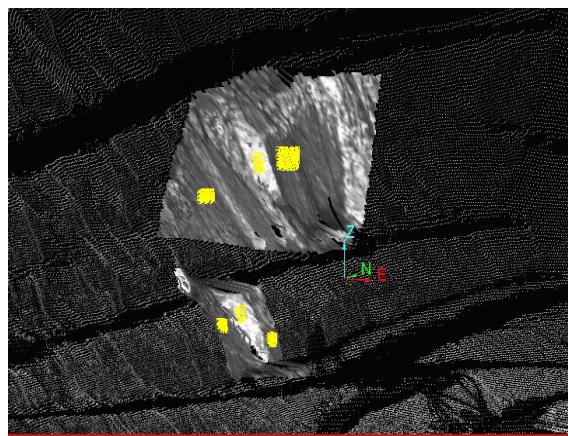


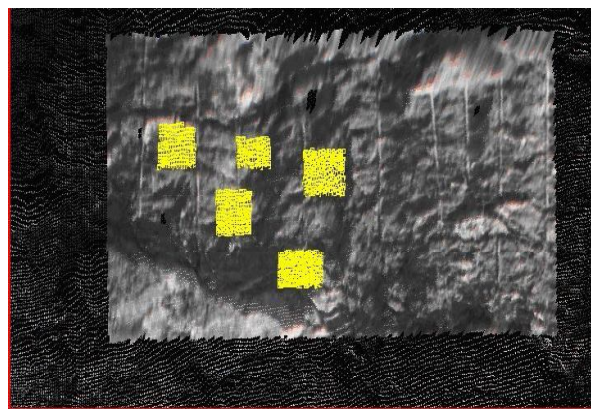
ческих параметров и объёмов; учёт на основе этих данных потерь, разубоживания, состояния и движения запасов полезного ископаемого; подготовка в электронном виде трёхмерных моделей для последующего их использования. Необходимо отметить, что все измерения, производимые при помощи лазерных сканеров, позволяют получить модели в той системе координат, в которой ведётся горно-графическая документация и проводятся все маркшейдерские работы.

Внедрение на карьерах АО «ССГПО» лазерного сканера, позволяет оперативно контролировать состояние горного массива и положение горно-транспортного оборудования, планировать горные работы и иметь цифровые объёмные модели карьера в течение всего периода отработки месторождения и является важным элементом системы мониторинга прибортовых массивов [3].



Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 51° 17' 35" and strike 4° 35' 18"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 73° 29' 52" and strike 0° 14' 46"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 38° 25' 21" and strike 358° 15' 49"

а) определение элементов залегания трещин



Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 66° 59' 07" and strike 20° 42' 16"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 65° 54' 47" and strike 1° 40' 18"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 53° 26' 43" and strike 7° 37' 52"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 63° 25' 29" and strike 7° 25' 52"

б) определение элементов залегания заоткошенного уступа

Рисунок 3 – Определение элементов структуры горного массива и горных выработок по 3D-модели западного борта карьера «Соколовский»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Низаметдинов Ф.К., Урдубаев Р.А., Ожигина С.Б. Модель базы данных маркшейдерского мониторинга состояния прибортовых массивов // Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2010. № 3. С. 70-71.
2. Турдахунов М.М., Урдубаев Р.А. Современные технологии лазерного сканирования горного массива на карьерах АО «ССГПО» // Тр. Междун. науч. конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (Сагиновские чтения № 2). Караганда: КарГТУ, 2010. Ч. I. С. 58-61.
3. Урдубаев Р.А. Разработка маркшейдерского мониторинга бортов глубоких карьеров АО «ССГПО». Караганда: Санатполиграфия, 2010. 42 с.
1. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна / К.К. Элиманов, С.К. Баймухаметов, В.В. Демин и др. Караганда: АрселорМиттал Темиртау, 2008. 88 с.
2. Интернет-сайт www.ixbt.com.
3. Интернет-сайт www.overclocker.ru

УДН 622.271

**Г.А. ПАК,
В.И. ДОЛГОСОВ,
Е.А. ПАНАСЕНКО,
Е.В. ДОЛГОСОВА**

Исследование процесса сдвижения горных пород и его взаимосвязь с интенсивностью газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна

Исследования, выполненные на шахтах «Саранская» и «Сокурская» Карагандинского угольного бассейна, позволили установить общие закономерности процесса сдвижения массива горных пород при его подработке, при этом выявлена взаимосвязь с интенсивностью газовыделения. Установлено, что

как сдвижение подработанного массива, так и газодинамические процессы определяются величиной шагов обрушения основной кровли. Последние, в свою очередь, зависят от крепости и мощности пород основной кровли, глубины разработки и геометрических параметров выемочного пространства: длины

лавы, мощности и угла наклона угольного пласта.

