

УДК 622.411.33

*Крыжановский Ю. Ю.*  
(ПАО «Краснодонуголь», г. Краснодар, Украина),  
д.т.н., проф. Антощенко Н. И.,  
к.т.н. Филатьев М. В.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

## РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ СКВАЖИН В ФОРМИРОВАНИИ ГАЗОВОГО БАЛАНСА ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ

*Анализ снижения метановыделения в горные выработки при дегазации подработанных пластов и пород скважинами, пробуренными с земной поверхности. Оценка фактической эффективности способа при отработке газоносных угольных пластов на глубоких горизонтах.*

**Ключевые слова:** дегазация, эффективность, скважины, земная поверхность, горные выработки, газовыделение.

В Донбассе дегазация скважинами, пробуренными с земной поверхности, впервые была осуществлена в начале семидесятых годов прошлого столетия при отработке на глубине 350 м газоносного антрацитового пласта  $l_2^a$  шахтой «Хрустальская» [1]. Этот опыт не дал однозначного ответа об эффективности применяемого способа дегазации на снижение метановыделения в горные выработки. При дебите скважин до  $60 \text{ м}^3/\text{мин}$ , снижение метановыделения в горные выработки практически не наблюдалось. Последующие исследования [2,3] также не внесли ясности о роли скважин в обеспечении безопасной атмосферы горных выработок. Эффективность дегазации, определенная на основании газовых съемок, находилась в диапазоне  $14,3 \div 77,9\%$  [2]. В большинстве случаев она не превышала 30 %. Стабильно высокий эффект получен в условиях малой глубины ведения очистных работ (200÷300м) и расстоянии между скважинами в диапазоне 75÷140м.

Согласно замерам расхода метана по глубине скважин и сравнение его с расчетными значениями газовыделения из подработываемых пластов, эффективность дегазации была оценена в пределах  $55 \div 74\%$  [3]. Такой подход к оценке эффективности дегазации с использованием прогнозных значений газовыделения из отдельных источников согласно [4] нельзя в полной мере

считать достоверным. Подтверждением этому являются существенные расхождения между экспериментально определенными долями газовыделения из отдельных подработываемых источников [5] и результатами расчета согласно [4].

Из состояния рассматриваемого вопроса следует, что до настоящего времени практически неизученной остается эффективность дегазации скважинами, пробуренными с земной поверхности, при ведении очистных работ как на средних глубинах (500÷800м), так и на горизонтах более 1000м. На актуальность рассматриваемой темы указывают и изменения требований нормативных документов. Ранее при проектировании способа дегазации скважинами, пробуренными с земной поверхности, рекомендовалось принимать его эффективность  $50 \div 70\%$  [4]. Действующим нормативным документом дегазация скважинами, пробуренными с земной поверхности, предусматривается как дополнительная мера к другим способам снижения метановыделения в горные выработки [6].

Бурение скважин с земной поверхности в условиях глубоких шахт превышает, как правило, стоимость других способов дегазации в несколько раз. По этой причине рассматриваемый вопрос имеет также важную экономическую составляющую о целесообразности бурения скважин с зем-

ной поверхности для обеспечения безопасных условий в горных выработках.

Целью исследований является обобщить имеющийся опыт применения дегазации скважинами, пробуренными с земной поверхности, при ведении очистных работ на малых и средних глубинах. Затем, используя результаты этого анализа и экспериментальные данные, полученные в условиях глубоких шахт, оценить фактическую эффективность дегазации при глубине ведения очистных работ более 1000 м.

Методикой выполнения работы предусматривалось:

сравнение метановыделения в выработке при ведении очистных работ на разных выемочных участках по одному пласту, соответственно при наличии дегазации скважинами, пробуренными с земной поверхности, и при её отсутствии;

установление влияния «всплеска» метановыделения в скважины на снижение газовыделения в горные выработки;

влияние отключения скважин в период их активной эксплуатации на изменение метановыделения в выработке;

сравнение газовыделения в выработке одного выемочного участка на протяжении нескольких месяцев соответственно при наличии дегазационных скважин и при их отсутствии;

изучение влияния уровня добычи угля при ведении очистных работ на горизонтах более 1000 м на изменение метановыделения соответственно в горные выработки, подземную дегазационную систему и поверхностные скважины.

