

Канд. техн. наук Б.В. Бокий,  
инж. Д.П. Гуня (шахта им. А.Ф. Засядько);  
д-р геол.-мин. наук В.В. Лукинов,  
канд. техн. наук А.П. Клец  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ДЕГАЗАЦИИ ПОРОД КРОВЛИ НА ШАХТЕ ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО**

Приведено результати експериментальних досліджень з попередньої дегазації порід покрівлі на шахті ім. О.Ф. Засядька.

## **THE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF PRELIMINARYS DECONTAMINATIONS OF ROOF ROCKS ON MINE NAMED A.F. ZASJAD'KO**

Results of experimental researches of preliminary decontamination of roof rocks on mine named A.F. Zasjad'ko are given.

Анализ научных исследований и опыт работ на шахтах показывают, что мероприятия по снижению газовыделения в горные выработки должны осуществляться с использованием технологий комплексной дегазации. Под комплексной понимается дегазация, включающая набор способов и средств выполнения дегазационных мероприятий как из подземных горных выработок, так и с поверхности. Цель комплексной дегазации - достижение необходимого уровня эффективности дегазационных мероприятий и повышение безопасности труда. Попутно должны решаться вопросы повышения количества и качества капируемого газа и рациональные пути его утилизации. На нынешнем уровне развития дегазационных технологий в Украине, в состав комплексной дегазации действующих шахт могут быть включены и, при необходимости, выполняться в различных сочетаниях, известные способы дегазации

Подземная дегазация: предварительная дегазация зон скоплений свободного метана, выполняемая из выработок «газового горизонта» и других подземных горных выработок; опережающая дегазация геомеханических зон повышенной газопроницаемости, выполняемая из участковых подготовительных выработок «газового горизонта»; текущая дегазация пород кровли и почвы, выполняемая из участковых подготовительных выработок и выработок «газового горизонта»; текущая дегазация выработанного пространства добычных участков способом газоотсоса; постэксплуатационная дегазация пород кровли, выполняемая из участковых подготовительных выработок и из «газового горизонта».

Поверхностная дегазация: предварительная дегазация зон скопления свободного метана, выполняемая поверхностными дегазационными скважинами (ПДС); опережающая дегазация пород кровли добычных участков в благоприятных геомеханических зонах ПДС; текущая дегазация пород кровли добычных участков ПДС; постэксплуатационная дегазация пород кровли отработанных лав ПДС; извлечение техногенного метана из зон его скоплений на полях отра-

ботанных участков [1]. В руководящих документах по дегазации [2] основным дегазационным мероприятием на угольных шахтах Украины рекомендуется текущая дегазация, основанная на использовании геодинамических процессов, происходящих в углепородном массиве, подработанных горными выработками. При благоприятной горно-технологической обстановке предусматривается также постэксплуатационная дегазация выработанного пространства.

Вопросам предварительной дегазации уделяется не достаточно внимания.

Предварительную дегазацию можно условно разделить на два ее подвида: собственно предварительную дегазацию, когда дегазация осуществляется еще до подготовки выемочных участков, и на опережающую дегазацию, выполняемую из участковых подготовительных выработок или из специальных выработок «газового горизонта» до начала очистных работ или же в процессе их ведения, но не в зонах влияния лавы.

Предварительная дегазация направлена на извлечение свободного метана из зон природных его скоплений с повышенной пустотностью и проницаемостью пород, образованных тектонической активностью: локальных структурах и антиклинальных складках, а также дизъюнктивных нарушениях с повышенной трещиноватостью пород и др. Используются способы искусственного повышения газоотдачи пород (гидроразрыв и др.).

