

УДК 622.411.33:533.17

*Г.Я. Полевщиков, Т.А. Киряева, А.А. Рябцев,  
М.С. Плаксин*

**ОЦЕНКА ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
ПЛАСТОВ С УЧЕТОМ ДАННЫХ ГАЗОВОГО  
ОПРОБОВАНИЯ\***

Семинар № 4

---

Увеличение объемов добычи угля при относительно небольшом количестве шахт в России резко обострило проблему их газовой опасности. Научный базис ее нормализации отстает от темпов роста технологических решений и не соответствует современным экономическим критериям эффективности горных работ. Недостаточная достоверность выявления зон повышенной опасности приводит к снижению инвестиционной привлекательности промышленности. В связи со значительным ростом размеров выемочных полей и скоростей подвигания забоев, стало необходимым учитывать изменчивость свойств пластов даже по трассам проведения выработок. Современный уровень геоинформатики обеспечивает и такие решения, но необходимо разработать интегральные показатели влияния многообразия свойств на уровень опасности.

В целом, технический прогресс в угледобыче поставил перед наукой принципиально новую задачу – разработать инженерные методы количественной оценки газодинамических характеристик углеметановых пластов с пространственным отображением

уровней газодинамической активности зон и потенциально возможных видов газопроявлений при ведении подземных горных работ.

Росту газодинамической активности пластов сопутствует повышение скорости газовыделения из насыщенного метаном угля. В начале второй половины прошлого века И.Л. Эттингером был разработан и широко применялся в горной практике способ прогноза выбросоопасности, основанный на измерении скорости десорбции метана. Но его низкая оперативность на фоне значительной изменчивости свойств выбросоопасных пластов потребовала разработки более совершенных методов. В результате, исследователями накоплен значительный экспериментальный материал о процессах сорбции углем метана и получены эмпирические зависимости, служащие и в настоящее время значимым показателем при оценке, например, кинетики газоистощения углеметановых пластов и отбитого угля в процессе ведения горных работ, региональном прогнозе выбросоопасности.

В последние годы установлен эффект бифуркации параметров сорбционной

---

\*Работа выполнена с поддержкой финансирования по междисциплинарному интеграционному проекту СО РАН № 89.

метаноемкости углей [1], хорошо согласующийся с данными горной практики об изменениях газодинамической опасности горных работ. Продолжение этих исследований позволило уточнить эмпирические зависимости (1) и (2) параметров изотерм сорбции согласно уравнению Ленгмюра и рассчитать значения энергии релаксации процесса смены метастабильных состояний искусственной системы уголь-метан (рис. 1).

$$a = 17,5 \left[ 3,5 \exp\left(-5 \frac{V^{daf}}{22,5}\right) + \frac{1}{1 + 0,25 \exp\left(17 \left(\frac{V^{daf}}{22,5} - 1,85\right)\right)} \right] \text{ см}^3/\text{г} \quad (1)$$

$$v = 2,2 \cdot \exp(-0,014 \cdot V^{daf}), \text{ 1/МПа} \quad (2)$$

где  $a$  – предельная сорбционная метаноемкость;  $v$  – коэффициент сорбции;  $V^{daf}$  – выход летучих веществ, %. Однако анализ данных о природной метаноносности угольных пластов Кузбасса, 15000 определений на 15 разрабатываемых месторождениях, показал качественно иные связи при использовании того же уравнения Ленгмюра:

$$A = 20,01017(V^{daf})^2 + 4,979V^{daf} + 11,043 \text{ м}^3/\text{т} \quad (3)$$

$$B = 0,00019(V^{daf})^2 - 0,0097V^{daf} + 0,174, \text{ 1/МПа} \quad (4)$$

где  $A$  – предельная метаноносность;  $B$  – коэффициент метаноносности.

Соответственно, получен и иной график энергии релаксации природного углеметана при смене метастабильных состояний (рис. 2).

