

УСТАНОВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗОНЫ ГАЗОВОГО ДРЕНИРОВАНИЯ В НАДРАБОТАННОМ МАССИВЕ С УЧЕТОМ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОД

Встановлені літотипи порід, які проявляють газоекрануючі властивості, і розміри зон газового дренажу з урахуванням розташування літологічних екранів. Запропонована методика прогнозу метановості виробок видобувної ділянки з урахуванням літологічного фактору.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Надрабатываемый метанонасыщенный массив пород является одним из основных источников поступления метана в горные выработки добычного участка. Метан из пород и угольных пластов, разгруженных от горного давления за счет упругого восстановления в результате их наработки, поступает в зависимости от условий разработки, как в выработанное пространство действующей лавы, так и непосредственно в призабойное пространство. Выделение метана из почвы пласта происходит чаще всего в виде суффляров техногенного происхождения (суффляры второго рода) различной интенсивности или в виде внезапных разрушений пород почвы, которые сопровождаются прорывами метана из массива и характеризуются высокой интенсивностью и большими объемами выделения [1]. Последние являются наиболее опасными из всех видов газодинамических явлений в угольных шахтах. Так, при расследовании двух крупнейших газовых аварий, происшедших на шахте им. А.Ф. Засядько в сентябре 2006 г. и ноябре 2007 г. в 13 восточной лаве пласта ℓ_1^1 , специалистами отмечалось, что внезапные прорывы метана из почвы пласта явились наиболее вероятной причиной загазирования выработок, что привело к катастрофическим последствиям [2].

С увеличением глубины разработки и интенсивности отработки пластов количество указанных газодинамических явлений увеличивается, а также возрастают масштабы выделения метана из надрабатываемых массивов.

С другой стороны, при нисходящем порядке отработки свиты сближенных пластов, наработка является эффективным мероприятием для снижения метанообильности выработок ниже залегающих пластов и

выбросоопасных свойств угольных пластов и слоев метаноносных пород [3]. При этом основным параметром, характеризующим степень дренирования угольных пластов и метаноносных пород и, соответственно, остаточное содержание метана в них, является размер зоны газового дренирования в почве надрабатываемого пласта.

Исследование и разработка методов расчета выделения метана из надрабатываемых пластов и газоносных пород является одной из важных задач рудничной аэрогазодинамики. Ее решение непосредственно связано с изучением напряженно-деформированного и газодинамического состояния надрабатываемого массива. В общепринятых моделях степень газового дренирования и снижения выбросоопасности определяется, в основном, удаленностью надрабатываемого пласта или слоя породы от разрабатываемого пласта и прочностными свойствами пород междупластья, влияющими на их деформационные характеристики при упругом восстановлении.

В последнее время получены новые данные, указывающие на тесную связь процессов газовыделения из надрабатываемого массива с литологическим составом и тектонической нарушенностью. Поэтому установление размеров зоны газового дренирования, пространственного положения ее границ в надрабатываемом массиве с учетом влияния указанных факторов и усовершенствование, на этой основе, метода прогноза метанообильности выработок добычного участка является актуальной научно-технической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Действующие сейчас в угольной промышленности нормативные документы по прогнозу ожидаемых величин метановыделения из надрабатываемого массива в горные выработки добычного участка [4] для случая разработки пологих и наклонных пластов предельный размер газодренирующего влияния устанавливают равным $M_p=60$ м. При разработке крутых пластов размер зоны рассчитывается по формуле: $M_p=m_g k_{y.k.} (1 - \cos \alpha)$ и он зависит от вынимаемой мощности пласта (m_g , м), способа управления кровлей ($k_{y.k.}$) и угла падения пласта (α). В обоих случаях в нормативном методе прогноза литологический состав и тектоническая нарушенность не учитываются. При опережающей разработке пластов порядок построения защищенных зон регламентируется [5] и предусматривает определение размеров защищенной зоны с учетом содержания в междупластовой толще песчаников. При увеличении их содержания с 30% до 60% размер защищенной зоны уменьшается на 30-40%. В работе [6], отмеченная неэффективность защитного действия при междупластье менее 60 м в условиях крутого залегания, объясняется наличием мощного слоя (до 50 м) крепкого песчаника, препятствующего развитию упругого восстановления и дегазации выбросоопасного пласта. В работе [7] эффектив-