Процессы обрушения основной кровли, сдвижения горных пород и сопутствующие им объемы газовой выделению имеют периодический характер с общим, единым периодом, который определяется шагами обрушения основной кровли. По мере подхода лавы к точке обрушения возрастает нагрузка кровли на призабойную часть пласта и происходит «отжим» газа, происходят периодические всплески метановыделения, которые часто вызывают отключения аппаратуры газового контроля. После обрушения нагрузка на пласт уменьшается, что проявляется в резком снижении газовой выделению. Данный процесс повторяется с периодом, соответствующим шагам обрушения. По среднему содержанию метана на исходящей участка (лавы) можно косвенно судить о приближении к точке обрушения. В этих условиях принципиально важным является достаточно точное определение интенсивности метановыделения на различных участках выемочного столба для принятия адекватных решений. Недостаточная точность прогноза газовой обстановки на разрабатываемом участке приводит к ошибкам на стадии проектирования и потере темпов добычи.

Вопросами расчета и прогнозирования шагов обрушения основной кровли занимались В.Д. Слесарев, А.А. Борисов и многие другие исследователи, которыми разработан целый ряд формул расчета первичного и последующих шагов обрушения [1, 2].

Нами разработана методика и алгоритм, которые позволяют определить значения первичного и последующих шагов обрушения на всю длину выемочного столба либо на какой-либо участок отработки лавы [3].

Первичный шаг обрушения в общем случае при наличии непосредственной кровли и наклонном залегании пласта определяется по формуле

$$L_{пер} = (h_{н.к.} + h_{о.к.}) \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma_{изг.ср}}{\gamma \cdot H \cdot \cos \alpha \cdot k}}, \quad (1)$$

где H – глубина разрабатываемого пласта, м;

$h_{н.к.}$ – мощность непосредственной кровли, м;

$h_{о.к.}$ – мощность основной кровли, м;

α – угол падения пласта, град;

γ – объемный вес пород, Н/м³.

k – коэффициент надработки (в случае надработки и восстановления геостатического давления $k = 0,9$; в ненарушенном массиве $k = 1$);

$\sigma_{изг.ср}$ – средневзвешенный предел прочности пород при изгибе, Па.

Средневзвешенный предел прочности пород при изгибе определяется по формуле проф. Ж.М. Канлыбаевой [4]:

$$\sigma_{изг.ср} = 20 + 0,17 \cdot \sigma_{сж.ср}, \text{ кг/см}^2, \quad (2)$$

где $\sigma_{сж.ср}$ – средневзвешенный предел прочности пород основной и непосредственной кровли на сжатие, кг/см².

Следует обратить внимание, что формула (2) имеет размерность вне системы СГС (кг/см²) для удобства практического применения, так как прочностные характеристики горных пород в большинстве литературных источников приведены именно в этой размерности. Для дальнейших расчетов необходимо перейти в систему СИ.

Если $\sigma_{сж.ср}$ задан в МПа, то формула (2) примет вид

$$\sigma_{изг.ср} = 2 + 0,17 \cdot \sigma_{сж.ср}, \text{ МПа}. \quad (3)$$

В самом простом случае горизонтального залегания пласта и при отсутствии непосредственной кровли формула (1) примет вид

$$L_{пер} = h_{о.к.} \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma_{изг.ср}}{\gamma \cdot H}}. \quad (4)$$

В таблице 1 приведены фактические и прогнозные значения шагов обрушения по лавам шахт «Саранская» и «Сокурская» Карагандинского угольного бассейна. Следует отметить высокую сходимость вычисленных и фактических данных, расхождения не превышают 5 %.

