

УДК 622.245.5; 622.26

*Канд.техн.наук, доцент Денисенко В.П.
Студентка Корниенко О.В.
Студент Парамонов А.А.
Студент Степин С.А.
Студент Чепурной Д.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОТРАБОТКИ МЕТАНОНОСНЫХ
ПЛАСТОВ НА ОБЪЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ШАХТНОГО МЕТАНА
ДЕГАЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ (НА ПРИМЕРЕ ШАХТ ИМ.
Н.П. БАРАКОВА И «СУХОДОЛЬСКАЯ-ВОСТОЧНАЯ»
ОАО КРАСНОДОНУГОЛЬ)**

Встановлено вплив умов відробки метаноносних вугільних пластів на обсяги вилучення шахтного метану системами дегазації. Отримана залежність, яка дозволяє розрахувати обсяг вилучення або дебіт метану за певний проміжок часу при заданій швидкості посування лінії очисного забою.

Обеспечение безопасных условий труда по газовому фактору во многих метанообильных шахтах наряду с автоматизированным контролем содержания метана в рудничной атмосфере и деятельным проветриванием горных выработок тесно связано с применением скважинной дегазации основных источников метановыделения.

Анализ газовых аварий (вспышки и взрывы метана) показал, что причины загазирования выработок добычных участков в 52% случаев связаны с образованием местных скоплений, повышенными выделениями из разрабатываемых пластов и вмещающих метаноносных массивов, то есть с причинами, которые в значительной мере должны устраняться за счет дегазации [1].

Продолжающаяся тенденция к снижению эффективности дегазации с увеличением глубины разработки и интенсификации очистных работ указывает на необходимость кардинального увеличения технической и экономической эффективности дегазации [2, 3]. Это нашло отражение в государственной Программе повышения безопасности труда на угольных шахтах, утвержденной постановлением Кабинета Министров Украины №939 в 2002 г., а также в отраслевых и академических программах.

Проблема борьбы с метаном охватывает широкий круг вопросов, среди которых ведущее место занимает прогноз объемов извлечения

метана скважинной дегазацией для дальнейшего использования его как альтернативного вида топлива.

Анализ последних разработок и публикаций в области борьбы с метаном в угольных шахтах показали, что к настоящему времени в научном и техническом аспектах вопросы дегазации сближенных пластов и пород решены [3]. Однако, все разработки используются не в полном объеме и недостаточно эффективно. Анализ состояния дегазации метанообильных шахт Донбасса показал, что объемы каптированного метана снизились на 36% при снижении добычи на 40%. При этом среднее содержание метана в каптированной газовой смеси уменьшилось с 27,4% до 20,4%.

Среди причин низкой эффективности дегазации выделяются причины, как организационного плана, так и технического. Установлено, что при дегазации подрабатываемого массива скважинами извлекается «дополнительный» метан, который не участвует в снижении метанообильности выработок добычных участков, и его часть в объеме извлеченной газовой смеси составляет: для подземных скважин, пробуренных в кровлю – 20%, для вертикальных дегазационных скважин – 55% [4,5]. Наблюдается снижение дебита метана в 2 – 2,5 раза в подземные скважины при их совместной работе с вертикальными скважинами. При этом эффективность комплексной дегазации не увеличивается и вертикальные скважины предлагается рассматривать как метанодобывающие [6].

Опыт ведения дегазационных работ в отечественных и зарубежных шахтах показывает, что для достижения необходимой эффективности снижения метанообильности, извлечение метана необходимо вести на всех стадиях разработки угольного месторождения с применением таких видов дегазации:

- предварительная – извлечение метана из газовых «ловушек»; воздействие на массивы, неразгруженные от горного давления, с целью повышения их газоотдачи; использование частичной разгрузки;
- текущая – в зоне влияния очистных работ;
- последующая – извлечение метана из старых выработанных пространств и закрытых шахт (техногенные скопления) [7].

Применение указанных видов дегазации, а также комплексного извлечения метана из всех источников в процессе текущей дегазации, требует значительных затрат средств и времени. Как показала практика, снижение затрат в основном возможно за счет утилизации метана, как экологически чистого энергетического сырья. Утилизация небольших объемов метана в Донбассе (4% от извлекаемого объема) связана, в первую очередь, с отсутствием научно-обоснованных методов прогноза количества и качества газовой смеси, извлекаемой дегазацией.

