

Канд. техн. наук А.П. Клец
(ИГТМ НАН Украины),
канд. техн. наук И.А. Ефремов,
д-р техн. наук Б.В. Бокий
(шахта им. А.Ф. Засядько)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБА ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ДЕГАЗАЦИИ ПОРОД КРОВЛИ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ЛАВ

Виконаний аналіз результатів експериментальних досліджень способу випереджаючої дегазації порід покрівлі високонавантажених лав, обґрунтована схема потоків метану з породи, що дегазується, в свердловину випереджаючої дегазації.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE METHOD PASSING AHEAD DEGASSING OF ROOF BREEDS THE HIGH-LOADED LAVAS

The analysis of results of experimental researches of the method passing ahead of degassing of roof breeds the high-loaded lavas is executed. The scheme of streams of methane from degassed rock in a bore well passing ahead of degassing is proved.

В способе опережающей дегазации пород кровли высоконагруженных лав [1, 2] реализуется идея, заключающаяся в учете и использовании геомеханических процессов, происходящих в подрабатываемых газоносных породах кровли. При последовательной отработке выемочных участков длинными столбами или сплошной системой разработки без оставления целиков на границе сопряжения нетронутого массива с подработанными породами кровли образуется зона наибольшего прогиба (ЗНП) пород, в слоях которой возникают деформации растяжения в направлении, перпендикулярном напластованию. В результате происходит расслоение пород, снижается газовое давление, увеличивается проницаемость и фильтрационная способность пород, особенно в направлении напластования. На рис. 1 ЗНП показана сечением БВГД.

В поперечном разрезе выемочного участка эта зона граничит с зоной полных сдвижений со стороны подработанного массива и с зоной опорного давления – со стороны нетронутого массива, где будет размещена новая лава, в которой планируется выполнение опережающей дегазации. На плане горных работ ЗНП размещена по всей длине выемочного участка на сопряжении отработанной старой лавы 2 с новой лавой 1.

При построении схемы движения метана из пород кровли при опережающей дегазации нами приняты очевидные и доказанные факты процесса фильтрации, а также некоторые допущения. Фильтрация происходит в направлении снижения градиента газового давления по пути наименьшего сопротивления. В нетронутом горными работами угленосном массиве основное количество метана содержится в угольных пластах и песчаниках. В углях метан находится большей частью в сорбированном состоянии (до 90 %), а небольшая его газовая фаза закрыта в порах и трещинах вследствие высоких сжимающих напряжений. Поэтому газопроницаемость угольных пластов в нетронутом массиве практически отсутствует.

