

надвига или сброса [6].

На этой стадии скорость микротрецинообразования может быть определена из кинетического уравнения [1]:

$$c' = \frac{c^*}{\tau_0} \exp \left[\frac{\gamma \sigma_p - v_0}{kT} \right], \quad (30)$$

где τ_0 - период тепловых атомных колебаний, с; γ – активационный объем, м³; v_0 – энергия активационного разрушения, Дж; k – постоянная Больцмана, Дж/град; T – абсолютная температура пород, К⁰; σ_p – напряжение, снимаемое при землетрясениях, Па.

Поэтому на данной стадии размерный коэффициент вычисляется следующим образом:

$$K = \rho_2 A d i \vec{y} = \\ = \frac{1.97 \cdot 10^{15} W^{1/3} Q}{\varepsilon_1 L^2} \exp \left[\frac{\gamma \sigma_p - v_0}{kT} \right]. \quad (31)$$

Значения K на последней стадии процесса подготовки землетрясения для некоторых горных пород приведены в табл. 2.

Таким образом, на последней стадии подготовки крупного землетрясения напряженность электрического поля может достигать 10⁴ В/м, что превышает пробойные для атмосферы значения напряженности поля. При определенной влажности атмосферы за несколько часов до землетрясения это может приводить к ее свечению, в особенности в горной местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, В.В. Физические основы электромагнитных процессов при формировании очага разрушения в массиве горных пород. [Текст]: дис... докт. техн. наук: 05.15.11: защищена 28.06.94: утв. 15.09.94 / Иванов Вадим Васильевич. – Кемерово, 1994. –366 с. –Библиогр.: с.296 -320.
2. Пархоменко, Э.И. Явления электризации в горных породах [Текст] / Элеонора Пархоменко. – М.: Наука, 1968. –180 с.
3. Теркот, Д. Геодинамика. Геологические приложения физики сплошных сред [Текст]: в 2 т./ Дональд Теркот, Геральд Шуберт. –М.: Мир, 1985, т2. –730 с.
4. Муратов, Р. З. Потенциалы эллипсоида [Текст] / Р.З. Муратов. – М.: Атомиздат, 1976. –143 с.
5. Григорян, С.С. О механизме возникновения землетрясений и содержании эмпирических закономерностей сейсмологии / С. С. Григорян. – Доклады Академии Наук СССР [Текст]. – М.: 1988, т.299, в.5. –с. 1083 – 1087.
6. Мячкин, В.И. Процессы подготовки землетрясений [Текст]/ В. И. Мячкин. –М.: Наука, 1978. –231 с.

□ Авторы статьи.

Иванов
Вадим Васильевич
– докт. техн. наук, проф. каф.
теоретической и геотехнической механики

Сирота
Дмитрий Юрьевич
– ст. преподаватель каф.
прикладной математики

УДК 622.4

Т.А. Киряева, А.А. Рябцев

ЗАВИСИМОСТЬ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕМЕТАНОВЫХ ПЛАСТОВ ОТ ИХ ГАЗОКИНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

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 80-90-х годах российскими учеными получены новые знания об особенностях углеметановых пластов [1], заключающиеся в установлении трехфазного состояния углеметанового вещества: твердый углегазовый раствор (ТУГР), свободный метан, сорбированный метан. При снижении горного давления происходит распад ТУГР с выделением свободного газа. В замкнутом объеме пор растет давление свободного газа, существенная часть которого сорбируется поверхностью угля.

Поскольку распад твердых растворов сопровождается выделением энергии, то одним из его следствий является образование новой поверхности, развитие микротрешин. Перспективность подхода демонстрирует (рис. 1) зависимость предельных значений энергии релаксации изменений метаносности от выхода летучих веществ. В этом случае изменение метастабильного состояния среды предусматривает переход от природного состояния к полной разгрузке (отбитый уголь).

В горной практике известен и количественно определен еще один режим смены метастабильных состояний – от природного к давлению бурового раствора при ведении геолого-разведочных работ. Учитывая, что в начальный период распада изменение состояния углеметана протекает при геостатическом давлении и давление свободной фазы существенно превышает гидростатическое, то при отборе керна для определения газоносности пласта часть газа, преодолевая давление бурового раствора, прорывается в скважину за участок ее герметизации. Следствием этому является необходимость введения при геолого-разведочных работах соответствующих поправок на потери газа, поскольку надежность технических устройств по снижению потерь далеко не идеальна.