Опережающая дегазация направлена на извлечение метана из зон его скопления в массивах с хорошими коллекторскими свойствами, образовавшимися в результате геомеханических процессов, происходящих во вмещающих породах при ведении горных работ. Такие зоны образуются на границе подработанных углепородных толщ с нетронутым горными работами массивом. Анализ характера схемы сдвижения горного массива после прохода лавы показывает, что в породах кровли в результате геомеханических процессов образуется зона наибольшего прогиба, которая расположена в полосе сопряжения подработанного и нетронутого массива на участке пониженных напряжений, ограниченном зоной активных сдвижений пород со стороны подработанного массива и зоной опорного давления - со стороны нетронутого массива. На протяжении этой полосы образуется защемленная в зоне опорного давления консоль пород, в которой геомеханические процессы расслоения сразу после подработки и, затем, - уплотнения - во времени происходят медленнее, чем в других местах. Поэтому углепородный массив здесь характеризуется повышенной пустотностью пород, снижением содержания воды в поровом пространстве и увеличением почти на два порядка проницаемости. Пониженное давление газа способствует дренированию метана из нетронутого массива в зону разуплотнения даже через породы с низкой (0,01-0,04 мД) проницаемостью. Учитывая, что площадь дренирования имеет большие размеры (прямоугольник высотой, равной мощности основного объекта дегазации, и длиной, равной длине выемочного столба), объемы дренированного метана вполне приемлемы для его извлечения из этой части пород.

На шахте им. А.Ф. Засядько выполнены экспериментальные работы, направленные на проверку этих положений и получения исходных данных для разработки параметров способов предварительной и опережающей дегазации.

В первую очередь выполнены исследования по выбору геологического объекта дегазации. В качестве критерия при выборе объекта дегазации принята плотность извлекаемых запасов метана ( $P_3, \text{м}^3/\text{м}^2$ ) – количество метана, которое может быть извлечено дегазационными системами или дренировано в работающую лаву из  $1 \text{ м}^2$  площади подработанного песчаника или угольного пласта при определенных горно-технических параметрах подработки. Методика расчетов плотности извлекаемых запасов [3] разработана в ИГТМ НАН Украины, апробирована и используется для прогнозирования газовыделения из подработанного угленосного массива. В таблице 1 приведен пример определения плотности извлекаемых запасов метана из пород кровли пласта  $m_3$  при его отработке 17 восточной лавой.

Таблица 1 – Плотность извлекаемых запасов метана

Индекс	Мощность $m, \text{м}$	Глубина залегания $H, \text{м}$	Расстояние до $m_3$ $M, \text{м}$	Природная газоносность $\chi, \text{м}^3/\text{м}^3$	Плотность ресурсов, $P_p \text{ м}^3/\text{м}^2$	Извлекаемая газоносность, $q, \text{м}^3/\text{м}^3$	Плотность извлекаемых запасов $P_3, \text{м}^3/\text{м}^2$
$m_3Sm_4$	9,3	1242	20	1,79	16,6	1,58	14,7
$m_4$	0,4	1229	33	26,0	10,4	17,9	7,2
$m_4Sm_4^1$	38,2	1206	56	2,16	82,2	1,44	54,9
$m_4^1$	0,2	1172	90	26,0	5,2	14,0	2,8
$m_4^3$	0,5	1153	109	26,0	13,0	12,8	6,4
Всего:					127,4		86,0

Расчет показывает, что из толщи пород кровли площадью  $1 \text{ м}^2$  при подработке может быть извлечено или дренировано в рабочее пространство лавы  $86 \text{ м}^3$  метана ( $80 \text{ м}^3/\text{мин}$  при суточной добыче  $3500 \text{ т}$ ). Основное газовыделение –  $64 \%$  ( $54,9 \text{ м}^3/\text{м}^2$  или  $51 \text{ м}^3/\text{мин}$ ) будет дренировано из песчаника  $m_4Sm_4^1$ . Этот песчаник выбран основным объектом дегазации в свите  $C_2^7$  при отработке пласта  $m_3$ .

По методике ИГТМ НАН Украины [4] на поле шахты им. А.Ф. Засядько выявлено несколько локальных структур со скоплениями свободного метана. На одну структуру, расположенную в западной части отработанной 15 западной лавы пласта  $m_3$ , из людского ходка уклона № 7 пробурены 2 дегазационные скважины: № 8Э и № 10Э. На вторую структуру, расположенную в центральной части 16 западной и будущей 17 западной лав пласта  $m_3$ , из этого же ходка пробурены три скважины: №№ 5Э, 6Э, 7Э. Скважинами (кроме № 7Э) перебурен песчаник  $m_4Sm_4^1$  на полную мощность. Параметры и показатели работ скважин приведены в таблице 2.