ность защитного действия при опережающей разработке пластов сводится к влиянию наличия известняка и его расположения относительно защищаемого пласта в составе пород междупластья. В работе [8] показано, что в случае залегания над известняком глинистых пород формируется биструктурное сочетание пород, названное авторами «газоэкранирующим интервалом», под которым образуется «газовый карман», представляющий собой микрозалежи свободного газа. Рекомендуется закладывать скважины на такие интервалы для их дегазации.

Формирование, в подстилающих пласт породах, зон, опасных по внезапным прорывам метана из почвы, как отмечено авторами работы [1], всецело зависит от литологического состава пород. Внезапные разрушения почвы с прорывом метана, как правило, происходят, когда почвой выработки являются слои более крепких пород – песчаников и песчаных сланцев, а залегают такие породы с угольными пластами высокой и средней степени метаморфизма. В итоге обязательными условиями для возникновения такого вида газодинамического явления должны быть достаточная прочность слоев пород и низкая их газопроницаемость. Кроме этого, под прочным слоем породы должны залежать менее прочные породы, в том числе угольные или углисто-сланцевые пропластки, способствующие образованию полостей, заполненных метаном в свободном состоянии.

Приведенный анализ показал, что литологический фактор является определяющим в формировании размеров дегазированных и защищенных зон в надрабатываемом массиве в результате его опережающей наработки.

Постановка задачи. Цель настоящей работы – установление размеров зон газового дренирования в надрабатываемом массиве с учетом литологического состава пород и его тектонической нарушенности для разработки метода прогноза поступления метана в горные выработки добычного участка и оценки степени дегазации надрабатываемых пластов.

Задачи исследований:

– собрать и обобщить данные о фактической метанообильности выработок добычных участков в различных условиях отработки угольных пластов Донбасса;

– выделить литотип и установить мощность слоев пород, обладающих газоэкранирующими свойствами, на основе сравнения прогнозных величин метанообильности, рассчитанных по стандартной методике, с фактическими;

– установить размеры дегазированных зон с учетом пространственного расположения экранирующих слоев по отношению к надраба-

тывающему пласту и разработать методические рекомендации по прогнозу метановыделения из надработанного массива.

Изложение результатов исследований.

Надежным критерием, характеризующим степень дегазации угольных пластов в результате их надработки, является метанообильность выработок добычного участка. Степень дегазации углепородного массива оценивалась посредством расчета величины ожидаемой метанообильности по стандартной методике прогноза и сравнения ее с фактическими величинами метанообильности.

В случае если прогнозная метанообильность выработок пласта, обрабатываемого в свите в первую очередь при нисходящем порядке отработки, была выше фактической, то проводилась оценка величин газопритоков из каждого конкретного пласта или пропластка, расположенных на интервале предельной зоны разгрузки при надработке, равном 60 м. На этом интервале выделялся слой породы, который потенциально обладал газозакранирующими свойствами. В случае, если суммарный газоприток из пластов-спутников, располагающихся ниже указанного слоя был соизмерим с разностью между прогнозной величиной метанообильности и фактической, то такой слой породы считался литологическим экраном.

Для установления литотипа пород и диапазона мощностей, в котором наблюдается экранирующий эффект в зависимости от степени метаморфизма, глубины залегания и других факторов разработки были использованы данные по фактической метанообильности добычных участков в различных геологических и технологических условиях отработки. При этом особое внимание уделялось литологическому составу пород, залегающих между разрабатываемыми пластами в свите.

