

УДК 622.831.325

*д.т.н., проф. Антощенко Н. И.,  
к.т.н. Филатьев М. В.,  
Гасюк Р. Л.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ПРОВЕТРИВАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПРИ АКТИВИЗАЦИИ СДВИЖЕНИЯ ПОДРАБОТАННЫХ ПОРОД

*Теоретические и экспериментальные исследования соотношения количества газа, выделяющегося непосредственно из выработанного пространства эксплуатируемого участка и за его пределами под воздействием активизации сдвижения пород над остановленными лавами.*

**Ключевые слова:** метановыделение, выемочный участок, дегазационные скважины, горные выработки, схемы проветривания, утечки воздуха.

Явление активизации сдвижения пород при отработке угольных пластов смежными лавами теоретически обосновано и подтверждено практикой ведения горных работ несколько десятков лет назад [1, 2]. Позже было установлено влияния этих процессов на газопроявление при ведении очистных работ [3, 4]. До настоящего времени при выборе схем проветривания выемочных участков рекомендациями нормативных документов не учитывается увеличение газовыделения из источников, обусловленное активизацией сдвижения подработанных пород. Наиболее оптимальными вариантами в условиях газовых шахт во всех случаях считается применение прямоточных схем проветривания с подсыжением исходящей вентиляционной струи воздуха. Об актуальности рассматриваемого вопроса свидетельствуют факты эксплуатации выемочных участков, когда прямоточные схемы проветривания не обеспечивали требуемую их эффективность [5, 6]. Одной из причин возникновения таких ситуаций было повышенное газовыделение из выработанного пространства ранее отработанных лав, связанное с процессами активизации сдвижения подработанных пород над смежными выемочными участками.

Недостаточно изученными остаются вопросы возможного уровня и количества

выделяющегося газа из выработанного пространства смежных лав, а также не установлено местоположение зон непосредственного метановыделения в пределах отработанных выемочных участков.

Целью работы является определение соотношения количества газа, выделяющегося непосредственно из выработанного пространства эксплуатируемого участка и за его пределами, а также установление зон поступления метана при активизации сдвижения пород в границах остановленных выемочных участков.

Для решения поставленных задач проанализировали экспериментальные данные при отработке антрацитового пласта  $l_2^6$  мощностью 0,9 м 7-й, 8-й и 9-й западными лавами шахты им. газеты «Известия» ГП «Донбассантрацит».

Соотношение газовыделения из выработанного пространства эксплуатируемой и остановленных лав установили на примере отработки 7-й и 8-й западных лав. Доработка 7-й западной лавы происходила в надработанной пластом  $l_4$  зоне и в условиях уменьшения газоносности разрабатываемого и сближенных пластов. Газовыде-

