

УДК 622.411.33

Ю.Ю. КРЫЖАНОВСКИЙ, аспирант,
Н.И. АНТОЩЕНКО, д-р техн. наук, проф., ректор,
М.В. ФИЛАТЬЕВ, канд. техн. наук, доц.,
С.И. КУЛАКОВА, инженер; ДонГТУ, г. Алчевск

ВЛИЯНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ОСАДОК ОСНОВНОЙ КРОВЛИ И РАЗВИТИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА МАКСИМУМ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Установлены условия достижения максимумов суммарного метановыделения в горные выработки и дегазационные скважины при первичной и последующих осадках основной кровли в угольных шахтах.

Ключевые слова: газовыделение, дегазация, скважины, основная кровля, первичная осадка.

Динамика газовыделения при отработке угольных пластов зависит от стадии ведения очистных работ на выемочных участках [1]. Наиболее важным периодом для обеспечения безопасных условий отработки угольного пласта является рост газовыделения при удалении очистных забоев от разрезных печей. Увеличение метановыделения в этом случае связано как с развитием процессов сдвижения подрабатываемых угольных пластов и вмещающих пород, так и с ростом добычи угля при достижении плановых показателей. Считается, что первый абсолютный максимум газовыделения определяется осадкой основной кровли. Согласно расчетным схемам, при прочих равных условиях, уровень последующих максимумов газовыделения не должен превышать его значения при первичных осадках основной кровли. Осадку основной кровли можно считать установленным фактом, если метановыделение в дегазационные скважины, пробуренные над разрезной печью (торцевые), достигло максимума, и в последующем наблюдается его снижение до незначительных величин [1]. До настоящего времени проявление максимумов газовыделения после осадки основной кровли не изучалось. Рассматриваемая тема является актуальной, так как определение возможных максимумов метановыделения на протяжении всего периода отработки выемочных участков связано с обеспечением безопасных условий ведения горных работ.

Целью работы является установление условий достижения максимумов суммарного метановыделения в горные выработки и дегазационные скважины при последующих осадках основной кровли.

Для достижения поставленной цели методикой предусмотрели изучение влияния на формирование динамики метановыделения развития очистных работ как в пределах отдельных выемочных участков, так и всего шахтного поля. Рассмотрение суммарного газовыделения в горные выработки и дегазационные скважины позволяет установить максимумы метановыделения независимо от изменения эффективности дегазации источников скважинами на протяжении всего периода отработки выемочных участков. В анализе динамики метановыделения необходимо использовать результаты длительных шахтных наблюдений, связанных с отработкой, как отдельных лав, так и всего шахтного поля.

Такие наблюдения проведены в течении нескольких лет в условиях шахты им. газеты “Известия” ГП “Донбассантрацит” и “Суходольская-Восточная” ПАО “Краснодонуголь”. Ими обрабатывались соответственно антрацитовый пласт l_2^B на глубине 300 м и i_3' на глубине более 1000 м, содержащий угли марок К и Ж. Мощность пласта l_2^B составляла 0,90 м, а пласта i_3' в разных блоках 1,20 и 2,00-2,20 м. Дегазация подрабатываемых источников скважинами, пробуренными из подземных выработок, производилась при отработке обоих пластов. Шахтой “Суходольская-Восточная” дополнительно бурились скважины с земной поверхности. Наблюдения заключались в измерении расхода газа в исходящих вентиляционных струях воздуха и дегазационных скважинах в течение всего периода отработки выемочных участков. К анализу дополнительно привлечены также плановые замеры шахтных служб. Если придерживаться предпосылки о том, что первичная осадка основной кровли обуславливает максимальное метановыделение в торцевые скважины, то осадка основной кровли на выемочных участках шахты им. газеты “Известия” происходила при удалении очистных забоев от разрезных печей на расстояние $64 \div 119$ м (табл.1). Дальнейшее увеличение суммарного метановыделения в горные выработки и дегазационные скважины наблюдалось в ряде случаев на значительно большем удалении очистных забоев от разрезных печей. Это было вызвано дополнительным ростом метановыделения в исходящие вентиляционные струи воздуха и в скважины, пробуренные из участков выработок (рис.1). К моменту достижения абсолютного максимума суммарного метановыделения в этих случаях газовыделение в торцевые скважины выемочных участков значительно снижалось или полностью прекращалось.

