

## К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГИИ ГАЗОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

*Татьяна Анатольевна Киряева*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54, кандидат технических наук, тел. (923)170-32-11, e-mail: coalmetan@mail.ru

В статье показано, что рассматривая газодинамическую реакцию угольного пласта на технологическое воздействие как следствие реализации энергетического потенциала двухкомпонентной среды при смене метастабильных состояний можно на качественно новом уровне решать задачи количественной градации газодинамической активности углеметанового пласта.

**Ключевые слова:** уголь, энергия, газодинамическая активность угольных пластов, выбросоопасность, выход летучих.

## EVALUATION OF GAS COMPONENT ENERGY IN A COAL SEAM

*Tatiana A. Kiryaeva*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 630091, Russia, Novosibirsk, 54 Krasny prospect, Ph. D., tel. (923)170-32-11, e-mail: coalmetan@mail.ru

The paper points out that consideration of gas-dynamic response of a coal seam to mining activities as a consequence of realization of energy potential of a two-component medium with changes in metastable state enables to solve problems on quantitative gas-dynamic activity gradation of a coal-methane seam at the new grade level.

**Key words:** coal, energy, gas-dynamic activity of coal seams, outburst hazard, volatile yield.

Перспективы подземной разработки газоносных угольных месторождениях и технико-экономические показатели работы шахт в значительной мере определяются горно-геологическими особенностями месторождений, свойствами и состоянием геоматериалов. Ритмичная и эффективная работа предприятия зависит от надежности прогнозов природных условий, включая и достоверность оценок газодинамической активности угольных пластов.

Для создания научно обоснованного методического обеспечения горнотехнологических оценок и решений не ниже мирового уровня необходимо, прежде всего, разработать методы количественного определения газодинамической активности пластов, обеспечивающие единство подхода к анализу возможной динамики реализации энергии содержащегося в угле газа.

Ранее, в информационной основе методов оценки газодинамической опасности углеметановых пластов, разработанных Т.А. Киряевой [1] были заложены как геологоразведочные данные (глубина залегания пласта, метаноносность, выход летучих веществ, петрографический состав, влажность, зольность), так и определяемые показатели, например, сорбционной способности угля по отношению к метану. Общий недостаток этих методов - качественный характер оценки.

В то же время, рассматривая газодинамическую реакцию угольного пласта на технологическое воздействие как следствие реализации энергетического потенциала

двухкомпонентной среды при смене метастабильных состояний можно на качественно новом уровне решать задачи количественной градации газодинамической активности углеметанового пласта.

Для этих исследований в [1] была использована электронная база геологоразведочных данных по 15600 пластопересечениям 11 месторождений Кузбасса, охватывающая все стратиграфические структуры бассейна. Диапазоны изменения приводимых здесь значений достаточно полно охватывают различные свойства каменных углей этого угольного бассейна:  $0,7\% \leq W \leq 9\%$ ;  $1,3\% \leq P \leq 30\%$ ;  $7\% \leq V^{daf} \leq 45\%$ ;  $30 \text{ м} \leq H \leq 1050 \text{ м}$  ( $W$  – аналитическая влажность, %;  $P$  – пористость, %;  $V^{daf}$  – выход летучих, %;  $H$  – глубина залегания пласта в точке отбора пробы, м).

Вся выборка данных по Кузбассу была разделена на подсерии и свиты. Для каждой из них определялись границы только максимальных для соответствующей глубины значений метаноносности (рис. 1 а, б). Согласно М.А. Еремкову [2], наиболее удобно графики этих границ аппроксимировать уравнением Ленгмюра

$$X = ABS/(1+BS), \quad (1)$$

где:  $X$  – максимальная метаноносность пласта,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $A$  – предельная метаноносность, при данном выходе летучих веществ,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $B$  – коэффициент метаноносности, при данном выходе летучих веществ,  $1/\text{МПа}$ ;  $S=0,25H$ , МПа;  $H$  – глубина залегания пласта, м.

Методом рандомизации для всех угленосных свит Кузбасса были получены значения эмпирических коэффициентов  $A$  и  $B$  уравнения Ленгмюра (1) и найдена их связь со средним значением выхода летучих веществ на глубине 100 м для свит Кузнецкого бассейна [3]:

$$A = -0,1017(V^{daf})^2 + 4,979V^{daf} + 11,043, \text{ м}^3/\text{т}; \quad (2)$$

$$B = 0,00019(V^{daf})^2 - 0,0097V^{daf} + 0,174, 1/\text{МПа};$$

где:  $V^{daf}$  – среднее значение выхода летучих веществ на глубине 100 м, %

Параметры  $A$  и  $B$  являются функциями выхода летучих веществ, т. е. учитывают марочный состав углей.