Разработанная методика может успешно применяться в следующих условиях: очистные забои с труднообрушаемой кровлей при значениях угла наклона пласта до 35° в условиях нетронутого массива

Таблица 1 – Сравнение фактических и прогнозных значений шагов обрушения основной кровли

№	Дата обрушения	Фактическое расстояние от целика монтажной камеры, м	Прогноз, м
Шахта «Саранская», лава 62 К10-В			
1	18.09.2000 г.	43,5	42,6
2	05.10.2000 г.	95,0	94,4
3	23.10.2000 г.	131,0	128,7
4	13.11.2000 г.	216,0	214,1
5	28.11.2000 г.	269,0	265,0
6	21.02.2001 г.	326,0	332,4
7	08.03.2001 г.	386,0	382,7
8	23.03.2001 г.	432,0	432,6
Шахта «Сокурская», лава 53 К7-ЮЗ			
1	03.01.1994 г.	386,0	384,4
2	26.01.1994 г.	422,0	420,3
3	09.02.1994 г.	458,0	456,1
4	04.03.1994 г.	494,0	491,7
5	21.03.1994 г.	529,5	527,2
6	12.04.1994 г.	565,5	562,6

(одиночная лава); очистные работы при отработке вышележащего подработанного пласта, где процесс сдвижения дошел до поверхности и полностью завершен, восстановлено исходное геостатическое давление; очистные забои, примыкающие к ранее отработанным лавам (спаренные, строенные).

Методика и программа позволяют выполнить расчеты по сдвижению подработанного массива, определить, произойдет ли подработка объектов на земной поверхности либо процесс остановится в массиве с указанием конкретной точки остановки сдвижения и её глубины.

Как было сказано выше, процесс сдвижения горных пород и обрушения основной кровли неразрывно связан со всплесками газовыделения. Помимо расчетов шагов обрушения, программа позволяет выполнить расчет ожидаемого объема газовыделения. На основе прогноза газовыделения при ведении очистных работ на планируемом добычном участке можно определить необходимую производительность дегазационных систем и разработать график загрузки каптируемого метана. Данный прогноз необходимо выполнять ещё на стадии проектирования вентиляции угольных шахт. По данным прогноза должны приниматься технические и технологические решения по обеспечению проветривания, дегазационных мероприятий и допустимой нагрузки на очистной забой.

Полученные результаты по газовыделению также хорошо соответствуют фактическим данным. Так, например, в лаве 53 К7-ЮЗ шахты «Сокурская» общий объем выделившегося метана составил 48,2 млн. м³, а по прогнозу – 49,6 млн. м³.

На рисунках 1 и 2 представлены графики, сопоставляющие интенсивность газовыделения и нагрузку на очистной забой по лаве 62К-10В шахты «Саранская» [3].

Разработанная методика прогноза газовыделения позволяет рассчитывать значение абсолютного газо-

выделения при заданных (плановых) нагрузках на очистной забой и получить прогноз метанообильности и газодинамической опасности разрабатываемых лав.

Закономерность, связывающая всплески метано-выделения с приближением лавы к точке обрушения основной кровли, впервые была выявлена при отработке одиночной лавы 53К-7-ЮЗ на шахте «Сокурская» в 1993-1995 годах. При отработке данной лавы с выдержанными горно-геологическими условиями четко прослеживались периодические шаги вторичных обрушений, которые по своей силе и интенсивности от начала и до конца отработки различались незначительно.

Горно-технологические параметры лавы 53К-7-ЮЗ: длина выемочного столба 1630 м, длина лавы 155-160 м, угол падения 25-35°, вынимаемая мощность 2,9 м.

Величину шагов обрушений можно было определить косвенным путем по всплескам содержания метана из выработанного пространства (особенно при неэффективной работе дегазационной системы на добычном участке) на исходящей струе лавы.

На шахте «Сокурская» была принята прогрессивная схема опережающей отработки менее опасного по газодинамическим явлениям пласта К-7, при которой происходила подработка весьма газоносных (до 23 м³/т) и опасных пластов К-10 («Феликс») и К-12 («Верхняя Марианна»). Эффективных способов дегазации (до момента достижения газовыделения в лаве порядка 80-90 м³/мин) не было, и в этих условиях всплески содержания метана на исходящей струе лавы прослеживались весьма четко. В таблице 2 приведены даты всплесков метановыделения (даты газирования участка) и фактическое содержание метана на исходящей лавы, превышающее предельно допустимое значение, регламентированное «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах» [5].

Ноябрь 2000 г.