Как видно, все скважины работали с хорошим содержанием метана в газозудушной смеси, а дебит скважин № 5Э и 6Э продолжительное время оставался высоким, что позволило извлечь из них  $1,365 \text{ млн. м}^3$  метана (в пересчете на  $100 \%$   $\text{CH}_4$ ). Наблюдения за показателями работы скважин 5Э, 6Э, 10Э были прекращены из-за закрытия людского ходка уклона №7 после прохода 16 за-

падной лавы. Скважины №№ 7Э и 8Э не дали результатов из-за разрушения стволов при пересечении неустойчивых пород под небольшими углами к горизонту (зондирование скважин выполнено специалистами МакНИИ).

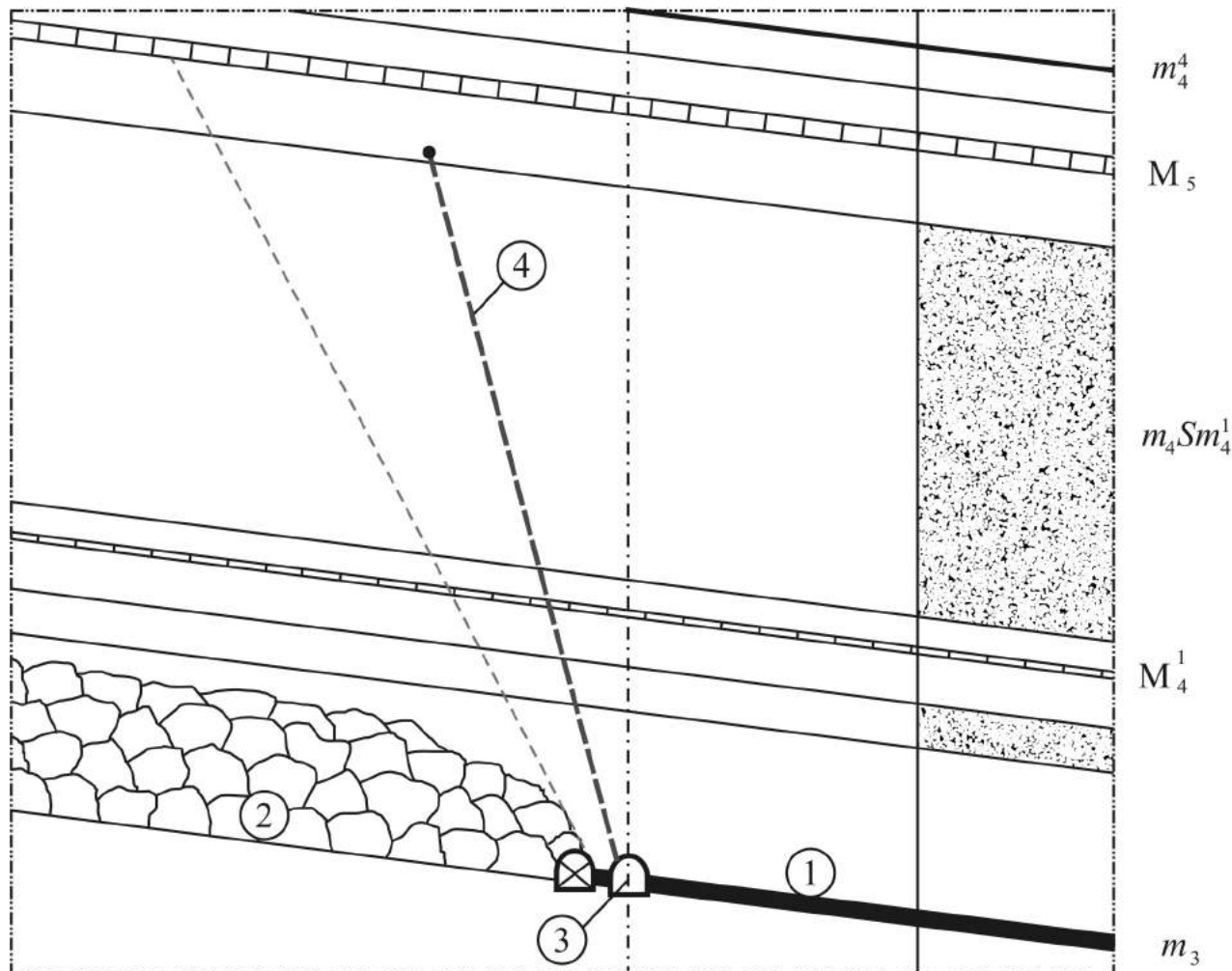
Таблица 2 – Газодинамические показатели скважин предварительной дегазации

