

1. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология: монография. М.: Изд-во МГТУ, 2001. 656 с.
2. Воробьев А.Е., Портнов В.С., Турсунбаева А.К. Рудоподготовка месторождений благородных металлов для кучного выщелачивания: монография. Караганда: Издательско-полиграфический центр Казахстано-Российского университета, 2010. 314 с.

УДК 622.271

## Периодические выбросы метана из очистного пространства на шахтах «Саранская» и «Сокурская»

Г.А. ПАК, директор ТОО «Ваша безопасность»,  
В.Н. ДОЛГОНОВ, д.т.н., доцент кафедры МДиГ,  
Е.А. ПАНАСЕНКО, магистрант кафедры МДиГ,  
Е.В. ДОЛГОНОВА, магистрант кафедры МДиГ,  
Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** основная кровля, обрушение, газовыделение, очистное пространство, дегазация.

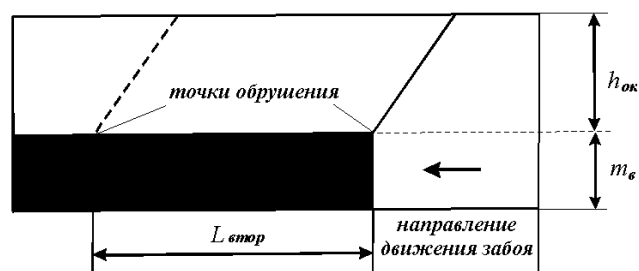
Анализ результатов исследований, выполненных на шахтах «Саранская» и «Сокурская» Карагандинского угольного бассейна, позволил установить общие закономерности процесса обрушения основной кровли и интенсивность газовой выделения из очистного пространства [1, 2, 3]. Прослеживается четкая взаимосвязь между шагами обрушения основной кровли, объемами и интенсивностью метановыделения. Одновременно с периодическими шагами обрушения основной кровли происходят периодические выбросы метана в выработанном пространстве очистной выемки. На сегодняшний день нет четкого представления о том, какую опасность таят в себе забитые до отказа метаном старые или действующие выработанные пространства с куполами сдвижения, где возникают громадные скопления метана, потенциально опасные «газовые мешки».

Важное значение имеет положение линии очистного забоя относительно обрушаемого блока основной кровли (рисунок 1). Выполненные наблюдения за периодическими осадками (шагами обрушения) основной кровли практически во всех лавах показали, что в начальный момент, после очередного обрушения основной кровли, состояние угольного забоя лавы очень хорошее, устойчивое. Такое устойчивое состояние сохраняется примерно до середины пролета шага обрушения, после которого устойчивость нарушается. С этого момента начинает проявляться с нарастающей силой опорное давление, в результате которого в лаве происходит отжим угольного пласта и вышележащих слоев пород и пластов и при подходе к точке обрушения начинает интенсивно выделяться метан под давлением в очистное пространство лавы.

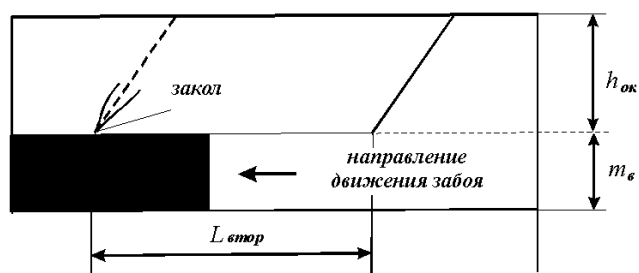
Когда система дегазации работает неэффективно (внезапная остановка вакуумных насосов, разрыв газопровода, высокая нагрузка на лаву и т.д.), происходят выбросы метана при обрушении пород основной кровли из выработанных пространств. Мощность таких выбросов зависит от физико-механических характеристик вмещающих пород, а также от природной газоносности пласта и окружающих горных пород, попадающих в зону сдвижения.

Когда в почве и кровле залегают крепкие слои пород, выбросы метана происходят максимальной мощности, при этом возникает «поршневой» эффект – с мгновенным выбросом метана в горные выработки при обрушении кровли.