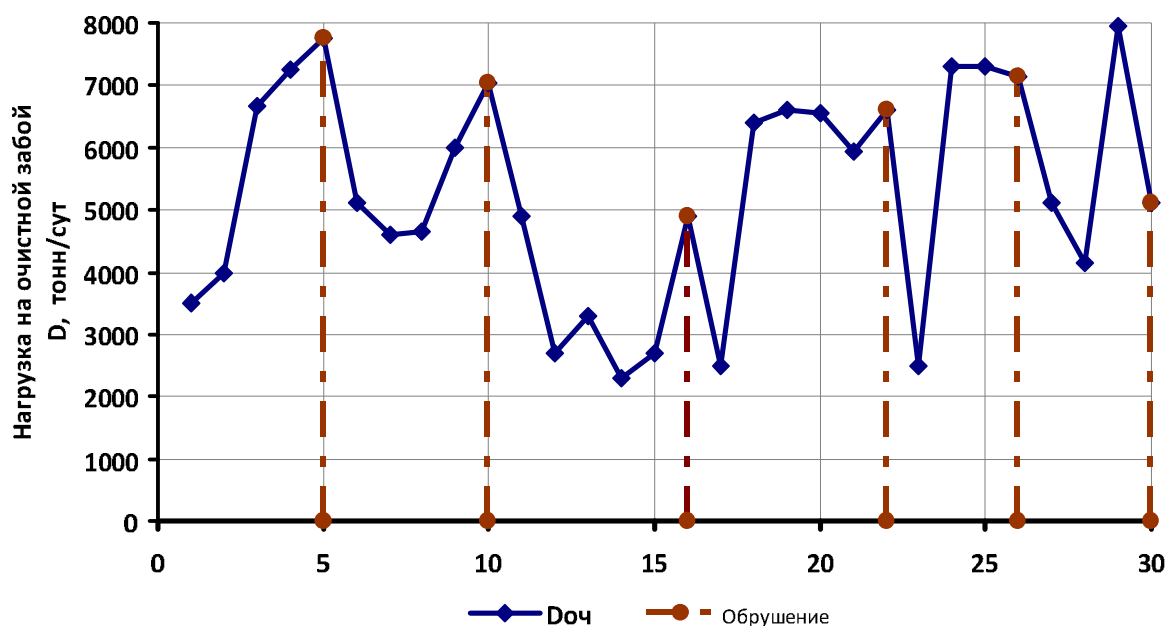


Рисунок 1 – График нагрузки на очистной забой 62К-10В за ноябрь 2008 г.

Как следует из таблиц 1 и 2, даты обрушений совпадают с датами загазирования участка, что убедительно подтверждает существующую взаимосвязь между шагами обрушения и газовыделением.

Проверка достоверности прогнозов шагов обрушения и объемов газовой выделении выполнена по лаве

64К-10В на шахте «Саранская». Анализ графиков метановыделения за период с августа по октябрь 2008 г. (рисунки 3 и 4) и совмещение с графиком фактических шагов обрушений (вертикальные линии на графиках) также убедительно подтверждают принятую гипотезу.

Ноябрь 2000 г.