Таблица 1

Результаты сравнения параметров первого максимального уровня метановыделения при удалении очистных забоев от разрезной печи с последующими пиками газовой выделение в условиях шахты им. газеты «Известия»

Лава	Длина лавы L_l , м	Последовательность отработки лав	Ширина выработанного пространства B , м	Показатели эксплуатации дегазационных скважин		Первый абсолютный максимум суммарного газовой выделение в выработки и скважины		Характеристика последующих максимальных пиков суммарного газовой выделение		Факторы, повлиявшие на изменение максимального уровня газовой выделение
				максимальное газовой выделение F_{max}^{deg} , м ³ /мин	удаление очистного забоя от разрезной печи L^o_{max} , м	максимальное газовой выделение F_{max} , м ³ /мин	расстояние между очистным забоем и разрезной печью L^c_{max} , м	абсолютный уровень газовой выделение, м ³ /мин	наиболее значимые отклонения от первого максимума суммарного газовой выделение, %	
1-я западная	185	4	1026	7,4	64	10,4	66	4,7	-54,8	Уменьшение среднесуточной добычи с 582 до 255 т; снижение газоносности с 20,0 до 11,0 м ³ /т.г.м.
2-я западная лава	200	1	200	15,4	105	53,9	464	50,4; 51,9	-6,5	Снижение газоносности с 22,0 до 18,0 м ³ /т.г.м.
3-я западная лава	215	2	415	24,3	104	48,9	332	47,1; 24,0	-50,9	Снижение газоносности с 26,5 до 19,0 м ³ /т.г.м.
4-я западная лава	210	3	625	-	-	45,9	250	48,0; 49,6	+ 8,1	Увеличение среднесуточной добычи с 651 до 1544 т
5-я западная лава	216	4	1026	34,9	90	50,3	90	57,5; 49,4	+14,3	Увеличение среднесуточной добычи с 707 до 1170 т
6-я западная лава	230	5	1256	18,3	119	31,4	119	61,6; 66,4; 52,5	+111,5	Рост газовой выделение при активизации сдвижения пород. Отработка пласта спаренными лавами общей длиной 460 м с нагрузкой более 2000 т/сут. Направление утечек воздуха через выработанные пространства отработанных лав к участковой выработке.
7-я западная лава	230	6	1486	22,0	100	-	-	-	-	-
8-я западная лава	215	7	1701	18,5*	99	50,4	99	79,6; 70,7	+57,9	Увеличение среднесуточной добычи с 1052 до 1367 т. Активизация процессов сдвижения подработанных пород при доработке 7-й лавы
9-я западная лава	250	8	1951	24,3*	85	53,8	63	45,1	-16,2	Уменьшение среднесуточной добычи с 1011 до 435 т

Примечание: * - метановыделение в скважины, пробуренные из участковых выработок вблизи разрезных печей.

