

ГЕОМЕХАНИКА

УДК 622.121.54

Г.Я. Полевщикова, М.С. Плаксин

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ЗОНАЛЬНОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МАССИВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ

При сопоставлении известных представлений о газодинамических процессах в приконтурной части пласта и новых знаний об изменениях ее геомеханического состояния [1-4], установлено, что введение в механизм газодинамических явлений особенностей зональной дезинтеграции пород может существенно повысить надежность метода контроля газовой опасности при проведении горной выработки. Однако для оценки динамики выделения газа необходимо оперировать объемными единицами измерения, а известные геомеханические модели этого явления решают лишь плоские задачи в сечениях, нормальных оси выработки, что затрудняет суждения о периодичности газопритока по ее длине. В тоже время, на основе результатов этих решений можно ввести необходимые элементы объемной модели и оценить их адекватность по конечному результату – динамике поступления газа в выработку, оснащенную электронной системой аэrogазового контроля.

Сущность подхода применительно к однородной изотропной среде в поле постоянных напряжений заключается в следующем.

Реализация упругой энергии пород в бортах выработки обуславливает их дезинтеграцию на концентрические блоки, размер которых определяется, в первом приближении, равенством работы на образование новой поверхности запасам упругой энергии материала в формирующемся объеме. С позиций минимума энергозатрат оптимальная форма блоков:

- на расстоянии меньшем половины ширины выработки, где влияние радиальных особенностей состояния массива невелико, – полусфера;
- на расстоянии большем половины ширины выработки – псевдоэллипсоиды с длинной осью основания по оси выработки, а короткой по ее ширине.
- количество частей при разрушении блоков кратно двум.

При этом величина структурного параметра по данным работ [5,6] составляет $(\sqrt{2})^n$, n - уровень структурной иерархии.

Газодинамические следствия изменения напряжений в газоносном пласте наиболее наглядны при взломах почвы подготовительных выработок,

проводимых по верхнему слою мощных пластов. Упругое разрушение приконтурной части массива приводит к резкому росту зоны снижения напряжений с соответствующей реакцией газовой компоненты пласта, регистрируемой непрерывно действующей аппаратурой контроля концентрации метана. Естественно, чем больше масса вовлекаемого в процесс газоносного угля, тем заметнее следствия.

Для анализа связи механизма взломов почвы с явлением зональной дезинтеграции приконтурной части массива рассмотрены горнотехнологические условия проведения выработок по верхнему из сближенных пластов IV и V на шахте «Томусинская 5-6» (Кузбасс).

Горнотехнологические условия: глубина работ – 440 м; мощность верхнего пласта – 2,9 м; газоносность пластов – 14,5 м³/т; выемка угля – комбайном избирательного действия; способ крепления – анкерное; скорость проведения – 150 м/м-ц. Мощность между пластами 0,5-3,5 м. Мощность нижнего пласта 6 м.

Пласт IV однороден. Пласт V имеет несколько небольших пачек слабого угля и прослой аргиллита. На рис. 1 показана структура пластов (f – коэффициент крепости) и две рассматриваемые ниже схемы развития газодинамических явлений из почвы выработки:

- общепринятая, в которой следствием нарушения устойчивости почвы является газодинамическая деструкция нижнего пласта от границы зоны геомеханической разгрузки (сплошная линия) до трапеции (пунктирная линия), из которой возможен выброс части угля и газа в выработку;

- зональной дезинтеграции, в которой нарушение устойчивости почвы выработки, инициирует процесс газодинамической деструкции не только нижнего, но и верхнего пласта в пределах зоны, соответствующей новому метастабильному состоянию массива горных пород.

Выбранный горно-экспериментальный участок соответствует условиям проверки адекватности обеих схем.

В связи с переменной мощностью между пластами (рис. 2) размеры зоны разгружающего влияния выработки на нижний пласт непостоянны.

