

УДК 622.411.332

Пащенко П.С., канд. геол. наук, ст. научн. сотр.
(ИГТМ НАН України)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА НА ШАХТЕ
ИМ. М.И. КАЛИНИНА**

Пащенко П.С., канд. геол. наук, ст. наук. співр.
(ИГТМ НАН України)

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН СКУПЧЕННЯ МЕТАНУ НА ШАХТІ
ІМ. М.І. КАЛІНІНА**

Pashchenko P.S., Ph.D. (Geol.), Senior Researcher,
(IGTM NAS of Ukraine)

**DETECTION OF METHANE ACCUMULATION ZONES
IN THE M.I. KALININ MINE**

Аннотация. Выполнено исследование влияния геологических факторов на дегазацию углепородного массива. Главная задача - определить зоны скопления метана для их последующей дегазации. Применение ряда геологических факторов для прогноза зон метана позволит рассмотреть углепородный массив, в котором проводятся горные работы, как сложную систему, формирующуюся под действием геологических, геомеханических и геодинамических процессов и правильно скорректировать дегазационные работы. Для выбора геологических факторов и определения влияния их на дегазацию проводились исследования на шахте им. М. И. Калинина, которые заключались в анализе и построении прогнозных карт зон скопления метана и сопоставления с фактическими данными по дегазации. Полученные результаты свидетельствуют о правильности подхода к решению проблемы, качественную связь между исследуемыми параметрами.

Ключевые слова: метан, геологические факторы, угольный пласт, трещины, коллекторы.

Дегазация угольных пластов и вмещающих пород, обеспечивающая безопасные условия ведения горных работ, является неотъемлемой частью технологического процесса добычи газоносных углей [1-3]. Она применяется на большинстве шахт, разрабатывающих высокогазоносные угольные пласты. Известно, что при работе лавы газ выделяется из разрабатываемого угольного пласта, из пород кровли и почвы, а также поступает в горные выработки из выработанного пространства шахты. Существующие способы дегазации базируются на бурении скважин с поверхности земли, по угольному пласту, в породы кровли и почвы, а также на использовании газопроводящих труб в выработанном пространстве, с последующим подключением их к вакуумным насосам для откачки метана.

Увеличение глубины разработки и интенсификация добычных работ на крупнейших шахтах Донбасса обострили проблему обеспечения безопасности и показали настоятельную необходимость разработки новых, научно-обоснованных принципов подхода к организации дегазационных работ на угольных шахтах.

Решение проблем дегазации углепородного массива имеет три аспекта. Первый и самый главный – обеспечение безопасности ведения горных работ на газонасыщенных угольных пластах. Второй – добыча метана как углеводородного сырья. Третий – снижение выбросов метана в атмосферу и улучшение экологической обстановки.

Существующие методы дегазации в полной мере не учитывают характер протекающих в углепородном массиве геомеханических процессов и реакцию на них различных по литологическому составу слоев пород. Отсутствуют методики определения пространственных и временных параметров источников газовой выделения в горные выработки, что препятствует правильной организации работ по дегазации, целевому заложению дегазационных скважин на конкретные источники газовой выделения, последовательности проведения буровых и дегазационных работ. Не достаточно рассматриваются проблемы интенсификации передовой дегазации угольных пластов путем искусственного возбуждения в них геодинамических процессов, способствующих увеличению газоотдачи.

Шахты Донбасса характеризуются значительными поступлениями метана в горные выработки из вмещающих пород и обрабатываемых угольных пластов, что не позволяет напрямую заимствовать опыт организации дегазационных работ, накопленный в передовых странах мира – США, Германии, Англии, где основными источниками газовой выделения в шахты являются угольные пласты и пропластки (спутники) [4-5].

В то же время результаты изучения геомеханических процессов, протекающих в шахтах при ведении очистных и подготовительных работ, полученные ИГТМ НАН Украины, показывают возможность использования их для определения параметров формирующихся зон дренирования газа в породах кровли и почвы разрабатываемого угольного пласта, оценки ресурсов газа в этих зонах, выбора методов и средств извлечения метана из этих зон. Принципиально важным является вопрос не о дегазации пород кровли или почвы вообще, а о дегазации конкретных геодинамических зон, формирующихся над и под разрабатываемым угольным пластом. Метан, поступающий в горные выработки шахты, ранее [6] был условно разделен на две составляющие: «быстрый газ» – поступающий в очистной забой из разрабатываемого угольного пласта и из пород непосредственной и основной кровли; «медленный газ» – поступающий в горные выработки через выработанное пространство из пород почвы и пород, залегающих над основной кровлей.

«Быстрый газ» необходимо забирать дегазационными скважинами, пробуренными по угольному пласту, породам кровли и почвы.

«Медленный газ» должен быть отобран вертикальными скважинами, пробуренными с поверхности, или длинными скважинами, пробуренными из горных выработок для отбора газа из пород, залегающих выше основной кровли.

Рассматривая углепородный массив, в котором проводятся горные работы, как сложную систему, формирующуюся под действием геологических, геомеханических и геодинамических процессов, необходимо задачи его дегазации решать с учетом влияния этих процессов как на формирование скоплений ме-

тана, так и на процессы дегазации.