а) устойчивая кровля (после обрушения)



б) переходное состояние



в) неустойчивая кровля (обрушение)

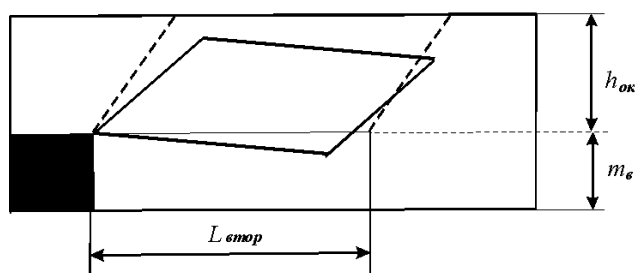


Рисунок 1 – Положение линии очистного забоя относительно обрушаемого блока при вторичных осадках основной кровли

В момент обрушения и выброса газа очень важно, чтобы дегазационная система работала эффективно. Если эффективность дегазации из выработанного пространства менее 30 – 50 %, то возможно возникновение аварийной ситуации из-за резкого увеличения содержания метана в горных выработках.

Следует заметить, что при неэффективной дегазации всплески метановыделения могут происходить также при погодных колебаниях и сопутствующих изменениях атмосферного давления. Так, например, на шахтах «Саранская» и «Сокурская» при работе небольших лав с нагрузкой порядка 1000 тонн в сутки при ясной погоде и высоком атмосферном давлении особых проблем с добычей не было, но если погода резко менялась и падало давление, то в верхнем кутке лавы сразу отмечалось превышение концентрации метана.

Есть еще одна опасная ситуация со стороны заполненного метаном выработанного пространства, когда очистные работы закончены, борьба с метаном на участке ведется слабо, на момент демонтажа она прекращается (экономия электроэнергии). И при демонтаже лавы, когда прекращается работа дегазации и начинается демонтаж секций, из-за обрушения пород кровли происходит нарушение схемы проветривания и может произойти выброс накопившегося под давлением метана из выработанного пространства в прилегающие горные выработки.

После изоляции отработанных участков в течение длительного времени в результате действия горного давления метан «выжимается» из окружающего массива в выработанное пространство и в результате происходит дальнейшее увеличение давления метана в замкнутом объеме. В этом случае создаются условия прорыва газа из ранее отработанных лав, где давление выше, в горные выработки, где давление ниже, при сбойках и через трещиноватые оставленные целики, которые подвергаются опорному давлению. Эта ситуация таит в себе очень большую опасность. Так, на шахте «Сокурская» 20 февраля 1978 г. (система отработки лав «через панель») при ведении подготовительных работ вприсечку к выработанным пространствам произошел выброс метана в горные выработки на стадии окончания нарезных работ в момент сбойки горных выработок. В результате горные выработки были загазированы и произошел взрыв, унесший жизни 76 горняков.

Еще более непредсказуемая и опасная ситуация возникает в момент обрушения основной кровли,

которое приводит к объединению выработанных пространств, например, при отработке спаренных лав или же отработке нижележащего столба вприсечку к коренной лаве.

Таким образом, процессы сдвижения горных пород, обрушения основной кровли и выбросы метана из призабойной части пласта и выработанных пространств неразрывно связаны между собой. 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 еще на стадии проектирования вентиляции угольных шахт. По данным прогноза должны приниматься технические решения по обеспечению проветривания, дегазационных мероприятий и допустимой нагрузки на очистной забой.

Разработанная методика прогноза шагов обрушения и газовыделения [4] позволяет рассчитывать значение абсолютного газовыделения при заданных (плановых) нагрузках на очистной забой и получить прогноз метанообильности и газодинамической опасности разрабатываемых лав.

Закономерность, связывающая выбросы газа из очистного пространства с приближением лавы к точке обрушения основной кровли, была выявлена при отработке одиночной лавы 53К-7-ЮЗ на шахте «Сокурская» в 1993-1995 гг., где четко прослеживались периодические шаги обрушений [3]. Даты загазирования участка (даты выбросов метана) совпадают с датами обрушений или им предшествуют. Фактическое содержание метана на исходящей лаве превышало предельно допустимое значение, регламентированное «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах» [5].

Разработана компьютерная программа для расчета шагов обрушения и газовыделения из очистного пространства. На рисунке 2 в качестве примера приведено одно из диалоговых окон программы с геологической и горно-технической информацией по лаве 53 К7-ЮЗ шахты «Сокурская».

Полученные результаты как по шагам обрушений, так и по газовыделению хорошо соответствуют фактическим данным. Так, в лаве 53 К7-ЮЗ общий объем выделившегося метана составил 48,2 млн. м<sup>3</sup>, а по прогнозу – 49,1 млн. м<sup>3</sup> (таблица 1).