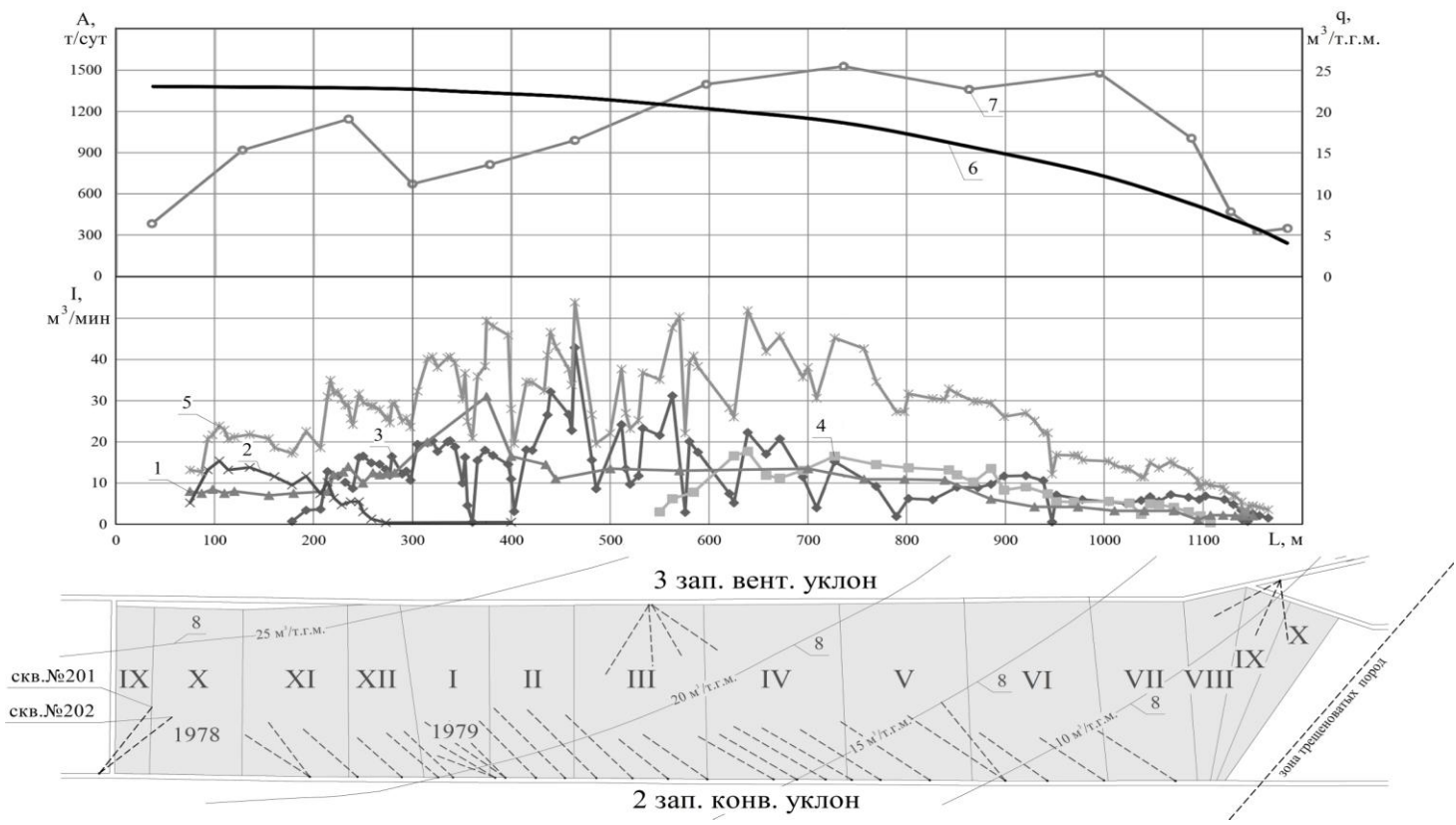


Рис. 1. Выкопировка с плана горных работ при отработке пласта l_2^6 2-й западной лавой шахты им. газеты “Известия” ГП “Донбассантрацит” и изменение динамики газовыделения (I) и добычи (A) разрабатываемого пласта:
 ▲, ×, ◆, ■, ✱ - экспериментально измеренное метановыделение; 1, 2, 3, 4, 5 – кривые метановыделения соответственно в исходящую вентиляционную струю воздуха выемочного участка, скважины №201 и №202, скважины 2-го западного конвейерного уклона и 3-го западного вентиляционного уклона и суммарного газовыделения в пределах выемочного участка; 6, 7 – соответственно кривые изменения средней газоносности разрабатываемого пласта и среднесуточной добычи угля; 8 – изолинии газоносности разрабатываемого пласта; ●----- – дегазационные скважины.

Первые абсолютные максимумы суммарного газовыделения на участках 2-й, 3-й и 4-й западных лав установлены соответственно на расстоянии 464, 332 и 250 м. Эти лавы отработывались в крыле шахтного поля соответственно первой, второй и третьей, что свидетельствует о влиянии на процессы формирования первых максимумов газовыделения из подрабатываемых пластов и пород не только первичных осадок основной кровли, но и последующих сдвижений пород при развитии очистных работ.

На всех выемочных участках, независимо от расстояния между очистными забоями и разрезными печами, первые максимумы суммарного абсолютного газовыделения были, как правило, выше или близкими к последующим пикам газовыделения. Отклонения этих пиков в сторону уменьшения вызвано снижением добычи угля и газоносности разрабатываемого и сближенных пластов (1-я, 2-я и 3-я западные лавы). Незначительное увеличение всплесков метановыделения на участках 4-й 5-й западных лав было связано с ростом добычи угля в рассматриваемые периоды (табл. 1).