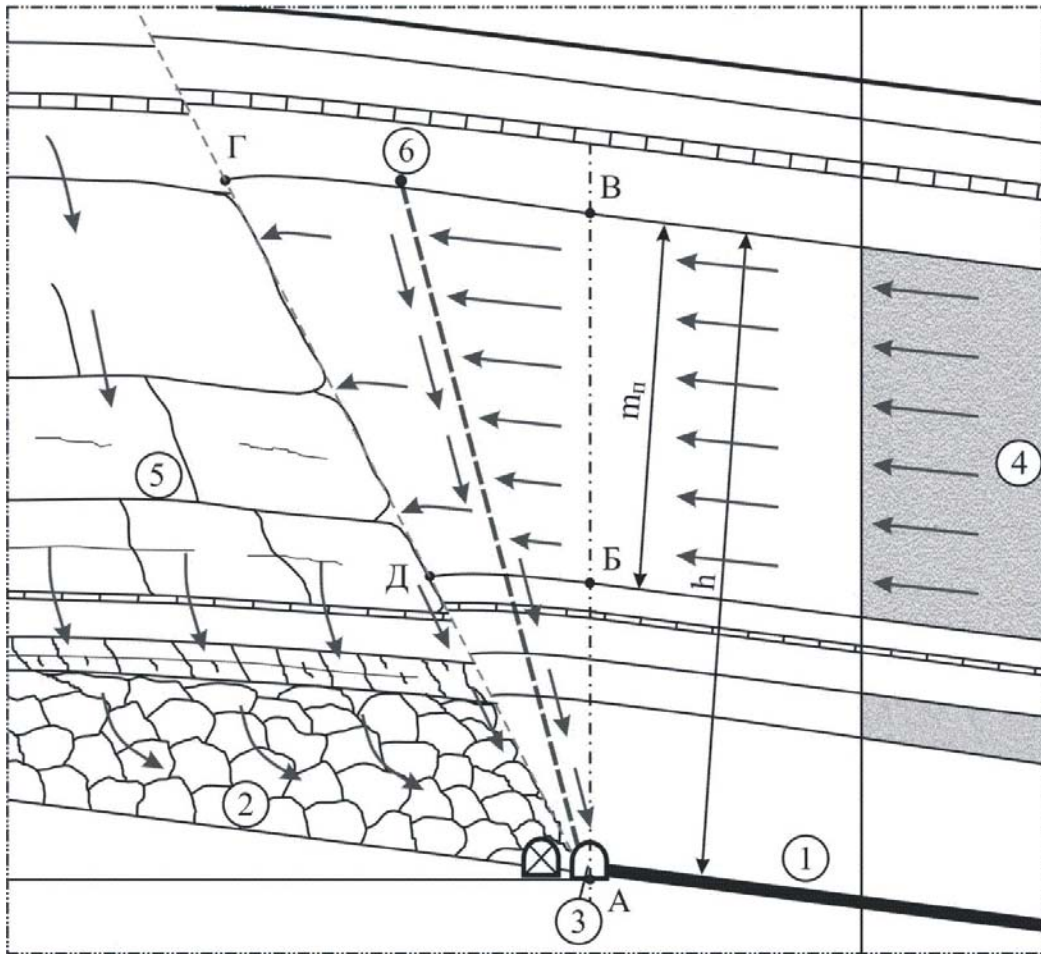


Рис. 1 – Поток метана при опережающей дегазации пород кровли

Газоотдача углей происходит только после нарушения равновесного состояния, снижения напряжений и раскрытия трещин. В газоносных песчаниках метан, как правило, содержится в виде свободного газа и при наличии перепада давлений может дренировать, подчиняясь законам фильтрации. При гидростатическом давлении флюидов, характерных для Донбасса, небольшое количество метана (в соотношении до двух объемов метана на один объем воды) может содержаться в растворенном виде в пластовой воде. Некоторое количество метана в сорбированном виде содержится в рассеянном органическом веществе и может перейти в свободное состояние только после нарушения сорбционного равновесия вследствие разгрузки, увеличения пустотности и снижения газового давления. В фильтрационном процессе в нетронутом массиве при опережающей дегазации участвует только метан, находящийся в свободном состоянии. Количество свободного метана зависит от величины эффективной пористости и газового давления. В качестве допущения принято, что поток метана идет по всей площади сечения газоносной породы равномерно, причем только в направлении расслоения пород.

Фильтрация метана происходит следующим образом (см. рис. 1). После отработки смежной старой лавы и посадки основной кровли вода и метан из верхних газоносных слоев подработанного углепородного массива 5 перетекают в ниж-

ние слои и поступают в рабочее пространство старой лавы. Затем вода дренирует в нижний штрек и отводится в водосборник, а метан разбавляется вентиляционной струей воздуха и отводится в вентиляционные выработки. Из расслоившихся газоносных песчаников и нарушенных угольных пластов ЗНП пород вода, свободный и десорбирующийся метан также поступают сначала в подработанные породы и затем в рабочее пространство старой лавы. Одновременно в ЗНП пород снижается газовое давление, и сюда поступает свободный метан из нетронутого массива газоносных пород 4 кровли новой лавы, который дальше поступает в породы подработанного массива и затем в рабочее пространство вентиляционного штрека 3 новой лавы. Часть воды, содержащейся в газоносных породах кровли старой лавы, в процессе фильтрации частично дренирует вместе с метаном, а другая ее часть поступает в нижние слои газоносной породы, формируя в ней газовой контакт. Через определенное время фильтрационный процесс стабилизируется и продолжается по изложенной выше схеме, то есть метан перетекает из газоносных пород кровли новой лавы через разуплотненные породы ЗНП в подработанные породы старой лавы и вентиляционный штрек новой лавы.

