрузки на очистные забои и снижение за счет этого себестоимости при гарантированном обеспечении необходимого уровня безопасности подземных горных работ.

Решить эту проблему возможно только путем комплексного обоснования вопросов вскрытия, подготовки, систем разработки и механизации производственных процессов.

С 80-х гг. XX в. стали широко использовать высокопроизводительные очистные комплексы на различных предприятиях и в различных регионах – США, Канада, Австралия, Великобритания, Франция. Среднесуточная добыча возросла с 2500 до 25 000 т/сут и более. В конце 80-х годов рекордные на-

грузки составляли более 40 000 т/сут (шахты Австралии).

В первое время такое оборудование использовалось только в благоприятных горно-геологических условиях на небольших глубинах (200-300 м) и исключительно на мощных пластах (2,8-5 м). Однако постепенно мировыми производителями очистных комплексов была экспериментально подтверждена целесообразность использования высокоэнерговооруженных комплексов и на пластах средней мощности, в том числе и в сложных горно-геологических условиях. На шахтах Германии, где проводились «пионерные» опытно-промышленные внедрения такого оборудования, пришлось решать целый ряд сложных проблем. Основными причинами неудачного, в ряде случаев, опыта внедрения современных комплексов были сложные горно-геологические условия залегания пластов, из которых можно выделить следующие:

- неустойчивые вмещающие породы – что значительно снижало нагрузки на лаву из-за вывалов;
- стесненные условия работы на сопряжениях – данная проблема была решена проходкой подготовительных выработок увеличенного сечения (до 35 м^2);
- высокая газоносность пластов – что требовало предварительной дегазации, либо использования специальных схем проветривания;
- высокая нарушенность пластов – иногда после «перехода» нарушения приходилось демонтировать комплекс и заменять его полностью, что значительно снижало эффективность отработки запасов.

Однако, следуя по пути повышения энерговооруженности всех основных типов оборудования в системах очистных забоев (комбайн, конвейер, крепь, насосное оборудование) и используя компьютерные системы управления и контроля, удалось создать высоконадежные комплексы, которые используются в том числе и в сложных горно-геологических условиях.

Основными мировыми лидерами по производству таких систем являются немецкие и американские транснациональные концерны («Айкофф», «Альпина», «Джой»). Оборудование немецкого концерна «Айкофф» прошло удачные опытно-промышленные испытания в условиях шахт Печорского бассейна (Воргашорская № 1).

С помощью оборудования последнего поколения стало возможно довести среднесуточную нагрузку на очистные забои до 5000 т (комбайн К500) и до 9000 т (комбайн SL-300). Рекордные нагрузки на лаву 233-ю составили 21 тыс.т/сут.

Газоносность пласта «Мощный» в лаве 233-ю составляет около 12 м^3/т. Лава подготовлена спаренными выработками. Система разработки столбовая с полным обрушением пород кровли и погашением подготовительных выработок. Длина лавы 300 м. Применялась схема проветривания с выдачей исходящей струи на ближайшую сбойку и выведением на фланговые выработки. Для проветривания участка подавалось 50 м^3/с воздуха. Расход воздуха в лаве составлял 30 м^3/с. Дегазация комплекса пород налегающего массива проводилась путем бурения кустов восстающих скважин из вентиляционной участковой выработки.

Внедрение аналогичного оборудования для отработки донной части мульды требует разработки не только технологических решений, позволяющих обеспечить аэрологические требования в пределах выемочных участков, но и новых методических разработок по обоснованию (прогнозу) их газового баланса при высоких скоростях подвигания очистных забоев. Решение аэрологических проблем базируется на использовании многоштрековой подготовки очистных забоев с анкерным креплением участковых выработок. Таким образом, возникает второй проблемный вопрос данной технологии – обеспечение безопасных условий работы в участковых подготовительных выработках, закрепленных анкерной крепью и разделенных целиками угля небольшой ширины (5-7 м). Поскольку участковые выработки, а следовательно, и целики находятся в зоне опорного давления впереди лавы (в створе лавы и за лавой), то соответственно необходимо оценить опасность данных целиков по фактору горных ударов в этих зонах.

При вариантах многоштрековой подготовки выемочных участков (например, от 2 до 4-штрековых) недостаточно надежными следует считать какие-либо априорные заключения о механическом состоянии вмещающего их массива горных пород (МГП), в частности, отражающего устойчивость элементов штреков (кровли, почвы), а также состояние междуштрековых целиков. Достаточность упомянутых заключений может базироваться на обобщении данных экспериментально-аналитических исследований, апробируемых (при необходимости) в условиях натуры. Базой такой оценки является решение задачи «сбора нагрузки» на междуштрековые целики и сопоставление полученных величин с безопасными (предельными) параметрами.