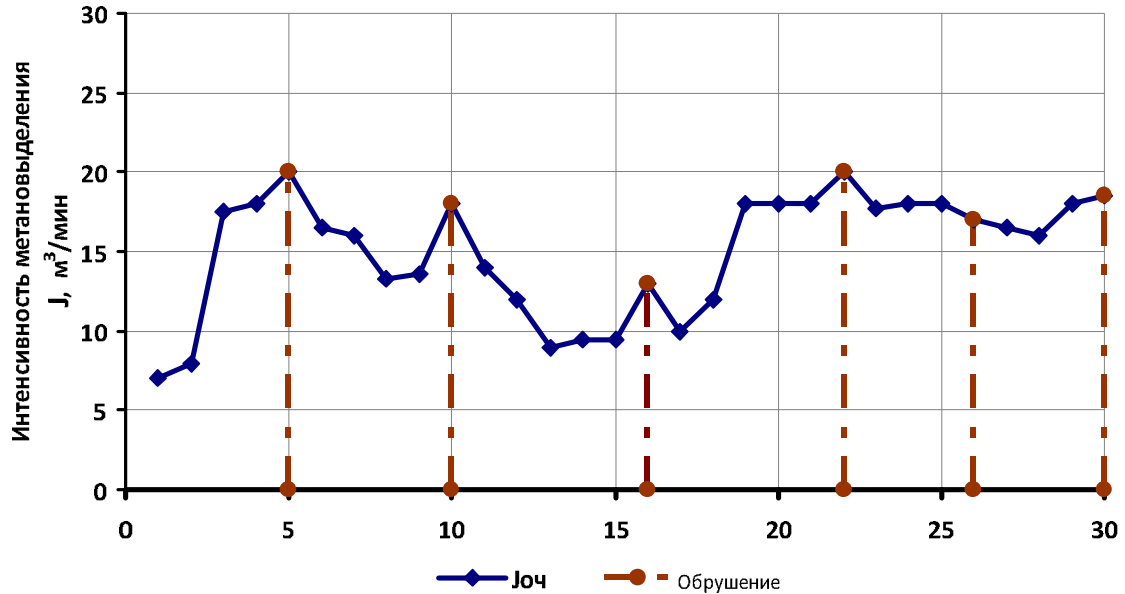


Рисунок 2 – График метановыделения по лаве 62К-10В за ноябрь 2008 г.

Таблица 2 – Даты загазирования участка лавы 53К-7-ЮЗ

№	Дата обрушения	Фактическое содержание метана на исходящей струе лавы, %	Шаг вторичного обрушения, м
лава 53К-7-ЮЗ, шахта «Сокурская»			
1	03.01.1994 г.	1,4	34
2	16.01.1994 г.	1,2	36
3	09.02.1994 г.	1,7	35
4	04.03.1994 г.	1,5	34
5	21.03.1994 г.	2,4	36
6	12.04.1994 г.	2,0	35

Август 2008 г.

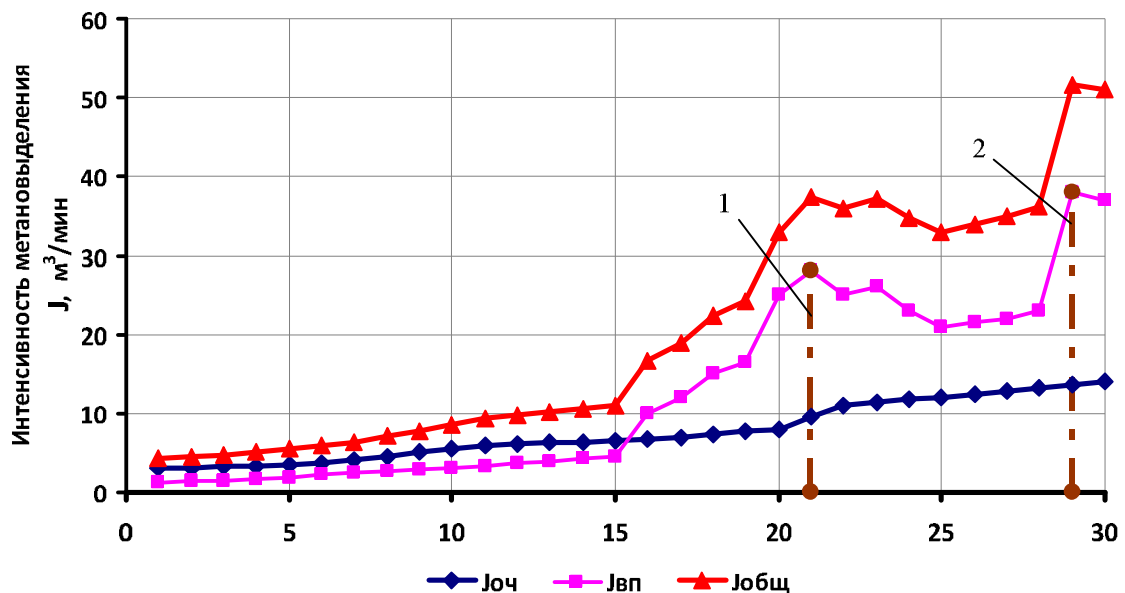


Рисунок 3 – График метановыделения по лаве 64К-10В за август 2008 г.

Повышенное метановыделение связано с приближением к точке обрушения и отжимом газа из призабойной части пласта и окружающего породного массива, находящихся в зоне повышенного горного давления (рисунок 4).

После обрушения выделение метана должно резко снижаться. Если после обрушения объем метановыделения не снижается, то это свидетельствует о неэффективной работе системы дегазации, т.е. объем поступающего в лаву метана больше, чем производимости всех средств дегазации, как это было в сентябре 2008 г (рисунок 4а).