К анализу приняты известные [1,2,3] результаты шахтных наблюдений, а также экспериментальные данные, полученные при отработке нескольких выемочных участков на пласте  $i'_3$  шахтой «Суходольская-Восточная» ПАО «Краснодонуголь». Пласт содержал угли марок К и КЖ, его вынимаемая мощность находилась в диапазоне 2,00–2,20 м. Глубина ведения очистных работ составляла более 1000 м. На всех выемочных участках применялась дегазация подрабатываемых источников скважинами, пробуренными из подземных

выработок. В дополнение к ним бурились скважины, пробуренные с земной поверхности. К статистической обработке привлекли среднемесячные показатели добычи угля и метановыделения соответственно в горные выработки, подземную дегазационную систему и поверхностные скважины.

Возможность сравнить уровень метановыделения в горные выработки при наличии скважин, пробуренных с земной поверхности и при их отсутствии, представилась исходя из опыта отработки антрацитового пласта  $\ell_2^a$  шахтами «Хрустальская» и им. газеты «Известия» ГП «Донбассантрацит». Выемочные участки этих шахт находились вблизи границы между шахтными полями и их разделял только целик угля. Горно-геологические и горно-технические условия отработки лав были практически одинаковыми.

В условиях шахты им. газеты «Известия» высокая эффективность дегазации подрабатываемых источников достигалась при бурении скважин только из подземных выработок [7].

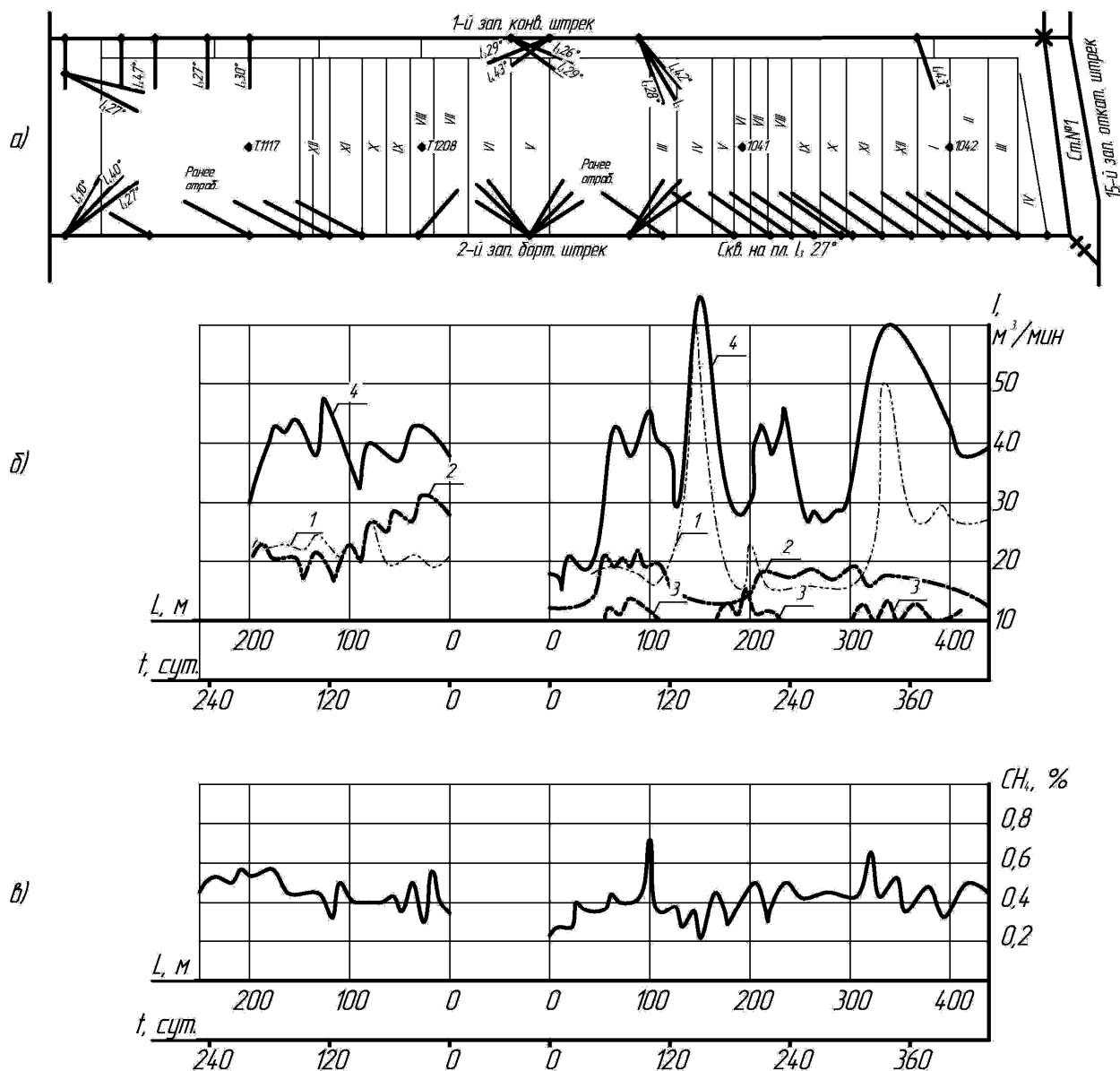
Начиная с 1971 года шахтой «Хрустальская» применялась дегазация скважинами, пробуренными как из подземных горных выработок, так и с земной поверхности [1]. Наличие скважин, пробуренных с земной поверхности, существенно повлияло на характер динамики метановыделения. Достижение максимумов газовыделения было связано с подработкой каждой из поверхностных скважин. Вследствии таких «всплесков» дегазационными системами отводилось до  $60 \div 70$  м<sup>3</sup>/мин метана. Газовыделение в выработки при этом практически не изменялось (рис. 1).