Задачей работы является установление количественных зависимостей объема извлечения газовой смеси дегазационными системами от природных и технологических факторов разработки с целью получения исходных данных для проектирования установок по утилизации метана.

Шахты им. Н.П. Баракова и «Суходольская-Восточная» являются наиболее метанообильными не только в Краснодонском районе, но и в Донбассе. На шахтах регулярно применяется скважинная дегазация подрабатываемых массивов. Метанообильность добычных участков в зависимости от параметров очистной выемки и условий разработки изменяется от 14,0 м³/мин до 25,0 м³/мин.

Объем извлечения метана средствами вентиляции и дегазации на шахте им. Н.П. Баракова в 2006 г. составил 21,3 млн. м³/год (100%), в том числе: средствами вентиляции извлечено 12,7 млн. м³/год (59,6%), средствами дегазации – 8,6 млн. м³/год (40,4%). Весь извлеченный средствами дегазации метан используется в качестве топлива в шахтной котельной. Среднее содержание метана в газовой смеси составляет 36%.

Среднегодовой объем извлечения метана на шахте «Суходольская-Восточная» составил 42,6 млн. м³/год (100%), в том числе: средствами вентиляции – 13,9 млн. м³/год (32,6%), дегазационными системами – 28,7 млн. м³/год (67,4%). При этом в шахтной котельной утилизируется 11,4 млн. м³/год, что составляет 39,6% от общего объема метана, капитированного средствами дегазации.

Нами была проведена дифференцированная оценка объемов метана извлекаемых различными средствами для определения влияния условий отработки пластов на извлечение метана дегазационными системами. Анализировалась работа четырех лав за 2 – 3 года их работы начиная от момента сдачи в эксплуатацию (табл. 1).

На выемочных участках ш. им. Баракова осуществлялась дегазация массива кровли подземными скважинами. Кровлю дегазировали скважинами, пробуренными из вентиляционных штреков по ходу движения очистного забоя с интервалом 20 м (табл. 2).

На выемочных участках шахты «Суходольская-Восточная» осуществлялась комплексная дегазация массива кровли. Кровлю дегазировали подземными скважинами, пробуренными из вентиляционных штреков по ходу движения очистного забоя и вертикальными дегазационными скважинами с поверхности до зоны беспорядочного обрушения пород с интервалом по простирацию пласта 100-150 м (табл. 2,3).

Таблица 1 – Характеристика исследуемых лав шахт им. Н.П. Баракова и «Суходольская-Восточная»

Параметры лавы	Размерность показателя	Значения показателей			
		ш.им. Н.П.Баракова		ш.«Суходольская-Восточная»	
		5 северная лава	восточная над-рабатывающая	23 западная уклонная лава	12 восточная разгрузочная
Индекс пласта		k_5^H	k_5^H	i_3^1	i_3^1
Мощность: полезная	м	1,30	1,30	1,92	1,65
	вынимаемая	1,75	1,70	2,20	1,98
Глубина разработки	м	785	750	1080	890
Природная метаноносность: пласта пород	$\text{м}^3/\text{тсбм}$	20	20	22,5	20
	$\text{м}^3/\text{м}^3$	1,0-1,5	1,0-1,5	1,5-3,0	1,5-3,0
Длина лавы	м	230	230	280	280
Система разработки		столбовая	сплошная	комбинированная	сплошная
Длина отработанной части выемочного поля	м	1180	710	630	730
Время работы лавы	мес.	22	22	22	34
Добыча угля	т/сут.	1060	630	960	810

На выемочном участке 23 Западной уклонной лавы дополнительно производили дегазацию выработанного пространства путем извлечения газозелдушной смеси вакуумным насосом по трубопроводу, проложенному через стенку, изолирующую его от вентиляционного штрека.

В выемочных участках, измеряли расход газовой смеси и содержание метана не реже одного раза в сутки за все время работы лавы. Это позволило определить общий объем и динамику извлечения метана всеми средствами.

Для оценки извлекаемых объемов использовался общепринятый показатель удельного извлечения метана ($\text{м}^3/\text{м}^3$) из газоносных массивов, который характеризует съем метана с 1 м^2 отработанной площади пласта.