Из графиков на рис. 1 и 2 виден качественно различный характер связей уголь-метан в сорбционной колбе и в

угольном пласте. Этой особенности наиболее полно отвечает сущность зарегистрированного в 1994 г. научного открытия [2] российских ученых - основой существования метана в угольных пластах являются твердые углегазовые растворы (ТУГР). Распад раствора происходит с выделением энергии, формируя прочие фазовые состояния метана. Величина этой энергии достаточно велика (рис. 2) для частичного разрушения твердой составляющей и может [3] оцениваться по энергии релаксации процесса изменений состояний твердого раствора. Сравнивая значения функций на представленных рисунках, видим их количественные различия в сотни раз. Более того, показатель релаксации для процесса десорбции следует считать пренебрежимо малым, т.к., возможно, его количественные значения близки погрешностям определения эмпирических зависимостей (1) и (2), хотя в качественном плане и соответствуют признакам выбросоопасности пластов. Для природных углеметановых геоматериалов соответствующий показатель проявляется несомненно ярче, что и послужило основанием для его дальнейшего анализа.

Установлено, что обобщающим показателем газодинамических следствий разгрузки углеметановых пластов от горного давления может служить эмпирическая зависимость вида

$$K_d = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{f} \cdot \left( \frac{X_1}{B_1} - \frac{X_2}{B_2} \right) \right]^{0,83} \quad (5)$$

где  $K_d$  – показатель газодинамической деструкции,  $\text{м}^2/\text{кг}$ ;  $X_1$  и  $X_2$  – начальное и конечное значения метаноносности пласта,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $B_1$  и  $B_2$  – градиенты метаноносности при  $X_1$  и  $X_2$ ,  $1/\text{МПа}$ ;  $f$  – коэффициент крепости угля по М.М. Протодьяконову, усл.ед.

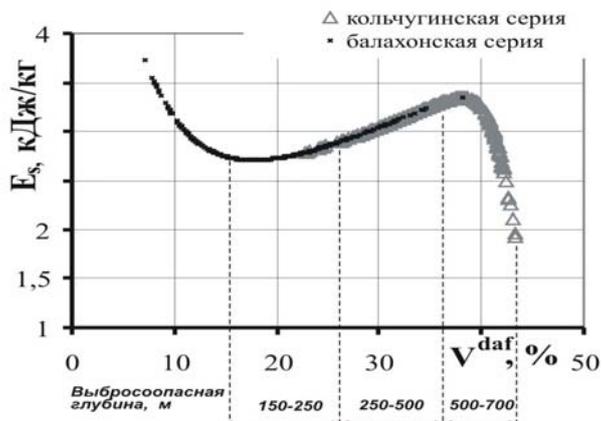


Рис. 1. Зависимость предельных значений энергии релаксации  $E_s$  при полной десорбции метана от выхода летучих веществ  $V^{daf}$  (Кузбасс)

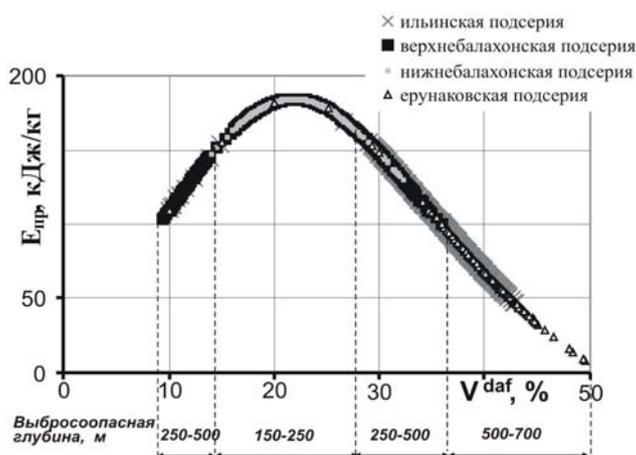


Рис. 2. Зависимость предельных значений энергии релаксации  $E_{лр}$  при полном газоистощении пласта с равной  $A$  метаноносностью от выхода летучих веществ  $V^{daf}$

Исходя из этого результата, были проанализированы геологоразведочные данные прямого газового опробования. Установлено, что причиной снижения, начиная с определенных глубин, значений измеряемой при геологической разведке метаноносности пласта является характеризую-

щийся зависимостью (5) процесс распада ТУГР в керне с формированием давления свободного газа, превышающего давление бурового раствора (рис. 3).