На участке 6-й западной лавы произошло превышение более чем в два раза первоначального максимума метановыделения последующими пиками газовыделения. Такое увеличение было вызвано вводом в эксплуатацию 7-й западной лавы, забой которой догнал 6-ю лаву и они в дальнейшем отработывались как спаренные. Отработка пласта спаренными лавами общей длиной 460 м с суммарной среднесуточной добычей угля более 2000 т способствовало активизации сдвижения пород над выработанными пространствами ранее отработанных лав. Дополнительное количество газа, выделявшееся из выработанного пространства ранее отработанных лав, под влиянием общешахтной депрессии выносилось утечками воздуха в участковую исходящую струю 6-й западной лавы.

Аналогичная ситуация произошла под влиянием процессов активизации сдвижения подработанных пород при доработке 7-й и вводе в эксплуатацию 8-й западной лавы. Газовыделение в 8-й уклон при доработке 7-й лавы составляло $6,0 \text{ м}^3/\text{мин}$, что обеспечивало безопасные условия в этой выработке. По этой причине было принято решение о направлении общей исходящей вентиляционной струи воздуха двух участков временно, на период доработки 7-й лавы, по 8-му западному уклону. После ввода в эксплуатацию 8-й лавы ситуация резко изменилась ещё до осадки основной кровли. С первых дней работы этой лавы за счёт активизации сдвижения пород увеличилось газовыделение в 8-й уклон по всей его длине со стороны выработанного пространства 7-й западной лавы. Газовую обстановку удалось нормализовать только после прекращения работ в 7-й лаве и направлении утечек воздуха от 8-го уклона через выработанное пространство отработанных лав. Отрицательный опыт эксплуатации 6-й, 7-й и 8-й западных лав указывает на недопустимость применения любых схем провет-

ривания, когда утечки воздуха через выработанное пространство остановленных лав направлены к участковым выработкам эксплуатируемого участка.

При осадке основной кровли в 8-й западной лаве первый максимум суммарного газовыделения составил 50,4 м³/мин, а следующий пик достиг 79,6 м³/мин. Такое увеличение метановыделения объясняется ростом среднесуточной добычи угля в соответствующие периоды с 1052 до 1367 т и активизацией процессов сдвижения подработанных пород над выработанным пространством дорабатываемой 7-й лавы (табл. 1).

Из приведенного анализа следует, что при неизменных условиях эксплуатации выемочных участков первый абсолютный максимум суммарного газовыделения в выработки и скважины был не ниже последующих всплесков метановыделения. При этом первый абсолютный максимум суммарного газовыделения не всегда определялся первичной осадкой основной кровли. В большей степени он зависел от развития очистных работ в крыле шахтного поля. На участке 2-й западной лавы, которая отрабатывалась первой в шахтном поле, абсолютный максимум суммарного газовыделения был достигнут при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстояние 464 м. Первичная же осадка основной кровли, судя по достижению максимума газовыделения в торцевые скважины, произошла при удалении очистного забоя на 105 м. При отработке последующих лав и увеличении размеров общего выработанного пространства наблюдалось уменьшение расстояния между забоем и разрезной печью, при котором достигался первый абсолютный максимум суммарного газовыделения (рис. 2). Первичная осадка основной кровли, согласно экспериментальным данным максимального газовыделения в скважины, происходила на всех выемочных участках примерно на одинаковом расстоянии между очистными забоями и разрезными печами.

Первый суммарный максимум газовыделения совпал с первичной осадкой основной кровли при отработке 5-й западной лавы. Это произошло при расстоянии 90 м между очистным забоем и разрезной печью. Ширина выработанного пространства, равная сумме длин отработанных и эксплуатируемых лав, составляла к этому времени 1026 м. Первичная осадка основной кровли полностью определяла первый абсолютный максимум суммарного газовыделения при отработке и следующих лав в шахтном поле. Это подтверждается практически одинаковым расстоянием между очистными забоями и разрезными печами, при которых достигались максимумы газовыделения в скважины и суммарного газовыделения в целом по выемочным участкам (табл. 1, рис. 2).

Исходя из полученных результатов первичная осадка основной кровли определяла первый максимум суммарного газовыделения только при

определенном развитии очистных работ, как в пределах отдельного выемочного участка, так и в крыле шахтного поля в целом.

