

*д.т.н. Антощенко Н.И.,
д.т.н. Окаелов В.Н., Бубунец Ю.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НАУЧНЫХ ОСНОВ ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ СБЛИЖЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Виконаний аналіз ступеню відповідності відомих методів прогнозу газовиділення з вугільних пластів, що зближені експериментальним даним та обґрунтована необхідність розробки принципово нової методики прогнозу динаміки газовиділення.

***Ключові слова:** прогноз газовиділення, вугільні пласти, що зближені, підроблений вугільний пласт, надроблений вугільний пласт.*

Выполнен анализ степени соответствия известных методов прогноза газовыделения из сближенных угольных пластов экспериментальным данным и обоснована необходимость разработки принципиально новой методики прогноза динамики газовыделения.

***Ключевые слова:** прогноз газовыделения, сближенные угольные пласты, подработанный пласт, надработанный пласт.*

Современные средства связи и вычислительной техники позволяют оперативно получать и обрабатывать текущую информацию о газовой обстановке в угольных шахтах и режимах работы дегазационных систем. Принятие последующих решений, направленных на обеспечение безопасных условий в горных выработках по газовому фактору, затруднено из-за отсутствия методик прогноза динамики газовыделения при изменении влияющих факторов.

Основное метановыделение при эксплуатации выемочных участков (до 70-90%), в большинстве случаев, происходит из подрабатываемых и надрабатываемых угольных пластов и вмещающих пород. Одним из ключевых моментов прогноза динамики газовыделения является достоверная оценка уровня метановыделения из каждого источника.

На основании газовых съемок, с достаточной для практики точностью, можно определить газовыделение из разрабатываемого пласта и выработанного пространства выемочного участка. В свою очередь газовыделение из выработанного пространства, как правило, обусловлено несколькими источниками. К ним относятся подрабатываемые и надрабатываемые сближенные угольные пласты и вмещающие породы. Оп-

ределить отдельно газовыделение из них, учитывая современное состояние науки и техники, в большинстве случаев возможно только расчетным путем, распределив общее количество газа из выработанного пространства между сближенными пластами. Установить соответствие такого распределения фактическому газовыделению из указанных источников можно косвенно, анализируя экспериментальные данные с учетом некоторых особенностей отработки каждого выемочного участка. В частности о доле метановыделения из сближенного пласта в общем газовом балансе можно судить по изменению фактического газовыделения при отработке другого сближенного пласта в ранее подработанных или надработанных этим пластом зонах. Целью настоящей работы является оценить степень соответствия известных методов прогноза газовыделения экспериментальным данным и обосновать необходимость разработки принципиально новой методики прогноза динамики газовыделения из сближенных пластов.

Учитывая важность для науки и производства рассматриваемых вопросов, актуальность работы не вызывает сомнений. К анализу привлечены результаты, полученные по методикам прогноза газовыделения для конкретных горно-геологических условий согласно нормативным документам [1,2], а также известные зависимости степени дегазации сближенных пластов от расстояния до разрабатываемого [3,4].

Общие подходы к определению доли газовыделения из сближенных пластов или степени дегазации согласно методик [1-4] принципиально не отличаются между собой. Предполагается, что на некотором предельном расстоянии от разрабатываемого пласта H_p и более, газовыделение из сближенных пластов не происходит, а следовательно и степень их дегазации равна нулю. Согласно ранее действовавшему нормативному документу это расстояние для разрабатываемых пластов рассчитывалось с учетом мощности разрабатываемого пласта (m_b), угла его залегания (α) и коэффициента ($k_{y.k.}$), характеризующего способ управления кровлей в очистной выработке [1].

$$H_p = k_{y.k.} m_b (1,2 + \cos \alpha), \text{ м.} \quad (1)$$

Для надработываемых пластов во всех случаях предельное расстояние принималось равным 35 м.