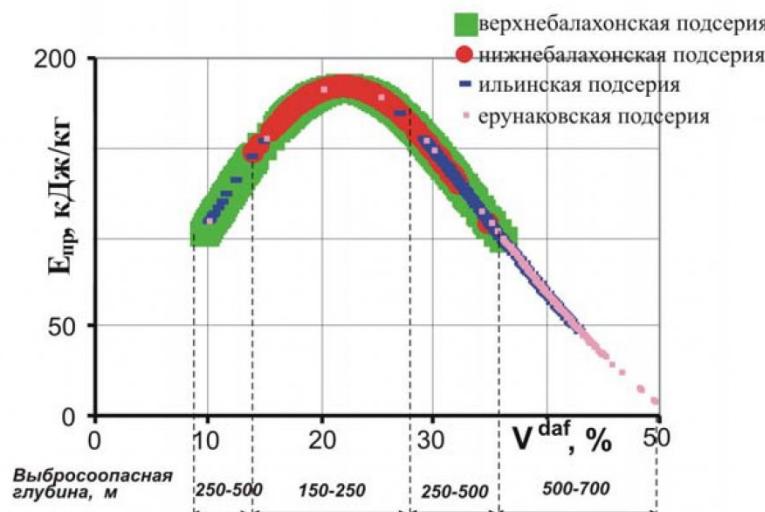


Рис. 1. Зависимость предельных значений энергии релаксации изменений метаноносности E_{np} от выхода летучих веществ V^{daf} (Кузбасс)

Отмеченная погрешность и содержит информацию об условиях распада ТУГР, т.к. ее величина должна быть пропорциональна потенциальной энергии углеметана в данном пласто-пересечении.

Тогда, отклонение замеренной газоносности от регламентируемого геологами значения является характеристической склонности пласта к само-разрушению в результате перехода ТУГР от природного геостатического давления к давлению бурового раствора в забое скважины.

Обоснованность этого допущения демонстрирует график указанных отклонений для пласта 5 Чертинского месторождения (рис. 2), где величина отклонений связана с

показателем, характеризую-

щим возможную реализацию энергии углеметана в процессе смены метастабильных состояний на образование новой удельной поверхности [2].

Так как соответствующие эффекты реализации потенциальной энергии сопровождают и подземные горные работы, то были выполнены расчеты для условий опасных по внезапным выбросам угля и газа пласта XXVII шахты «Первомайская», Березово-Бирюлинского и пласта 3 шахты «Чертинская-Коксовая» Чертинского месторождений Кузбасса (рис. 3).

Установлено, что в основе газодинамических следствий разгрузки углеметановых пластов от горного давления лежит процесс распада твердых угл gazовых растворов (ТУГР), обобщающим показателем которого может служить эмпирическая зависимость вида

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

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 Протодьяконову.

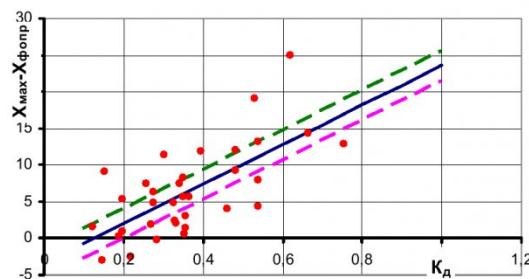


Рис. 2. Зависимость потерь метана при отборе керна на газовое опробование угольного пласта от коэффициента деструкции

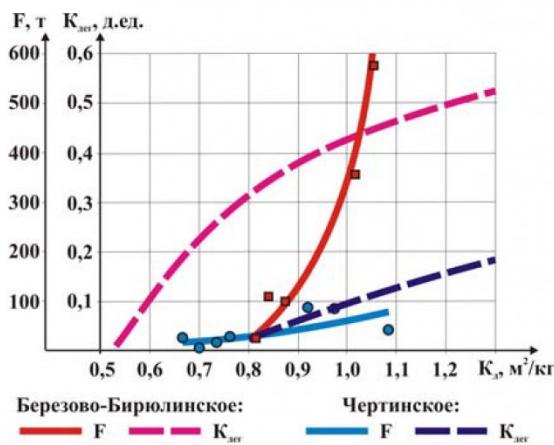


Рис. 3. Зависимости силы внезапных выбросов по углю F и требуемой эффективности дегазации K_{deg} зоны пласта от ее склонности к газодинамической деструкции K_d

Структура и величина показателя газодинамической деструкции позволяют выполнять зонирование углеметановых пластов по уровню их газодинамической активности, а установление значений показателя, при которых газодинамическая активность достигает уровня выбросоопасности, обеспечивает выделение границы качественного изменения вида опасности (газовая - газодинамическая) (рис. 4).