При отсутствии скважин, пробуренных с земной поверхности, максимумы газовыделения в условиях шахты им. газеты «Известия» достигались при удалении очистных забоев от разрезных печей, что было вызвано развитием очистных работ и процессами сдвижения подработанных пород. Подземными скважинами отводилось в среднем около 30 м<sup>3</sup>/мин метана, а максимум составлял 40 м<sup>3</sup>/мин. Такие показате-

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

ли свидетельствуют, что скважинами, пробуренными с земной поверхности каптировалось значительное количество газа, которое при их отсутствии не выделяется в горные выработки. Газовыделение в горные выработки в обоих случаях составляло

$10 \div 15 \text{ м}^3/\text{мин}$ , что свидетельствует о примерно одинаковой эффективности скважин, пробуренных только из подземных выработок и комплексной дегазации, включающей дополнительное бурение скважин с земной поверхности.



1, 2, 3, 4 — газовыделение соответственно в скважины, пробуренные с земной поверхности, из 1-го западного конвейерного штрака, из 1-го западного бортового штрака и общее количество газа, отводимое дегазационными установками.

Рисунок 1 — Схема расположения скважин (а), зависимость метановыделения в дегазационные скважины (б) и содержание метана в исходящей вентиляционной струе воздуха выемочного участка (в) 1-й западной панельной лавы пласта  $\ell_2^6$  шахты «Хрустальская» при удалении очистного забоя от разрезной печи (L) и времени (t) согласно [1]

Подтверждением возможности обеспечения необходимой эффективности дегазации только подземными скважинами в условиях шахты «Хрустальская» является факт отключения на участке 1-й западной лавы поверхностной скважины №1041 с дебитом 19,6 м<sup>3</sup>/мин на зимний период, что не повлияло на изменение газовыделения в выработки (рис. 1). Такой вывод подтверждается также опытом отработки 5-й панельной лавы. На выемочном участке этой лавы было пробурено с земной поверхности всего две скважины. Газовыделение за время работы лавы происходило эпизодически, только после подработки скважин. Необходимая эффективность дегазации за весь период отработки выемочного участка стабильно обеспечивалась только скважинами, пробуренными из 5-го западного конвейерного уклона над целиком угля [1].

Высокую метанодобываемость и низкую эффективность скважин, пробуренных с земной поверхности, можно объяснить экспериментальными данными исследований [3,8]. Было установлено (рис. 2), что поступление метана в скважины происходило в интервалах подработанных пород, удаленных от разрабатываемого пласта  $l_2^e$  на расстоянии 100÷300м [3].