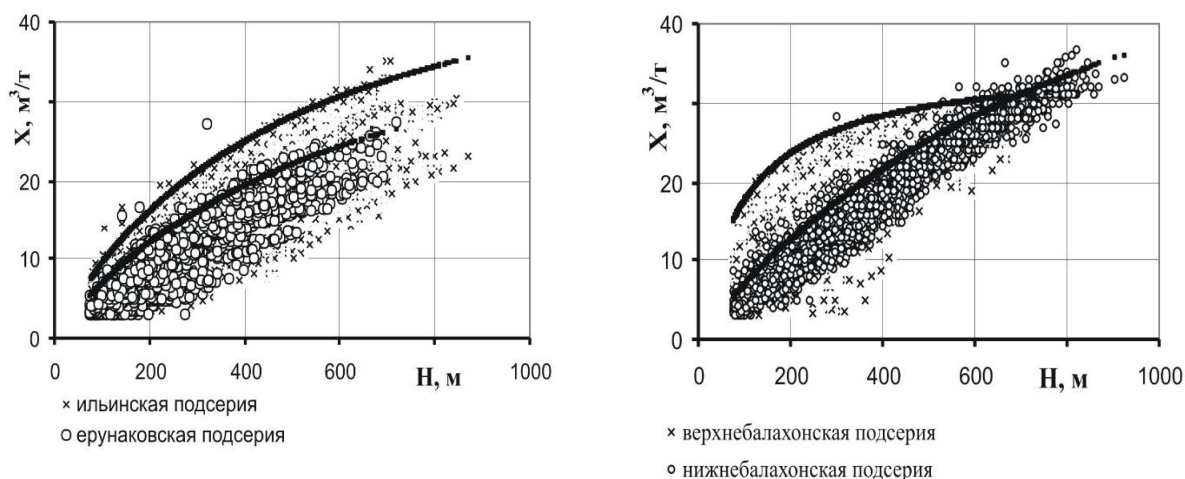


Рис. 1. Изменение метаноносности углеметановых пластов Кузбасса с глубиной их залегания:

а) кольчугинской серии; б) балахонской серии

Полученные результаты [3] позволили обосновать новый подход к выбору показателя энергетического потенциала двухкомпонентной среды при смене метастабильных состояний в дислокационных моделях процессов, возникающих, например, за фронтом волны разгрузки пласта от механических напряжений при очередном перемещении плоскости забоя горной выработки.

Метаноносность-это, по сути, объем метана, который содержится в единице массы или объема горных пород в природных условиях в неразгруженном угольном пласте. Как известно произведение объема на соответствующее давление даст характеристику внутренней энергии объекта исследования, в нашем случае газа метаноугольного пласта. Для пояснения этого метода, используя общие положения теории устойчивости и бифуркаций [4], проанализируем особенности изотермы Ленгмюра для метаноносности угольных пластов Кузбасса (рис. 2).

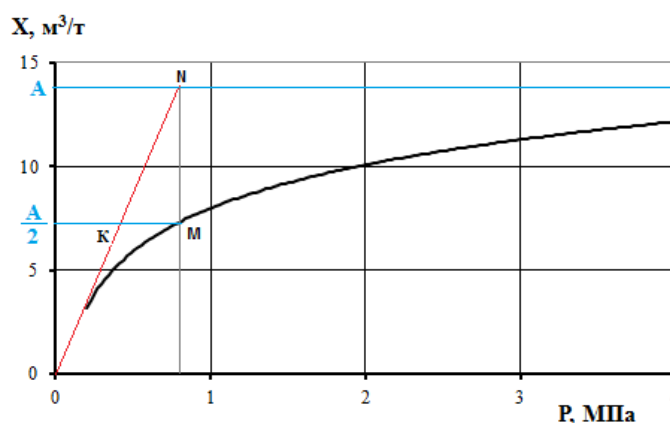


Рис. 2. Типичная изотерма Ленгмюра для метаноносности угольных пластов Кузбасса

На рис. 2 показано предельное значение  $A$  метаноносности для каждой подсерии, которое является асимптотой соответствующей изотермы. Кроме того, к изотерме Ленгмюра проведена касательная  $ON$  в точке  $P=0$ , угол ее наклона определяет коэффициент метаноносности  $B$ , который, в свою очередь, характеризует градиент давления газа в данной точке угольного пласта

На рис. 2. абсцисса точки пересечения значений предельной сорбционной метаноносности  $A$  и касательной  $ON$  к графику функции при  $P=0$  отвечает величине метаноносности, строго равной половине ее предельного значения  $A/2$ . Соответствующая этой точке ордината на графике функции Ленгмюра определяет емкость релаксации ( $C_{рел}$ ) выведенной из равновесия системы уголь-метан:

$$C_{рел} = A/2, \text{ м}^3/\text{т} \quad (3)$$

Согласующееся изменение давления газа определяет второй параметр – давление релаксации ( $P_{рел}$ ).