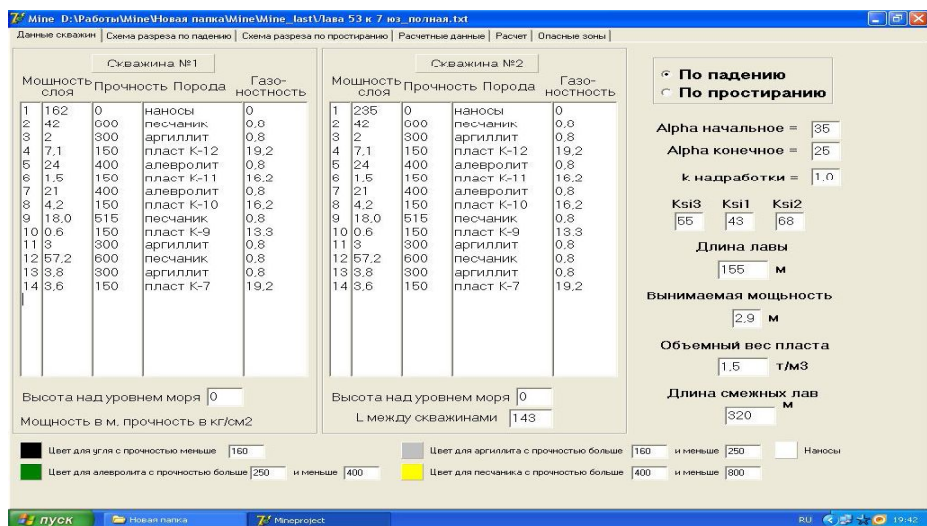


Рисунок 2 – Окно программы расчета шагов обрушения и метановыделения

Таблица 1 – Результаты расчетов шагов обрушения и объемов газовыделения по лаве 53 К7-Ю3 шахты «Сокурская»

Шаг обрушений (от целика), м	Добыча, тыс. тн	Объем метана, млн. м <sup>3</sup>	Относительная газообильность, м <sup>3</sup> /тн	Максимальная интенсивность газовыделения, м <sup>3</sup> /мин
91,7	61,86	2,083	33,7	46,8
128,8	86,86	3,209	36,9	62,5
165,8	111,76	4,560	40,8	56,7
202,6	136,57	5,958	43,6	60,6
239,2	161,28	7,351	45,6	63,3
275,7	185,90	8,738	47,0	65,3
312,1	210,41	10,120	48,1	66,8
348,3	234,83	11,496	49,0	68,0
384,4	259,15	12,867	49,7	69,0
420,3	283,38	14,233	50,2	69,8
456,1	307,51	15,593	50,7	70,4
491,7	331,55	16,948	51,1	71,0
527,2	355,49	18,298	51,5	71,5
562,6	379,34	19,642	51,8	71,9
597,8	403,09	20,981	52,1	72,3
632,9	426,75	22,315	52,3	72,6
667,9	450,32	23,643	52,5	72,9
702,7	473,80	24,967	52,7	73,2
737,4	497,18	26,285	52,9	73,4
771,9	520,47	27,598	53,0	73,6
806,3	543,67	28,905	53,2	73,8
840,6	566,78	30,208	53,3	74,0
874,7	589,79	31,505	53,4	74,2
908,7	612,72	32,798	53,5	74,3
942,6	635,55	34,085	53,6	74,5
976,3	658,30	35,367	53,7	74,6
1009,9	680,96	36,644	53,8	74,7
1043,4	703,52	37,916	53,9	74,9
1075,8	726,00	39,183	54,0	75,0
1110,0	748,39	40,445	54,0	75,1
1143,0	770,69	41,703	54,1	75,2
1176,0	792,91	42,955	54,2	75,2
1208,8	815,03	44,202	54,2	75,3
1241,5	837,07	45,444	54,3	75,4
1274,0	859,03	46,682	54,3	75,5
1306,5	860,89	47,915	54,4	75,5
1338,8	902,67	49,142	54,4	75,6

В последнем столбце таблицы 1 приведена максимальная интенсивность газовыделения в момент обрушения основной кровли при плановой нагрузке на очистной забой 1000 тонн в сутки.

При увеличении нагрузки на очистной забой увеличивается интенсивность газовыделения. Зависимость интенсивности газовыделения от нагрузки для лавы 53 К7-Ю3 представлена в таблице 2 и на графике (рисунок 3).

