

К.В.МОРОЗОВ, канд. техн. наук, зам. директора ИЦ, *k_moroz@spmi.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

K.V.MOROZOV, PhD in eng. sc., Deputy Director of Research Center, *k_moroz@spmi.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

Рассмотрены основные подходы к оценке геодинамического состояния углепородного массива с целью выбора оптимального расположения дегазационных скважин при проведении заблаговременной дегазации угольных пластов перспективных месторождений Кузбасса.

Ключевые слова: заблаговременная дегазация, угольные пласты, геодинамическое районирование, расчеты напряженного состояния, геологическое моделирование.

KEY APPROACHES TO THE ADVANCE DEGASSING OF COAL BEDS OF THE PROMISING KUZBASS DEPOSITS

The paper describes the main approaches to assess the geodynamic state rock mass in order to select the optimal location of the drillholes during the degassing of coal seams of promising fields of Kuzbass from the surface

Key words: advance degassing coal beds, geodynamic zonation, stress calculations, geological modeling.

На Россию и страны СНГ приходится до 44 % общих мировых запасов метана, содержащегося в угленосных толщах (рис.1).

Промышленную добычу метана из угленосных толщ к 2010 г. характеризуют следующие данные, млрд м³/год: США 54, Канада 7,5, Китай 5,8, Австралия 5,5. Общее количество извлеченного газа в мире составило около 80 млрд м³. Значительная доля добычи приходится на скважины, пробуренные с поверхности при осуществлении предварительной дегазации пластов, выработанного пространства и заблаговременной дегазации.

Прогнозные ресурсы метана в угольных пластах на территории РФ оценены примерно в 51 трлн м³, из них в Кузнецком бассейне 13,6 трлн м³. При столь значительных запасах добыча газа из угленосных массивов

в бассейне крайне мала. В ОАО «СУЭК-Кузбасс» разработан проект по извлечению и утилизации метана на четырех шахтах (им. С.М.Кирова, Полысаевской, Октябрьской, «Комсомолец»). Предполагаемый объем извлечения метана 270 млн м³/год. Основной способ – предварительная дегазация из горных выработок.

Заблаговременная дегазация угольных пластов в бассейне практически не применяется. В 2010 г. ОАО «Газпром» начал экспериментальную добычу метана угольных пластов при проведении заблаговременной дегазации на Талдинском угольном месторождении. К 2020 г. планируется довести уровень добычи метана до 4 млрд м³/год.

Таким образом, на территории Кузнецкого бассейна использование заблаговре-

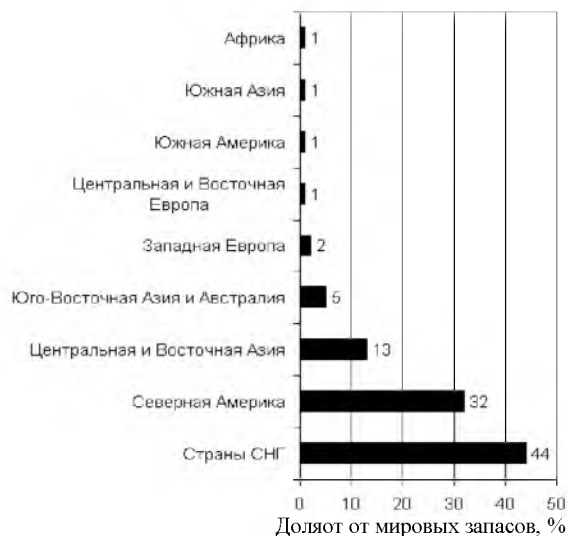


Рис. 1. Мировое распределение метана в угленосных толщах

менной дегазации по сравнению с зарубежными показателями крайне мало. Опыт промышленной заблаговременной дегазации пластов с целью их дальнейшей отработки практически не известен.

Основной причиной этого является значительная стоимость проведения работ по заблаговременной дегазации, где главная статья затрат – бурение дегазационных скважин. На практике в основном применяют вертикальные скважины. Бурение наклонных (или горизонтальных) скважин позволяет увеличить площадь зоны десорбции метана и, как следствие, эффективность дегазации, но значительно (до 60 %) повышает стоимость бурения. Кроме того, использование подобных технологий требует специального оборудования, обученного персонала и, зачастую, не окупает дополнительных затрат*.

После аварий на шахте «Ульяновская» («Южкузбассуголь») для всех угольных шахт РФ запрещено проектирование отработки пластов угля без предварительной дегазации и эксплуатация шахт без прове-

* Сикора П. Особенности заблаговременной дегазации угольных пластов методом бурения скважин с поверхности / П.Сикора, Д.Смыслов, О.Плетнер // Глюкауф. 2008. № 1. С.39-45.

Sykora P. Features advance degasification of coal seams by drilling from the surface / P.Sykora, D.Smyslov, O.Pletner // Glyukauf. 2008. N 1. P.39-45.

дения дегазации угольных пластов с природной газоносностью более $9,0 \text{ м}^3/\text{т}$.

