

ВИСНОВКИ

1. Метаногенераційний потенціал 173 вугільних пластів і прошарків вугілля, що залягають у вугленосній товщі родовища, сумарно по торф'яній, буровугільній і кам'яновугільній (марки ГЖ, Ж, ЖК і К) стадіях вуглеутворення складає 3798227 млн. м³.

2. Порівняння кількості метану, генерованого фітомасою при торфо- і вуглеутворенні, з його ресурсами, розрахованими за даними сучасної природної метаноносності, показує дуже великі розбіжності чисел. Однією з причин суттєвого зменшення сучасної кількості метану у вугільних пластах є довготривалий (понад 90 млн. років) період перерви в осадонакопиченні у після карбоновий час та інтенсивна тектонічна порушеність вугленосних відкладів родовища. Другою, вірогідно, може бути недостатня досконалість методів і апаратури визначення сучасної природної газоносності вугільних пластів та підрахунку запасів вуглеводневих газів.

3. Результати визначення метаногенераційного потенціалу вугільних пластів, прошарків і розсіяної вуглефікованої органічної речовини необхідно враховувати при розвідці родовищ вугілля, прогнозній оцінці газоносності вугільних басейнів і родовищ, оцінці гірничо-геологічних умов їхньої розробки та можливості утилізації метану.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волков В.Н. Генетические основы морфологии угольных пластов. – М: Недра. – 1973. – 136 с.
2. Рогозина Е.А., Норенкова И.К., Вильтовская С.В., Костюничева А.В. Генерация газов при биохимическом преобразовании органического вещества торфа //Химия твердого топлива. – 1978. – №2.– С. 30 – 33.
3. Козлов В.П., Токарев Л.В. Масштабы газообразования в осадочных толщах (на примере Донецкого бассейна) //Советская геология. – 1961. –№7. – С. 19 – 33.
4. Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. – М: Недра. – 1977. – 93 с.

УДК 622.45.001.2

Канд. техн. наук В.П. Денисенко
(ДонГТУ)

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА МЕТАНООБИЛЬНОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ – ПРОБЛЕМЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ

З урахуванням особливостей динаміки виділення метану у виробки видобувних діляниць запропоновано метод експлуатаційного поточного прогнозу метановості. Розроблено методичні рекомендації по удосконаленню існуючих методів прогнозу і запропоновано застосування конкретного типу прогнозу у залежності від етапу розробки родовища.

DEVELOPMENT OF METHODS OF PROGNOSIS OF METAN MINING MAKING COAL MINES – PROBLEMS, WAYS OF DECISION

Taking into account the features of dynamics of selection of methane in making of extractive areas the method of current prognosis of methane is offered. Methodical recommendations are developed on the improvement of existent methods of prognosis and application of concrete type of prognosis is offered depending on design time of deposit.

Достоверное и своевременное предсказание газовой опасности имеет важнейшее значение для обеспечения безопасного освоения газоносных угольных месторождений. Задачей прогнозирования метановыделения при ведении горных работ по метаноносным пластам является предсказание характера и интенсивности поступления метана в горные выработки.

С увеличением глубины и интенсивности разработки пластов процесс метановыделения все больше приобретает ярко выраженный динамический характер, в связи с этим наблюдаются частые загазирования горных выработок, в том числе до взрывоопасных концентраций. Действующие в угольной промышленности два нормативных метода прогноза метанообильности горных выработок добычного участка не отвечают современным требованиям практики, так как не учитывают динамическую природу газовыделения [1]. Этими методами определяется только средний уровень метанообильности в пределах всего выемочного столба.

До настоящего времени в угольной промышленности отсутствует текущий метод прогноза метановыделения, что не позволяет оперативно управлять метановыделением и технологией добычи угля с учетом метанового фактора. Многие исследователи решают эту проблему путем создания математических моделей динамического процесса метановыделения, его анализа с использованием математических методов для установления степени влияния различных факторов и их периодичности [2, 3]. Трудность такого прогнозирования заключается в том, что геологические и технологические факторы, влияющие на неравномерность метановыделения, действуют совместно и установить влияние каждого довольно сложно, а аналитически решить эту задачу не возможно. Для практической реализации результатов моделирования потребуется большое число исходных натуральных данных, что весьма проблематично.

Для решения конкретных задач, связанных с управлением метановыделением в горные выработки добычных участков, предлагается прогнозирование метанообильности, по аналогии с прогнозом выбросоопасности пластов, разделить на следующие типы прогноза в зависимости от этапа отработки месторождения:

- региональный, возможно использование метода прогноза метанообильности по природной метаноносности угольных пластов и вмещающих пород;
- локальный, возможно использование метода прогноза метанообильности по фактической метанообильности горных выработок при условии учета тектонической нарушенности и литологического состава вмещающих рабочих пласт массивов;
- текущий, метод прогноза метанообильности учитывающий динамику газовыделения и основанный на использовании нейросетевого моделирования.