Таблица 2 – Интенсивность газовыделения в зависимости от нагрузки на лаву 53 К7-Ю3

Нагрузка на очистной забой, тн/сут	1000	1500	3000	5000
Максимальная интенсивность газовыделения из лавы, м <sup>3</sup> /мин	75,5	113,4	226,8	378,1

Лавы 53 К7-Ю3

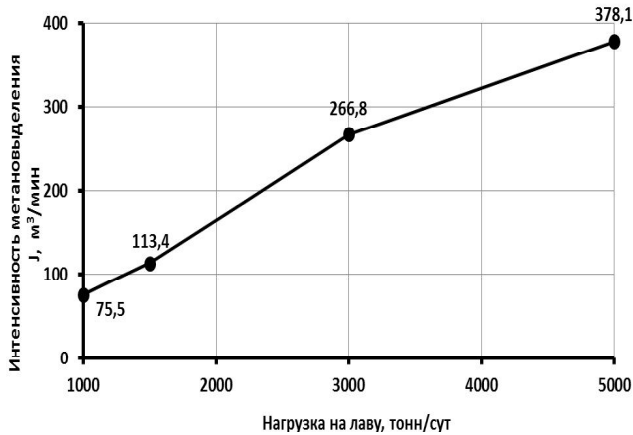


Рисунок 3 – График зависимости интенсивности метановыделения от суточной нагрузки на лаву

По разработанной методике также была выполнена проверка достоверности прогнозов шагов обрушения и объемов газовыделения по лаве 64К-10В на шахте «Саранская» [2, 3].

Шаги обрушения основной кровли в условиях лавы 64К-10В на первых 240 метрах подвигания забоя проявлялись только в виде повышенного горного давления, при этом происходило резкое увеличение метановыделения, предшествующее обрушению основной кровли.

Следует отметить, что горно-геологические условия отработки первых 240 метров подвигания лавы 64К-10В из 1200 метров общей протяженности выемочного столба можно назвать благоприятными. Во-первых, она велась в целике пласта К-10; во-вторых, под отработанным ранее пластом К-14, в защищенной от горного давления зоне; в-третьих, горное давление на очистной забой не достигло своего максимума, который прогнозируется при соединении двух ранее отработанных вышележащих лав и действующей (после 300 метров подвигания лавы 64К-10В от целика монтажной камеры).

На выемочном поле лавы 64К-10В имеются участки, подверженные совместному действию от двух до четырех зон повышенного горного давления (ПГД). На данных участках пласт и окружающие его породы

непосредственной кровли и почвы будут деформированы в результате мощного воздействия сил горного давления, что потребует особого внимания при приближении очистного забоя. В этой связи отработка лавы 64К-10В при подвигании свыше 300 метров от целика монтажной камеры велась в более сложных горно-геологических условиях, чем это было в выше-расположенных и ранее отработанных лавах 62К-10В и 63К-10В, так как общая площадь очистной выемки увеличилась почти в 3 раза.

По разработанной методике [4] выполнен прогноз шагов обрушения основной кровли, и в период с августа по октябрь 2008 г. производился мониторинг фактических значений шагов обрушений [1, 3]. Наряду с шагами обрушения выполнен прогноз метановыделения по лаве. Прогнозные и фактические объемы метана представлены в таблице 3.

Анализ графиков метановыделения по лаве 64К-10В за период с августа по октябрь 2008 г. (рисунок 4) и совмещение с фактическими шагами обрушений (вертикальные линии на графиках) также подтверждают принятую гипотезу о взаимосвязи между шагами обрушения и газовыделением.