Следствием подобной газодинамической деструкции углеметана являются и периодические интенсивные притоки газа из почвы выработок, проводимых по верхнему слою мощных пластов при наличии прочной межслоевой пачки.

Ошибочно считать причиной разлома твердого слоя и (или) междупластья давление свободного газа в подстилающем слое. Если бы это было так, то после выброса почва неизбежно бы возвращалась в исходное положение. Разлом – лишь следствие распада углеметана со значительной деструкцией твердой составляющей в период разгрузки от горного давления проводимой выработкой. Процесс саморазрушения приводит к образованию дополнительной поверхности, т.е. к рыхлению нижнего слоя пласта с соответствующим увеличением его объема и формированием давления подобно росту растения под асфальтом. В период разлома слоя распад и рыхление приобретают высокие скорости, по этой причине явления относят к классу динамических.

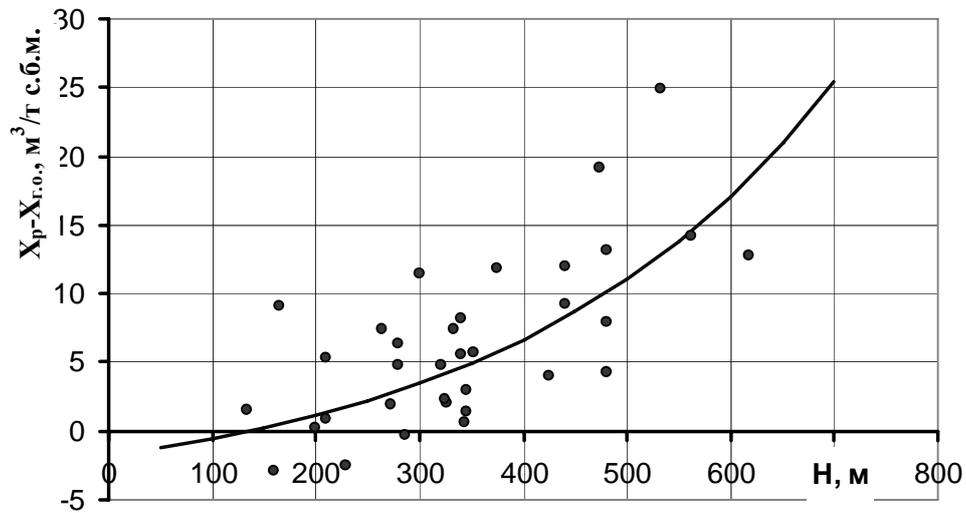
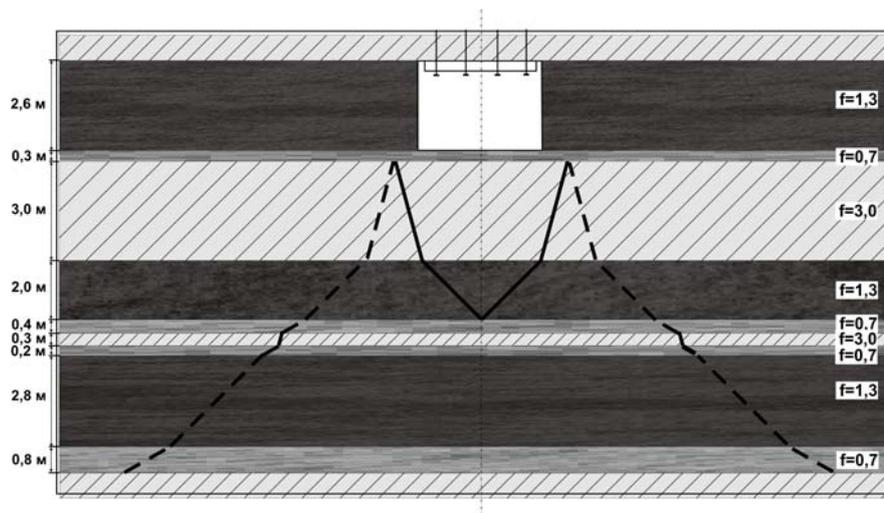


