УДК 622.363.2; 622.4

О.В.КОВАЛЕВ,
И.Ю.ТХОРИКОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОТРАБОТКИ ОПАСНЫХ ПО ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ ПЛАСТОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Рассмотрены газодинамические явления, в частности внезапные выбросы угля и газа. Показана целесообразность проведения дальнейших исследований механизма выбросов с целью создания специальной, безопасной и эффективной технологии отработки газонасыщенных угольных пластов.

Gas-dynamic phenomenon are reviewed, the sudden outbursts of coal and gas in particular. The advisability of further researches on the mechanism of sudden outbursts is exhibited. The researches are directed on creation of special, secure and effective mining of gas-saturated coal seams.

Среди достаточно широкого класса газодинамических явлений (ГДЯ) наиболее опасны внезапные выбросы (ВВ) угля и газа, документальная регистрация которых началась в 30-40-х гг. XIX в. (Франция, Бельгия). К концу столетия число ВВ исчислялось тысячами, а «география» их распространения включала целый ряд угледобывающих стран: Германию, Англию, Венгрию, Канаду и др. В начале XX в. зарегистрированы первые ВВ и в России (с 1906 г. – в Донецком бассейне). На протяжении всего XX в. ВВ угля и газа имели место во многих странах, а «сила» таких явлений достигала тысяч тонн выброшенного угля и сотен тысяч кубических метров метана. Отметим, что газовый фактор не ограничивается исключительно метаном, а ВВ могут протекать при наличии в пластах и диоксида углерода. Кроме того ГДЯ, в том числе и ВВ, имеют место не только на угольных шахтах, но и при добыче других видов полезных ископаемых, например, при выемке горнохимического сырья (сильвинитов, карналлитов). Начало XXI в. характеризуется фиксацией подобных явлений в разных странах, а соответственно и наличием настоятельных требований позитивного решения данной проблемы.

Внезапные выбросы продолжают происходить в России (Кузбасс, Печбасс), на шахтах стран СНГ (например, в Украине), на шахтах КНР и других стран. Последствия ВВ приводят к гибели сотен горняков и к существенному нарушению технологических процессов добычи сырья, вплоть до вынужденного закрытия шахты (Печорский бассейн).

Состояние изучения ГДЯ на угольных шахтах не позволяет сегодня делать каких-либо оптимистических выводов о возможности борьбы с такими грозными явлениями, если ее методы будут базироваться лишь на использовании достигнутого уровня теоретических и апостериорных данных о механизмах этих сложных газогеомеханических явлений. Накопленная информация позволяет считать, что механизмы ГДЯ требуют дальнейшего уточнения. Это может обеспечить и повышение эффективности методов борьбы с этими опасностями горного производства.

Рассмотрим возможные направления исследований на основе анализа научных данных, полученных широким кругом ученых и специалистов, работавших и продолжающих работать в этой области (В.В.Ходота, С.А.Христиановича, И.Я.Эттингера, Г.Н.Фейта,

О.И.Чернова, И.М.Петухова, А.М.Линькова, Г.Д.Лидина, А.Т.Айруни, А.Н.Зорина, В.И.Мурашова, В.Марграфа и др.).

Как известно, механизм ВВ неоднозначен и функционально предопределен комплексом ряда факторов: напряженно-деформированным состоянием (НДС) призабойных зон, их газодинамическими параметрами, а также физическими (механическими) и физико-химическими свойствами углей. Эти факторы формируют выбросоопасные ситуации в призабойных зонах угольных пластов не дифференцированно, а сугубо синергетически. Параметры таких ситуаций в процессе формирования ВВ могут претерпевать существенные количественно-качественные изменения, предопределяя и уровень вероятности развития ВВ в той или иной зоне содержащего метан пласта.

Энергетика протекания выброса значимо предопределяется «газовым фактором» – давлением свободного газа и его градиентом в потенциально выбросоопасных зонах. Однако этот параметр неоднозначен как в пространстве, так и во времени. В пространстве – поскольку структура пластов может меняться от «жесткой» до «нежесткой», закономерно определяя преобладание одних сорбционных процессов в угле над другими, например абсорбционных над адсорбционными или наоборот, что приводит к различному уровню насыщения сорбента метаном. В этой связи в различных зонах пластов могут меняться скорости и энергии десорбционных процессов, а, значит, и характеристики «работоспособности» свободного газа на стадиях возбуждения и протекания ВВ. Временная неоднозначность предопределяется «глубиной» проникновения CH_4 в поры угля, в основном, в микропоры. Поэтому фильтрационные процессы следует характеризовать не законом Дарси, применимым для зон с макропорами (трещинами), а законом Фика, определяющим движение газа в зонах микропор:

$$\operatorname{div}\left[\left(\frac{P}{zRT}+D_{\text{г}}\right)\operatorname{grad}P\right]=\frac{1}{zRT}\frac{\partial P}{\partial t},$$

где P – давление CH_4 в микропорах; z – коэффициент сжимаемости газа; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура; $D_{\text{г}}$ – коэффицент диффузии газа; t – время.

В то же время упомянутая выше синергетичность факторов требует оценки обеих закономерностей фильтрации в функции НДС призабойных зон пластов. В общем виде необходим анализ условия

$$\Phi = \varphi(\sigma_{ij}),$$

где Φ – некоторая функция, отражающая (дифференцировано или интегрально) закономерности фильтрации газа в исследуемой зоне пласта; σ_{ij} – тензор напряжений в той же зоне.

В ряде случаев для повышения точности оценок целесообразно рассмотрение не функции $\varphi(\sigma_{ij})$, а определяемой ею функции $\Psi(\theta)$, где θ – объемная деформация зоны, зависящая от тензора деформаций ε_{ij}.

Рассмотренные вопросы – и ряд других – позволяют считать целесообразным постановку и проведение исследований как в аспекте дальнейшего теоретического анализа условий формирования и протекания внезапных выбросов угля и газа, т.е. их механизма, так и в области дальнейшего совершенствования на этой базе методов борьбы с ВВ, включающих и прогноз, и собственно предупреждающие выбросы мероприятия. Выполненная прогностическая оценка решения проблемы позволяет считать такие методы более надежными, поскольку они создают предпосылки для разработки интегрально-технологических условий выемки потенциально опасных по ГДЯ угольных пластов, т.е. специальных технологий их отработки.

Научные результаты, полученные на кафедре разработки месторождений полезных ископаемых, позволяют в кратчайшие сроки разработать конкретные параметры технологии отработки опасных по ГДЯ пластов, значимо улучшающей безопасность горных работ и повышающей технико-экономические показатели предприятий.