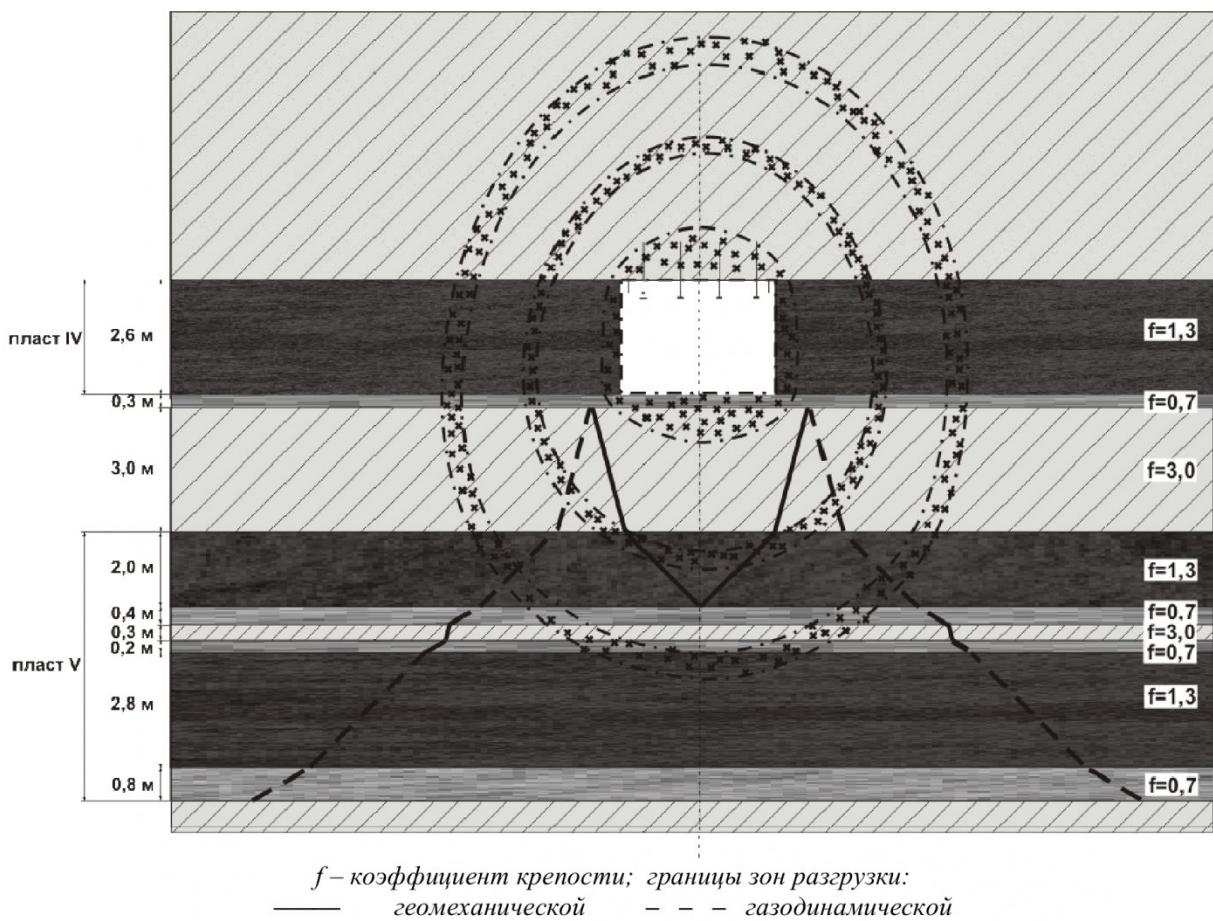


Рис.1. Структура пластов IV-V и возможные схемы изменений геомеханического состояния мощного пласта и вмещающих пород

Соответственно, изменяется и масштаб его газодинамической реакции. Принимая контур зоны разгрузки надрабатываемого массива близким параболическому с шириной основания, соответствующим расстоянию между максимумами опорного давления в бортах выработки, получим, что при определенной мощности междупластья снижение геомеханических напряжений происходит и в нижнем пласте. С достаточной адекватностью можно принять, что поведение геоматериала в зоне разгрузки от горного давления в нижнем пласте подобно его реакции в зоне дезинтеграции.