Обоснование метанообильности выработок выемочных участков должно основываться, как очевидно, на оценке баланса газовыделения из отрабатываемого пласта, подрабатываемого и надрабатываемого массивов. Поскольку скорость подвигания лав не может оказывать существенного влияния на относительное газовыделение из разрабатываемого пласта, то основными проблемными вопросами становятся вопросы прогноза газовыделения из подрабатываемого и надрабатываемого массивов в функции фильтрационных и временных аргументов. Фильтрация газа из вышележащей толщи осуществляется как по техногенным трещинам [3], образующимся при обрушении кровли очистных забоев, так и в ламинарном режиме – из более высоко залегающих ее слоев, а фильтрация газа из надрабатываемых толщ – по квазисплошным толщам горных пород, проницаемость которых определяется их литотипом и напряженно-деформированным состоянием [2].

Анализ механических свойств и текстурно-структурных особенностей характерных месторождений полезных ископаемых показал необходимость рассмотрения геомеханической задачи для однородной, многосвязанной, квазисплошной среды. Взаимовлияние геомеханических и газодинамических параметров МГП может быть – с достаточной для практики точностью – оценено на базе «экспериментально-аналитического» подхода к решению поставленной задачи. Базой такого подхода является оценка сформированных в массивах механических состояний, а также отвечающих им газодинамических условий, которые предопределены «геометрией» полостей (контуров), граничными условиями на них и механическими (деформационными) характеристиками рассматриваемой среды. Связь между газодинамическими параметрами МГП (коллекторскими, фильтрационными и др.) и его механическим состоянием определяется анализом информации о компонентах тензоров напряжений и деформаций, а также компонентов вектора перемещений [1].

Выполненные исследования показали, что существует взаимосвязь параметра эффективной пористости (n) и средних значений ($\sigma_{ср}$), действующих в горном массиве напряжений. Следовательно, в квазиупругодеформируемых средах очевидна и взаимозависимость параметров n и θ_i:

$$\theta_i = k\sigma_{ср}, \qquad (1)$$

где θ_i – параметр объемной деформации; k – коэффициент, зависящий от деформационных характеристик массива, $k = 3/E(1\text{-}2\mu)$; E – модуль упругости структурных литотипов МГП; μ – коэффициент Пуассона тех же элементов МГП.

Определить роль НДС пород в изменении показателя их эффективной (фильтрирующей) пористости, т.е. газопроницаемость среды, можно следующим образом:

$$K_{ср} = k_0^{ñð} + a\sigma_{ср}, \qquad (2)$$

где $K_{ср}$, $k_0^{ñð}$ – средние значения для исследуемых «точек» МГП газопроницаемости пород и при $\sigma_{ср} \to 0$ в «точке» МГП соответственно; a – эмпирический коэффициент.

Решение второй задачи (оценка удароопасности целиков на примере четырехштрекового пласта) показало, что при двух- и четырехштрековой подготовке состояние междуштрековых целиков (МШЦ) по пласту n_{11} в зоне «за опорным давлением» впереди лавы возможно оценить как неудароопас-

ное. Данный вывод характерен не только для МШЦ, деформируемых в предельном состоянии, но и для целиков, деформируемых упруго. Для условий деформирования целиков за лавой (в зоне ВП) было установлено, что увеличение числа участковых выработок неминуемо приводит к увеличению опасности целиков по фактору горных ударов. В части принятия решений по креплению выемочных штреков – в общей постановке – возможно ориентироваться на схемы крепления штреков при обычной подготовке (например, двухштрековой) выемочных участков.

Таким образом, результаты выполненных исследований могут быть использованы при решении двух проблемных вопросов горного производства: 1) для обеспечения на высокогазоносных угольных шахтах условий эффективного проветривания выемочных участков при использовании высокопроизводительной очистной техники; 2) для обоснования безопасных параметров междуштрековых целиков по фактору горных ударов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айруни А.Т.* Теория и практика борьбы с рудничными газами на больших глубинах. М.: Недра, 1981.

2. *Лидин Г.Д.* Исследование закономерностей дегазации разрабатываемых, подрабатываемых и надрабатываемых угольных пластов / Г.Д.Лидин, А.Т.Айруни. ИГД им.А.А.Скочинского. М., 1969.

3. *Руппенейт К.В.* Деформируемость массива трещиноватых горных пород. М.: Недра, 1975.