Относительное газовыделение (q_{cni}) из i -го сближенного пласта, определялось независимо от того подработан или надработан этот пласт по уравнению:

$$q_{cni} = \frac{m_{cni}}{m_b} (x_{cni} - x_{oi}) \left(1 - \frac{H_i}{H_p}\right), \text{ м}^3/\text{т}, \quad (2)$$

где m_{cni} – мощность i -го сближенного пласта, м;
 x_{cni} – метаноносность i -го сближенного пласта, $\text{м}^3/\text{т}$;

x_{oi} – остаточная метаноносность i -го пласта, $\text{м}^3/\text{т}$;

H_i – расстояние по нормали между разрабатываемым и i -м сближенным пластами, м.

Методикой действующего в настоящее время руководства [2] правая часть уравнения (2) корректируется путем введения множителя, учитывающего скорость подвигания очистного забоя ($V_{оч}$).

$$q_{cni} = 1,14V_{оч}^{-0,4} \frac{m_{cni}}{m_е} (x_{cni} - x_{oi}) \left(1 - \frac{H_i}{H_p}\right), \text{м}^3/\text{т}. \quad (3)$$

Отличия расчетов [2] от [1] состоят также в разных подходах к определению H_p для подрабатываемых и надрабатываемых пластов. Предельное расстояние для случая подработки согласно [2] производится по другой зависимости и дополнительно используется длина очистного забоя ($l_{оч}$) и коэффициент ($k_{л}$), учитывающий влияние степени метаморфизма на величину свода разгрузки.

$$H_p = 1,3l_{оч}k_{у.к.}k_{л}\sqrt{m_е}(\cos\alpha + 0,05k_{л}), \text{м}. \quad (4)$$

Для надрабатываемых пластов H_p принимается равным 60, вместо 35 м.

В уравнениях (2) и (3) сомножители соответственно $(x_{cni} - x_{oi})$ и $1,14V_{оч}^{-0,4}(x_{cni} - x_{oi})$ по физическому смыслу характеризуют возможное газовыделение из одной тонны угля i -го сближенного пласта при степени его дегазации от природной газоносности (x_{cni}) до остаточной (x_{oi}). Путем умножения указанных параметров на выражение $\frac{m_{cni}}{m_е} \left(1 - \frac{H_i}{H_p}\right)$ рассчитывается прогнозируемое относительное газовыделение из одной тонны угля каждого i -го сближенного пласта q_{cni} . Сумма $\sum q_{cni}$ определяет общее относительное газовыделение из всех подрабатываемых и надрабатываемых пластов.

Отношение $\frac{m_{cni}}{m_е} \left(1 - \frac{H_i}{H_p}\right)$ к общей сумме $\sum_{i=1}^n \frac{m_{cni}}{m_е} \left(1 - \frac{H_i}{H_p}\right)$ характеризует долю газовыделения из i -го сближенного пласта. Общее относительное суммарное газовыделение из подрабатываемых и надрабатываемых пластов в этом случае равно единице.

Предложенные зарубежными учеными [3,4], зависимости степени дегазации угля сближенных пластов при их подработке и надработке так же позволяют прогнозировать возможную долю газовыделения из сближенных пластов, учитывая их удаленность от разрабатываемого. Зарубежные ученые использовали, как и в отечественных нормативных документах, значения параметра H_p для подрабатываемых и надрабатываемых пластов. Отличие заключается в применении параметров H_p в отдельных зависимостях, независимых друг от друга, для подрабатываемых и надрабатываемых пластов.

Шульц предполагал, что при подработке дренирование газа происходило из пластов, удаленных от разрабатываемого до 100 м. Им предложена зависимость, согласно которой при $H_i = 0$ дегазация равнялась 100%, а при $H_i = H_p$ – нулю. При надработке прогнозировалась возможная дегазация сближенных пластов, удаленных до 20 м от разрабатываемого.

Подходы у остальных ученых были похожими. Отличия состояли в разном характере изменения степени дегазации при удалении сближенных пластов от разрабатываемого и использовании значений H_p , которые существенно отличались между собой.

Винтер принял H_p равным примерно 160 м при подработке и 50 м при надработке.

Штюффкент взял за основу для расчетов $H_p = 120$ м при подработке и 60 м при надработке.