Рассматривая следствия этих геомеханиче-

ских ситуаций с учетом особенностей твердых угл gazовых растворов, следует учесть, что снижение напряжений приводит к активизации газовой компоненты пласта в разгружаемой зоне, сопровождающейся саморазрушением пласта и соответствующим ростом давления газа на междупластье. В динамическом режиме деструкция может охватить зону, показанную на этом рисунке пунктирной линией. В тоже время, взлом и дезинтеграция почвы это лишь начальный импульс для последующей газогеомеханической реакции всего массива в зоне влияния выработки. В итоге газокинетические следствия приобретают более мас-

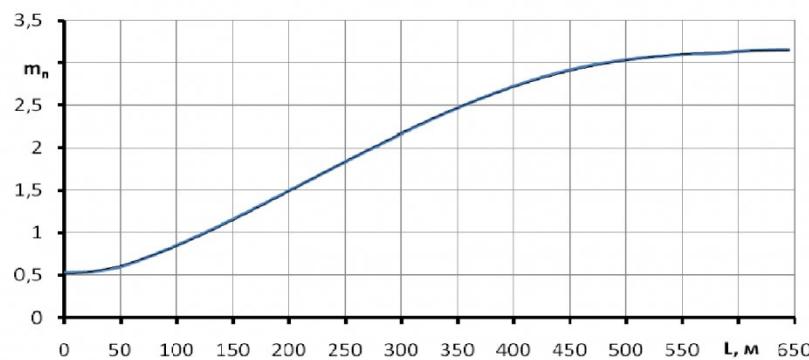


Рис.2. Изменение мощности междупластья по трассе проведения выработки

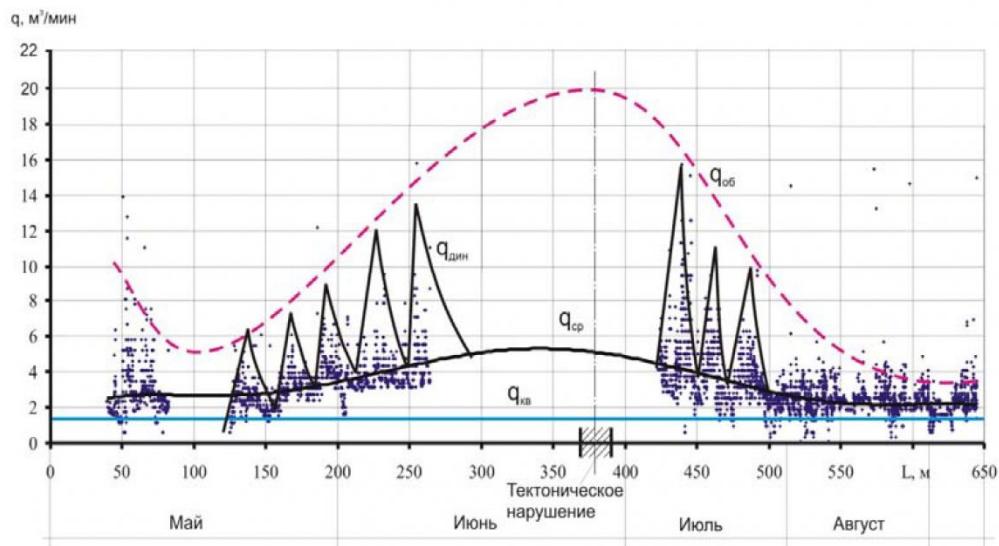
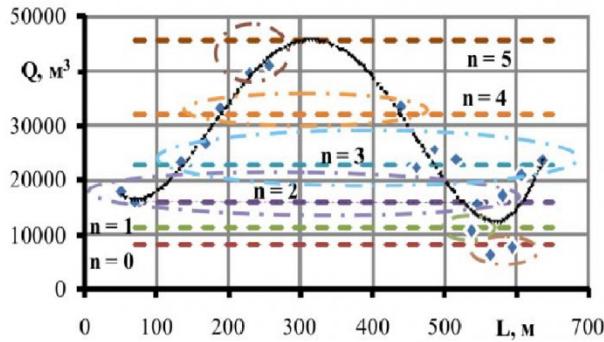
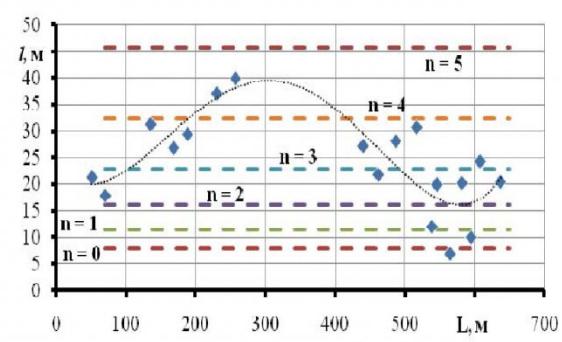