№ скважины	Длина скважины $L$ , м	Угол подъема скважины к горизонту $\beta$ , град.	Длина скв. в песчанике $m_4Sm_4^1$ $L_{нес}$ , м	Продолжительность работы скважины $t$ , суток	Средний дебит «чистого» метана $Q$ , м <sup>3</sup> /мин	Средняя концентрация метана, %	Объем извлеченного метана $V$ , м <sup>3</sup>
5Э	165	35	67	133	6,85	71,6	911000
6Э	168	35	73	123	3,69	62,5	454000
7Э	282	13	102	28	1,58	65,5	63750
8Э	304	20	185	–	–	–	–
10Э	120	45	70	33	0,79	66,7	37540

На западном крыле шахты в результате тектонической активности образовалась зона мелкоамплитудных разрывных нарушений с повышенной трещиноватостью. Зона, шириной около 100 м, вытянута с юго-запада на северо-восток по падению, а по глубине она пересекает свиты  $C_2^7$  на полную мощность. При проведении дегазационных мероприятий на экспериментальном участке «газового горизонта» в зоне повышенной трещиноватости было пробурено 6 скважин: № 8, 9, 10, 11, 12, 19. Параметры скважин близки: угол подъема к горизонту  $\beta = 23\text{--}27^\circ$ , длина  $L = 115\text{--}160$  м, диаметр 132 мм. Скважины № 8, 9, 10 работали со средним дебитом соответственно 1,63; 1,03; 3,1 м<sup>3</sup>/мин, было извлечено 100,9; 68,3; 357,1 тыс. м<sup>3</sup> «чистого» метана, а концентрация была невысокой – 39,4; 31,5 и 28,2 % соответственно. Скважины № 11, 12, 19 к газопроводу не подключались из-за низкой концентрации смеси на устье. Здесь проявился эффект первоочередного вакуумирования смежных скважин с газодинамической связью. Расстояния между такими скважинами должны быть увеличены до значений, исключающих переток метана.

На экспериментальном участке «газового горизонта» проверялся способ опережающей дегазации пород кровли 16 западной лавы. Впереди забоя лавы, на расстоянии 220 м от него, в зоне спокойного залегания пород была пробурена дегазационная скважина № 41. Параметры скважины (угол подъема к горизонту  $\beta = 80^\circ$ , длина  $L = 85$  м, угол разворота от оси штрека «газового горизонта» в сторону отработанной 15 лавы  $\gamma = 90^\circ$ ) позволили перебурить основной объект дегазации – песчаник  $m_4Sm_4^1$  в полосе наибольшего прогиба пород, ограниченной зоной активного сдвижения пород со стороны отработанного пространства и зоной опорного давления со стороны нетронутого массива. Скважина начала газировать более, чем за три месяца до прихода забоя лавы, дебит ее в первом месяце составил 3,51 м<sup>3</sup>/мин, во втором – 2,12 м<sup>3</sup>/мин, в третьем – 1,7 м<sup>3</sup>/мин, а среднее содержание метана по месяцам было – 61,2; 55,8 и 45,2 %. Извлечено более 300 тыс. м<sup>3</sup> «чистого» метана.