Таблица 2 – Параметры подземных дегазационных скважин

№ скважины	Расстояние между кустами, м	Угол наклона, град.	Угол разворота, град.	Глубина скважины, м	Диаметр скважины, мм	Длина обсадки, м
шахта «Суходольская-Восточная»						
23 западная уклонная лава пласта i_3^1						
1	15-20	42	31	65	105	6
2	15-20	22	58	54	105	6
3	15-20	45	20	49	105	6
12 восточная разгрузочная лава пласта i_3^1						
1	25-30	31	42	65	105	15
2	25-30	38	45	58	105	15
Шахта им. Н.П. Баранова						
5 северная, восточная надрабатывающая лавы пласта k_5^H						
1	20	37	37	50	105	15
2	20	50	75	50	105	15

Таблица 3 – Параметры поверхностных дегазационных скважин на шахте «Суходольская-Восточная»

Количество скважин	Расстояние между скважинами, м	Глубина скважин, м	Глубина обсадки, м	Недобур (-) или (+) перебур, м	Диаметр конечный, мм
23 Западная уклонная лава пласта i_3^1					
5	100-220	1070	1035	+18	76
12 Восточная разгрузочная лава пласта i_3^1					
7	70-120	870	830	+12	76

Анализ результатов оценки извлекаемых объемов метана в различных условиях разработки газоносных угольных пластов показал, что удельный вес извлечения метана средствами вентиляции составляет 42-53% (табл.4). Этот показатель для добычных участков шахты «Суходольская-Восточная» составляет в среднем 47%, снижаясь на участке 23 западной уклонной лавы до 41,5% за счет применения дегазации выработанного пространства. Это свидетельствует о том, что применение

поверхностной дегазации приводит к увеличению эффективности дегазации добычных участков не более чем на 5-10 %.

Таблица 4 – Объемы извлечения метана различными средствами за период отработки лав

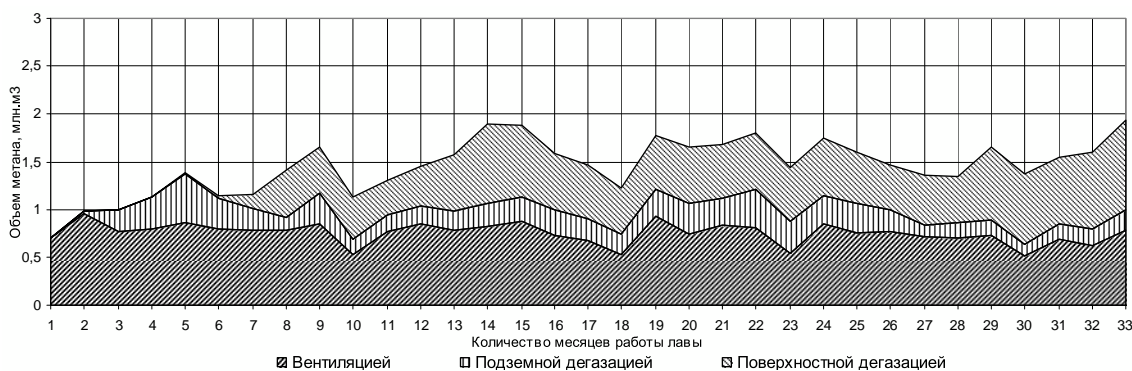
Наименование лавы	Общий объем извлеченного метана, млн.м ³	Извлечение средствами вентиляции		Извлечение подземной дегазацией		Извлечение поверхностной дегазацией	
		объем, млн.м ³	уд. вес, %	объем, млн.м ³	уд. вес, %	объем, млн.м ³	уд. вес, %
шахта «Суходольская-Восточная»							
12 восточная разгрузочная	48,1	24,8	49,3	7,6	16,1	15,6	34,6
23 западная уклонная	45,1	19,6	41,5	11,3	22,4	14,2	36,0
шахта им. Н.П. Баракова							
восточная надраб. лава	17,8	9,4	53,4	8,4	46,6	–	–
5 северная лава	19,1	10,4	53,4	8,7	46,6	–	–

Динамика извлечения метана за период работы 12 восточной разгрузочной и 23 западной уклонной лав показывает следующее (рис.1). В начальный период работы лав (5-6 месяцев) объемы извлечения метана системами подземной дегазации составили 0,51 млн.м³/мес. для условий 12 восточной лавы и 0,8 – 0,9 млн.м³/мес. – для условий 23 западной уклонной. После подработки лавами ближайших поверхностных скважин произошло закономерное снижение объемов извлечения подземными скважинами в 2 – 2,5 раза.