---

© Антощенко Н. И., 2014

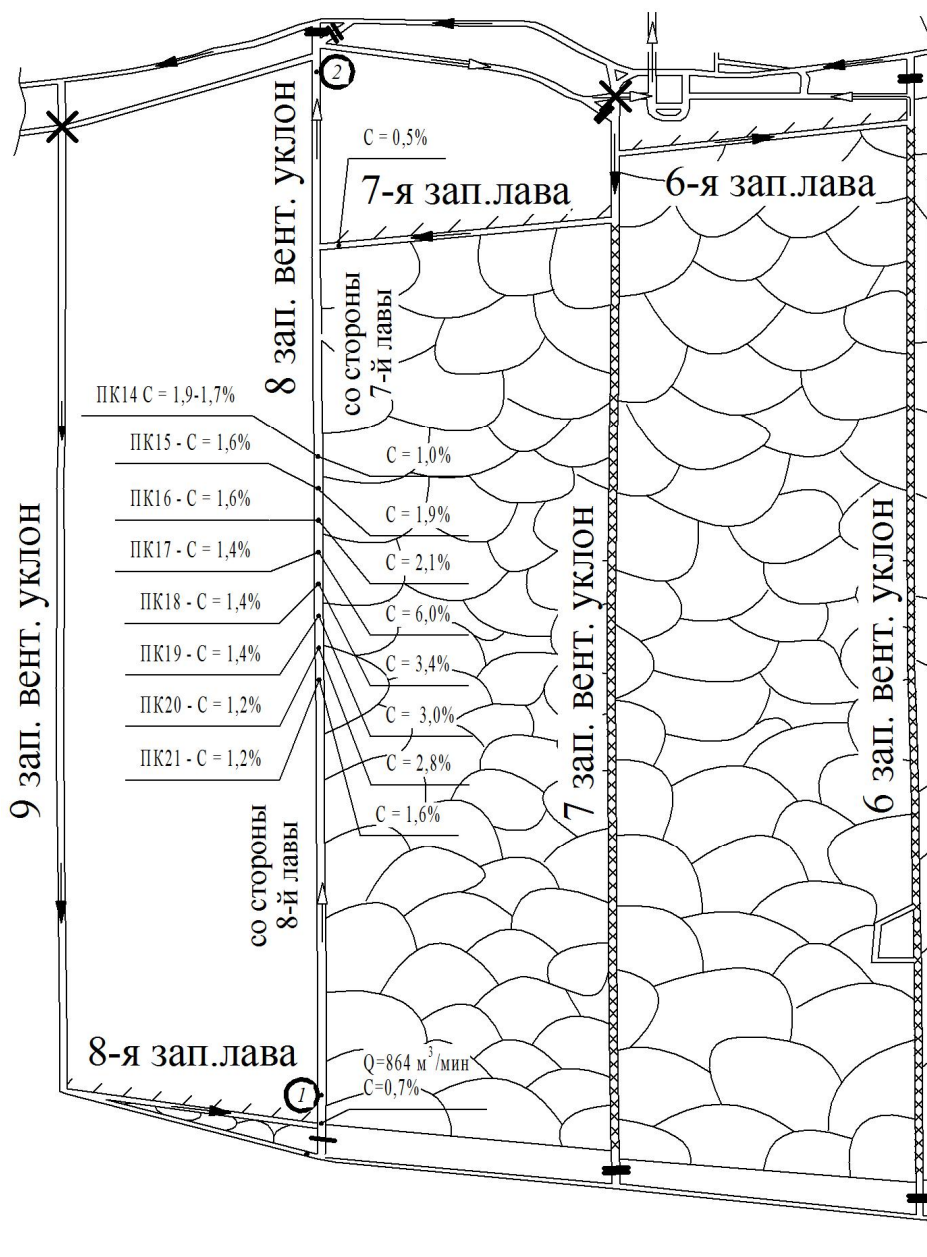
© Филатьев М. В., 2014

© Гасюк Р. Л., 2014

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

ление в исходящую вентиляционную струю воздуха 7-й западной лавы имело тенденцию к снижению и не превышало  $6 \text{ м}^3/\text{мин}$ . По этой причине при вводе в эксплуатацию 8-й западной лавы было решено временно, на период доработки 7-й за-

падной лавы, проветривание двух выемочных участков производить с отводом исходящих вентиляционных струй воздуха по одной выработке – 8-му западному уклону (рис. 1).



①, ② — пункты замеров соответственно в исходящей вентиляционной струе воздуха из очистного забоя 8-й западной лавы и выемочных участков;  $\leftarrow$  — струя свежего воздуха;  $\leftarrow$  — струя отработанного воздуха, ПК17-ПК21 — номера пикетов, С — концентрация метана, %, Q — расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Рисунок 1 — Схема проветривания выемочных участков при доработке 7-й и начале эксплуатации 8-й западных лав