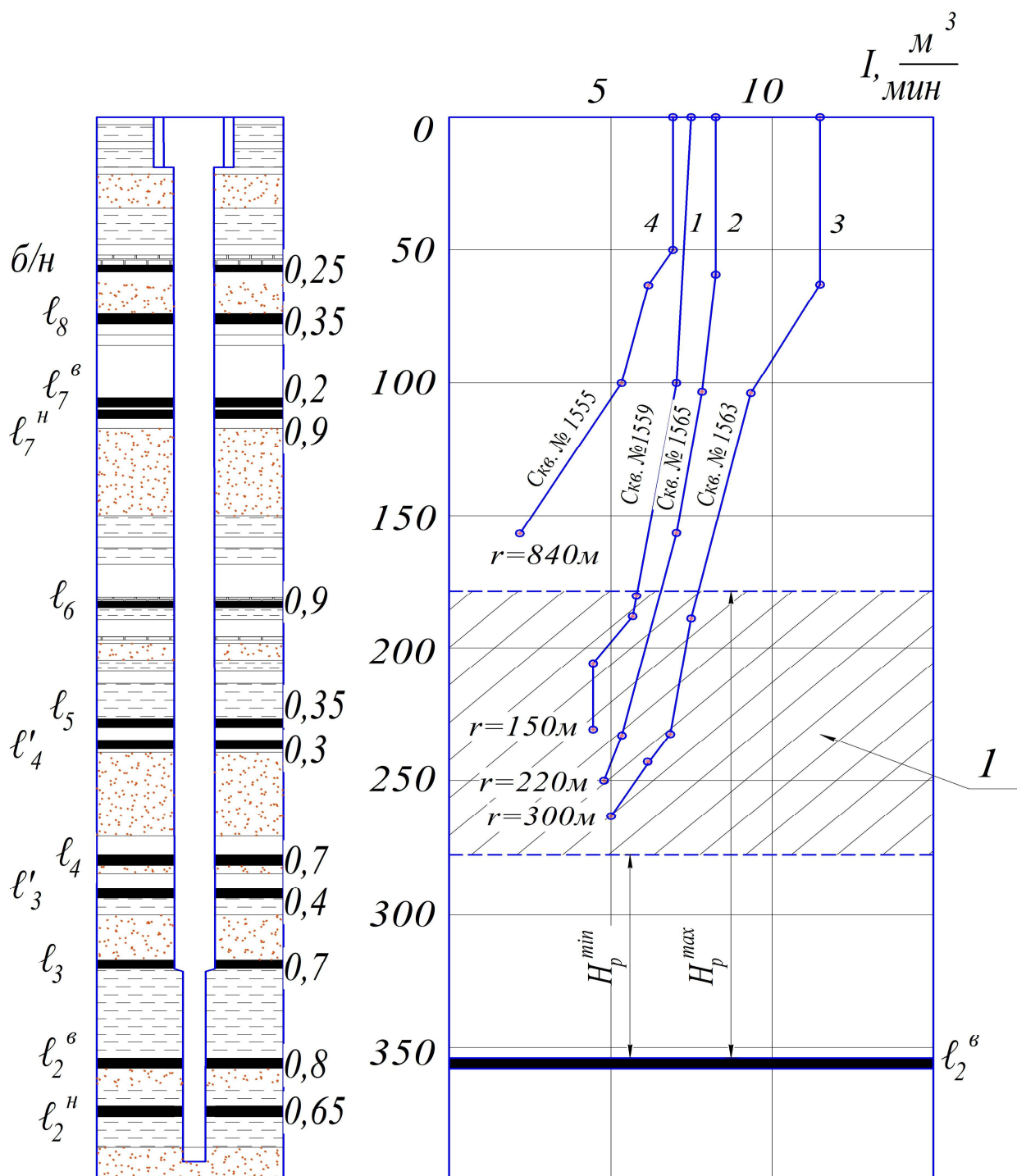
По динамике достижения максимумов газовыделения в скважины, пробуренные из подземных выработок над разрезными печами и степени развития очистных работ, было установлено предельное расстояние  $H_p$ . Это расстояние, в зависимости от степени развития очистных работ в пределах выемочных участков и шахтного поля, находилось в диапазоне 76÷168м и оно соответствует верхней границе метановыделения из подрабатываемых источников в горные выработки и дегазационные скважины, пробуренные из подземных выработок [8].