Региональный метод применим для прогноза ожидаемой метанообильности выработок строящихся шахт и проектируемых новых горизонтов действующих.

Локальный метод применим для прогноза ожидаемой метанообильности выработок добычного участка в пределах выемочных полей при существенном изменении горно-геологических и технологических условий разработки пластов.

Текущий метод применим для прогнозирования текущего уровня метанообильности выработок и оперативного диагностирования газового состояния атмосферы в исходящих струях добычных участков.

Первый нормативный метод, по которому ожидаемая метанообильность определяется по природной метаноносности угольных пластов и вмещающих пород, основан на использовании закономерностей газоотдачи угля или газоносных пород в зависимости от конкретных природных и технологических условий разработки. Величина газоотдачи при прочих равных условиях определяется коллекторскими свойствами угля или породы и их проницаемостью.

Данный метод прогноза сравнительно универсален, причем количество метана, поступающего в выработки, определяется по источникам его выделения и устанавливается удельный вес каждого источника в газовом балансе выработки, что является важным при выборе рациональных схем проветривания и способов искусственной дегазации. Он применим для прогноза метанообильности проектируемых и действующих шахт во всех случаях, когда имеются данные по природной метаноносности угольных пластов и пород, условиям залегания пластов, горно-техническим условиям разработки, включая технологические параметры очистного или подготовительного забоя. Для условий Донецкого и Львовско-Волынского угольных бассейнов этот метод может применяться без ограничений поскольку к настоящему моменту они детально разведаны в отношении природной метаноносности и условий залегания пластов до реальных глубин разработки (1600 м).

В связи с тем, что в расчетах ожидаемого метановыделения используется значительное число исходных данных, имеющее определенную степень точности, а применяемые количественные зависимости газоотдачи от природных и технологических факторов, в основном, являются эмпирическими или логическими, метод прогноза метанообильности по природной метаноносности имеет сравнительно низкую точность. На точность вычисления метанообильности большое влияние оказывает природная метаноносность пласта – ее удельный вес в общей ошибке составляет для разных пластов 66-50 %. Около 12-18 % в общей ошибке возникает при неточности определения остаточной метаноносности [4].

Как показали результаты исследований для обеспечения 30 % точности расчета метанообильности участка ошибка определения природной метаноносности разрабатываемых пластов не должна превышать 4 %. В результате точность любого расчетного метода прогноза, основанного на разности природной и остаточной метаноносности угля, всегда будет ниже точности определения природной метаноносности. Величина возможной предельной погрешности (кроме природной метаноносности пластов) зависит еще и от горно-геологических условий и для разных условий будет различна [5].

Для установления влияния горно-геологических факторов на метанообильность добычного участка было проведено сопоставление прогнозной метанообильности выработок добычных участков с фактической метанообильностью (на примере 50 шахт Северо-Западной части Донбасса). Произведено 450 сопоставлений. Результаты сопоставления показали, что всего в 5 % случаев получена очень хорошая сходимость, 15 % - хорошая, 30 % - удовлетворительная. В остальных случаях относительное отклонение прогнозных величин от фактических превысило ± 50 % (рис. 1) [6].

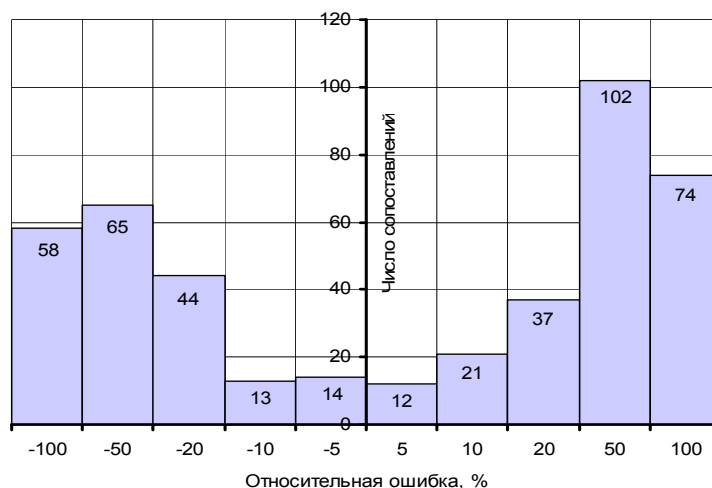


Рис.1 – Диаграмма распределения отклонений прогнозной метанообильности от фактической для условий шахт северо-западной части Донбасса

Анализ показал, что основная причина указанных отклонений состоит в том, что действующая методика прогноза не учитывает влияния литологического состава пород и тектонической нарушенности метаноносного массива. Влияние литологического фактора, исходя из результатов исследований, заключается в том, что отдельные слои монолитных пород (мелкозернистые песчаники, алевролиты) при мощности более 10 м проявляют «экранирующие» свойства [7]. Если такие литологические «экраны» располагаются на интервалах зоны разгрузки в почву пласта ($M_p = 60 m_g (1,2 - \cos \alpha)$ или $M_p = 60$ м), то они препятствуют дегазации тех пластов, которые залегают стратиграфически ниже. В этих случаях расчетные величины метанообильности (q_p) по отношению к фактическим (q_f) оказываются завышенными ($-\Delta q, \%$) [8].