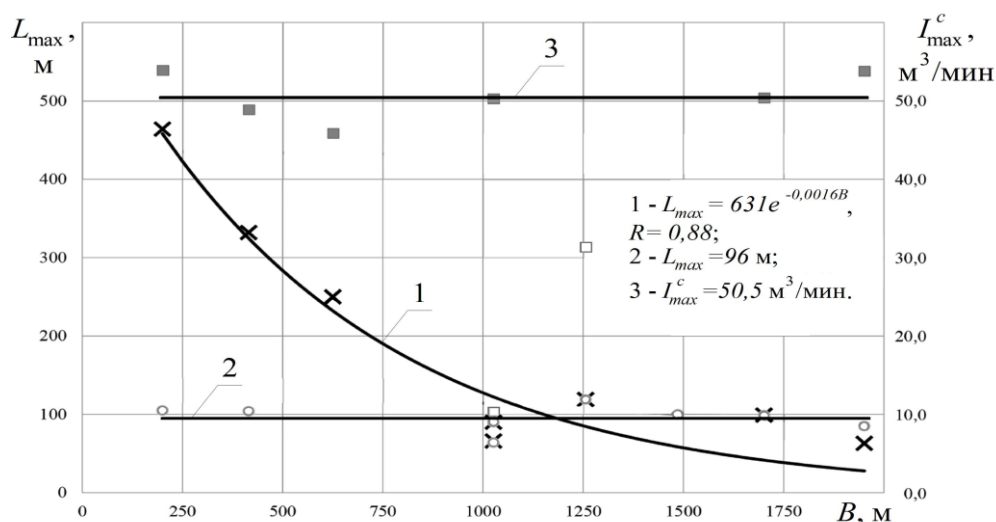


Рис. 2. Зависимость расстояния между очистным забоем и разрезной печью (L_{max}) и суммарного максимального газовыделения (I_{max}^c) от общих размеров выработанного пространства эксплуатируемой и отработанных лав (B):

\circ - экспериментально определённые значения L_{max} по максимальному газовыделению в скважины; \times - значения L_{max} , определённые по максимальному суммарному газовыделению; \blacksquare - первые абсолютные суммарные максимумы газовыделения на выемочных участках, на которых горно-геологические и горнотехнические условия изменялись незначительно; \square - первые суммарные максимумы газовыделения на участках, горно-геологические и горнотехнические условия которых существенно отличались от параметров других лав; 1 - усредняющая кривая зависимости L_{max} от размеров выработанного пространства при достижении первого суммарного максимума газовыделения; 2 – среднее значение L_{max} , определенное по максимуму газовыделения в скважины; 3 – среднее значение первого суммарного максимального газовыделения при неизменных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Согласно нормативному документу [2] сдвигение земной поверхности начинается при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстояние, равное $0,1 \div 0,3$ глубины (H) ведения работ. Для рассматриваемых горно-геологических условий ($H \approx 300$ м) это расстояние должно находиться в диапазоне $30 \div 90$ м. Осадка основной кровли, согласно максимальному выделению газа в скважины, происходила при удалении очистных забоев от разрезных печей в среднем на 96 м. Сопоставляя эти значения можно сделать вывод, что максимальное газовыделение в скважины наблюдалось после достижения процессами сдвигения подработанных пород земной поверхности, а сдвигение земной поверхности, в свою очередь, начиналось непосредственно после осадки основной кровли.

Учитывая, что осадка основной кровли не во всех случаях определяла достижение максимума суммарного газовыделения на выемочных участках, рассмотрели соотношение степени подработанности земной поверхности в двух направлениях. В одном случае рассматривали подработанность земной поверхности при удалении очистного забоя от разрезной печи до достижения I_{\max}^c . Во втором учитывали общий размер выработанного пространства (B), равный сумме длин отработанных и эксплуатируемых лав (табл. 2).