В рассматриваемых горно-геологических условиях значительная часть источников поступления метана в поверхностные скважины находилась на удалении, превышающем  $H_p$ . По этой причине дегазации подвергались, в основном, источники, которые не имели хорошей гидравли-

ческой связи с горными выработками. В результате указанных причин расход метана, извлекаемый вертикальными скважинами, превышал в 3÷7 раз величину снижения газовыделения в горные выработки [2].

Аналогичное распределение метана между поверхностными скважинами, подземной дегазационной системой и горными выработками происходит и в условиях глубоких шахт. Отличительной особенностью следует ожидать увеличения соотношения между количеством каптированного газа и его снижением в горные выработки. Косвенным подтверждением такого предположения служат экспериментальные данные, полученные при отработке 25-й западной лавы шахты «Суходольская-Восточная». Для условий этой шахты по кривой динамики газовыделения и степени развития очистных работ было определено значение предельного удаления от разрабатываемого пласта, на котором могло происходить газовыделение в горные выработки ( $H_p = 64\div 93\text{м}$ ). Сопоставляя размеры участков скважин, находящихся в пределах  $H_p$ , с общей их длиной, можно судить о возможном соотношении каптируемого газа и его снижением в горные выработки. Такая гипотеза обоснована тем, что при достигнутых глубинах (1500м и более) при выемке пласта в крыле шахтного поля во всех случаях происходит сдвигание земной поверхности.

Следствием такого нарушения является возможность десорбции газа из сближенных угольных пластов и вмещающих пород. Единственными каналами для транспортировки газа из источников, расположенных на расстоянии от разрабатываемого пласта более  $H_p$ , являются скважины, пробуренные с земной поверхности. Если исходить из близости к прямопропорциональному нарастанию дебита метана по длине скважин от их забоев к земной поверхности (рис. 2), то для условий шахты «Суходольская-Восточная» примерное отношение количества каптируемого метана к его снижению в горные выработки будет составлять примерно 10:1.



1 — область возможного расположения границ метановыделения в горные выработки и подземные скважины ( $H_p^{\max}, H_p^{\min}$ ) под влиянием развития очистных работ согласно [8];  $\circ$  — экспериментальные данные замеров расхода газа по длине скважин[3];  $r$  — расстояние между проекциями устьев скважин и очистным забоем.

Рисунок 2 — Изменение притоков метана ( $I$ ) по длине вертикальных скважин на участке 5-й восточной лавы шахты "Хрустальская"

За последние пять лет работы шахты максимальное среднеемесячное газовыделение в поверхностные скважины в декабре 2010 года составило на участке 24-й восточной лавы  $25,3 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Среднегодовые показатели в остальных случаях находились в диапазоне  $4,0 \div 16,9 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Это указывает на то, что в рассматриваемый период снижение метановыделения в горные выработки составляло от  $0,4$  до  $1,7 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Такие расходы газа находятся в пределах погрешности определения замеров количества воздуха в горных выработках и концентрации метана в вентиляционных струях. На участке 25-й западной лавы после осадки основной кровли и достижения плановой добычи угля среднее газовыделение без применения скважин в течение трех месяцев составило  $15,2 \text{ м}^3/\text{мин}$ . В последующие двенадцать месяцев поверхностными скважинами отводилось  $7,6 \div 12,2 \text{ м}^3/\text{мин}$  метана, а среднее газовыделение в выработки оставалось практически неизменным и составляло  $15,3 \text{ м}^3/\text{мин}$ . В данном случае положительного эффекта эксплуатации скважин, пробуренных с земной поверхности зафиксировано не было.

#### **Выводы:**

– скважины, пробуренные с земной поверхности, определяют общий характер динамики газовыделения. При их наличии

максимальное суммарное газовыделение в скважины и дегазационные системы достигается при подработке скважин. При отсутствии таких скважин максимумы газовыделения определяются степенью развития очистных работ на выемочном участке и в крыле шахтного поля;

– в условиях отработки одного антрацитового пласта на малых глубинах ( $300 \div 500 \text{ м}$ ) обеспечивалась примерно одинаковая эффективность дегазации подработываемых источников при комплексном бурении скважин из подземных выработок и с земной поверхности, и осуществлении каптажа метана скважинами, пробуренными только из подземных выработок;