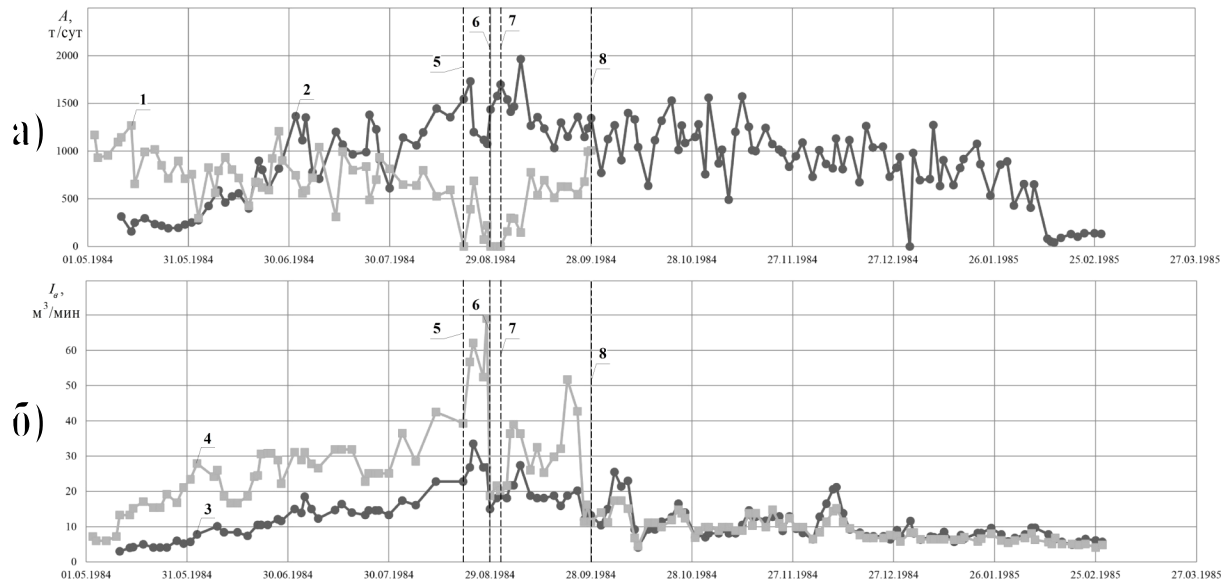
После ввода в эксплуатацию 8-й западной лавы ещё до осадки основной кровли наблюдался существенный рост газовыделения в общую исходящую вентиляционную струю воздуха двух участков. Такое увеличение было обусловлено дополнительным поступлением метана в 8-й западный уклон на всём его протяжении между очистными забоями со стороны выработанного пространства 7-й западной лавы. Концентрация метана в исходящей вентиляционной струе воздуха из призабойного пространства 8-й западной лавы составляла 0,7 %. По мере движения струи воздуха по 8-му западному уклону концентрация метана возрастала по всему сечению выработки. Максимальное её значение (6,0 %) было достигнуто со стороны выработанного пространства 7-й западной лавы. Содержание метана непосредственно в призабойном пространстве 7-й западной лавы не увеличивалось и даже в добычные смены не превышало 0,5 % (рис. 1).

Такое изменение газового баланса могло произойти только под влиянием активизации сдвижения пород над выработанным пространством 7-й западной и других, ранее отработанных лав. Эти процессы усиливались по мере развития очистных работ в 8-й западной лаве, что вызвало увеличение газовыделения в замерных пунктах 1 и 2 в 8-м западном уклоне. Изменение газовыделения в пункте 1 характеризовало непосредственное развитие очистных работ в 8-й западной лаве, а в пункте 2 — общее метановыделение в исходящую вентиляционную струю двух выемочных участков. Увеличение добычи угля в 8-й западной лаве и развитие процессов сдвижения пород при удалении очистного забоя от разрезной печи вызвало увеличение газовыделения как в пункте 1, так и в пункте 2. Метановыделение под влиянием работы 7-й западной лавы попрежнему имело тенденцию к снижению.