Полная заблаговременная дегазация месторождения – очень дорогое мероприятие, сравнимое по затратам со строительством шахты. Поэтому в качестве альтернативного способа специалистами Горного университета и ОАО «СДС-Уголь» рассматривается возможность применения заблаговременной дегазации наиболее благоприятного участка шахтного поля для осуществления на нем вскрытия месторождения с последующей предварительной дегазацией оставшейся части месторождения из горных выработок. Основная идея данного подхода заключается в выборе участка с максимально возможной в данных условиях газоотдачей. Использование средств интенсификации газоотдачи из угольных пластов позволит увеличить расстояние между дегазационными скважинами, что приведет к снижению стоимости и сокращению времени возврата капитальных затрат. Основные этапы данного подхода требуют реализации следующих работ:

- проведение геодинамического районирования месторождения для выявления границ основных геодинамических блоков;
- построение объемной геолого-структурной модели участка месторождения с возможностью получить планы геодинамических блоков на любых отметках;
- оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород участка месторождения с учетом результатов геодинамического районирования для выявления области повышенных и пониженных (по сравнению с фоновыми) значений напряжений;
- проведение экспериментальных исследований для определения физико-механических свойств, максимальной метаноемкости и коэффициента проницаемости углей;
- разработка рекомендации по выбору схем и параметров дегазации угольных пластов с учетом геомеханического и геодинамического состояния углепородного массива.

В основе работ лежат исследования по геодинамическому районированию недр и комплекс расчетов напряженно-деформи-

рованного состояния углепородного массива в естественном состоянии и в процессе моделирования отработки свит пластов.

Основная идея метода заключается в том, что для выбранного участка угольного месторождения в ходе предварительных теоретических и экспериментальных исследований определяются зоны с различным уровнем исходного напряженного состояния угольных пластов и газовыделения при сложных нагружениях и разгрузках пласта. Определение разгруженных зон, где с высокой степенью вероятности предполагаются скопления метана, дает возможность перспективной и экономически рентабельной дегазации и позволяет снизить газообильность подземных выработок при ведении горных работ до приемлемых параметров.

Апробация предложенной методики проводится на одном из участков Кедровско-Крохалевацкого каменноугольного месторождения, расположенного в Кемеровском геолого-экономическом районе на севере Кузнецкого бассейна.

В пределах участка залегают три рабочих угольных пласта: Кемеровский, Волковский и Подволковский. Суммарная мощность угольных пластов в разрезе всей свиты в среднем 20,2 м. Горно-геологические условия относительно сложные и характеризуются наличием разрывных нарушений и дополнительной складчатостью. Согласно проведенной предварительной оценке природной газоносности угольных пластов, граница зоны метановых газов находится на глубине 330 м от поверхности. Метаносность угольных пластов составит $21 \text{ м}^3/\text{т}$ и более.

Геодинамическое районирование выполнялось по топографическим картам. Основным результатом линеаментного и морфоструктурного анализа является выделение блочной структуры участка в пределах горного отвода, которая, наряду с результатами разведочных работ, положена в основу трехмерной геолого-структурной модели участка.

Создание цифровой геолого-структурной трехмерной модели участка месторождения осуществлялось на базе геолого-разведочной документации, включающей геологические планы различного масштаба, разрезы по разведочным линиям в пределах

границы отработки пластов. Объемная модель месторождения состоит из следующих частей: модели пластов; модели тектонических нарушений; изолинии напряжений, полученных по результатам расчета напряженного состояния вмещающего массива горных пород. Трехмерное моделирование проводилось в программных продуктах MineFrame и Surpac.

Одной из главных задач объемной геологической модели является получение исходной информации для проведения расчетов по оценке НДС массива горных пород участка месторождения. Исходными геолого-геометрическими данными для моделирования НДС приняты сечения геологической модели по всей вертикальной мощности участка с шагом 50 м. При этом в расчет принималось положение пересечения горизонтальных плоскостей с поверхностью сместителя нарушений, особенности морфологии пластов, распределение полей напряжений в регионе месторождения по данным других исследований.

При математическом моделировании напряженного состояния нетронутого массива горных пород он рассматривается как блочная структура, образованная разрывными нарушениями. В зависимости от типа нарушения (сдвиг, сброс, взброс, разрыв и т.п.) на контактах блоков задаются различные условия взаимодействия – от полного сцепления до полного проскальзывания.

Особенность задач о системах взаимодействующих блоков состоит в том, что число границ (контактов) существенно больше, чем в обычных задачах, решаемых численными методами. Необходимость учета взаимодействия на всем множестве контактов приводит к резкому увеличению объема задачи, что отражается на точности вычислений. Поэтому целесообразно использовать метод граничных интегральных уравнений (ГИУ) и такие методы вычислений, которые наилучшим образом приспособлены к учету упомянутой особенности. Этой цели могут служить специальные формы ГИУ, содержащие только те величины, которые характеризуют контактное взаимодействие, т.е. усилия на взаимодействующих поверхностях и взаимные смещения (а не сами пре-