Таблица 2

Сведения о подработанности земной поверхности, определяемой длиной лавы (L_l), размерами выработанных пространств (B) и удалением очистных забоев от разрезных печей (L_{\max}^c) при достижении первого максимума суммарного газовыделения (I_{\max}^c)

Лава	Размеры выработанного пространства, определяющие степень подработанности земной поверхности			Параметры, характеризующие степень подработанности земной поверхности			
	длина лавы, L_l , м	ширина общего выработанного пространства, B , м	удаление лавы от разрезной печи при достижении I_{\max}^c , L_{\max}^c , м	$\frac{L_l}{H}$	$\frac{B}{H}$	$\frac{L_{\max}^c}{H}$	$\frac{L_l}{H} \cdot \frac{L_{\max}^c}{H}$
1-я западная лава	185	1026	66	0,62	3,42	0,22	2,12
2-я западная лава	200	200	464	0,67	0,67	1,55	0,45
3-я западная лава	215	415	332	0,72	1,38	1,11	0,99
4-я западная лава	210	625	250	0,70	2,08	0,83	1,46
5-я западная лава	216	1026	90	0,72	3,42	0,30	2,46
6-я западная лава	230	1256	119	0,77	4,19	0,40	3,23
7-я западная лава	230	1486	100	0,77	4,95	0,33	3,81
8-я западная лава	215	1701	99	0,72	5,97	0,33	4,30
9-я западная лава	250	1951	63	0,83	6,50	0,21	5,40

Во всех рассматриваемых случаях отработка отдельной лавы не могла привести к полной подработке земной поверхности (образованию плоского дна мульды сдвижения). Согласно [2] полная подработка земной поверхности происходит при отношении размеров очистной выработки и глубины ведения работ не менее $1,2 \div 1,4$. Длина лав находилась в диапазоне $185 \div 250$ м, а их отношение к глубине ведения горных работ – $0,62 \div 0,83$. При таком соотношении рассматриваемых параметров длина отдельной лавы не могла оказывать существенное влияние на общую степень подработанности земной поверхности в пределах всего шахтного поля после образования плоского дна мульды сдвижения. По этой причине зависимость степени подработанности земной поверхности (L_{\max}^c/H) в момент достижения первого максимума суммарного газовыделения рассматривали от степени развития очистных работ в пределах всего шахтного поля B/H (рис. 3).

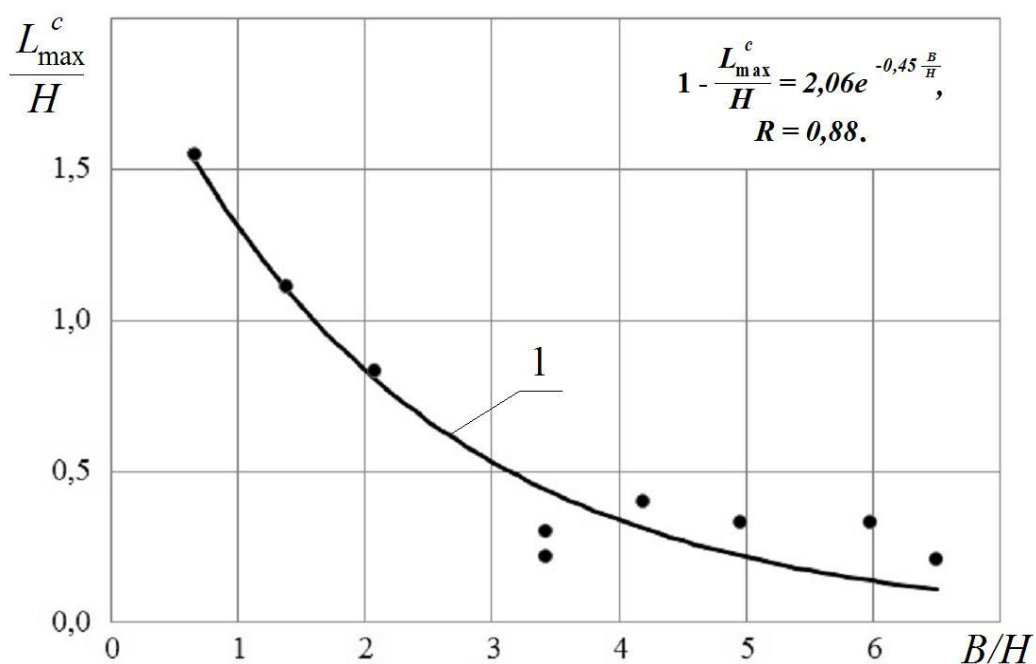


Рис. 3. Зависимость степени подработанности земной поверхности (L_{\max}^c/H) в момент достижения первого максимума суммарного газовыделения от подработанности в пределах всего шахтного поля (B/H):

- - экспериментальные данные; 1 – усредняющая кривая.

