

УДК 622.834

Зависимость динамики газовыделения от параметров сдвижения углепородной толщи

Рассмотрена зависимость динамики газовыделения из подрабатываемой углепородной толщи от характерных параметров развития очистных работ в пределах выемочного участка и всего шахтного поля. Приведены зависимости максимумов газовыделения от соотношения длины лавы и расстояния между очистными забоями и разрезными печами.

Ключевые слова: газовыделение, максимальное выработанное пространство, сдвижение, породы, очистной забой, длина лавы, расстояние, размер.

Контактная информация: mfilatev@gmail.com

Постановка проблемы. Увеличение уровня газовыделения из вмещающих пород и угольных пластов, подрабатываемых очистными выработками, установлено еще в прошлом столетии. На одной из шахт Рурского бассейна, используя эффект разгрузки пород от горного давления, в 1943 г. впервые в промышленных масштабах осуществлена систематическая добыча газа [1]. Изучению связи газовыделения с напряженным состоянием горных пород и параметрами их сдвижения посвящены работы отечественных и зарубежных ученых. Исследования направлены на решение проблем дегазации сближенных пластов и вмещающих пород, предотвращения внезапных выбросов угля и газа, повышения защитного воздействия дегазации на выбороопасность сближенных пластов, прогноза уровня газовыделения в выработки и др.

Установлено, что динамика газовыделения зависит от процессов сдвижения подработанных пород. Это подтверждают теоретические положения и зависимость экспериментальных данных газовыделения от развития очистных работ и процессов сдвижения подработанных пород [2]. Наиболее существенны факторы, определяющие уровень газовыделения из подработанной углепородной толщи, – абсолютная добыча угля (скорость подвигания лавы) и степень развития очистных работ [3].

Нормативным документом [4] при прогнозе газовыделения и прочих равных условиях рассматривается только один фактор – уровень добычи угля. Такой подход не учитывает степень развития очистных работ и не позволяет прогнозировать динамику газовыделения в пределах выемочного участка или всего шахтного поля. Количественные связи параметров очистных выработок и сдвижения пород с процессами газовыделения до настоящего времени не изучались. Исследования в этом направлении – весьма актуальны, так как их результаты необходимы для реализации мероприятий по безопасной отработке газоносных угольных пластов.

Цель исследования – установить возможную направленность динамики газовыделения из подрабатываемой углепородной толщи от характерных параметров развития очистных работ как в



А. И. ДУБОВИК,
инж.

(ГП «Угольная компания
«Краснолиманская»)



М. В. ФИЛАТЬЕВ,
канд. техн. наук
(Донбасский ГТУ)



Н. И. АНТОЩЕНКО,
доктор техн. наук
(Донбасский ГТУ)

пределах отдельного выемочного участка, так и всего шахтного поля.

Материалы исследования. К характерным параметрам развития очистных работ на выемочном участке относится удаление очистных забоев от разрезных печей, при которых начинается возрастание газовыделения из подрабатываемых источников и достигаются его максималь-

ные значения. Исходя из теоретических предположений локальное максимальное газовыделение наблюдается после осадки основной кровли, а абсолютное – после сдвижения пород земной поверхности. В первом случае в зону влияния очистных работ попадают только источники газовыделения, обусловленные первичной осадкой основной кровли, во втором случае происходит нарушение исходного природного состояния углепородной толщи от разрабатываемого пласта до земной поверхности.

Отработка угольных пластов может сопровождаться разными соотношениями между длиной эксплуатируемой лавы $L_{л}$ и удалением очистного забоя от разрезной печи соответственно при осадке основной кровли L_0 и достижении процессами сдвижения подработанных пород земной поверхности L_H . Разные соотношения между параметрами $L_{л}$, L_0 и L_H определяют верхнюю границу распространения зоны полных сдвижений подработанных пород H_p с разрывом их сплошности [5].