$$P_{рел} = \frac{A}{\left. \frac{dX}{dp} \right|_{P=0}}, \text{ МПа} \quad (4)$$

Их производство определяет энергетический показатель системы «углеметан» (E), т.е. площадь треугольника KNM является той энергетической характеристикой E, которая определяет состояние углеметана при переходе его из одного метастабильного состояния в другое при изменении метаноносности в 2 раза. Эта энергетическая характеристика впоследствии была названа автором удельной энергией релаксации метаноносности. В [5] были определены значения этой энергии E (кДж/кг):

$$E = 0,25 \frac{A}{B}, \quad (5)$$

Оценка E выполнялась по предельным значениям метаноносности угольного пласта, когда ее величина определяется только растворенным метаном, а содержание других его фазовых состояний считалось пренебрежимо малым. Полученные результаты исследования позволяют оценить возможное участие энергии газовой составляющей E (кДж/моль) в газодинамическом процессе на стадии развития микро, а затем и макротрещин (рис. 3).

Этот результат не только разделяет стратиграфические структуры Кузбасса согласно их газодинамической активности [6], но и выделяет наиболее опасную из них – нижнебалахонскую подсерию.

В тоже время, отдельные свиты кольчугинской серии на некоторых участках месторождений также способны создать серьезные затруднения при ведении горных работ. Уровень газодинамической активности пластов верхнебалахонской подсерии остается примерно одинаковым, несмотря на существенно различный выход летучих веществ. Ее пласты расположены по обе стороны от максимума и его не достигают.

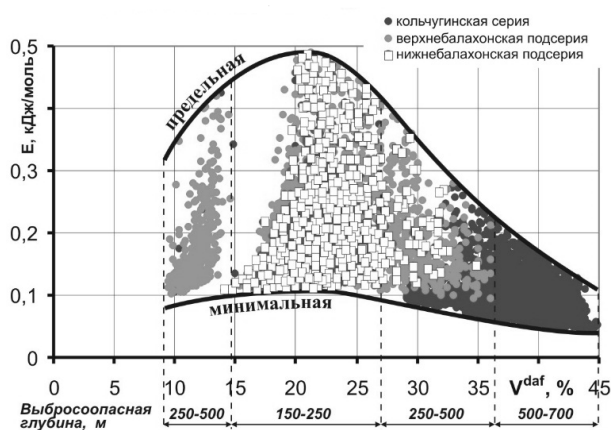


Рис. 3. Изменение энергии релаксации при смене метастабильных состояний углеметановых растворов с различным выходом летучих веществ

Учитывая непрерывность установленной зависимости можно заключить, что сопровождающие распад углеметана процессы развития микротрещин и роста количества свободного и сорбированного метана характерны не только для выбросоопасных зон угольных пластов, а имеют место на всех высокогазоносных пластах. Отличия носят лишь количественную форму. Этот вывод следует из наложения точек, соответствующих менее выбросоопасной, по данным горной

практики, кольчугинской серии на зону балахонской. Это говорит о том, что отдельные участки месторождений кольчугинской серии также способны создать затруднения при ведении горных работ в результате деструкции пласта при распаде углеметанового раствора. Однако эта деструкция, например, при выходе летучих веществ более 40 %, будет сопровождаться недостаточной для внезапного выброса скоростью газовыделения, но способна создать серьезные затруднения при выемке угля.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-05-00537а), проекта ОНЗ РАН-3.1*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киряева Т.А. Разработка метода газодинамической активности угольных пластов по геологоразведочным данным на примере Кузбасса / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Кемерово, 2005.
2. Ермаков М. А., Ортенберг О. Ш. О применимости теории Лэнгмюра к изучению метаноемкости ископаемых углей // Изв. вузов. Горный журнал. 1976. №
3. Полевщиков Г.Я., Киряева Т.А. Газодинамическая устойчивость углеметана // Горный информационно-аналитический бюллетень.– 2009.– Т. 7. – № 12. – С. 146-149.
4. Йосс Ж. Элементарная теория устойчивости и бифуркаций / Ж.Йосс, Д. Джозеф. – М.: Мир, 1983. – 301 с.
5. Опарин В. Н., Киряева Т.А., Гаврилов В.Ю., Шутилов Р.А., Ковчавцев А.П., Танайно А.С., Ефимов В.П., Астраханцев И.Е., Гренев И.В. О некоторых особенностях взаимодействия между геомеханическими и физико-химическими процессами в угольных пластах Кузбасса // ФТПРПИ. — 2014. — № 2. – С. 3-30.
6. Опарин В.Н., Киряева Т.А. Генетические причины выбросо- и пожароопасности угольных пластов Кузбасса // ГИАБ. – 2015. –№3. – С.400-413.

© Т. А. Киряева, 2017