Влияние степени развития очистных работ на отношение L_{\max}^c/H практически прекратилось при $B/H \geq 3,4$. При выполнении этого условия первые максимумы суммарного газовыделения стабильно достигались при удалении очистных забоев на расстояние (L_{\max}^c), соответствующие условиям первичной осадки основной кровли и степени подработанности земной поверхности $0,21 \div 0,40$. Это указывает на возможность формирования первого максимума суммарного газовыделения при первичной осадке основной кровли только после полной подработки земной поверхности очистными работами крыла шахтного поля. Установлено [3], что параметр B/H при отработке антрацитовых пластов несколько выше рекомендуемых [2] и составляет не менее $1,8 \div 2,0$. Из сопоставления значений, характеризующих степень подработанности, соответственно при достижении максимумов газовыделения ($B/H \geq 3,4$) и образовании плоского дна мульды на земной поверхности при отработке антрацитовых пластов ($B/H = 1,8 \div 2,0$), следует вывод о некотором отставании процессов газовыделения от сдвижения подрабатываемых пород.

Достижение максимумов суммарного газовыделения при первичной осадке основной кровли не подтвердилось при отработке пласта i_3' шахтой “Суходольская-Восточная” (рис. 4). На участках 24-й восточной и 25-й западной лав первые максимумы газовыделения в скважины, соответствующие первичной осадке основной кровли, достигались при удалении очистных забоев от разрезной печи соответственно на 108 и 118 м. Максимумы же суммарного метановыделения произошли при удалении очистных забоев на 358 и 188 м. Полученные результаты указывают на отсутствие полной подработки земной поверхности в условиях больших глубин ведения очистных работ на пласте i_3' . Они подтверждают похожий механизм формирования на малых и больших глубинах максимального газовыделения при первичных осадках основной кровли и развитии очистных работ в пределах отдельного выемочного участка и всего шахтного поля.