Исследования проводились на 450 шахтоучастках за период их полной отработки шахт Северо-Западного района Донбасса, которые разрабатывают свиты сближенных пластов практически во всем диапазоне изменения горно-геологических условий, характерном для Донецкого бассейна: марочный состав углей изменялся от «газовых» (Лисичанский район) до антрацитов (Хрустальский район); природная метаноносность – от 10 м³/т с.б.м. до 35 м³/т с.б.м.; углы падения – от 2° до 40°; глубина разработки – от 300 м до 950 м; в тектоническом отношении – донные части синклиналей и сводовые антиклиналей, крылья складок, лежащие и висячие крылья крупных разрывных нарушений.

Результаты сопоставления прогнозных (расчетных) значений метанообильности с фактическими показали, что значения прогнозной метанообильности выработок добычных участков отклоняются от фактических значений как в большую (+) сторону, так и в меньшую (-). Эти

отклонения в зависимости от условий разработки в относительных единицах составляют от 5% до 80-90%.

Было установлено, что в тектонически спокойных зонах при первоочередной выемке пласта в свите, при нисходящем порядке ее отработки, наблюдается уменьшение метановыделения из пластов-спутников, расположенных в надрабатываемом массиве в случае, когда на интервале зоны разгрузки в почву пласта, равной 60 м, залегает один или несколько слоев газонепроницаемых пород, которые обладают газозакранивающими свойствами. На основе анализа литологического состава пород межпластовых толщ их прочностных и структурных характеристик было установлено, что слои алевролитов, мелкозернистых песчаников или их сочетания мощностью свыше 9-10 м и коэффициентом крепости по шкале Протодяконова равным 5-7 и выше обладают газозакранивающим эффектом [9].

Наличие таких слоев на интервале зоны разгрузки при надработке подтверждается сопоставлением значений прогнозной и фактической метанообильности в данных условиях. В этом случае величина прогнозной метанообильности всегда выше фактической на величину, численно равную суммарному прогнозируемому метановыделению из тех пластов-спутников, которые расположены ниже слоя породы-экрана (таблица).

Так, на шахте «Вергелевская» Алмазно-Марьевского района отрабатывается три пласта алмазной свиты ℓ_6 , ℓ_5 , ℓ_4 на глубине 400-450 м, сложенные углями марки Т. При расстоянии между пластами ℓ_6 и ℓ_5 37-38 м в верхней части межпластовой толщи залегает выдержанный по мощности (до 16 м) песчаник (рис. 1(5)). Под пластом ℓ_5 , на расстоянии 4-8 м, залегает песчаник мощностью 8,0-8,5 м, который ниже переходит в алевролит (10 м). Ниже пласта ℓ_4 , на расстоянии 1,0 м, залегает песчаник мощностью 5-6 м, который также переходит в алевролит. При первоочередной отработке пласта ℓ_6 пласт ℓ_5 по прогнозу [4] должен быть частично дегазирован и его остаточная метаноносность после надработки пластом ℓ_6 должна снижаться пропорционально удаленности его от надрабатываемого пласта. Расчеты показывают, что в пластах ℓ_5 , а также ℓ_4 , сохраняется природная метаноносность угля благодаря наличию в межпластовой толще газозакранивающих пород.

Таблица – Результаты сопоставления прогнозной (расчетной) и фактической величины метановыделения на добычном участке