Теперь в схему движения метана добавим дегазационную скважину 6, пробурив из вентиляционного штрека новой лавы в ЗНП, и подадим на неё разрежение от дегазационного трубопровода. Давление в скважине будет ниже, чем в пространстве пород ЗНП, подработанном массиве пород кровли старой лавы и в атмосфере вентиляционного штрека новой лавы, и в нее будет поступать метан из ЗНП, который поступает в последнюю из газоносных пород 5 кровли новой лавы. Таким образом осуществляется опережающая дегазация пород кровли новой лавы. На рис. 1 направление и пути фильтрации метана показаны стрелками.

Объемы газопритоков в скважину определяются скоростью фильтрации метана в газоносном песчанике, расположенном в кровле новой дегазируемой лавы, и размерами площади, через которую метан перетекает в ЗНП, а разрежение способствует транспортировке метана по скважине и дегазационному трубопроводу до вакуумнасосной станции. Размер площади перетока метана определяется произведением мощности газоносного песчаника m_n на величину расстояния между скважинами по длине вентиляционного штрека.

Расчеты показывают, что даже при очень низкой газопроницаемости пород в нетронутым массиве (например, на шахте им. А.Ф. Засядько средневзвешенная по мощности величина газопроницаемости песчаника $m_4Sm_4^1$ в направлении напластования составляет 0,0415 мД), но при больших площадях перетока метана из нетронутого массива в ЗНП (1,0–4,0 тыс. м²), дебиты скважин составляют от 1,0 до 3,5 м³/мин., что удовлетворяет как технологическим, так и технико-экономическим условиям дегазационных мероприятий.

Экспериментальные исследования способа проведены на шахте им. А.Ф. Засядько в горно-геологических условиях 17 восточной и 17 западной лав по пласту m_3 . Геологический объект дегазации – песчаник $m_4Sm_4^1$ с природной газоносностью 2,2 м³/м³, плотностью ресурсов метана 110 м³/м² и плотностью извлекаемых запасов метана 63 м³/м².

17 восточная лава. Длина лавы – 250 м, вынимаемая мощность пласта m_3 – 1,65 м. Песчаник $m_4Sm_4^1$ на дегазируемом участке имеет выдержанную

мощность – 49,9 м и залегает в 35,5 м (почва) выше пласта m_3 . Отметка середины мощности песчаника – 1238 м. Из 17 восточного вентиляционного штрека на ПК 30 и ПК 39 в направлении пород кровли отработанной 16 восточной лавы пробурены две скважины опережающей дегазации с параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры скважин опережающей дегазации 17 восточной лавы

№ ПК	Диаметр скважины, мм	Угол разворота, град	Угол наклона, град	Длина, м
39	132	92	75	100
30	132	88	78	100

Дегазируемый этими скважинами участок песчаника $m_4Sm_4^1$ имеет следующие размеры: по простиранию – 180 м (ПК 25,5 – ПК 43,5 м) и по падению – 250 м. Объем ресурсов метана, содержащихся в песчанике $m_4Sm_4^1$ на дегазируемом участке, составляет 2475 тыс. м³, а объем извлекаемых запасов – 1417,5 тыс. м³.

17 западная лавы. Длина лавы – 265 м, вынимаемая мощность пласта m_3 – 1,8 м. На дегазируемом участке песчаник $m_4Sm_4^1$ мощностью 49,5 м залегает в 40,0 м (почва) выше кровли пласта m_3 . отметка середины мощности песчаника – 1273,7 м. Из демонтажного хода 16 западной лавы в зону наибольшего прогиба пород, расположенную на сопряжении отработанной 16 и новой 17 западных лав пробурены две дегазационные скважины. Геологический объект дегазаций – песчаник $m_4Sm_4^1$ перебурен скважинами на полную мощность в зоне наибольшего прогиба пород с выходом скважины из его кровли в створе ПК-23 и ПК-26 по вентиляционному штреку. Расстояние между точками выхода скважин из песчаника и забоем 17 западной лавы на момент подключения к дегазационному трубопроводу составляло 1004 и 974 м.