Рис. 3. Влияние глубины залегания пласта  $H$  на отклонения значений замеренной геологической разведкой метаноносности пласта  $X_{з.о.}$  от регламентируемой ею величины  $X_p$  после введения поправок на потери газа (пласт 5, Чертинское месторождение, Кузбасс)



границы зоны разгрузки:  
 механическая, газодинамическая

Рис. 4. Схема геомеханического состояния нижнего слоя мощного пласта

На рис. 4 представлена соответствующая схема геомеханического состояния нижнего слоя пласта в зонах газодинамической деструкции и вне их. Процесс развития зоны с опрокидыва-

нием силового воздействия на прочный слой стартует при достижении усилия на прочную пачку, превышающего ее несущую способность.

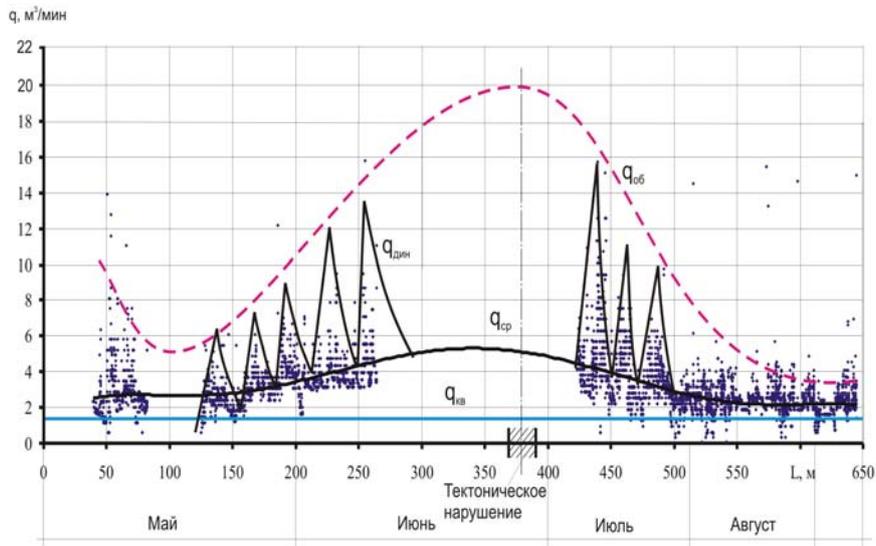


Рис. 5. Динамика метанообильности при проведении вентиляционного штрека по верхнему слою пласта IV-V (Кузбасс)

Из схемы видно, сколь велики ресурсы динамического газопритока из почвы выработки, проводимой по верхнему слою углеметанового пласта в зоне его высокой газодинамической активности. Условие качественного перехода в процессе требует соответствующего силового взаимодействия, которое определяется, в том числе, шириной выработки и отходом забоя от границы предыдущего разлома. Его выполнение даже на уровне разломов междупластья без взброса

пород к кровле выработки уже представляет серьезную опасность (рис. 5).

На основании изложенных исследований разработан метод прогноза вида и уровня опасности газопроявлений, основные результаты которого представлены на рис. 6 и 7.