Рост газовыделения в пунктах 1 и 2 наблюдался в течении нескольких месяцев

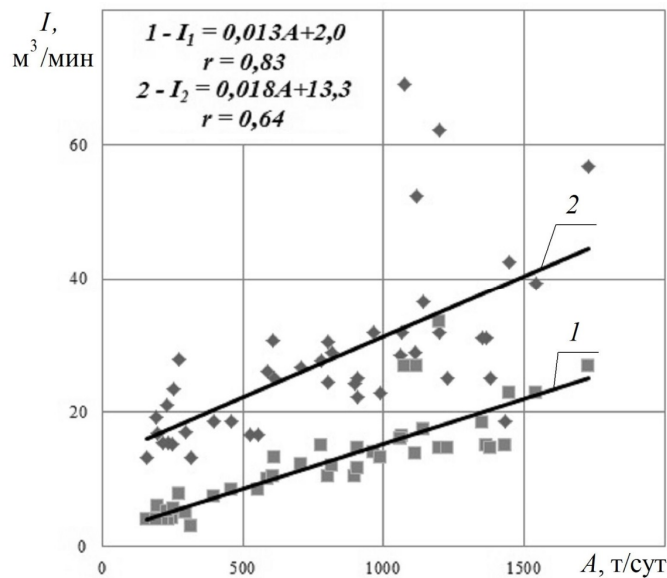
по мере увеличения нагрузки на очистной забой 8-й западной лавы (рис. 2). Очистные работы в 7-й западной лаве после превышения норм концентрации метана в пункте 2 были прекращены на одни сутки, но это не привело к снижению газовыделения в общей исходящей вентиляционной струе воздуха двух выемочных участков. После возобновления работ по добыче угля в 7-й западной лаве газовыделение в пункте 2 достигло 69 м<sup>3</sup>/мин и она была остановлена на трое суток с изменением направления вентиляционной струи воздуха по призабойному пространству лавы. Это привело к изменению направления утечек воздуха через выработанное пространство 7-й лавы. До изменения схемы проветривания утечки воздуха были направлены к 8-му западному уклону, которыми в общую исходящую вентиляционную струю воздуха двух участков выносился газ, выделявшийся в выработанное пространство отработанных лав под влиянием активизации сдвижения подработанных пород. После изменения направления вентиляционной струи по 7-й лаве утечки воздуха под влиянием общешахтной депрессии были направлены от 8-го западного уклона. Это привело к снижению газовыделения в пункте 2 с 69 до 18,7 м<sup>3</sup>/мин.

Доказательством тому, что повышенное газовыделение из выработанного пространства отработанных лав вызвано активизацией сдвижения пород под влиянием очистных работ в 8-й западной лаве, является график зависимости метановыделения в пунктах 1 и 2 от уровня добычи угля (рис.3). Они характеризовались тесной корреляционной зависимостью. Коэффициенты корреляции ( $r$ ) соответственно равнялись 0,83 и 0,64. Это указывает на влияние режима работы 8-й западной лавы как на газовыделение из выработанного пространства эксплуатируемого участка, так и из выработанного пространства ранее отработанных лав.



■, ● — экспериментальные данные; 1, 2 — добыча угля соответственно в 7-й и 8-й западных лавах; 3, 4 — газовыделение в 8-й западный уклон соответственно в пунктах 1 и 2 (рис.1); 5 — дата прекращения работ по добыче угля в 7-й западной лаве на одни сутки без изменения схемы проветривания участков; 6 — дата прекращения очистных работ в 7-й западной лаве на трое суток с изменением направления вентиляционной струи воздуха по призабойному пространству этой лавы; 7 — дата возобновления очистных работ в 7-й западной лаве с возвращением к прежней схеме проветривания; 8 — дата прекращения очистных работ в 7-й западной лаве и перехода к схеме проветривания с направлением утечек воздуха от 8-го западного уклона.

Рисунок 2 — Изменение добычи угля (а) и газовыделения (б) в пунктах 1 и 2 8-го западного уклона при доработке 7-й и вводе в эксплуатацию 8-й западных лав шахты им. газеты «Известия»



◆, ■ — экспериментальные данные; 1, 2 — осредняющие прямые газовыделения соответственно в пунктах 1 и 2; r — коэффициент корреляции.