Рис. 3. Метановыделение при проведении штрека по верхнему из сближенных пластов IV и V при наличии породного междупласта переменной мощности

ической шкале



а) объемы газа, выделившихся
на интервалах взломов



б) протяженность интервалов взломов

Рис.4. Газодинамические процессы при проведении выработки
по верхнему слою мощного пласта в канон

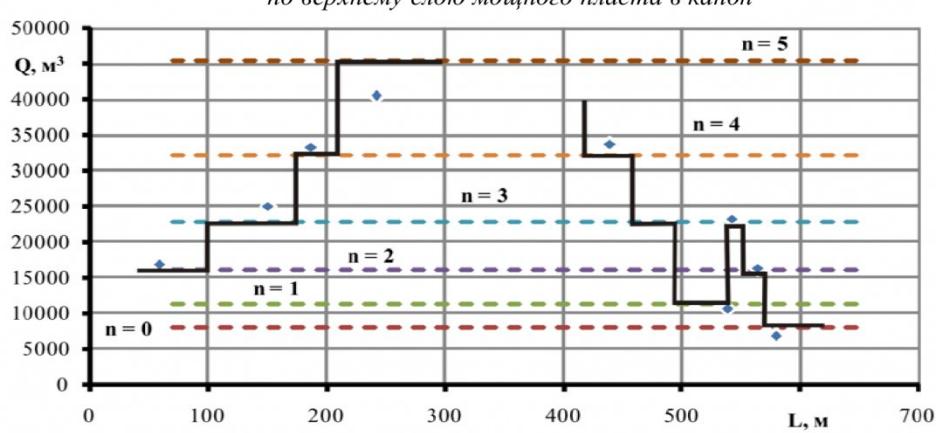


Рис.5. Газодинамические процессы при проведении выработки
по верхнему слою мощного пласта

штабный характер, что регистрируется (рис. 3) аппаратурой непрерывного газового контроля. Представленные на этом рисунке данные отражают газодинамические условия проведения выработки. На расстоянии около 600 м они сопровож-

даются периодическими притоками метана, превышающими средние значения в 2-6 раз. Протяженность этих интервалов подвижания забоя составляет 10-35 м. Отметим, что примерно посередине периода наблюдений штрек пересек текто-

Результаты обобщения горнотехнологических данных о газодинамических процессах при проведении выработки по верхнему слою мощного пласта

Объем газа, выделившегося на интервале, м ³				Протяженность интервалов структурной иерархии, м			
<i>n</i>	Q _{p,n}	Q _{φ,n}	Q _{φ,n} /Q _{p,n}	<i>n</i>	<i>l_{p,n}</i>	<i>l_{φ,n}</i>	<i>l_{φ,n}/l_{p,n}</i>
0	8050	6821	0,85	0	8,1	8,4	1,04
1	11383	10588	0,93	1	11,5	12,0	1,05
2	16095	16520	1,03	2	16,2	19,8	1,22
3	22759	23617	1,04	3	22,9	26,2	1,15
4	32181	33336	1,04	4	32,4	28,3	0,87
5	45503	40329	0,89	5	45,8	38,6	0,84
Среднее значение		0,94		Среднее значение		1,03	

ническое нарушение с амплитудой 1,3 м.