| Индекс пласта | Участок пласта (блок, горизонт) | Относительная метанообильности вработок, м ³ /т | | Отклонение прогнозной метанообильности от фактической, м ³ /т | Метановыделение из надрабатываемых пластов, ниже «экрана», м ³ /т |
|----------------------------|---------------------------------|--|-------------------|--|--|
| | | прогнозная q_p | фактическая q_f | | |
| Шахта «Вергелевская» | | | | | |
| l_6 | центр. | 11,32 | 9,9 | 1,52 | 1,37 |
| l_5 | -“- | 10,96 | 7,9 | 3,06 | 3,04 |
| l_4 | -“- | 6,37 | 4,5 | 1,87 | 2,20 |
| Шахта «Штеровская» | | | | | |
| h_{11}^6 | зап.г.12 | 41,1 | 20,6 | -20,5 | 23,08 |
| | цен.г.11 | 36,5 | 16,3 | -20,2 | 19,65 |
| | цен.г.12 | 40,1 | 19,5 | -20,6 | 19,98 |
| | вост.г.11 | 25,6 | 9,2 | -16,4 | 15,12 |
| | вост.г.12 | 10,1 | 5,2 | - 4,9 | 5,53 |
| Шахта «Новодружеская» | | | | | |
| l_5 | зап.№2 | 12,6 | 14,1 | 1,5 | 1,41 |
| l_2^1 | вост.№1 | 18,7 | 15,5 | 3,2 | 3,00 |
| l_2^1 | зап.г.840 | 22,8 | 20,0 | 2,8 | 2,90 |
| Шахта «Кременная» | | | | | |
| k_8^H | вост. | 19,8 | 15,4 | 4,4 | 4,00 |
| Шахта им. В.Р. Менжинского | | | | | |
| l_8^6 | южн.№2 | 39,4 | 29,1 | 10,3 | 9,80 |
| l_8^6 | южн.№1 | 42,3 | 30,9 | 11,4 | 11,20 |
| l_2 | южн.г.845 | 19,6 | 17,1 | 12,5 | 2,00 |
| l_2 | сев.г.845 | 27,2 | 19,5 | 7,7 | 7,40 |