При дальнейшей подработке следующих скважин происходило наращивание объемов извлечения метана вертикальными скважинами на 50 – 60 % и на такую же величину снижалось извлечение метана подземными дегазационными системами. В связи с этим поверхностные дегазационные скважины следует рассматривать как газодобывающие.

Анализ динамики извлечения метана в условиях шахты им. Н.П. Баракова показал, что, при нагрузке на Восточную надрабатывающую лаву в 2 раза меньше по сравнению с 5 северной лавой, объемы извлечения метана средствами дегазации оказались равными в обеих лавах. Повышение объема извлечения средствами дегазации на 30 – 40% отмечалось в лавах на участках развития серий малоамплитудных разрывных нарушений. Прохождение этих участков соответствует периодам работы лав: Восточной надрабатывающей – 4 – 7-му месяцам; 5 северной – 8 – 11-му и 19 – 22-му месяцам работы лав после сдачи их в эксплуатацию (рис. 2).

12 Восточная разгрузочная лава



23 Западная уклонная лава

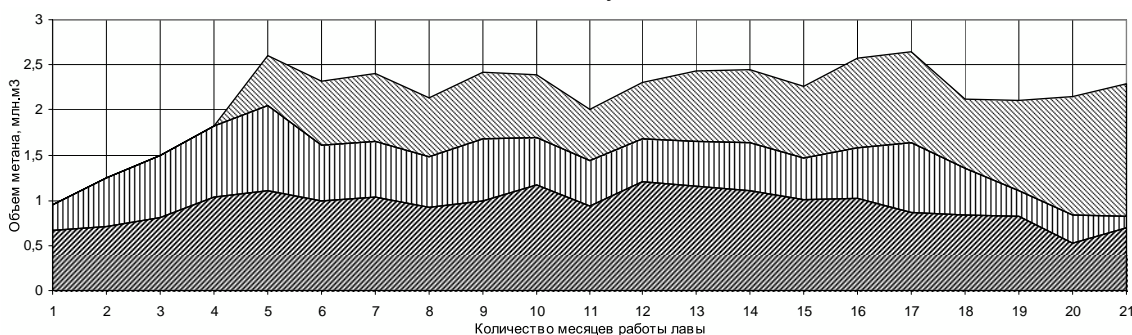


Рисунок 1 – Динамика извлечения метана по пл. i_3^1 ш. «Суходольская-Восточная» 5 Северная лава



Восточная надрабатывающая лава

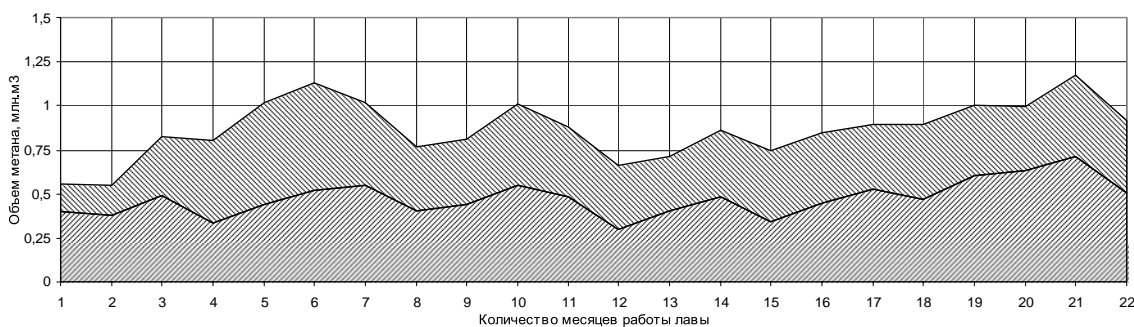


Рисунок 2 – Динамика извлечения метана по пл. k_5^H ш. им. Н.П. Баракова

Установлено, что основным технологическим фактором, влияющим на съем метана с отработанной площади пласта является скорость подвигания линии очистного забоя (табл. 5). Динамика удельного извлечения метана показывает, что при снижении скорости подвигания закономерно увеличивается значение удельного извлечения метана различными средствами.