– повышенные «всплески» газовыделения в поверхностные скважины не оказывали влияния на снижение метановыделения в выработки при ведении горных работ на глубине  $350 \text{ м}$ . Отключение скважин от дегазационной системы в период их активной эксплуатации не вызвало увеличение метановыделения в горные выработки;

– при отработке пласта на глубине более  $1000 \text{ м}$  метановыделение в выработки практически не отличалось до и после начала газовыделения в поверхностные скважины на протяжении пятнадцати месяцев. Оно соответственно составляло  $15,2$  и  $15,3 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

#### **Библиографический список**

1. Белоусов В. Ф. Исследование комплексного управления газовыделением на участках / В. Ф. Белоусов // Уголь Украины. — 1975. — № 4. — С. 42–45.
2. Касимов О. И. Эффективность дегазации шахт Донбасса скважинами, пробуренными с поверхности / О. И. Касимов, Б. А. Инюшин, В. Г. Скворцов // Сб. научных трудов МакННИИ. Вопросы вентиляции охлаждения воздуха, борьбы с пылью и контроль рудничной атмосферы в шахтах. — Макеевка-Донбасс, 1981. — С. 54–59.
3. Экспериментальное определение эффективности дегазационных скважин, пробуренных с поверхности / О. И. Касимов, М. Д. Кривицкий, А. П. Дегтярев [и др.] // Сб. научных трудов МакННИИ. Способы безопасного ведения взрывных работ и борьба с выбросами в угольных шахтах. — Макеевка-Донбасс, 1983. — С. 53–56.
4. Руководство по дегазации угольных шахт. — М.: Недра. — 1975. — 187 с.
5. Антощенко Н. И. О прогнозе динамики газовыделения и геомеханических процессов сдвижения пород в угольных шахтах / Н. И. Антощенко, В. Н. Окалелов, Ю. В. Бубунец // Сб. научных трудов МакННИИ. Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. — Макеевка-МакННИИ, 2012. — Вып. 2 (28). — С. 48–60.

6. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. Издание официальное. СОУ 10.1.00174088.001 — 2004. Минтопэнерго Украины. — Киев. — 161 с.

7. Драбик А. С. Опыт эффективной дегазации выемочного участка / А. С. Драбик, О. И. Касимов, Н. И. Антощенко // Уголь Украины. — 1982. — №8. — С. 45–47.

8. Формирование динамики метановыделения из подрабатываемого массива при обработке газоносных угольных пластов: монография / [Н. И. Антощенко, В. Н. Окалелов, В. И. Павлов и др.]. — Алчевск: ДонГТУ, 2013. — 213 с.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Должиковым П. Н.,  
д.т.н. МакНИИ Брюхановым А. М.**

Статья поступила в редакцию 13.03.14.

**Крижановський Ю. Ю.** (ПАТ «Краснодонвугілля», м. Краснодон, Україна)  
д.т.н., проф. Антощенко М. І., к.т.н. Філат'єв М. В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)

### **РОЛЬ ПОВЕРХНЕВИХ СВЕРДЛОВИН У ФОРМУВАННІ ГАЗОВОГО БАЛАНСУ ПРИ ВІДРОБЦІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ НА ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТАХ**

*Аналіз зниження метановиділення в гірничі виробки при дегазації підроблених пластів і порід свердловинами, пробуреними із земної поверхні. Оцінка фактичної ефективності способу при відробці газоносних вугільних пластів на глибоких горизонтах.*

**Ключові слова:** дегазація, ефективність, свердловини, земна поверхня, гірничі виробки, газо-виділення.

**Kryzhanovskiy Yu. Yu.** (PC “Krasnodonugol”, Krasnodon, Ukraine)

**Antoshchenko N. I.** Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor. **Filat'ev M. V.** Candidate of Engineering Sciences (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

### **ROLE OF THE SURFACE BOREHOLES IN GAS BALANCE FORMING WHEN MINING THE COAL SEAMS AT THE DEEP LEVELS**

*Analysis of methane release decreasing into the mine workings during degassing of the undermined rock seams and boreholes drilled from the surface is described. Factual efficiency evaluation of the mode when developing the gas-bearing beds at the deep levels is set.*

**Key words:** degassing, efficiency, boreholes, surface, course, gas release.