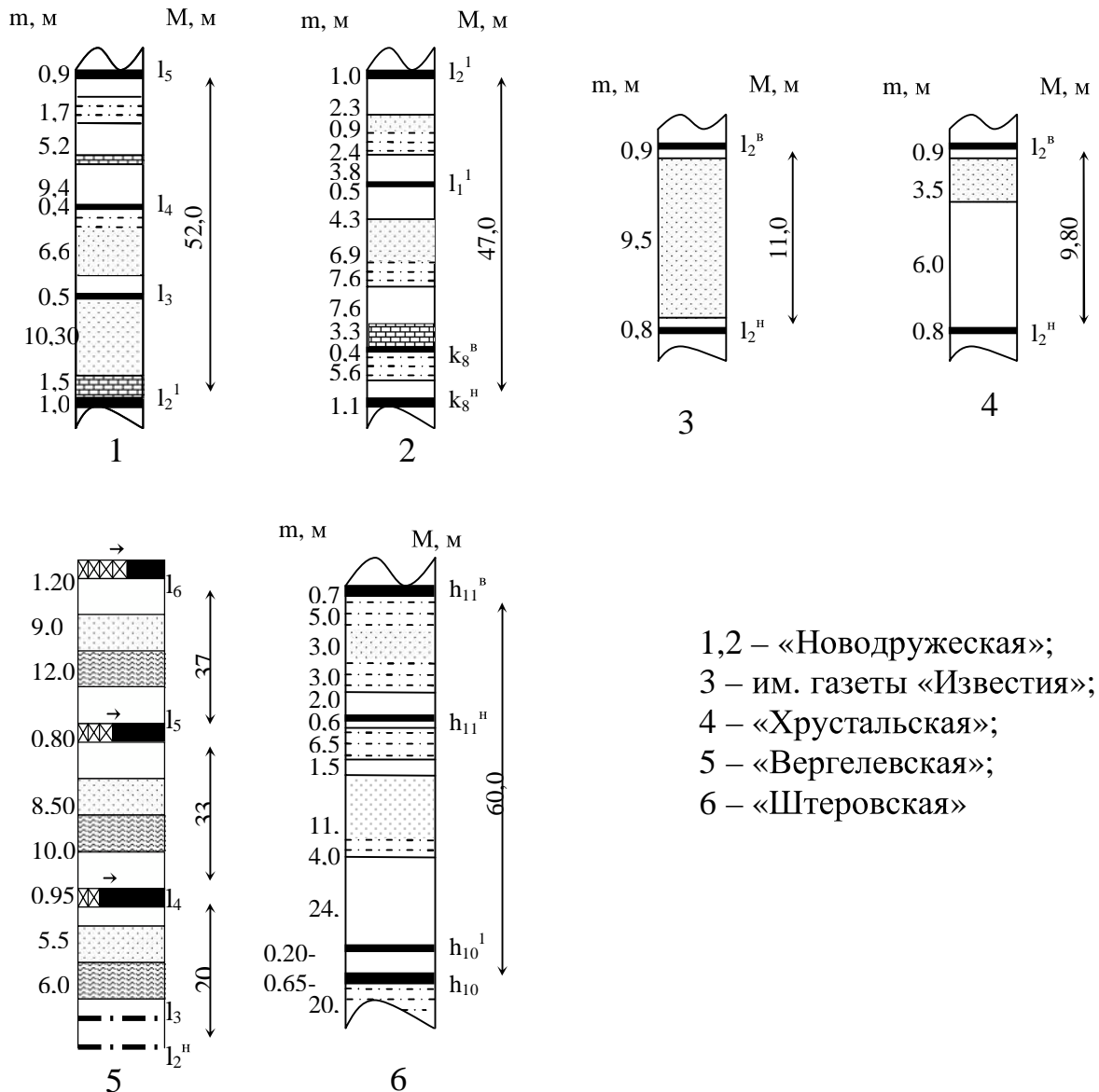


Рисунок 1 – Литологический состав пород междупластья угольных шахт Донбасса

На бывшей шахте «Штеровская» в Ореховском районе отрабатывался антрацитовый пласт h_{11}^B , в почве которого на интервале зоны разгрузки (60м) залегали четыре угольных пласта-спутника, а непосредственно в почве пласта залегал слой породы алевролитопесчаного состава мощностью 11 м (см. рис. 1(6)). Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что дегазация нижележащих пластов в результате их надработки не происходит и в них практически сохраняется природная метаноносность. Следует отметить, шахты «Новодружеская» и «Кременная» отрабатывали пласты, сложенные углем марки Г, шахта им. В.Р. Менжинского – марки Ж,К.

На примере отработки антрацитовых пластов ℓ_2^B и ℓ_2^H шахтами «Хрустальская» и им. «Известий» в Хрустальском районе показано влияние мощности газозакрирующего слоя породы на дегазацию надрабатываемого пласта. На шахте «Хрустальская» метанообильность выработок добычного участка по пласту ℓ_2^H , который разрабатывался в условиях надработки его пластом ℓ_2^B , в среднем составила 2,4-3,0 м³/мин. В межпластовой толще мощностью 10-10,5 м залегал плотный песчаник мощностью 9,0-9,5 м. На шахте им. «Известий» пласт ℓ_2^H надрабатывался пластом ℓ_2^B , расстояние между пластами по нормали составляло 10 м, но мощность песчаника уменьшилась до 3,5 м (см. рис. 1). Метанообильность выработок при этом по нижнему пласту не превышала 0,6-0,7 м³/мин. Расчеты показали, что пласт ℓ_2^H в условиях ш. «Хрустальская» практически не дегазировался. Природная метаноносность угля сохранялась после надработки пласта.

Для условий отработки 6 угольных пластов марки Г шахтой им. 60 лет Советской Украины были выполнены расчеты, результаты которых подтверждают газозакрирующие свойства пород песчаного состава (рис. 2, 3). Для каждого рабочего пласта были рассчитаны величины прогнозной метанообильности добычных участков по стандартной методике. Результаты сопоставления прогнозных значений с фактическими представлены на рис. 3. Корректировка расчетных величин метанообильности с учетом влияния литологического фактора (наличия породы-экрана) проводилась следующим образом. Из величины метановыделения из надрабатываемого массива для конкретного рабочего пласта исключалось прогнозное метановыделение из пластов-спутников, которые залегают ниже породы-экрана.