Как известно из исследований второй половины прошлого века [7], этот тип газодинамических явлений возникает при взломах относительно прочной почвы выработки давлением газа в нижележащем выбросоопасном слое. Таким образом, условием взлома является наличие в почве выработки двух ярко выраженных слоев и избыточного давления газа. При этом скорость газоотдачи из выбросоопасного слоя должна быть существенно выше скорости фильтрации через вышележащий “запирающий” слой.

В современных работах [2,5,8], посвященных

явлению зональной дезинтеграции пород, как правило, не рассматривается неупругая зона приконтурующей части пласта, а именно в ней формируются потоки газа в выработку, определяющие ее квазистатическую метанообильность. Условимся называть ее фоновой. Принимая величину фоновой метанообильности в качестве газокинетической характеристики неупругой зоны пласта вне интервалов развития динамических процессов саморазрушения приконтурующей части массива, получим количественное значение базового уровня зональной дезинтеграции и соответствующую каноническую шкалу (рис. 4), отражающую газодинамиче-

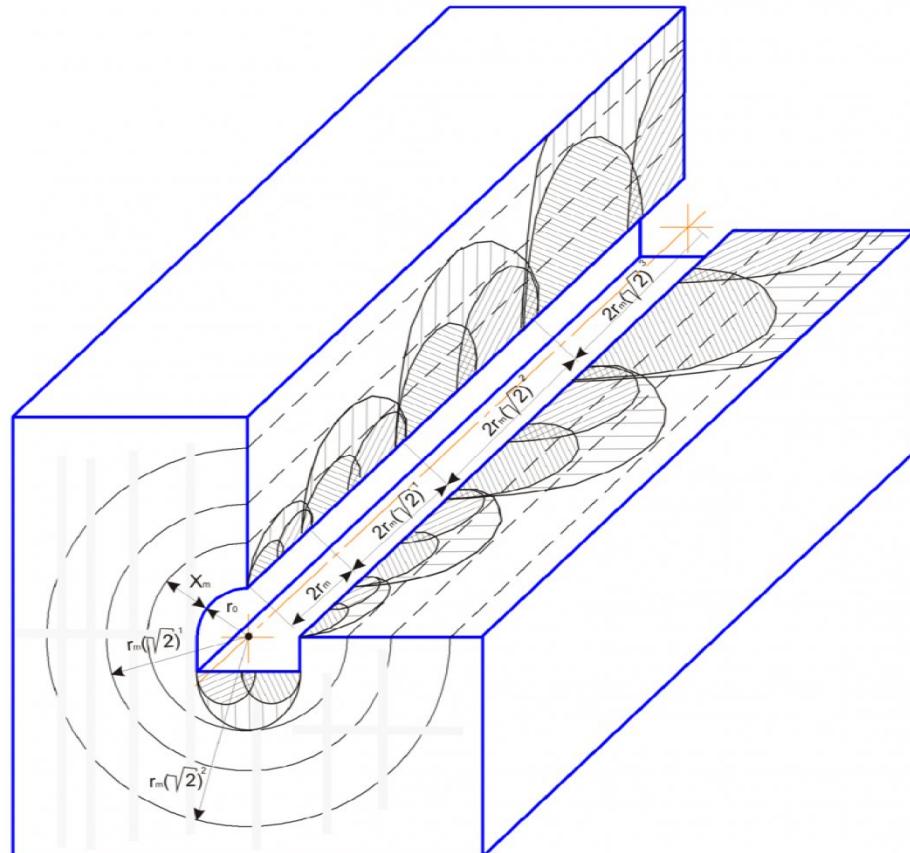


Рис. 6. Геометрическая схема динамического разрушения приконтурующей части массива

ские характеристики иерархии геосреды со структурным параметром $(\sqrt{2})^n$ [2].