Параметр H_p характеризует высоту зоны подработанных пород, из которой газ может поступать в горные выработки. В одних случаях значение H_p после осадки основной кровли остается постоянным, в других – увеличивается. Это определяет условия достижения максимального уровня газовыделения из подрабатываемых источников (табл. 1). Соотношения между параметрами $L_{л}$, L_0 и L_H определяют сопутствующие им возможные уровни газовыделения и процессы сдвижения подработанных пород и земной поверхности. Газовыделение I_{\max}^3 практически будет равно нулю при соблюдении соотношения $L_{л} < L_0 < L_H$. Абсолютное максимальное метановыделение I_{\max}^6 достигается при условии $L_{л} > L_0 > L_H$. В остальных вариантах соотношений $L_{л}$, L_0 и L_H возможные максимумы газовыделения будут находиться в интервале значений между I_{\max}^3 и I_{\max}^6 .

В шахтах им. газеты «Известия» и «Суходольская-Восточная» проведены наблюдения за динамикой газовыделения на протяжении отработки в общей сложности 16 выемочных участков (табл. 2). Экспериментально определены расстояния между очистными забоями и разрезными печами, при которых начиналось возрастание газовыделения из подрабатываемых источников I_H^1 и достигались максимумы газовыделения соответственно в дегазационные скважины I_{\max}^{ck} и его суммарное выделение в горные выработки и де-

газационные скважины I_{\max}^c . Дополнительно были использованы данные, полученные на шахте им. А. Ф. Засядько [6].

Результаты исследования. На основании эмпирического уравнения [7] для рассматриваемых горно-геологических и горнотехнических условий установлены расчетные значения расстояний между разрезными печами и очистными забоями L_H , при которых процессы сдвижения подработанных пород достигают земной поверхности. Аналогично, согласно работе [8], для каждого объекта определены расчетная высота зоны сдвижения пород с разрывом их сплошности (H_p^1 и H_p) при удалении очистного забоя на расстояния $L = L_H$ и $L = L_{л}$ соответственно.

При удалении очистного забоя на расстояние L , равное длине лавы $L_{л}$, образуется квадрат выработанного пространства, который определяет зону влияния очистных работ. Во время дальнейшего подвигания лавы образуется зона влияния выработанного пространства, в которой параметры новых сдвижений не изменяются до окончания отработки выемочного участка [9]. Если исходить из этого научного положения, то значения H_p при эксплуатации каждого выемочного участка будут оставаться почти постоянными, что влияет на характер динамики газовыделения.

Совместный анализ экспериментальных и расчетных параметров показал, что максимумы суммарного газовыделения в горные выработки и дегазационные скважины зависят от степени развития очистных работ (B/H) (где B – ширина выработанного пространства) в шахтном поле (рис. 1). Большим значениям I_{\max}^c соответствуют условия неполной подработки земной поверхности ($B/H \leq 1,4$). Если $B/H > 1,4$, то I_{\max}^c остается практически постоянным и находится в диапазоне 80–120 м.

Максимумы газовыделения в дегазационные скважины наблюдались после достижения процессами сдвижения пород земной поверхности (рис. 2). Это свидетельствует о том, что они формируются позже, а именно после осадки основной кровли. Зависимость $I_{\max}^{ck} = f(L_H)$ прямо пропорциональна. Параметр L_H зависит от глубины ведения очистных работ H , мощности разрабатываемого пласта m и скорости подвигания очистного забоя $v_{оч}$ [7]. Главный из этих факторов – глубина, которая до 80 % определяет значение параметра L_H [10].

МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ

Таблица 1

Возможные варианты соотношения $L_{\text{л}}$ и L_0	Характерные особенности процессов, определяющие верхнюю границу распространения зоны полных сдвижений подработанных пород и степень подработки земной поверхности	Высота верхней границы зоны полных сдвижений с разрывом сплошности	Возможные особенности процессов газовыделения	Условия достижения максимального газовыделения I_{max}
<i>Соотношение $L_{\text{л}} < L_{\text{H}}$</i>				
$L_{\text{л}} > L_0$	Первичная осадка основной кровли происходит до образования квадрата выработанного пространства со стороной $L_{\text{л}}$. Возможны последующие осадки, но процессы сдвижения пород не достигают земной поверхности	$H_{\text{p}}^1 - \text{var}$	Газовыделение происходит только из некоторой части подрабатываемых источников, так как при образовании квадрата выработанного пространства со стороной $L_{\text{л}}$ процессы сдвижения не достигают земной поверхности	I_{max}^1 достигается постепенно при удалении забоя от разрезной печи на расстояние, равное $L_{\text{л}}$
$L_{\text{л}} = L_0$	Первичная осадка основной кровли происходит до образования квадрата выработанного пространства со стороной $L_{\text{л}}$. Положение верхней границы зоны полных сдвижений по отношению к разрабатываемому пласту остается постоянной. Процессы сдвижения пород не достигают земной поверхности и мульда не образуется	$H_{\text{p}}^2 - \text{const}$		Газовыделение происходит интенсивно при $L_{\text{л}} = L_0$, $I_{\text{max}}^2 > I_{\text{max}}^1$
$L_{\text{л}} < L_0$	Первичная осадка основной кровли отсутствует. Сдвижение земной поверхности не происходит. Соотношения параметров характерны для протяженных выработок или отработки пластов камерами	$H_{\text{p}}^3 = 0$		$I_{\text{max}}^3 \approx 0$
<i>Соотношение $L_{\text{л}} = L_{\text{H}}$</i>				
$L_{\text{л}} > L_0$	После первичной осадки основной кровли происходят последующие сдвижения до образования квадрата выработанного пространства со стороной $L_{\text{л}} = L_{\text{H}}$. Процессы сдвижения пород достигают земной поверхности, мульда не формируется	$H_{\text{p}}^4 - \text{var}$	Газовыделение возможно из всех источников, так как процессы сдвижения достигают земной поверхности при образовании квадрата выработанного пространства	Максимальное значение I_{max}^4 достигается постепенно при удалении забоя на расстояние, равное $L_{\text{л}}$
$L_{\text{л}} = L_0$	Первичная осадка происходит при образовании квадрата выработанного пространства со стороной $L_{\text{л}} = L_{\text{H}}$. Процессы сдвижения пород достигают земной поверхности, мульда не формируется	$H_{\text{p}}^5 - \text{const}$		Интенсивное газовыделение происходит при удалении забоя на расстояние более $I_{\text{max}}^5 > I_{\text{max}}^4$
<i>Соотношение $L_{\text{л}} > L_{\text{H}}$</i>				
$L_{\text{л}} > L_0$	Первичная осадка основной кровли происходит до образования квадрата выработанного пространства со стороной $L_{\text{л}}$. Возможны последующие осадки, в результате которых процессы сдвижения пород достигают земной поверхности с образованием мульды	$H_{\text{p}}^6 - \text{var}$	Процессы сдвижения подработанных пород и земной поверхности получают свое максимальное развитие, что определяет максимальный уровень газовыделения	Значение I_{max}^6 достигается постепенно. Соблюдается следующее соотношение между максимальными значениями газовыделений: $I_{\text{max}}^6 > I_{\text{max}}^5 > I_{\text{max}}^4 > I_{\text{max}}^2 > I_{\text{max}}^1$

МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ

Таблица 2

Лава	Размеры выработанного пространства, м		Глубина работ H_r , м	L_r/H	V/H	Расчетное расстояние ¹⁾ L_{Hr} , м	Расчетная высота ²⁾ , м		Удаление очистного забоя ³⁾ , м			Степень подработанности ⁴⁾			
	L_L	B					H_r^1 при $L = L_L^3$	H_r^2 при $L = L_L$	l_H^1	$l_{max}^{СК}$	l_H^2	$l_{max}^{СК}$	l_H^3/H	$l_{max}^{СК}/H$	l_H^4/H
Шахта им. газеты «Известия»															
1-я западная	185	1026	298	0,62	3,42	89	64	132	60	64	66	0,20	0,21	0,22	0,30
1-бис западная	100	1126	298	0,34	3,78	66	47	71	86	86	93	0,29	0,29	0,31	0,22
2-я - » -	200	200	298	0,67	0,67	92	66	143	75	105	464	0,25	0,35	1,55	0,31
3-я - » -	215	415	299	0,72	1,38	92	66	154	80	104	332	0,27	0,35	1,11	0,31
4-я - » -	210	625	300	0,70	2,08	102	73	150	-	-	250	-	-	0,83	0,34
5-я - » -	216	1026	300	0,72	3,42	90	64	154	90	90	90	0,30	0,30	0,30	0,30
6-я - » -	230	1256	300	0,77	4,19	113	81	164	46	119	119	0,15	0,40	0,40	0,38
7-я - » -	230	1486	300	0,77	4,95	82	59	164	35	100	100	0,12	0,33	0,33	0,27
8-я - » -	215	1701	300	0,72	5,97	77	55	154	18	99	99	0,06	0,33	0,33	0,26
9-я - » -	250	1951	300	0,83	6,50	79	56	179	7	85	63	0,02	0,28	0,21	0,26
2-бис западная	200	415	300	0,67	1,38	66	47	143	82	119	119	0,27	0,40	0,40	0,22
Шахта «Суходольская-Восточная»															
12-бис восточная	240	500	965	0,25	0,52	106	76	171	50	107	349	0,05	0,11	0,36	0,11
24-я восточная	240	920	1016	0,24	0,91	154	110	171	32	102	326	0,03	0,10	0,32	0,15
25-я - » -	265	830	1198	0,22	0,69	132	94	189	6	107	237	0,01	0,09	0,20	0,11
34-я - » -	180	380	948	0,19	0,40	212	151	129	19	149	396	0,02	0,16	0,42	0,22
37-я - » -	180	740	911	0,20	0,81	233	166	129	58	199	278	0,06	0,22	0,31	0,26
Шахта им. А. Ф. Засядько [6]															
16-я восточная	270	3200	1200	0,23	2,67	363	254	189	-	-	143	-	-	0,11	0,30

Примечания: 1) – расчетное расстояние [7] между разрезной печью и очистным забоем, при котором начинается сдвигание земной поверхности; 2) – расчетная высота зоны сдвига пород с разрывом сплошности [8]; 3) – удаление очистного забоя соответственно при начале увеличения газовыделения l_H^1 , достижения максимального газовыделения в скважине $l_{max}^{СК}$ и суммарного на участке $l_{max}^{СК}$; 4) – степень подработанности земной поверхности для характерных параметров развития очистных работ.

МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ

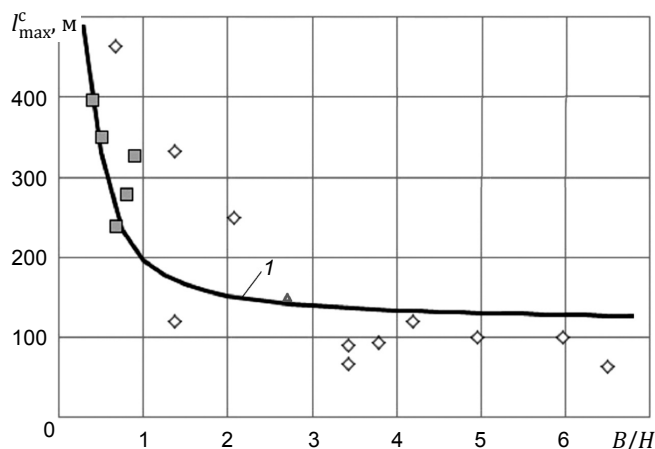


Рис. 1. Зависимость расстояния между очистными забоями и разрезными печами I_{\max}^c , при котором достигается максимум суммарного газовыделения, от степени развития очистных работ в шахтном поле V/H : $1 - I_{\max}^c = 117e^{0.52/(V/H)}$; $R = 0,86$ – корреляционное отношение; экспериментальные данные, полученные на шахтах: \diamond – им. газеты «Ивестия»; \square – «Суходольская-Восточная»; \blacktriangle – им. А. Ф. Засядько.