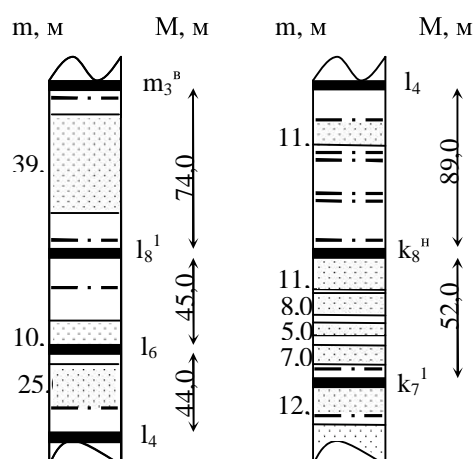


Рисунок 2 – Литологический состав пород междупластья шахты им. 60 лет Советской Украины

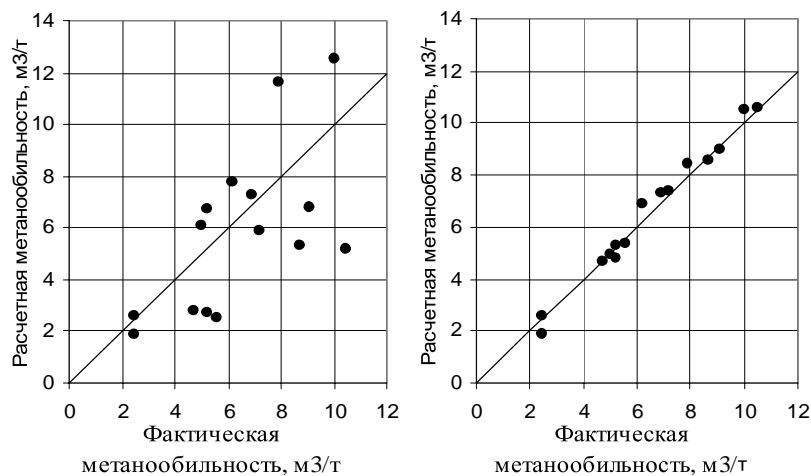


Рисунок 3 – Сопоставление расчетных и фактических значений метанообильности выработок без учета литологического состава (1) и с учетом (2) по данным ш. им. 60 лет Советской Украины

Для тех пластов, которые попадали в зону надработки от вышележащего пласта и пространственно были расположены ниже экранирующего слоя породы в расчетах использовалась природная метаноносность угля. Результаты сопоставления после корректировки представлены на рис. 3 (2). Они показали хорошую сходимость прогнозных значений с фактическими.

Приведенные данные являются частью типичных примеров влияния литологического состава пород на газообильность выработок. Из приведенных результатов исследований следует, что размеры зоны газового дренирования при надработке в случае наличия слоев пород-экранов совпадают с расстоянием по нормали от подошвы надрабатываемого пласта до экранирующего слоя. Размеры зоны газового дренирования для исследованных условий залегания пластов изменялись в пределах от 60 м до нескольких метров. При залегании слоя породы-экрана непосредственно в почве разрабатываемого пласта размеры зоны дренирования могут составлять первые метры. Это наблюдалось на шахтах «Украина», при разработке пласта k_5^1 , им. В.Р. Менжинского пласт l_8^B , им. 60 лет Советской Украины пласт k_8^H , «Штеровская» пласт h_{11}^B . В таких случаях породы-экраны при уменьшении мощности и высокой газоносности пластов могут представлять опасность в отношении внезапных разрушений почвы с прорывом метана и возникновения суфляров из почвы, если непосредственно под слоем породы-экрана залегают угольные пласты или слои углистого сланца.

Практическая реализация полученных результатов. Для прогнозируемых участков пласта (новые горизонты, выемочные столбы, прирезаемые резервные участки) по известной методике определяют прогнозное значение метанообильности выемочного участка без учета литологического состава междупластья. На этих участках пласта в интервале расчетной зоны разгрузки по геолого-разведочным данным выделяют литологический слой, имеющий экранирующие свойства. После этого в прогнозное значение вводят поправку путем исключения из прогнозного значения метанообильности величины суммарного газопитока из надрабатываемых пластов, расположенных ниже литологического экрана. При этом, в расчетах ожидаемой метанообильности выработок залегающего ниже пласта, который будет разрабатываться в условиях наработки, в качестве исходных данных, используют величину остаточной метаноносности пластов, расположенных выше литологического экрана.

$$X_{oi}^1 = X_o + (X - X_o) \frac{M_{cn}^i}{60}, \text{ м}^3/\text{т}$$

где X_o – остаточная метаноносность угля, зависящая от марки угля и температуры массива, $\text{м}^3/\text{т}$;

X – природная метаноносность, $\text{м}^3/\text{т}$;

M_{cn}^i – расстояние по нормали от рабочего пласта до i -го пласта-спутника, расположенного выше слоя-экрана, м;

60 – предельная зона разгрузки в почву пласта при наработке, м.