Таблица 5 – Удельное извлечение метана в зависимости от скорости подвигания лав

Добычной участок	Удельное извлечения метана, м ³ /м ²				Средняя скорость подвигания, м/сут.
	суммарное	средствами вентиляции	подземной дегазацией	поверхностной дегазацией	
12 восточная разгрузочная	246,0	118,5	36,4	91,6	0,75
23 западная уклонная	273,9	109,4	62,7	101,7	0,98
восточная на-драбатывающ	110,5	62,1	48,5	–	1,10
5 северная лава	63,3	33,5	29,8	–	1,68

Зависимость удельного извлечения метана от скорости подвигания лав в пределах исследуемых скоростей хорошо описывается степенной функцией:

$$q = q_0 \cdot v^{-a} \quad , \quad \text{м}^3/\text{м}^2 \quad (1)$$

где q_0 – удельное извлечение метана при $v = 1,0$ м/сут.;

v – скорость подвигания линии очистного забоя, м/сут.;

a – эмпирический коэффициент, учитывающий способность газоотдачи массива в конкретных условиях разработки.

Для условий разработки пластов i_3^1 и k_5^H получены количественные зависимости удельного извлечения метана от скорости подвигания лав (рис. 3, 4).

Полученная зависимость позволяет прогнозировать объем извлечения или дебит метана за определенный промежуток времени при известной скорости подвигания линии очистного забоя.

$$V = q_0 \cdot L^{-a} \cdot S \quad , \quad \text{млн.м}^3 \quad (2)$$

где S – отработанная площадь пласта, м²;

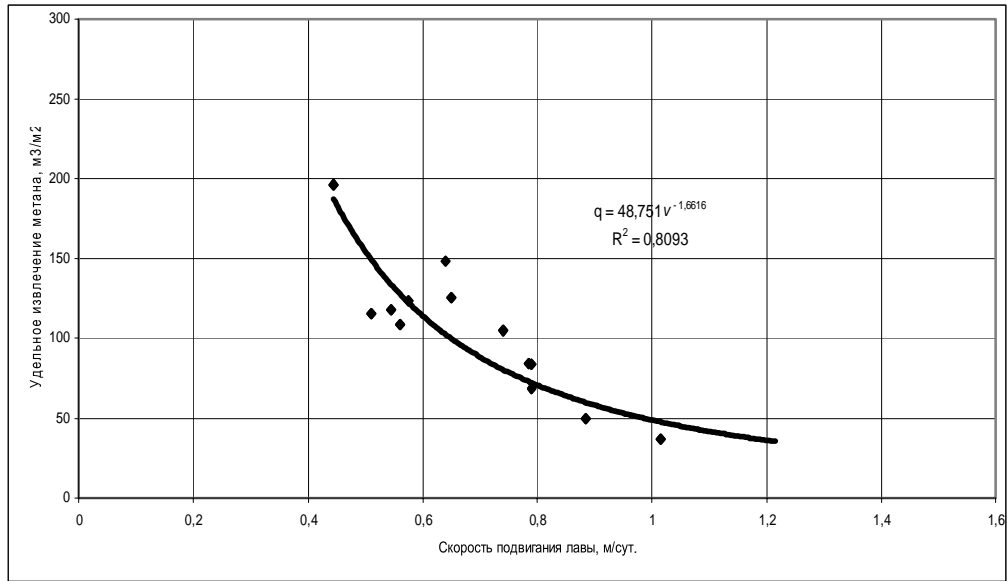


Рисунок 3 – Зависимость удельного извлечения метана средствами поверхностной дегазации от скорости продвижения на добычном участке 12 Восточной разгрузочной лавы пл. i_3^1 ш. «Суходольская-Восточная»