Рисунок 3 — Зависимость газовыделения ( $I$ ) в пунктах 1 и 2 от добычи ( $A$ ) угля в 8-й западной лаве

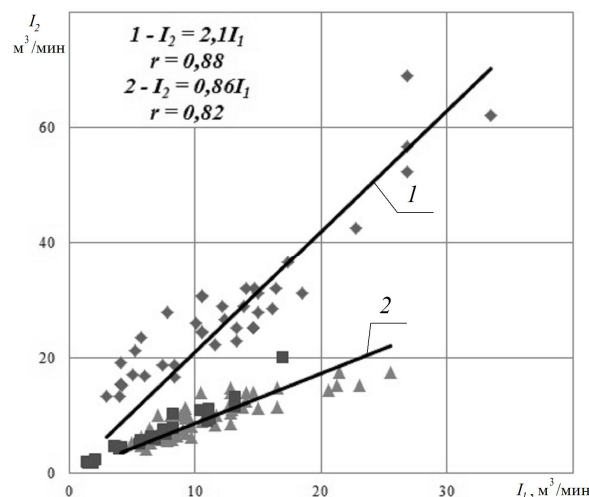
Необходимость доработки 7-й западной лавы была вынужденной причиной возврата к прежней схеме проветривания выемочных участков. По этой схеме участки проветривались около месяца. После остановки 7-й западной лавы утечки воздуха были направлены через её выработанное пространство от 8-го уклона. Это позволило нормализовать газовую обстановку при дальнейшей эксплуатации 8-й западной лавы. При таком варианте возвратноточной схемы проветривания расход метана в пункте 2 был даже несколько меньше по сравнению с метановыделением в пункте 1. Это подтверждается статистической обработкой экспериментальных данных, полученных при совместной отработке 8-й и 9-й западных лав (рис. 4). Близкое значение расходов в пунктах 1 и 2 указывает на отсутствие дополнительного поступления метана в исходящую вентиляционную струю воздуха из выработанного пространства ранее отработанных лав.

При направлении утечек воздуха через выработанное пространство отработанных лав к участковой выработке газовыделение в пункте 2 по сравнению с пунктом 1 увеличивалось более чем в 2 раза (рис.4). Это

подтверждается также расчётом общего количества метана, выделившегося в этот период. В пункт 1 поступило 2,159 млн.м<sup>3</sup> метана, а в пункт 2 — 4,661 млн. м<sup>3</sup>. Увеличение произошло в 2,16 раза.

Направление утечек воздуха через выработанное пространство остановленных выемочных участков играет важную роль для обеспечения безопасных условий отработки газоносных угольных пластов. Следует отметить, что аналогичные сложности, связанные с направлением утечек воздуха, возникали и при применении прямоточных схем проветривания [5, 6]. Это указывает на необходимость внесения в нормативные документы дополнительных требований, определяющих эффективность схем проветривания выемочных участков при проявлении активизации сдвижения подработанных пород.

При ухудшении газовой обстановки были вскрыты ранее заглушенные скважины, пробуренные из 8-го уклона на участке 7-западной лавы. Наблюдалось самоистечение метановоздушной смеси, содержащей 15-90% метана. Повторно были подключены к дегазационному газопроводу тринадцать скважин (табл. 1).



◆, ■ - экспериментальные данные, полученные при эксплуатации 8-й западной лавы; ▲ - экспериментальные данные, наблюдаемые при отработке 9-й западной лавы; 1, 2 — осредняющие прямые при направлении утечек воздуха через выработанное пространство отработанных лав соответственно к участковой выработке с исходящей вентиляционной струей воздуха и от неё;  $r$  — коэффициент корреляции.

Рисунок 4 — Зависимость газовыделения ( $I_2$ ) в пункте 2 от газовыделения ( $I_1$ ) в пункте 1 при отработке 8-й и 9-й западных лав и разных вариантах возвратноточных схем проветривания

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Газовыделение характеризовалось высокой неравномерностью, оно увеличивалось при проявлении повышенного горного давления на крепь в районе расположения скважин. О сдвигении пород свидетельствовало и обильное поступление воды из кровли выработки. Много воды выделялось и из скважин, что требовало установки водоотделителей на каждую из них. Газовыделение в скважины во второй период началось с момента отработки 8-й западной лавы и продолжалось до погашения выработки после прохода устьев скважин очистным забоем 8-й лавы. Длительность функционирования повторно подключенных к газопроводу скважин превысила 6 месяцев, ими отведено газа в 2,7 раза больше, чем при отработке 7-й лавы. Повторное подключение данной группы скважин заметно повлияло на снижение газовыделения в исходящую струю выемочного участка. При отработке 7-й западной лавы из 8-го уклона было пробурено 46 дегазационных скважин, ими отведено 4,3 млн. м<sup>3</sup> (в среднем одной скважиной каптировалось 93,7 тыс. м<sup>3</sup>) метана. Во