Способ опережающей дегазации проверялся также при отработке 17 восточной лавы пласта  $m_3$ . Из вентиляционного штрека в 60 м от монтажного ходка лавы (ПК 29) в породы кровли отработанной 16 восточной лавы под углом  $76^\circ$  к горизонту пробурена дегазационная скважина № 7. На рисунке 1 показана схема размещения скважины № 7 в вертикальном разрезе пород кровли.



1 – 17 восточная лавы; 2 – отработанная 16 восточная лавы; 3 – 17 восточный вентиляционный штрек; 4 – проекция дегазационной скважины № 7

Рис. 1 – Схема размещения скважины в вертикальном разрезе пород кровли

Скважиной перебурен основной объект дегазации – песчаник  $m_4Sm_4^1$  в аналогичной полосе наибольшего прогиба пород. В районе ПК 29 песчаник имеет мощность 38,2 м, а величина плотности извлекаемых запасов метана равна  $54,9 \text{ м}^3$  метана на один  $\text{м}^2$  его площади.

Еще до начала очистных работ, без вакуумирования скважина работала под напором с дебитом  $0,27 \text{ м}^3/\text{мин}$  100 % метана (газ отводился в проложенный, но не подключенный к ВНС трубопровод на исходящую струю). После подачи разрежения к устью, скважина работала со средним дебитом  $4 - 5 \text{ м}^3/\text{мин}$  и концентрацией метана в газозудной смеси 65 – 95 % до момента ее подработки 16 западной лавой.

Таким образом, выполненные экспериментальные работы подтвердили разработанные положения по комплексной дегазации. Доказана возможность и эффективность предварительной дегазации зон скопления свободного метана в локальных антиклинальных структурах и в нарушениях, связанных с тектонической активностью, а также возможность опережающей дегазации пород кровли вне зон влияния текущих очистных работ. Результаты исследований будут использованы в качестве исходных предпосылок для проектирования способов предварительной дегазации, позволяющих извлекать метан высокого качества и в значительных объемах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция комплексной дегазации угленосного массива для условий шахты им. А.Ф. Засядько /А.Ф.Булат //Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов /Ин-т геотехнической механики НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. – Вып. 37. – С. 10-17.
2. Дегазация угольных шахт Украины. Руководство. Первая редакция. – Киев, 2003. – 132с.
3. Лукинов В.В., Фичев В.В., Клец А.П. Принципы оценки ресурсов извлекаемого метана из подработанной угленосной толщи.//Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов НАН Украины ИГТМ. - Днепропетровск, 2003. - № 32. – С. 30-40.
4. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Пимоненко Л.И. и др. Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса. – Киев: Наук. Думка, 1994. – 152 с.

УДК 553.94

Д-р геол.-мин. наук В.В. Лукинов,  
инж. Д.А. Суворов, инж. П.С. Пащенко  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ, КАК ЕСТЕСТВЕННЫЙ КАТАЛИЗАТОР КАТАГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УГОЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА**

У даній статті розглянуті проблеми коректного обліку геологічного часу, як одного з факторів катагенетичних перетворень вугільної речовини. На прикладі Львівсько-Волинського вугільного басейну наведені результати врахування цього фактора, при прогнозуванні обсягу метана, який генерується гірським масивом.

### **GEOLOGICAL TIME, AS THE NATURAL CATALYST KATAGENESICAL OF COAL SUBSTANCE TRANSFORMATION**

In given clause the problems of the correct account of geological time, as one of the factors katagenesical of transformations of coal substance are considered. The results of the account of this factor are given at forecasting volume generated methane by a mountain file, on an example of the Lvov and Volynsk coal pool.

Основными факторами катагенетических превращений в угле является, во-первых, температура, растущая по мере погружения угольных пластов, во-вторых, геостатическое давление вышележащих пород и, в-третьих, геологическое время, которое определяет продолжительность и эффективность воздействия температуры и давления на погребенное в земных недрах вещество.

В процессе катагенеза угольного вещества происходит накопление энерго-