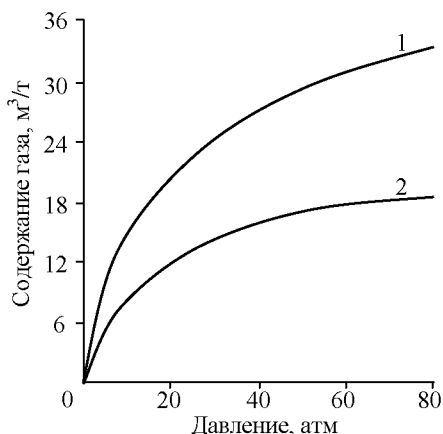


Рис.2 Изотермы сорбции для пластов Волковский в интервалах глубин 387,85-389,00 м и 388,70-388,85 м (1) и Подволковский в интервалах глубин 402,60-402,75 м и 404,75-404,90 м (2) в скважине 3043

дельные значения смещений). Здесь существенно то, что в уравнениях фигурируют предельные значения неизвестных слева и справа от границы. При этом одни из неизвестных – силы – остаются непрерывными, а сопряженные с ними смещения испытывают разрыв. Однако очень важно, что в соотношения на контактах эти неизвестные обычно входят не произвольным образом, а только в линейной комбинации предельных значений или функций от такой линейной комбинации. Это позволяет заметно сократить объем вычислений при решении задачи, если надлежащим образом воспользоваться упомянутым фактором.

Поскольку анализировались как широтные, так и меридиональные составляющие поля напряжений, расчеты для них и вынос изолиний напряжений на модель проводились раздельно для каждой составляющей.

На модель выносились изолинии, которые характеризовали границу между нагруженными и разгруженными зонами в сравнении с естественным полем напряжений. Для широтных напряжений данная граница проводилась по изолинии с величиной $\sigma_x = 2,0\gamma H$, для меридиональных $\sigma_y = 1,2\gamma H$ (здесь γ – объемный вес пород; H – глубина).

Твердотельная модель напряженно-деформированного состояния массива пород в пределах участка месторождения, построенная на основе триангуляции изолиний напряжений, позволяет прогнозировать значе-

ния напряжений в любой точке массива на основании построения простого геометрического разреза модели НДС. Разгруженная зона характеризуется большими показателями фильтрации газов; его скопления и представляют первоочередной интерес для размещения дегазационных скважин.

В ходе лабораторных испытаний образцов угля и вмещающих пород получены зависимости фильтрационных свойств углей от механических напряжений (рис.2).

Результаты подтвердили данные геологоразведочных работ и показали, что максимальную отдачу метана до $33 \text{ м}^3/\text{т}$ следует ожидать на пласте Волковский. Для пласта Подволковский максимальная метаноемкость составляет $18 \text{ м}^3/\text{т}$.

При проведении лабораторных испытаний образцов угля было выполнено определение следующих показателей прочностных и деформационных свойств: пределов прочности при одноосном растяжении (σ_p) и сжатии (σ_c), параметров паспорта прочности, а именно предела прочности при срезе C_0 , условного сцепления C и соответствующего ему угла внутреннего трения φ , деформационных характеристик (модуля упругости E_y и коэффициента Пуассона μ).

Вследствие ограниченности объема отобранных проб, а также нестандартности формы и размеров образцов для проведения испытаний угля был выбран косвенный метод определения механических свойств горных пород нагружением образцов произвольной формы сферическими инденторами, наиболее распространенный в практике проектных, изыскательских и производственных организаций горно-добывающего комплекса Российской Федерации.

Результаты испытаний углей по скважине 3043 (перпендикулярно напластованию) следующие:

Пласт	Волковский	Подволковский
σ_{pk} , МПа	2,50	2,066
σ_c , МПа	23,95	10,69
C_0 , МПа	5,03	3,02
C , МПа	6,17	3,36
φ	35,5°	25,7°
K , мД	0,031	0,235

Результаты испытаний показали, что угли вышележащего пласта Волковский почти в 2 раза прочнее, чем у нижележащего пласта Подволковский. При этом проницаемость К по Волковскому пласту почти в 8 раз меньше. Таким образом, несмотря на то, что газоотдача пласта Волковский существенно выше с точки зрения минимизации затрат на бурение целесообразно первым дегазировать нижележащий пласт Подволковский.

Выводы

Основные подходы к заблаговременной дегазации угольных пластов перспективных месторождений Кузбасса предполагают обязательный учет геомеханического и геодинамического состояния углепородного массива для выбора оптимального расположения дегазационных скважин. Для этого предложено последовательно проводить:

- геодинамическое районирование участка месторождения для выявления границ основных геодинамических блоков;
- построение объемной геолого-структурной модели участка месторождения;
- оценку НДС массива горных пород участка месторождения и физико-механических и фильтрационных свойств углей и вмещающих пород
- определение области повышенных и пониженных (по сравнению с фоновыми) значений напряжений.

Полученные оценки НДС массива горных пород участка месторождения с учетом результатов геодинамического районирования позволяют выявить области повышенных и пониженных значений напряжений. Эти данные используются при разработке рекомендаций по выбору схем и параметров дегазации угольных пластов перспективных месторождений.