Для пластов-спутников, расположенных ниже слоя-экрана, используют природную метаноносность ($\text{м}^3/\text{т}$).

Выводы.

В результате проведенных исследований установлено, что слои песчаных пород (алевролиты, мелкозернистые плотные песчаники) проявляют экранирующее действие при определенной мощности и коэффициенте крепости пород в пределах тектонически спокойных зон. Экранирующими свойствами указанные типы пород обладают в широком диапазоне изменения метаморфизма угленосных отложений (от марки Д до А). Экранирующий эффект отсутствует в зонах повышенной трещиноватости и тектонических нарушений разрывного характера.

Размеры зон газового дренирования зависят от расположения слоя-экрана в геологическом разрезе – границы зон пространственно совпадают с поверхностью залегания породы-экрана.

Предложена методика прогноза метанообильности с учетом литологического фактора, повышающая точность определения величины ожидаемой метанообильности выработок добычного участка.

Полученные результаты позволят разработать рекомендации по установлению эффективности защитного действия опережающей надработки при эксплуатации выбросоопасных пластов.

Установлены литотипы пород, которые проявляют газозащитные свойства, и размеры зон газового дренирования с учетом расположения литологических экранов. Предложена методика прогноза метанообильности выработок добычного участка с учетом литологического фактора.

Are set litotipi rocks, which show gazoekran properties, and sizes of areas drenaja of gas taking into account the location of litological screens. The method of prognosis of the metan making of output area taking into account a litological factor is offered.

Библиографический список

1. Внезапные разрушения почвы и прорывы метана в выработки угольных шахт /А.М. Морев, Л.А. Скляр, И.М. Большинский, С.М. Клойзер, В.Т. Водолаский. – М.: Недра, 1992.– 174 с.

2. Так что же произошло на шахте им. А.Ф. Засядько // Информ.-аналит. бюл. Минугленпрома Украины «Чистый четверг». – К., 2007. – вып.4 (16). – С. 41- 50.

3. Евдокимова В.П. Статистический способ определения эффективности защитного действия опережающей надработки выбросоопасных пластов / В.П. Евдокимова, В.П. Коптиков, И.А. Южанин. – Донецк, Вебер, 2007. – 265 с.

4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.– К.: Основа,1994.–С.3-53.

5. НАОП 1.130-5.06-89. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа / Минугленпром СССР. – М.: Минугленпром, 1989. – 191 с.

6. Генкин В.А. Установление границ зон разгрузки и защищенных зон при разработке защитных пластов на шахтах Центрального района Донбасса / В.А. Генкин, Ю.К. Калинин, Н.А. Никифоров, О.А. Агранат// Сб. научных трудов ВНИМИ. – Ленинград,1974. – №91. – С. 242-245.

7. Николин В.И. Влияние состава пород междупластья на параметры зон защиты и его классификация / В.И. Николин, А.В. Агафонов, М.Ф. Малюга, А.Д. Гончаров // Уголь Украины. – 1998. –№1. – С. 32-35.

8. Лукинов В.В. Методика построения карт газоэкранирующих интервалов / В.В. Лукинов, В.А.Баранов, Н.Э. Капланец// Труды ИГТМ НАНУ. – Д.: ИГТМ НАНУ. – Вып. 37.– 2002. – С. 57-61.

9. Способ прогноза метанообильности выемочных участков А.с. 1767196 А1 СССР № 4860563 20.08.90. Денисенко В.П., Матвиенко Н.Г., Шестопалов А.В., Денисенко Н.А. Бюл. №37, 1992.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Фрумкиным Р.А.