время работы 8-й западной лавы повторно подключено 13 скважин, которыми каптировано 1,6 млн. м<sup>3</sup> метана (38,5% количества метана, отведенного дегазацией в период эксплуатации 7-й лавы). Одной скважиной в среднем каптировалось 127,6 тыс. м<sup>3</sup>, что в 1,4 раза больше, чем при работе 7-й лавы.

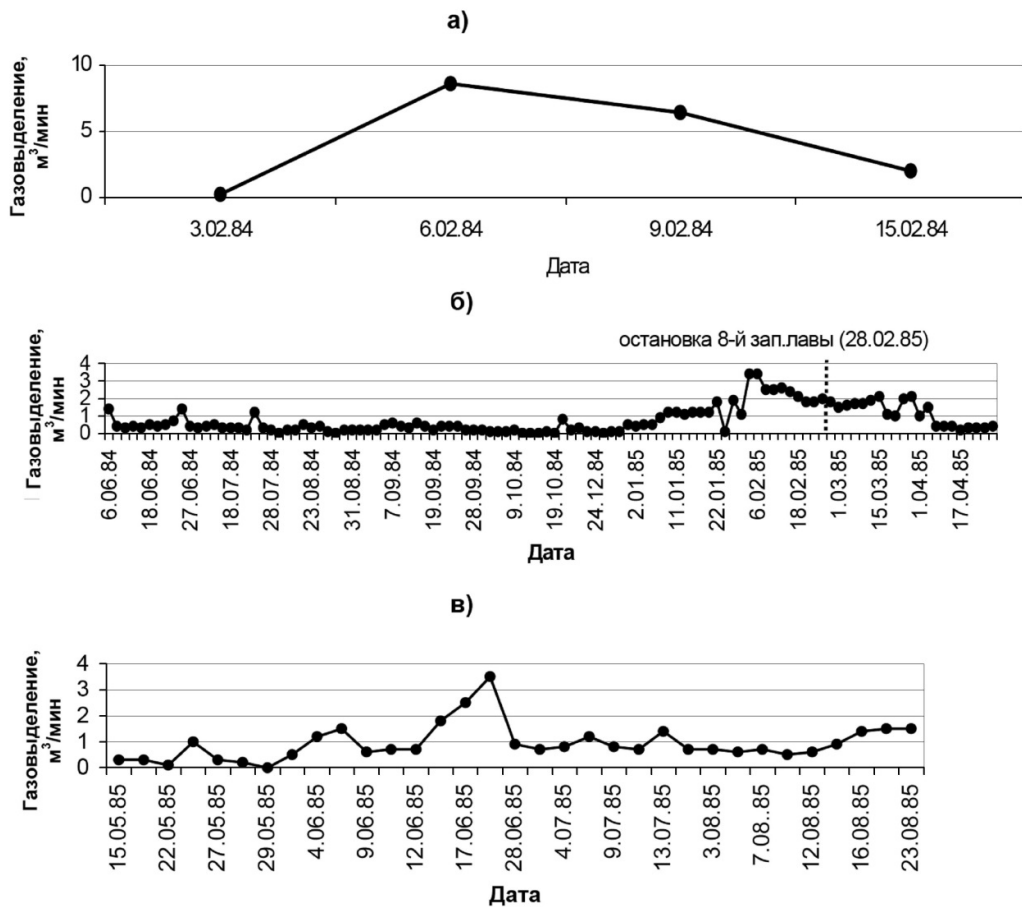
После отработки 8-й лавы очистные работы в крыле шахтного поля не велись более трёх месяцев. За этот период газовыделение в выработки и дегазационные скважины заметно снизилось. Учитывая накопленный опыт дегазации при активизации сдвигения пород, в период подготовки к эксплуатации 9-й западной лавы скважины, пробуренные на участке 8-й лавы, были заранее подключены к газопроводу. В качестве эксперимента оставили подключенной к газопроводу скважину №839, пробуренную на участке 7-й лавы. Газовыделение в эту скважину увеличилось, когда начали вести очистные работы в 9-й западной лаве, т.е. намного раньше осадки основной кровли (рис. 5).