В случаях, когда разрабатываемый пласт или его спутники были надработаны и находились ниже «экранирующего» слоя пород, фактическая метанообильность превышала расчетную ($+\Delta q, \%$), так как в действительности в этих пластах сохраняется природная метаноносность.

Кроме этого, для условий разработки антрацитовых пластов по данным наших наблюдений установлено, что подобные слои пород так же препятствуют дегазации подрабатываемых пластов, которые находятся выше «экранирующего» слоя. Например, на шахте «Штеровская», в условиях подработки пластов h_{11}^6 и h_{11}^n , метанообильность добычных участков пласта h_{10} , практически полностью, была обусловлена метановыделением из разрабатываемого пласта.

Результаты исследований влияния тектонической нарушенности на метанообильность добычного участка показали, что при работе лав, как в зонах крупных тектонических разрывов, так и пересечения ими малоамплитудных нарушений, наблюдается закономерное возрастание величины метанообильности [9, 10].

Величина превышения метанообильности в нарушенных зонах, по сравнению с ненарушенными в зависимости от типа нарушения, его амплитуды смещения и пространственного расположения по отношению к линии очистного забоя изменяется от 2,5 до 3,3. В таких условиях фактическая метанообильность выше расчетной на величину указанного превышения ($+\Delta q, \%$).

По второму методу ожидаемая метанообильность горных выработок определяется по фактической метанообильности выработки-аналога данного шахтопласта

$$I_p = I_\phi \left(\frac{l_{оч.р.}}{l_{оч.ф.}} \right)^{0,4} \left(\frac{A_p}{A_\phi} \right)^{0,6} k_{с.р.} k_{з.р.}, \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (1)$$

Расчетная метанообильность для проектируемой выработки устанавливается путем корректировки фактической метанообильности (I_ϕ , м³/мин) с учетом закономерностей при изменении длины лавы ($l_{оч.р.}$, м), нагрузки на очистной забой (A_p , т/сут.), системы разработки ($k_{с.р.}$) и природной метаноносности с глубиной ($k_{з.р.}$).

Несмотря на то, что данный метод сравнительно прост и в его расчетные формулы входит ограниченное число довольно точно измеряемых параметров, на практике наблюдаются значительные отклонения прогнозных величин от фактических. Величина отклонения при этом зависит от степени изменчивости условий отработки пласта в пределах данного выемочного поля.

Нами предложен усовершенствованный метод прогноза метанообильности с учетом изменяющихся условий отработки пластов.

Ожидаемое метановыделение в очистной выработке определяется по формуле:

$$I_{оч} = I_{оч\phi} \left(0,62 + 0,38 \frac{l_{оч.р.}}{l_{оч.ф.}} \right) \cdot \left(0,42 + 0,58 \frac{A_p}{A_\phi} \right) k_{с.р.} k_{з.р.}, \text{ м}^3/\text{мин} \quad (2)$$

на выемочном участке:

$$I_{уч} = I_{оч\phi} \left(0,62 + 0,38 \frac{l_{оч.р.}}{l_{оч.ф.}} \right) \cdot \left(0,42 + 0,58 \frac{A_p}{A_\phi} \right) k_{с.р.} k_{з.р.} + I_{в.н.} \left(0,62 + 0,38 \frac{l_{оч.р.}}{l_{оч.ф.}} \right) \cdot \left(0,42 + 0,58 \frac{A_p}{A_\phi} \right) k_n k_{с.р.}^1 k_\lambda k_{з.р.} \quad (3)$$

где $I_{в.н.}$ – метанообильность выработанного пространства, м³/мин. При применении дегазации: выработанного пространства – $I_{в.н.}^1 = I_{в.н.} + I_{з.отв.}$; под- и надрабатываемых толщ различными видами скважинной дегазации – $I_{в.н.}^1 = I_{в.н.} + 0,85I_{под.дег.} + 0,45I_{нов.дег.}$; k_n – коэффициент, учитывающий изменение нарушенности массива; k_λ – коэффициент, учитывающий изменение литологического состава пород массива; $k_{с.р.}^1$ – коэффициент, учитывающий очередность отработки выемочных полей по отношению к коренной лаве.

Численные значения коэффициентов определяются для конкретных условий разработки эксплуатируемого пласта.