В методиках Паттейского и Силезского политехнического института степень дегазации определялась в зависимости от относительной величины $\frac{H_i}{m_g}$. По Паттейскому при подработке параметр $\frac{H_p}{m_g} \gg 140$, а при надработке он принимался равным 70. Силезским политехническим институтом предложены отдельные экспоненциальные зависимости для определения степени дегазации подрабатываемых и надрабатываемых пластов с использованием параметра $\frac{H_i}{m_g}$.

Расчет прогноза доли газовыделения из подрабатываемых и надрабатываемых пластов произвели при отработке антрацитового пласта I_2^B в условиях шахты им. газеты «Известия». Выбор этого объекта обусловлен наличием экспериментальных данных об изменении абсолютного газовыделения при отработке пласта I_2^B в ненадработанной и надработанной зонах пластом I_4 [5,6].

Согласно расчетам [1] при выемке пласта I_4 газовыделение из надрабатываемых пластов происходить не будет. Это предопределено расположением первого надрабатываемого пласта I_3 от разрабатываемого I_4 на расстоянии 45 м. По методике газовыделение может происходить из надрабатываемых пластов, расположенных ближе 35 м. В данном случае прогнозируется, что весь газ в выработанное пространство поступает только из подработанных пластов. В зону влияния очистных работ по пласту I_4 попадают подрабатываемые сближенные пласты I_6 , б/н, б/н, б/н и I_5 , расположенные на удалении менее предельного расстояния ($H_p=92$ м). Прогнозируемая доля газовыделения из наиболее удаленных пластов I_6 и б/н составляет менее одного процента, и она практически равна нулю.

Определяемая согласно [2] доля газовыделения из надрабатываемого сближенного пласта I_3 составляла 7% и 5% при отработке пласта I_4

лавами соответственно длиной 100 и 150 м. Разница в доле газовыделения из одного надрабатываемого пласта вызвана распределением газовой выделения из подрабатываемых и надрабатываемых пластов по предельным расстояниям H_p с использованием общей зависимости (3). При выемке пласта l_4 лавой длиной 100 м расчеты проведены соответственно для $H_p=200$ м при подработке и $H_p=60$ м для надработки. Расчетные значения H_p при отработке пласта l_4 лавой длиной 150 м соответственно были равны 300 и 60 м. При одной величине параметра $\frac{m_{cni}}{m_e} (1 - \frac{H_i}{H_p}) = 0,14$

для надрабатываемого пласта l_3 , изменение доли газовой выделения из него вызвано разными значениями H_p для подрабатываемых пластов. В первом случае $H_p=200$ м, а во втором – 300 м. Учитывая разные геомеханические процессы, происходящие в подработанных и надработанных породах, приведенный пример свидетельствует о некорректности расчета доли газовой выделения из подрабатываемых и надрабатываемых пластов по общим уравнениям 2 или 3. Кроме этого методика построена так, что расчетная величина H_p для подрабатываемых пластов согласно [2] может превышать глубину ведения очистных работ. Такая ситуация сложилась во втором случае, когда глубина отработки пласта l_4 составляла 220 м, а предельное расстояние H_p было равно 300 м.

По аналогии с расчетом прогноза газовой выделения при отработке пласта l_4 по методикам [1,2] произвели расчет доли газовой выделения из сближенных пластов при условии первоочередной отработки пласта l_2^B , а также при его выемке в надработанной пластом l_4 зоне.

При первоочередной отработке пласта l_4 прогнозные доли газовой выделения из подработанных сближенных пластов l_6 , б/н, б/н, б/н и l_5 согласно [1] соответственно составляли 0,00, 0,00, 0,13, 0,04 и 0,83 от общего газовой выделения из рассматриваемых источников. При первоочередной отработке пласта l_2^B доли газовой выделения из подрабатываемых пластов l_5 , l_4 и l_3 соответственно составляли 0,02, 0,25 и 0,27, а из надрабатываемого пласта l_2^H – 0,46. Из результатов расчета видно, что первоочередная отработка пласта l_4 и последующая l_2^B должны были совместно повлиять только на газовой выделения из одного подрабатываемого пласта l_5 . При выемке пласта l_4 доля газовой выделения из пласта l_5 прогнозировалась равной 0,83, а при отработке пласта l_2^B – 0,02. Долю газовой выделения из пласта l_5 после отработки пласта l_4 и ведения очистных работ по пласту l_2^B в надработанной зоне определили по уравнению:

$$(1 - D_{l_4}) D_{l_5} = (1 - 0,83) 0,02 \approx 0,00, \quad (5)$$

где D_{l_4} - доля газовой выделения из пласта l_5 при отработке пласта l_4 ;
 D_{l_5} - доля газовой выделения из пласта l_5 при отработке пласта l_2^B .

В данном случае первоочередная отработка пласта l_4 привела к снижению газовыделения при выемке пласта l^B_2 в надработанной зоне, практически, только на долю газовыделения (0,25) из отработанного пласта l_4 . Относительное газовыделение из сближенных пластов должно было уменьшиться с единицы в ненадработанной зоне до 0,73 в надработанной. Основное газовыделение в выработанное пространство после отработки l_4 прогнозировалось из пласта l^H_2 , надрабатываемого l^B_2 . Расчетная доля метановыделения из этого источника в общей доле газовыделения из выработанного пространства в рассматриваемом случае прогнозировалась равной 63 %.

Применяя аналогичную схему и логическую цепочку расчета последовательно определили доли газовыделения из сближенных пластов согласно [2] при отдельной отработке l_4 и l^B_2 , а затем в надработанной зоне при эксплуатации шахтой им. газеты «Известия» выемочных участков 6-й и 7-й западных лав пласта l^B_2 .

При отработке пласта l_4 при разной длине лав (100 и 150 м) прогнозировалось газовыделение из всех подрабатываемых сближенных пластов, так как значения H_p соответственно были равны 200 и 300 м, что превышает расстояние до наиболее удаленного (172 м) подрабатываемого пласта. При $H_p = 60$ м в зону возможного газовыделения при надработке попадал только один пласт l_3 .

Длины 6-й и 7-й западных лав шахты им. газеты «Известия» были более 220 м. По этой причине расчетное значение H_p согласно [2] для этих лав было одинаковое и равнялось 512 м. Прогнозировалось газовыделение из всех подрабатываемых пластов, так как расчетное H_p превышало глубину ведения очистных работ. Предполагалось также газовыделение из четырех надрабатываемых пластов, расположенных на расстоянии мене 60 м. В обоих случаях надработка пластом l_4 вызывала согласно [2] при выемке пласта l^B_2 снижение доли газовыделения из сближенных пластов до 0,72, т.е. газовыделение должно было уменьшиться на 28%.

Приняв за основу методики иностранных исследователей [3,4], рассчитали возможную долю газовыделения из сближенных пластов при первоочередной раздельной отработке пластов l_4 и l^B_2 , а также при ведении очистных работ по пласту l^B_2 в надработанной зоне.

Расчеты произвели в следующем порядке. Используя зависимости [3,4], определили возможный коэффициент дегазации каждого сближенного пласта (k^i_o). Затем определили отношение $\frac{m_i k^i_o}{\sum m_i}$ для i -х пластов и нашли общую сумму $\sum \frac{m_i k^i_o}{\sum m_i}$. Отношение первого параметра ко второму характеризует долю газовыделения из i -го пласта от общего газовыделения, принятому равным единице.

Согласно зависимостям, предлагаемых Шульцем, максимальное снижение газовыделения при ведении очистных работ по пласту I^B_2 после его надработки пластом I_4 ожидалось на 34 %. По остальным методикам (Винтера, Штюффкента, Паттейского, Силезского института) предполагалось снижение газовыделения на 12-18 %.

Фактическое изменение уровня газовыделения при отработке пласта I^B_2 в ненадроботанной и частично надработанной зонах [5,6] существенно отличается от приведенных показателей. При ведении очистных работ в ненадроботанной зоне суммарное газовыделение в горные выработки и дегазационные скважины 7-й западной лавы пласта I^B_2 составляло более 40 м³/мин, а в частично надработанной зоне оно снизилось до 13 м³/мин.