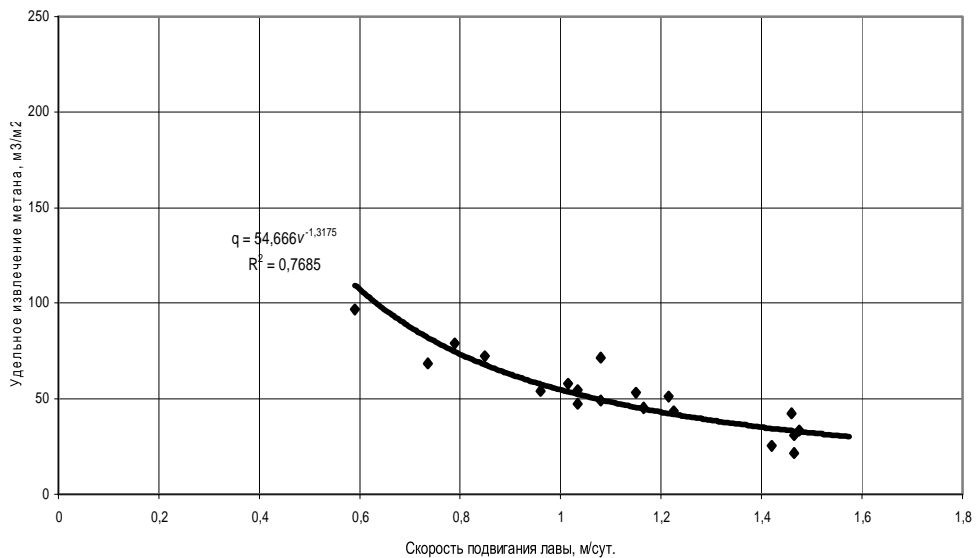


Рисунок 4 – Зависимость удельного извлечения метана средствами подземной дегазации от скорости продвижения на добычном участке Восточной надрабатывающей лавы пласта k_5^H ш. им. Н.П. Баракова

L – продвижение забоя за определенный промежуток времени (сутки, месяц, год), м.

$$I = q_0 \cdot v^{-a} \cdot S, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (3)$$

где v – средняя скорость подвигания линии очистного забоя за определенный промежуток времени, м/сут.

Выводы:

– применение вертикальных дегазационных скважин увеличивает в 2 раза объем извлечения метана из массива кровли и этот способ следует рассматривать как метанодобывающий;

– в зонах малоамплитудной нарушенности пластов объем извлечения метана средствами дегазации увеличивается на 40 – 50%;

– удельное извлечение метана различными средствами зависит от скорости подвигания линии очистного забоя;

– полученная в результате исследований зависимость позволяет рассчитать объем извлечения или дебит метана за определенный промежуток времени при заданной скорости подвигания линии очистного забоя.

Установлено влияние условий отработки метаноносных угольных пластов на объемы извлечения шахтного метана дегазационными системами. Получена зависимость, которая позволяет рассчитать объем извлечения или дебит метана за определенный промежуток времени при заданной скорости подвигания линии очистного забоя.

Influencing of terms of working off metanovi coal layers on the volumes of extraction of mine methane is set by the decontamination systems. Dependence which allows to expect volume of extraction or debit of methane for the certain interval of time at the set speed of pushing of line of cleansing zaboya is received.

Библиографический список

1. Касимов О.И. Газовая опасность угольных шахт и проблемы их дегазации/ О.И. Касимов, А.И. Буханцов // Труды / Макеев. науч.-иссл. ин-т. – Макеевка-Донбасс, 1999. – Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. – С. 26-30.

2. Малышев Ю.Н. Комплексная дегазация угольных шахт/ Ю.Н. Малышев, А.Т. Айруни – М.: Изд. Академии горных наук, 1999. – 327 с.

3. Газообильность каменноугольных шахт СССР: в т. 8 / под ред. Г.Д. Лидина. – М.: Наука, 1987. – Том 7. Эффективные способы искусственной дегазации угольных пластов на больших глубинах. – 1987. – 200 с.

4. Касимов О.И. Проектирование вентиляции и дегазации выемочных участков с высоконагруженными лавами/ О.И. Касимов, Б.В. Бокий, А.В. Агафонов // Уголь Украины. – 2004. – №12 – С. 44-46.

5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Киев: Основа, 1994. – 311 с.

6. Звягельский Е.Л. Перспективы развития дегазации на шахте им. Засядько/ Е.Л. Звягельский, Б.В. Бокий, О.И. Касимов // Уголь Украины. – 2003. – №12 – С. 35-39.

7. Бокий Б.В. Перспективы извлечения шахтного метана из техногенных скоплений/ Б.В. Бокий // Труды / Макеев. науч.-иссл. ин-т. – Макеевка-Донбасс, 2004, 2 ч. – Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. – С. 69-81.