Апробация предложенного метода прогноза применительно к условиям работы шахт Краснодонского и Луганского районов Донбасса показала хорошую сходимость прогнозных величин метанообильности с фактическими (МАРЕ до 10 %).

С учетом особенности динамики метановыделения из неоднородного газонасыщенного углепородного массива нами был предложен и запатентован способ текущего прогноза метанообильности основанный на экспоненциальном сглаживании. Недостатком указанного способа является фазовый сдвиг в случаях резких и кратковременных повышений величины метанообильности, что

приводит к значительному росту (21,0 – 30,0 %) погрешности определения прогнозной величины [11].

В дальнейшем был предложен более совершенный способ прогноза метанообильности основанный на использовании нейросетевого моделирования [12]. Способ позволяет прогнозировать уровень метанообильности и диагностировать газовое состояние атмосферы в исходящих струях добычного участка и тупиковых выработок, а также газоотводящих выработок и трубопроводов при применении дегазации выработанного пространства, с использованием текущих данных аэрогазового и сейсмоакустического контроля, о количестве добытого угля и метана, извлекаемого системами скважинной дегазации. Прогноз осуществляется в реальном времени, с необходимым временным шагом прогнозирования, определяемым характером решаемой задачи, в условиях крайней неравномерности метановыделения на больших глубинах разработки и при высокой нагрузке на очистной забой.

Результаты апробации указанного способа, проведенной в условиях шахт Краснодонского района, показали высокую точность прогноза уровня метановыделения (МАРЕ – среднеабсолютная процентная погрешность не более 3 - 4 %) и способность адаптироваться к изменяющимся условиям ведения горных работ.

Выводы.

Предложено использовать три метода прогноза метанообильности горных выработок в зависимости от этапов разработки месторождения в сложных условиях отработки угольных пластов. Для оперативного управления горными работами с учетом метанового фактора разработан прогрессивный текущий способ прогноза метанообильности, учитывающий динамический характер процесса метановыделения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – С. 3 – 53.
2. Иванов Ю.А. Математическая модель и методы экстраполяции изменения содержания метана на выемочном участке/ Ю.А. Иванов // Материалы межд. конфер. «Форум горняков-2007». – Днепропетровск: НГУ, 2007. – Т. 1 – С. 92 – 100.
3. Подлипенская Л.Е., Бубунец Ю.В. Исследование динамики метановыделения выемочного участка / Л.Е. Подлипенская, Ю.В. Бубунец // Сб. науч. трудов ДонГТУ. – Алчевск: ИПЦ «Ладо», 2007. – № 23. – С. 56 – 66.
4. Пигида Г.Л. К вопросу о точности расчетного метода прогноза газообильности угольных шахт / Г.Л. Пигида, В.М. Бережной // Труды / МакНИИ. – М., 1969. – Т. XX : Вопросы безопасности в угольных шахтах. – С. 44 – 53.
5. Денисенко В.П. О точности расчетного метода прогноза метанообильности добычных участков / В.П. Денисенко // Сб. науч. трудов ДонГТУ. – Алчевск: ИПЦ «Ладо», 2006. – № 22. – С. 32 – 43.
6. Денисенко В.П. Совершенствование методики прогнозирования метанообильности очистных выработок в условиях глубоких горизонтов шахт (на примере Северо-Западного Донбасса) / В.П. Денисенко // Сб. науч. тр. Донб. гор.-мет. ин-та. – Алчевск: ДГМИ, 2001. – Технология, механизация и автоматизация горных работ. – С. 100 – 115.
7. А.с. 1767196 А1 СССР, МКИ Е21Г 7/00. Способ прогноза метанообильности выемочных участков / В.П. Денисенко, Н.Г. Матвиенко, А.В. Шестопалов, Н.А. Денисенко (СССР). – № 4860563; заявл. 20.08.90; опубл. 07.01.1992, Бюл. № 37. – 6 с.
8. Денисенко В.П. Вопросы совершенствования методики прогнозирования метанообильности шахт Донбасса // Вестник МАНЭБ. – Санкт-Петербург: №2 (26), 2000 – С. 94 – 95.
9. Кузьмин Д.В., Недвига С.Н. О метанообильности выемочных участков в зонах геологических нарушений // Уголь Украины, 1988, №6. – С. 32 – 33.
10. Денисенко В.П. О метанообильности очистных выработок в зонах малоамплитудной нарушенности пластов // Сборник научных трудов. – Алчевск: ДГМИ, 1998. – С. 61 – 64.
11. Спосіб поточного прогнозу метановості. Патент на корисну модель № 25473 10.08.07. Денисенко В.П., Маркін В.О., Абакумова О.В., Лепіло Н.М.
12. Спосіб прогнозу метановості гірничих виробок. Патент на корисну модель № 31559 10.04.08. Денисенко В.П.