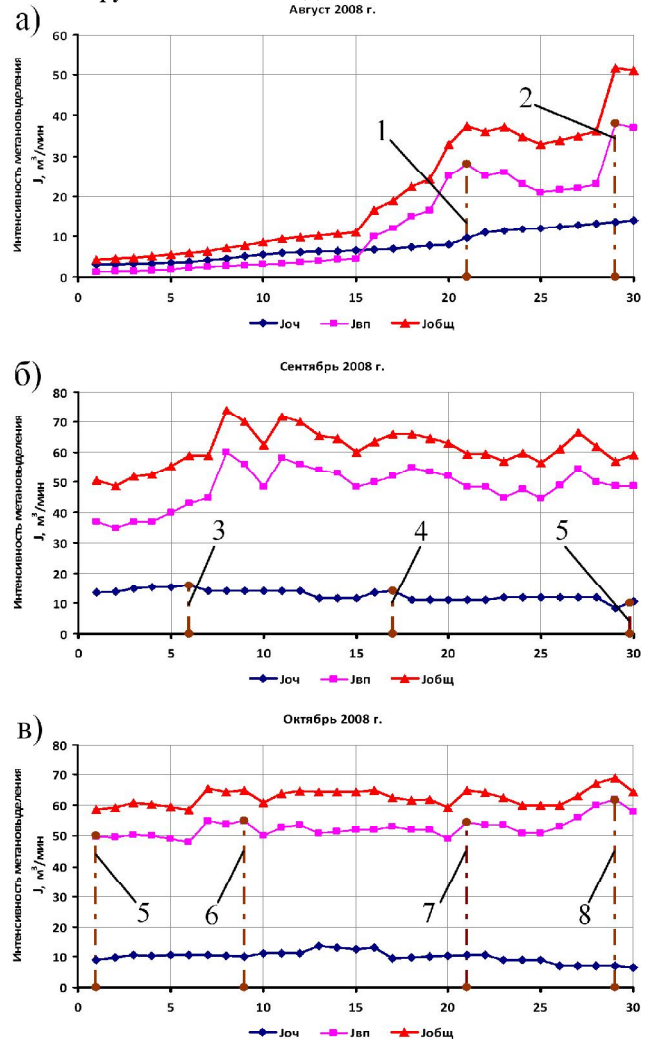


Рисунок 4 – Графики метановыделения по лаве 64К-10В за август-сентябрь-октябрь 2008 г.

После обрушения основной кровли 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 производительность всех средств дегазации, как это было в сентябре 2008 г. (рисунок 4б).

Объемы метановыделения по лаве 64К-10В (таблица 3) следует считать минимальными, так как методика расчета не учитывает тот объем метана, который мигрирует (уходит) через выработанные пространства и пустоты ранее отработанных участков по

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 <sup>3</sup>	Фактический объем метана, тыс. м <sup>3</sup>
Шахта «Саранская», лава 64К-10В				
1	21.08.2008 г.	60,0	1273,9	370,3
2	28-29.08.2008 г.	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

пластам К12 (лава 45К-12-1-3) и К14, заполняя их (это не менее 30 % от общего объема). Именно отсюда метан, как более легкий газ, попадает через незаделанные оградительные перемычки пласта К14 в исходящие струи всех четырех действующих вентиляционных стволов шахты. В связи с этим необходимо правильно вести подсчет газообильности сначала по всей шахте, затем вычитать из конечного результата среднюю газообильность всех действующих подготовительных забоев, где эта величина не превышает 2-5 м<sup>3</sup>/мин. Расчет участковой газообильно-

сти по предложенной методике будет более точно соответствовать действительности.

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 газовой выделенности и знания времени и места опасных периодов, связанных с обрушением основной кровли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пак Г.А., Долгонос В.Н. Расчет шагов обрушения основной кровли и газовой выделенности на шахтах Карагандинского бассейна // Новости науки Казахстана / НЦНТИ. Алматы: 2009. № 2. С. 43-49.
2. Пак Г.А., Долгонос В.Н. Проверка достоверности прогноза шагов обрушения основной кровли по лаве 64К-10В на шахте «Саранская» // Геология и охрана недр. Алматы, 2009. № 3(32). С. 79-80.
3. Шпаков П.С., Пак Г.А., Долгонос В.Н. Взаимосвязь шагов обрушения основной кровли и интенсивности газовой выделенности на шахтах «Сокурская» и «Саранская» Карагандинского бассейна // Научно-технический и производственный журнал «Маркшейдерия и недропользование». М., 2009. № 6. С. 70-72.
4. Методика расчета шагов обрушения основной кровли и прогноз газовой выделенности на шахтах Карагандинского бассейна // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 10. С. 31-34.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1973. 512 с.

УДК 622.411.332 (574.31)

## Динамика изменения концентрации метана в куполах большого объёма

Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ, д.т.н., профессор,

Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** горные выработки, диффузия, метан, концентрация, уравнение диффузии, ряды Фурье.

Практика ведения горных работ показывает, что в процессе проходки подготовительных выработок в результате вывалов или обрушений кровли образуются пустоты различной формы, высоты и объёма. В газовых шахтах подобного рода пустоты являются местами скопления метана и представляют повышенную опасность. В результате резкого падения атмо-

сферного барометрического давления или значительного увеличения скорости движения воздуха в выработках возможен выброс метана большой концентрации в вентиляционную систему шахты.

Вынос метана из куполов небольших размеров в обычных условиях ( $\leq 0,5$  м по высоте) осуществляется в основном за счёт действия свободных турбулентных