Структура и количественные значения показателя газодинамической деструкции обеспечивают определение требуемой, по условиям газодинамической безопасности, эффективности дегазации пластов (рис. 7) и, тем самым, глубины горных работ, ниже которой реально достижимый технологический предел дегазации указывает

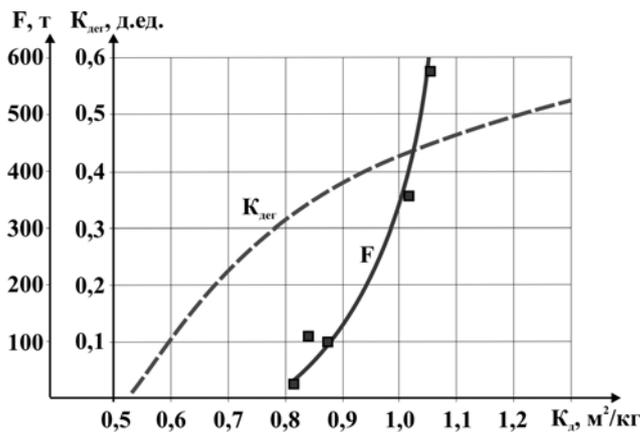


Рис. 6. Зависимости силы внезапных выбросов по углю  $F$  и требуемой эффективности дегазации  $K_{дег}$  зоны пласта от ее склонности к газодинамической деструкции  $K_d$  (пласт XXVII, Березово-Бирюлинское месторождение, Кузбасс)

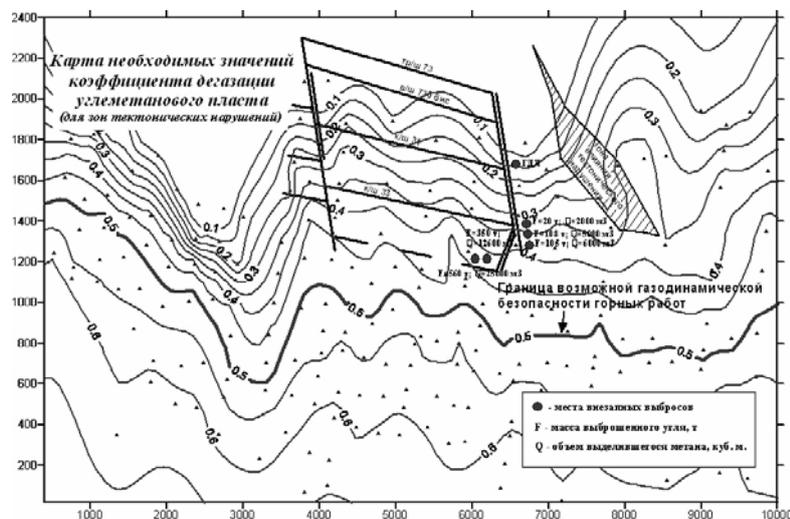


Рис. 7. Карта необходимых значений коэффициента дегазации углеметанового пласта XXVII Берзово-Бирюлинского месторождения Кузбасса

на необходимость отнесения запасов к неизвлекаемым по газовому фактору.

С другой стороны, картирование газодинамической активности пласта позволяет предвидеть особенности изменения вида и уровня его опасности при

ведении горных работ и, тем самым, ориентировать инвестиции на соответствующие научно-технические разработки, предупреждающие снижение эффективности работы предприятия в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полевщиков Г.Я. Физико-химическая основа внезапности динамических газопоявлений в угольных шахтах / Г.Я. Полевщиков, Т.А. Киряева. // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2004. - № 8. - С.81-87.
2. Распад газоугольных твердых рас-

творов / А.Д. Алексеев, А.Т. Айруни, И.В. Зверев и др. // Сб. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - Новосибирск, 1994. - №3. - С. 65-70.

3. Эттингер И.Л. Растворы метана в угольных пластах. // Химия твердого топлива - 1984. - №4 - С. 28-35. **ГИАБ**

#### Коротко об авторах

Полевщиков Г.Я. – заведующий лабораторией газодинамики угольных месторождений, доктор технических наук, профессор,  
 Киряева Т.А. – научный сотрудник лаборатории газодинамики угольных месторождений, кандидат технических наук.  
 Рябцев А.А. – ведущий инженер лаборатории газодинамики угольных месторождений,  
 Плаксин М.С. – аспирант,  
 ИУУ СО РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 4 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. С.А. Гончаров.