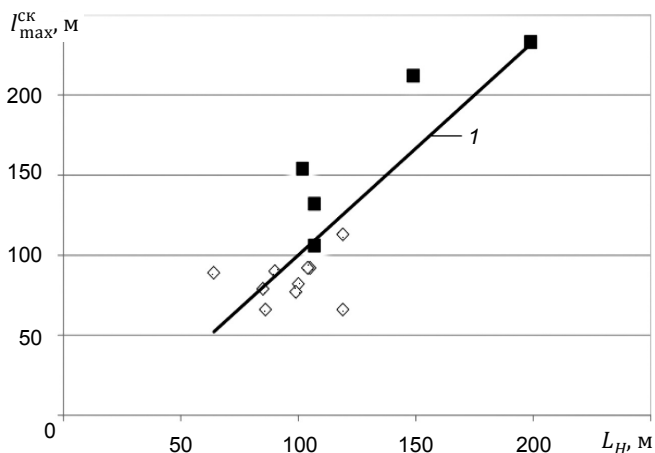


Рис. 2. Зависимость удаления очистных забоев от разрезных печей при максимальном газовыделении в скважины I_{\max}^{ck} от параметра L_H : $1 - I_{\max}^{ck} = 1,33L_H - 33$; $r = 0,82$ – коэффициент корреляции; экспериментальные данные, полученные на шахтах: \diamond – им. газеты «Ивестия»; \square – «Суходольская-Восточная».

Выводы. На основании проведенных исследований авторы установили:

- абсолютные значения максимумов газовыделения зависят от соотношения длины лавы и расстояния между очистными забоями и разрезными печами соответственно при осадке основной кровли и достижении процессами сдвижения подработанных пород земной поверхности;
- локальные максимумы газовыделения в дегазационные скважины фиксируются при удалении очистных забоев от разрезных печей на расстоянии, равные 0,09–0,40 от глубины ведения горных работ. Параметр I_{\max}^{ck} прямо пропорционально зависит от удаления очистного забоя от разрезной печи, при котором начинается сдвижение земной поверхности;
- максимальное суммарное газовыделение в горные выработки и дегазационные скважины происходит на расстоянии между очистными забоями и разрезными печами в зависимости от степени развития очистных работ в шахтном поле V/H .

ЛИТЕРАТУРА

1. Кегель К. Внезапные выбросы и дренирование газа при подземных разработках; пер. с нем. / К. Кегель. – М.: Недра, Углетехиздат. – 1956. – 52 с.
2. Антощенко Н. И. Способ оценки возможного газовыделения из пород кровли при отработке угольных пластов / Н. И. Антощенко, С. И. Кулакова, Л. А. Чепурная // Физико-техн. проблемы горн. производства: сб. науч. тр. / Ин-т физики горных процессов. – 2012. – Вып. 15. – С. 118–130.

3. Филатьев М. В. Теоретические и практические положения прогноза динамики газовыделения из подработываемых угольных пластов и вмещающих пород / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, Ю. Ю. Крыжановский // Сб. науч. тр. Донбасского ГТУ. – Вып. 2 (43). – 2014. – С. 4–11.
4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / [под ред. С. В. Янко]. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
5. Филатьев М. В. Обобщенная схема сдвижения подработанных угольными пластами пород и земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, Р. Л. Гасюк, С. В. Пыжов // Розробка родовищ: наук.-техн. зб. / НГУ. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 375–382.
6. Бокий Б. В. Перспектива извлечения метана из техногенных скоплений / Б. В. Бокий, О. И. Касимов // Уголь Украины. – 2005. – № 5. – С. 17–21.
7. Чепурная Л. А. Определение условий начала сдвижения земной поверхности при отработке угольных пластов / Л. А. Чепурная, М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко // Уголь Украины. – 2014. – № 4. – С. 7–8.
8. Филатьев М. В. Определение зон сдвижения подработанных пород с разрывом сплошности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов, А. И. Дубовик // Уголь Украины. – 2016. – № 3. – С. 9–16.
9. Лобков М. І. Розвиток наукових основ прогнозу обвалення порід покрівлі при вийманні лавою пологого пласта: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.15.02 «Підземна розробка родовищ корисних копалин» / М. І. Лобков. – Донецьк, 2012. – 36 с.
10. Филатьев М. В. Влияние глубины ведения очистных работ на сдвижение земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Сб. науч. тр. Донбасского ГТУ. – Вып. 1 (44). – 2015. – С. 29–34.