Такое уменьшение уровня газовыделения не прогнозировалось ни одной из рассмотренных методик [1-4], которые завышали газовыделение в надработанной пластом I_4 зоне в несколько раз.

Изменение в расчетах предельного расстояния H_p для подрабатываемых пластов в диапазоне 100-512 м и в интервале 20-70 м для надрабатываемых не приводило к существенному изменению результатов расчета. Во всех семи случаях получен, по сути, одинаковый результат снижения газовыделения из сближенных пластов в надработанной зоне.

Вторым существенным недостатком почти всех рассмотренных методик является прогнозирование при выемке пласта I^B_2 в надработанной зоне доли газовыделения более 40 % из надрабатываемых пластов.

Предположили [5], что с помощью дегазации отводится весь метан из кровли, то газовыделение в дегазационные скважины будет характеризовать его долю метановыделения из подработанных пластов и пород. Несмотря на условность такого допущения, экспериментальные данные в условиях отработки пласта I^B_2 шахты им. газеты «Известия» свидетельствуют о довольно большой доле газовыделения из подрабатываемых пластов и пород, которая составляла 84-95 %.

Приведенные расчеты прогнозируемой доли газовыделения из сближенных пластов согласно [1-4] и сравнение результатов с экспериментальными данными [5,6] свидетельствуют о завышении известными методиками газовыделения в несколько раз при отработке лав в надработанных зонах. Кроме этого ни одна из методик не дала положительных результатов распределения доли газовыделения между сближенными пластами, несмотря на варьирование параметром H_p в широком диапазоне. Это свидетельствует о несоответствии научных положений, заложенных в основу существующих методик, практике отработки газоносных угольных пластов.

Несоответствие научных положений при определении степени дегазации сближенных пластов с использованием параметра H_p состоит в

том, что с удалением от разрабатываемого пласта не учитывается изменение нарушенности вмещающих пород. На расстоянии H_p от разрабатываемого пласта при подработке образуются, как минимум несколько зон, отличающихся между собой разной техногенной трещиноватостью. Она определяет интенсивность процессов десорбции газа из сближенных пластов. Следует ожидать максимальное газовыделение из подработанных сближенных пластов, попадающих в зоны беспорядочного обрушения и вертикально ориентированных трещин. Меньшей дегазации будут подвергаться более удаленные пласты. В каждой из характерных зон сдвижения подработанных пород изменение степени дегазации пластов должно описываться индивидуальной зависимостью, а не общей с использованием параметра H_p .

Для надрабатываемых пластов также необходимо учитывать характерные геомеханические процессы, определяющие интенсивность десорбции газа из угля.

Для устранения указанных недостатков и возможности разработки научных основ прогноза динамики газовыделения из сближенных пластов необходимо рассмотреть принципиально новые подходы, учитывающие геомеханические процессы в подработанных и надработанных породах и их влияние на десорбцию метана из угля сближенных пластов.

Библиографический список

1. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / ред. кол.: А.М. Карпов [и др.] ; под ред. А.М. Карпова. – М.: «Недра», 1975. – 238 с.*

2. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / ред. кол.: С.В. Янко [и др.] ; под ред. С.В. Янко. – Киев : Основа, 1994. – 311 с.*

3. *Козловский Б. Прогнозирование метановой опасности в угольных шахтах / Б. Козловский: Пер. с польского. – М.: Недра, 1975. – 152 с.*

4. *Природные опасности в шахтах, способы их контроля и предотвращения / Е.Ф. Карпов, Ф.С. Клебанов, Б. Фирчанек [и др.]. – М.: Недра. – 1981. – 471с.*

5. *Драбик А.С. О прогнозе газовыделения из сближенных пластов / А.С. Драбик, Н.И. Антощенко // Безопасность труда в промышленности. – 1986. – №2. – С. 49-50.*

6. *Антощенко Н.И. Влияние целиков угля на газовыделение при отработке сближенных пластов / Н.И. Антощенко, Н.В. Павлив // Уголь. – 1988. – №3. – С. 14-17.*

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Клишиным Н.К.