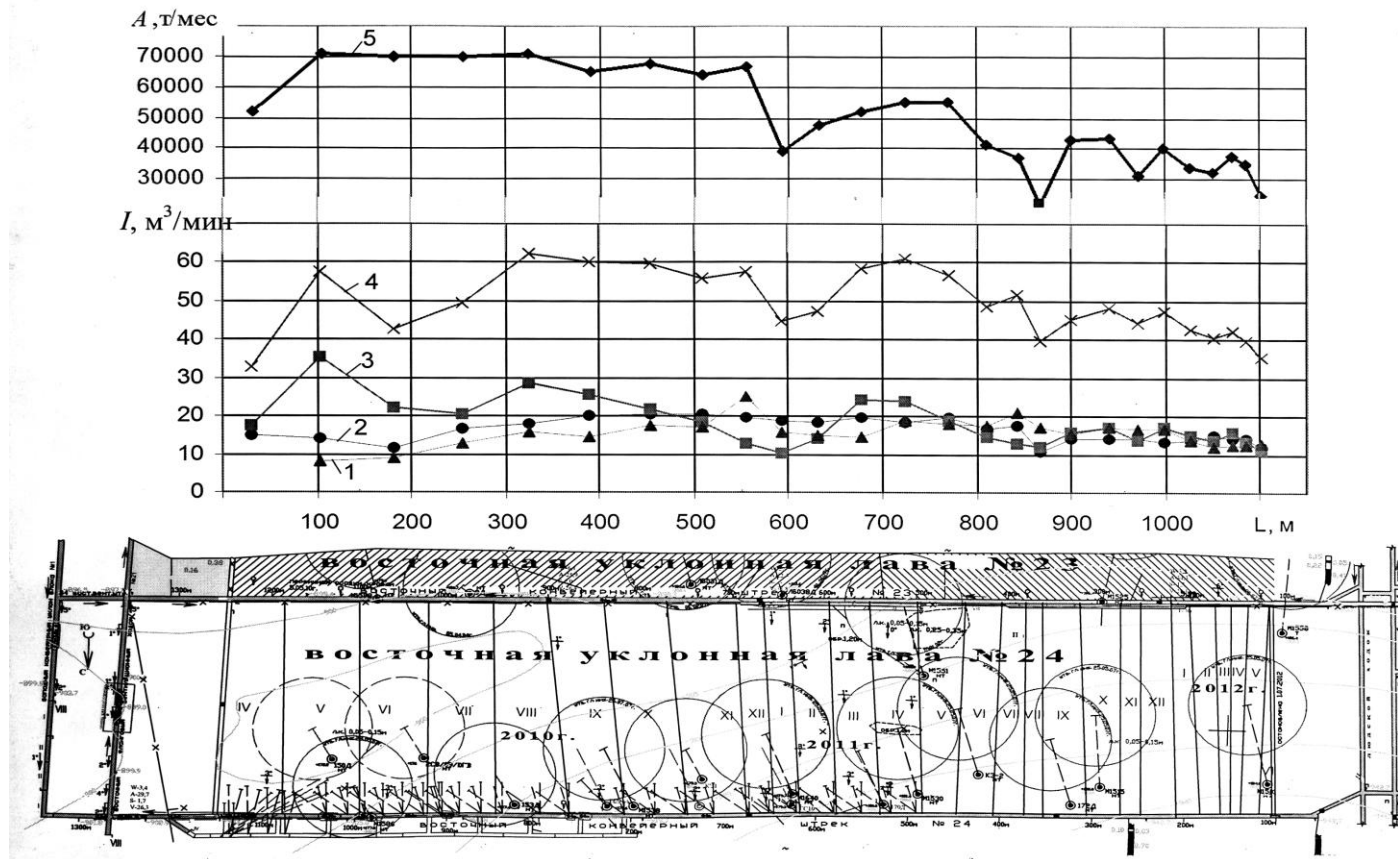


Рис. 4. Выкопировка с плана горных работ при отработке пласта i_3' 24-й восточной лавой шахты "Суходольская-Восточная" ПАО "Краснодонуголь" и изменение динамики газовыделения (I) и добычи угля (A) разрабатываемого пласта:

▲, ●, ■, ✕, - экспериментально измеренное метановыделение; 1, 2, 3, 4 – кривые метановыделения соответственно в скважины поверхностной дегазации, в исходящую вентиляционную струю выемочного участка, в скважины восточного конвейерного штрека №24 и суммарного газовыделения в пределах выемочного участка; 5 – кривая изменения месячной добычи угля; ●--- дегазационные скважины.

ВЫВОДЫ

Установлено, что достижение максимума газовыделения в скважины, пробуренные над разрезными выработками, свидетельствует об осадке основной кровли.

Максимальное газовыделение в торцевые скважины наблюдалось в условиях малых глубин (300 м) после достижения процессами сдвижения подработанных пород земной поверхности, а сдвижение земной поверхности, в свою очередь, начиналось непосредственно после осадки основной кровли.

Осадка основной кровли не всегда приводит к достижению максимума суммарного газовыделения в выработки и дегазационные системы. Дополнительным фактором достижения абсолютного суммарного максимума газовыделения является степень подработанности пород (развития очистных работ в пределах выемочного участка и всего шахтного поля).

Превышение первичного максимума последующими максимумами суммарного газовыделения возможно при изменении горно-геологических или горнотехнических условий (увеличение добычи угля или газоносности пластов, проявление процессов активизации сдвижения пород и т.д.)

Механизм формирования максимумов газовыделения под влиянием первичных осадок основной кровли и развития очистных работ на глубоких горизонтах принципиально похоже на протекание таких процессов при отработке угольных пластов на малых глубинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антощенко Н. И. Формирование динамики метановыделения из подрабатываемого массива при отработке газоносных угольных пластов: монография / Н. И. Антощенко, В. Н. Окалелов, В. И. Павлов [и др.] – Алчевск: ДонГТУ – 2013. – 221 с.

2. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.001 59226.001–2003. – [Чинний від 2004-01-01]. – К., 2004. – 128 с. – (Галузевий стандарт Мінпаливенерго України).

3. Филатьев М. В. Влияние степени развития очистных работ на максимальное оседание земной поверхности / М. В. Филатьев // Уголь Украины. – 2011. – № 4. – С. 12-16.

Получено: 11.09.2013

Встановлено умови досягнення максимумів сумарного метановиділення в гірничі виробки й дегазаційні свердловини під час первинної та наступних осіданнях основної покрівлі у вугільних шахтах.

Ключові слова: газовиділення, дегазація, свердловини, основна покрівля, первинне осідання.

The conditions of achievement of maximum of total methane release in the mine workings and degassing wells at initial and subsequent displacement of the main roof in coal mines have been defined.

Keywords: gassing, degassing, wells, the main roof, the initial displacement.