Таблица 1 — Сведения об эксплуатации дегазационных скважин, повторно подключенных на участке 7-й западной лавы

Номера скважин	Кол-во метана, отведённого в период работы лав, тыс. м <sup>3</sup>		Максимальное выделение метана, м <sup>3</sup> /мин	Максимальное содержание метана в отводимой газовой смеси, %
	7-й зап.	8-й зап.		
823	68,2	1,4	3,2/0,4*	78/52,5*
824	105,1	2,9	2,7/0,6	90/30
825	89,3	217,4	3,7/3,1	75/90
830	145,4	267,8	7,0/4,4	98/82,5
837	64,8	254,9	7,4/3,9	68/69
838	82,1	290,9	7,6/3,9	70/58,5
839	80,6	312,5	8,6/3,4	80/48
841	139,7	20,2	6,6/1,2	72/27
844	67,7	47,5	6,0/2,2	53/22,5
847	13,0	112,3	3,4/3,6	78/45
849	13,0	44,6	2,1/2,5	33/60
850	33,1	31,7	2,5/1,9	69/35
855	33,1	54,7	1,7/1,5	17/30
<b>Всего</b>	<b>935,1</b>	<b>1658,8</b>	-	-

\* Примечание. В числителе данные при работе 7-й западной лавы, в знаменателе — 8-й.

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН



а) — при первичной подработке 7-й западной лавы; б) — при вторичном подключении и работе 8-й западной лавы; в) — при работе 9-й западной лавы;

Рисунок 5 — Газовыделение в дегазационную скважину № 839, пробуренную на участке 7-й западной лавы пласта  $l_2^B$  шахты имени газеты “Известия”

Отмечено три всплеска газовыделения в скважину №839. Первый — при первичной подработке пород, вызванной подработкой после прохода очистного забоя 7-й западной лавы. По продолжительности он составил менее двух недель. За этот период произошёл рост газовыделения от нуля до  $8 \text{ м}^3/\text{мин}$  и снижение метановыделения до незначительных величин. По этой причине скважина была отключена от газопровода. Второй и третий периоды вызваны активизацией сдвижения пород, соответственно при эксплуатации 8-й и 9-й западных лав. Повторно скважина была подключена через месяц после начала эксплуатации 8-й лавы. Газовыделение редко превышало  $1 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Существенный всплеск газовыделения до  $2 \div 3 \text{ м}^3/\text{мин}$  произошёл при попадании скважины в зону непосредствен-

ного влияния движущегося очистного забоя. Забой 8-й лавы был остановлен в сорока метрах от устья скважины. Через месяц газовыделение практически прекратилось. Второй период эксплуатации скважины длился десять месяцев (рис. 5, б). Новое увеличение газовыделения отмечено после начала работ в 9-й западной лаве (рис. 5, в). Замеры в скважине производились более трёх месяцев и были прекращены из-за отсутствия доступа к замерному устройству после возведения глухой перемычки в 8-м уклоне.

Опыт эксплуатации скважины № 839 указывает на распространение активизации сдвижения пород на значительные расстояния, превышающие длину смежной лавы.

Проведенные исследования позволили установить возможные места поступления газа в выработанное пространство отработанных лав под воздействием активизации сдвижения пород. Одним из эффективных способов борьбы с такими газопроявлениями может быть направление утечек воздуха от выработок эксплуатируемого участка под воздействием общешахтной депрессии. Особенно долго каналы для утечек воздуха (несколько десятков лет) могут сохраняться на границе выработанного пространства и массива угля [7]. Это позволяет их использовать для управления газопроявлениями на выемочных участках.