Размеры дегазируемого участка по простиранию составляют 110 м: по 40 м от каждой скважины и 30 м между ними. Размер участка по падению равен длине 17 западной лавы – 265 м. Объем ресурсов метана, содержащихся в песчанике $m_4Sm_4^1$ на дегазируемом участке, составляет 3200 тыс. м³, а объем извлекаемых запасов – 1836 тыс. м³.

После бурения, герметизации устья и подсоединения скважин к дегазационному трубопроводу на обоих участках в процессе дегазации на каждой скважине измерялся дебит, концентрация метана в извлеченном газе и величина разрежения в устье скважины. Необходимо отметить, что в 17 западной лаве скважины ПК 23 и ПК 26 во время работы имели между собой газодинамическую связь – при повышении дебита в одной скважине, дебит во второй снижался на такую же величину и наоборот.

Основные показатели работы скважин опережающей дегазации приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные показатели работы скважин опережающей дегазации

Лава, пласт	№ скважины	Длина скважины, м	Диаметр скважины, мм	Расстояние от скважины до забоя, м	Рабочий период, сут.	Средний дебит CH ₄ , м ³ /мин	Средняя концентрация CH ₄ в смеси, %	Кол-во (100 %-го) извлеченного метана, тыс. м ³	Удельная метанодобы- ваемость, тыс. м ³ /п.м.
17 вост., т ₃	ПК-39	100	132	530	180	2,84	95,8	736	7,36
	ПК-30	100	132	683,5	209	0,81	81,4	244	2,44
17 запад., т ₃	ПК-23	90	132	1074	373	2,06	90	1080	12,0
	ПК-26	100	132	974	373	0,91	93	483	4,83

Всего на дегазируемом участке 17 восточной лавы из песчаника $m_4Sm_4^1$ двумя скважинами опережающей дегазации извлечено 980 тыс. м³ метана, а из 17 западной лавы – 1563 тыс. м³. содержание метана в добытом газе было высоким – от 81,4 до 95,8 %, а дебиты скважин были достаточны для различных вариантов утилизации газа.

Таким образом, высокие газодинамические показатели работы скважин опережающей дегазации наряду с повышением эффективности дегазационных мероприятий обеспечивают возможность рационально использовать извлеченный газ за счет его высокого качества. В настоящее время начаты работы по проверке способа на шахтах Минуглепрома Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. К 75821 Украина, кл. E 21 F 7/00, Заявл. 01.11.04; Опубл. 15.05.06; Бюл. № 5.– 6 с.
2. Элементы технологии способа опережающей дегазации пород кровли высоконагруженных лав / В. В. Лукинов, А. П. Клец, И. А. Ефремов, Б. В. Бокий // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2006. – Вып. № 67. – С. 67–73.

УДК 552.21. / 24:539. 217.1

Канд. геол. - минерал. наук К.А. Безручко
(ИГТМ НАН Украины)

ОЦЕНКА ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В ЛОКАЛЬНЫХ АНТИКЛИНАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ

Запропонована методика оцінки пористості гірських порід локальних антиклінальних структур у зонах розушільнення, сформованих у процесі складкоутворення під впливом деформацій розтягування, що перевищують критичні.

ESTIMATION OF A ROCKS POROSITY IN THE LOCAL ANTICLINAL STRUCTURES

The technique of a rocks porosity estimation of local anticlinal structures in the volume expansion zones generated in the course of fold formation under the influence of deformations of a stretching which exceed critical is offer.

Институтом геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины разработан стандарт [1] для прогнозирования скоплений свободного метана. Стандарт устанавливает методику определения параметров зон скопления свободного метана, образованных локальными антиклинальными складками в ненарушенном горными работами углепородном массиве. Теоретической основой указанной методики послужило положение о том, что природные процессы трещинообразования в углепородном массиве можно считать одним из ведущих природных факторов формирования коллекторских и газоёмкостных свойств, благоприятных для скоплений, или залежей свободного метана [2]. Предложенная модель предполагает формирование резервуара, за счёт трещинообразования в сводовой части антиклинальной структуры в период её обра-