Из полученных данных видно, что изменения амплитуды газопритоков в выработку и протяженности интервалов взломов имеют общую закономерность, которая может быть идентифицирована канонической шкалой. Учитывая, что структурный параметр шкалы имеет дискретный характер, разделим экспериментальные данные на группы (оконтурены эллипсами) точек (рис. 4а), расположенных вблизи соответствующих уровней иерархии. Средние значения в группах соединим ступенчатой линией, отражающей следствия перехода процесса зональной дезинтеграции с одного уровня иерархии на другой (рис. 5).

Стоит подчеркнуть, что этот переход происходит в динамическом режиме, но с достаточно связанными параметрами (табл.).

Из полученных горнотехнологических данных следует:

- изменения протяженности взломов близки структурному параметру геосреды;
- изменения амплитуды газопритока в выработку можно оценивать также по этому параметру.

В результате механической разгрузки почвы выработки (контуры зоны близок параболе) (рис.6), возникает газодинамическая реакция углеметанового пласта в пределах зоны с трапециевидной формой. Но как показывают расчеты, фактический

объем выделившегося газа практически полностью покрывает газовый потенциал зоны в почве выработки, что маловероятно.

В результате формирования газодинамического взлома почвы выработки, задействуется более емкий источник метана, в качестве которого наиболее вероятным является уголь и в бортах проводимо по верхнему слою выработки. Эта модель соответствует эффекту зональной дезинтеграции, представленной на рисунке в виде колец (рис.6), где нарушение целостности очередного контура приводит к динамическому процессу разрушения.

Таким образом, пространственная модель зональной дезинтеграции массива по трассе подготовительной выработки имеет условно круговую форму с периодически изменяющимися диаметрами. Увеличение размеров зоны нормально оси выработки происходит в динамическом режиме при достижении определенной величины подвижания забоя.

Современные знания нелинейных геомеханических процессов повышают адекватность расчетных моделей газодинамически горных работ, что позволяет рассматривать слабые динамические газопроявления в качестве предупредительных признаков более опасных и совершенствовать методы текущего контроля газодинамической активности пласта при проведении подготовительных выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров П.В. Нелинейная механика геоматериалов и геосред / П.В. Макаров [и др.]. – Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2007. – С. 235.
2. Зональная дезинтеграция горных пород и устойчивость подземных выработок / Опарин В.Н. [и др.] – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2008. – 278 с.
3. Поваренных М.Ю. Фрустумация (первичная кусковатость) как проявление квантования горнопородного уровня организации вещества / М.Ю. Поваренных, А.Г. Жабин // Сб. научн. статей. Годичное собр. РМО (8-11 октября 2007). Изд-во СПб. Горного ин-та. – С.81–85.
4. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // Докл. АН СССР, 1979. – Т. 247. – № 4.
5. Курленя М. В. О масштабном факторе зональной дезинтеграции горных пород и канонических рядах атомно-ионных радиусов Текст. / М. В. Курленя, В. Н. Опарин // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых, 1996. – № 2. – С. 6–16.
6. Борисовец В.А. Неоднородности волнового характера в породах вблизи выработок, сооружаемых буровзрывным способом. // «Шахтное строительство», 1972. – № 9. – С. 14–16.
7. Большинский М.И. Газодинамические явления в шахтах / М.И. Большинский, Б.А. Лысиков, А.А. Каплюхин.– Севастополь: Вебер, 2003. – 284 с.
8. Чанышев А.И. Об одной интерпретации зональной дезинтеграции массива горных пород вокруг выработок / А.И. Чанышев, О.Е. Белоусова // Физ. мезомех. – 2009. – Т. 12. – № 1. – С. 89 – 99.

□ Авторы статьи:

Полевщикова
Геннадий Яковлевич,
докт.техн.наук, проф., зав. лаб.
газодинамики и геомеханики уголь-
ных месторождений, Институт угля
СО РАН Email:
Gas_coal@icc.kemsc.ru

Плаксин
Максим Сергеевич,
м.н.с. лаборатории
газодинамики и геомеханики угольных
месторождений, Институт угля СО
РАН,
тел. 8-904-570-44-39