Выводы и направление дальнейших исследований:

- уровень добычи угля определяет метановыделение как из выработанного пространства эксплуатируемой лавы, так из ранее отработанных выемочных участков;
- наиболее опасным случаем проявления дополнительного газовыделения при активизации сдвижения подработанных пород является период доработки одной лавы и ввод в эксплуатацию новой;

- в нормативных документах отсутствует методика расчёта газовыделения при активизации сдвижения подработанных пород над смежными выемочными участками. Такое газовыделение может превышать более чем в два раза метановыделение в пределах эксплуатируемого выемочного участка;

- нормативными документами при классификации схем проветривания не учитывается направление утечек воздуха через выработанное пространство отработанных лав, что может приводить к аномальному газовыделению в участковые выработки;

- при активизации сдвижения пород над смежными отработанными выемочными участками возобновляется метановыделение в дегазационные скважины остановленных лав;

- одним из наиболее эффективных мер борьбы с газопроявлениями при активизации сдвижения пород является применение схем проветривания, при которых утечки воздуха через выработанное пространство отработанных лав направлены от участковых выработок под воздействием общешахтной депрессии.

### Библиографический список

1. Сдвижение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / А. Г. Акимов, В. Н. Земисев, Н. Н. Кацнельсон [и др.]. — М.: Недра, 1970. — 224 с.
2. Иофис М. А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М. А. Иофис, А. И. Шмелев. — М.: Недра, 1985. — 248 с.
3. Драбик А. С. Опыт дегазации отработанного выемочного участка / А. С. Драбик, Н. И. Антощенко, Б. А. Инюшин // Уголь Украины. — 1984. — № 2. — С. 29–30.
4. Антощенко Н. И. О газопроявлениях при отработке смежных лав / Н. И. Антощенко, М. В. Павлив // Уголь. — 1987. — №8. — С. 24–25.
5. Ефремов И. А. О целесообразности применения схем прямоточного проветривания / И. А. Ефремов, Б. В. Бокий, О. И. Касимов // Уголь Украины. — 2008. — №7. — С. 18–21.
6. Антощенко Н. И. О классификации и факторах, определяющих эффективность проветривания выемочных участков угольных шахт / Н. И. Антощенко, С. Л. Сятковский, М. В. Филатьев // Сб. научных трудов ДонГТУ. — Алчевск, 2009. — Вып. № 28. — С. 31–43.
7. Антощенко Н. И. Прохождение выработкой полости с газом / Н. И. Антощенко, М. В. Павлив // Безопасность труда в промышленности. — 1988. — №9. — С. 18–20.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Должиковым П. Н., д.т.н., зам.директора МакНИИ Коптиковым В. П.**

Статья поступила в редакцию 17.04.14.



д.т.н., проф. Антощенко М. І., к.т.н. Філат'єв М. В., Гасюк Р. Л. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)  
**ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ СХЕМ ПРОВІТРЮВАННЯ ВИЙМКОВИХ ДІЛЬНИЦЬ  
ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ПРИ АКТИВІЗАЦІЇ ЗРУШЕННЯ ПІДРОБЛЕНИХ ПОРІД**

*Теоретичні та експериментальні дослідження співвідношення кількості газу, що виділяється безпосередньо з виробленого простору експлуатованої ділянки і за її межами під впливом активізації зсування порід над зупиненими лавами.*

**Ключові слова:** метановиділення, виймкова ділянка, дегазаційні свердловини, гірничі виробки, схеми провітрювання, витоки повітря.

**Antoshchenko N. I. Doctor of Engineering Sciences, Professor, Filatyev M. V. Candidate of Engineering Sciences, Gasyuk R. L. (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)**

**ABOUT EFFICIENCY OF VENTILATION SCHEMES OF COAL MINES EXCAVATION SITES IN ACTIVISATION SHIFT OF UNDERWORKED ROCKS**

*Theoretical and experimental investigation of volume gas correlation, released just from the excavated area, of exploitation site and beyond its borders under the influence of shift rocks activation over the stopped faces are done.*

**Key words:** Methane release, excavation site, degasification wells, excavation, ventilation schemes, ventilation losses.