Объемы метановыделения по лаве 64К-10В, представленные в таблице 3, следует считать мини-

мальными, так как методика расчета не учитывает тот объем метана, который мигрирует (уходит) через выработанные пространства и пустоты ранее отработанных участков по пластам К12 (лава 45К-12-1-3) и К14, заполняя их (а это не менее 30 % от общего объема). Именно отсюда метан, как более легкий газ, попадает через незаилонанные оградительные перемычки пласта К14 в исходящие струи всех четырех действующих вентиляционных стволов шахты.

В связи с этим правильно будет вести подсчет газообильности сначала по всей шахте, а затем вычитать из конечного результата среднюю газообильность всех действующих подготовительных забоев, где эта величина не превышает 2-5 м³/мин. Расчет

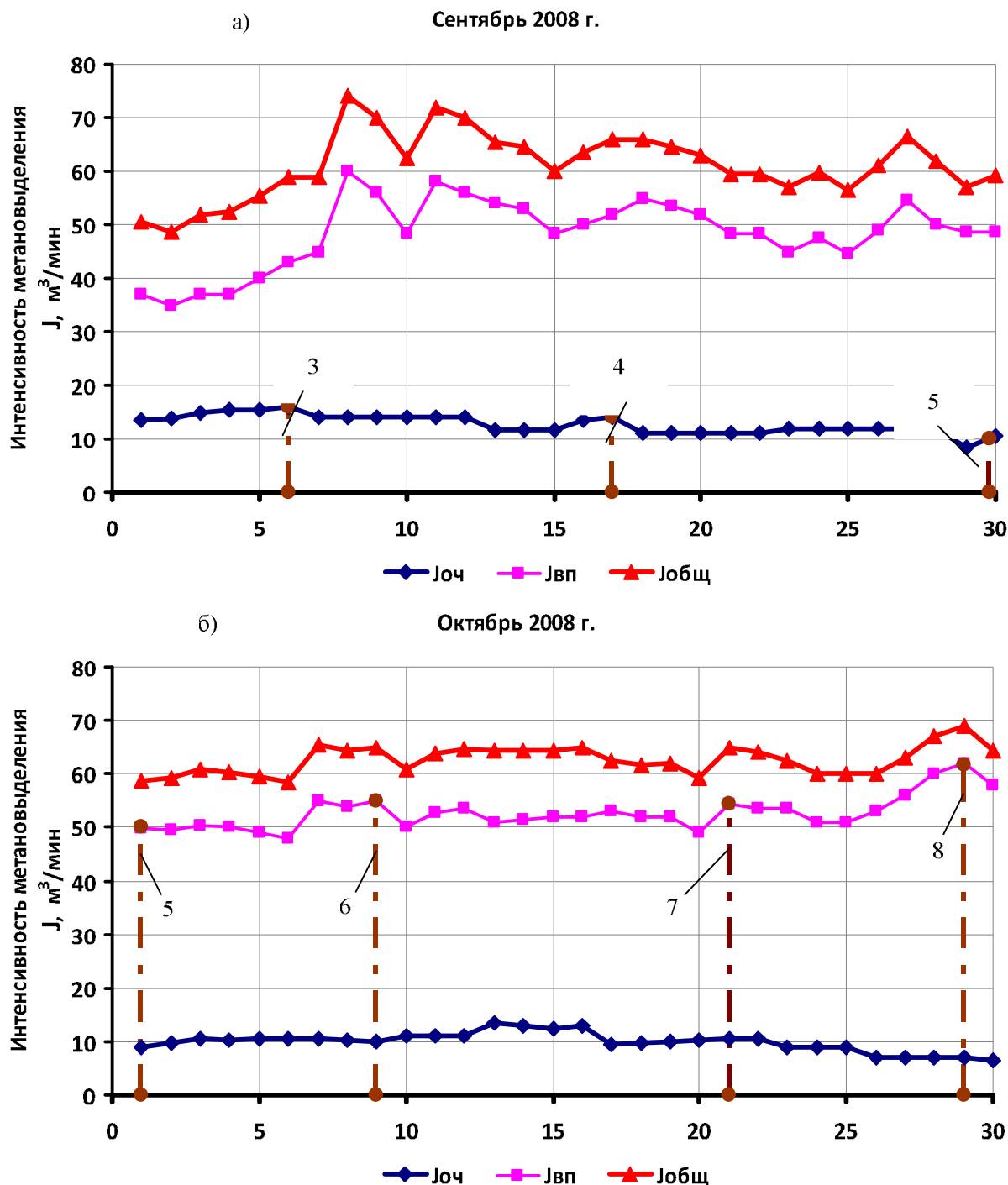


Рисунок 4 – График метановыделения по лаве 64К-10В за сентябрь-октябрь 2008 г.