При построении карты коэффициент крепости угля принят равным 0,7. Имеется в виду пачка угля мощностью не менее 0,3 м. Для более детальной оценки газодинамической активности пласта следует принимать это значение на удалении не менее 10 м, по нормали в плоскости пласта, от оси сместителя тектонического нарушения или на границе зоны нарушенного угля, выявленной методами сейсмозонирования. За пределами этих зон величина коэффициента определяется геологической службой шахты. В пределах зон он может снижаться до значения 0,3. Во всех случаях пересчет значений, например, коэффициентов дегазации для уточненных показателей прочности угля выполняется по формуле

$$X_f = 1,43 \cdot f \cdot X_{kp}, \text{ m}^3/\text{T}, \quad (2)$$

здесь f - коэффициент крепости угля, отличный от 0,7; X_{kp} - критическая газоносность для пласта при $f=0,7$.

Полученные результаты указывают на возможность не только количественной оценки уровня газодинамической ак-

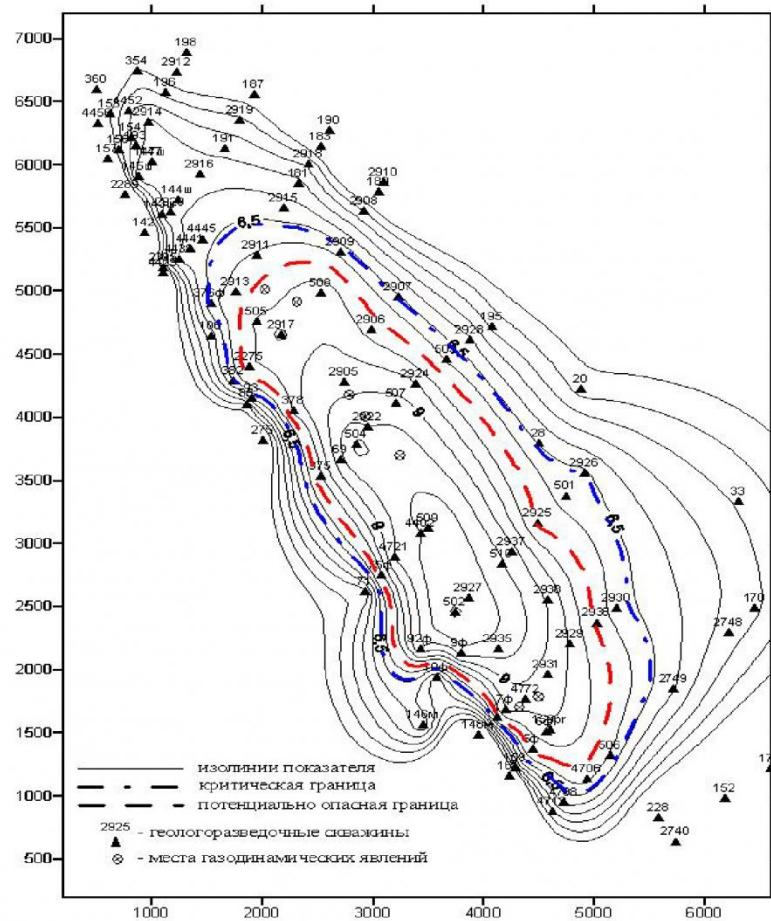


Рис. 4. Карта показателя газодинамической деструкции пласта 3 Чергинского месторождения

тивности пластов и их зон, но и уточнение этих показателей и границ по данным геологоразведочных работ, как при проектировании шахт, так и в процессе их эксплуатации.

Структура и количественные значения показателя газодинамической деструкции обеспечивают определение требуемой по условиям газодинамической безопасности эффективности дегазации пластов и, тем самым, глубины горных работ.

ниже которой реально достижимый технологический предел дегазации указывает на необходимость отнесения запасов к неизвлекаемым по газовому фактору.

*Работа выполнена в рамках
Междисциплинарного интегра-
ционного проекта СО РАН №89
и поддержана грантом "Фонда
содействия отечественной
науке" (по программе "Лучшие
аспиранты РАН" за 2006 год)*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.Д. Распад твердых углегазовых растворов / Алексеев А.Д., Айруни А.Т., Зверев И.В. и др. // Физико-технические горные проблемы. 1994, -№3, -с. 65-75.
 2. Киряева Т.А. Физико-химическая основа внезапности динамических газопроявлений в угольных шахтах / Киряева Т.А., Полевщикова Г.Я. // Горный информационно-аналитический бюллетень.-2004.-№ 8 -С.81-87.

Авторы статьи:

Киряева

Киржева
Татьяна Анатольевна

Рябцев

Глязев
Андрей Александрович