участковой газообильности по предложенной методике будет более точно соответствовать действительности.

Разработанная методика позволяет решать следующие задачи:

1) определение значений первичных шагов обрушения при заданных горно-геологических условиях и технологических параметрах;

2) определение значений последующих шагов обрушения на всю длину выемочного поля или на какой-либо участок обрабатываемой лавы;

3) вычисление суммарного объема выделившегося метана на добычном участке по мере движения очистного забоя;

4) выполнение расчетов динамики газовыделения после каждого шага обрушения;

5) исследование зависимостей геомеханических процессов (шагов обрушения, параметров сдвижения в массиве) от длины лавы;

6) определение областей эффективного газозудаления;

7) определение границ зоны сдвижения горных пород в массиве.

Профессор А.А. Борисов указывал: «Прогнозирование осадок основной кровли является одной из самых насущных задач горной науки и практики, так как это является ключом к понятию всего процесса сдвижения: от начала очистной выемки и до оседания земной поверхности» [1].

Решение перечисленных задач актуально на всех стадиях освоения угольного месторождения: при проектировании, строительстве и эксплуатации шахты. Использование данной методики позволит достичь максимального экономического эффекта, а главное – обеспечить безопасность за счет объективного прогноза газовыделения и знания времени и места опасных периодов, связанных с обрушением основной кровли.

Таблица 3 – Анализ объемов метановыделения во взаимосвязи с шагами обрушения по лаве 64К-10В

№	Дата обрушения	Фактическое расстояние от целика монтажной камеры, м	Прогноз объема метана, тыс. м ³	Фактический объем метана, тыс. м ³
Шахта «Саранская», лавы 64К-10В				
1	21.08.2008г.	60,0	1273,9	370,3
2	28-29.08.2008г.	82,0 – 84,0	1979,8	808,1
3	06-07.09.2008 г.	104,0 – 107,0	2775,7	1509,5
4	17.09.2008 г.	132,5	3935,3	2486,4
5	01.10.2008 г.	159,0 – 161,0	5210,3	3734,5
6	10.10.2008 г.	187,0	6672,7	4624,1
7	21.10.2008 г.	205,0	7538,2	5638,2
8	29.10.2008 г.	223,5	8418,8	6477,3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1988.
2. Слесарев В.Д. Управление горным давлением при разработке угольных пластов Донецкого бассейна. М.: Углетехиздат, 1958.
3. Пак Г.А., Долгонос В.Н. Расчет шагов обрушения основной кровли и газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна // Новости науки Казахстана. Алматы. НИЦТИ. 2009. № 2. С. 43–49.
4. Канлыбаева Ж.М., Бакитов К.Б., Джанбуршина К.Ш. Физико-механические свойства горных пород и их влияние на процесс сдвижения массива. М.: Наука, 1972.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1973. 512 с.

УДН 622.271

**Д.В. МОЗЕР,
С.Г. ОЖИГНИ,
Е.В. ДОЛГОНОВА,
Д.С. ОЖИГНИ**

Исследование деформаций прибортового массива Соколовского карьера с применением глобальных навигационных спутниковых систем

Спутниковые геодезические технологии находят широкое применение для решения прикладных задач в различных сферах производственной деятельности. В области горного дела GPS-методы применяются при создании и развитии опорных и съемочных сетей на промплощадках горнодобывающих предприятий. С использованием имеющегося опыта применения глобальных спутниковых систем на карьерах Коршуновский (Россия), Кальмакырский (Узбекистан), Варваринский (Казахстан) авторами разработана методика наблюдений за деформациями бортов

карьеров, которая внедрена на карьерах «Соколовский» и «Сарбайский» АО ССГПО [1, 2].

Данная методика с использованием электронного тахеометра и GPS-систем апробирована на карьере «Соколовский». Для производства наблюдений за деформациями бортов карьера созданы четыре наблюдательные станции I, II, III, IV, где закладываются репера на верхней площадке и бермах уступах бортов карьера перпендикулярно простиранию верхней бровке борта. Наблюдательная станция I (рисунки 1 и 2) заложена в районе трещины на западном борту карье-