Комплексная дегазация углепородного массива включает предварительную дегазацию, текущую дегазацию и постэксплуатационную дегазацию.

Объектом предварительной дегазации являются породы - коллекторы, расположенные в непосредственной близости от рабочего угольного пласта, которые в благоприятных геологических условиях способны без дополнительного воздействия отдавать метан. К таким объектам могут быть отнесены песчаники, залегающие над рабочими угольными пластами в зонах развития локальных антиклинальных складок. С позиций оценки ресурсов извлекаемого дегазацией метана важную роль имеет параметр газоемкостных свойств песчаников, который определяется с учетом положения палеопотоков. Эффективность проницаемости массива зависит от ориентировки скважины относительно направлений главных составляющих поля напряжений и ее учет необходим при выборе параметров заложения скважин.

Предварительная дегазация может быть осуществлена как скважинами, пробуренными с поверхности, так и подземными скважинами. Если на шахтном поле геологическими построениями выделяются купольные структуры, локальные антиклинальные складки, или участки тектонических нарушений, они могут рассматриваться как зоны скопления метана в природных ловушках. Породами коллекторами в этих зонах выступают, как правило, песчаники, газоемкостные свойства которых обусловлены пористостью, а фильтрационные характеристики – трещиноватостью хрупких пород (песчаников) в местах пликативных и дизъюнктивных дислокаций.

Объектом текущей дегазации являются угли и породы, залегающие в почве и кровле рабочего пласта, а также сам рабочий пласт угля. Учитывая, что основной объем газа выделяется из пород кровли и пород примыкающего к лаве выработанного пространства, подземные дегазационные скважины текущей дегазации бурятся на эти объекты. Эффективность текущей дегазации может быть увеличена за счет рационального расположения дегазационных скважин с учетом геологических особенностей и напряженно-деформированного состояния горного массива. Участие в текущей дегазации поверхностных скважин может быть более эффективным, если будут изменены технологические параметры крепления ствола скважины. Необходимо решить проблему изоляции водопритоков в скважины с вышележащих горизонтов путем увеличения толщины цементного кольца за эксплуатационной колонной.

Постэксплуатационная дегазация осуществляется на объектах, которые представляют собой разуплотненный подработанный горный массив. Целевым объектом являются песчаники и угольные пласты - спутники, положение которых рассчитывается для конкретных условий. Технология бурения и вскрытия этих объектов подземными скважинами определяется исходя из геологических, геомеханических и геодинамических условий. Количество и качество извлекаемого метана будет рассчитано после анализа экспериментальных данных скважин, пробуренных на выработанное пространство с целью извлечения техногенного метана. Постэксплуатационная дегазация также будет осуществляться

ся поверхностными скважинами. Для расчета параметров работы таких скважин необходимо пробурить одну параметрическую скважину с определением коллекторских свойств, газодинамических параметров и геофизических характеристик массива.

Работы, выполненные в ИГТМ НАН Украины позволили получить следующие результаты по оценке геологических, геомеханических и газодинамических характеристик.

Разработанные методики построения карт локальных структур [7], изопахит, палеопотоков и газоэкранирующих горизонтов [8] для песчаников, вмещающих основные угольные пласты, использованы применительно к шахте им. М.И. Калинина для выполнения дегазационных работ по основному угольному пласту h_{10} .

По данным каротажных диаграмм, карт и разрезов была построена схематическая совмещенная карта палеопотоков и локальных структур, изопахит и газоэкранов для шахтного поля, перспективного для последующих работ. Указанные построения позволили выделить перспективные участки зон скопления метана (рис. 1), применительно к шахтному полю.

В качестве примера приведем связь газообильности горных выработок и усредненных локальных структур для поля шахты им. М.И. Калинина. Для этого были совмещены план горных работ пласта h_{10} и карта усредненных локальных структур. Исходя из того, что газообильность на шахте фиксируют среднюю за месяц, исследуемые лавы были разбиты на количество месяцев отработки и отмечены значения меняющейся газообильности. После этого были сопоставлены изолинии усредненных локальных структур в лавах с выделенными месяцами отработки и построены графики закономерности связей газообильности и значений усредненных локальных структур представленные на рисунках 2 – 3.

Приведенные графики хорошо иллюстрируют высокую связь усредненных положительных локальных структур с изменением газообильности горных выработок при прочих равных условиях. Расчет коэффициентов корреляции между изменением значений превышений усредненных локальных структур и газообильности горных выработок для исследуемых лав поля шахты им. М.И. Калинина, составил в пределах 0,78 – 0,79, а произведенный расчет надежности коэффициентов корреляции (μ) составил от 7,18 до 7,5 данные представлены в таблице 1.

Таким образом, полученные результаты подтверждают правильность принятой модели формирования газодинамического состояния массива и требуют его детальной оценки на локальном уровне – в пределах столбов лав и выемочных участков. Такие работы позволят более точно прогнозировать объемы извлекаемого метана, определять рациональные места и параметры заложения дегазационных скважин, организовать устойчивую и эффективную работу дегазационной сети шахты, снизить метанообильность лав, повысить процентное содержание метана в метано-воздушной смеси дегазационных трубопроводов, и, как следствие, увеличить количество утилизируемого метана и вырабатываемой электроэнергии.

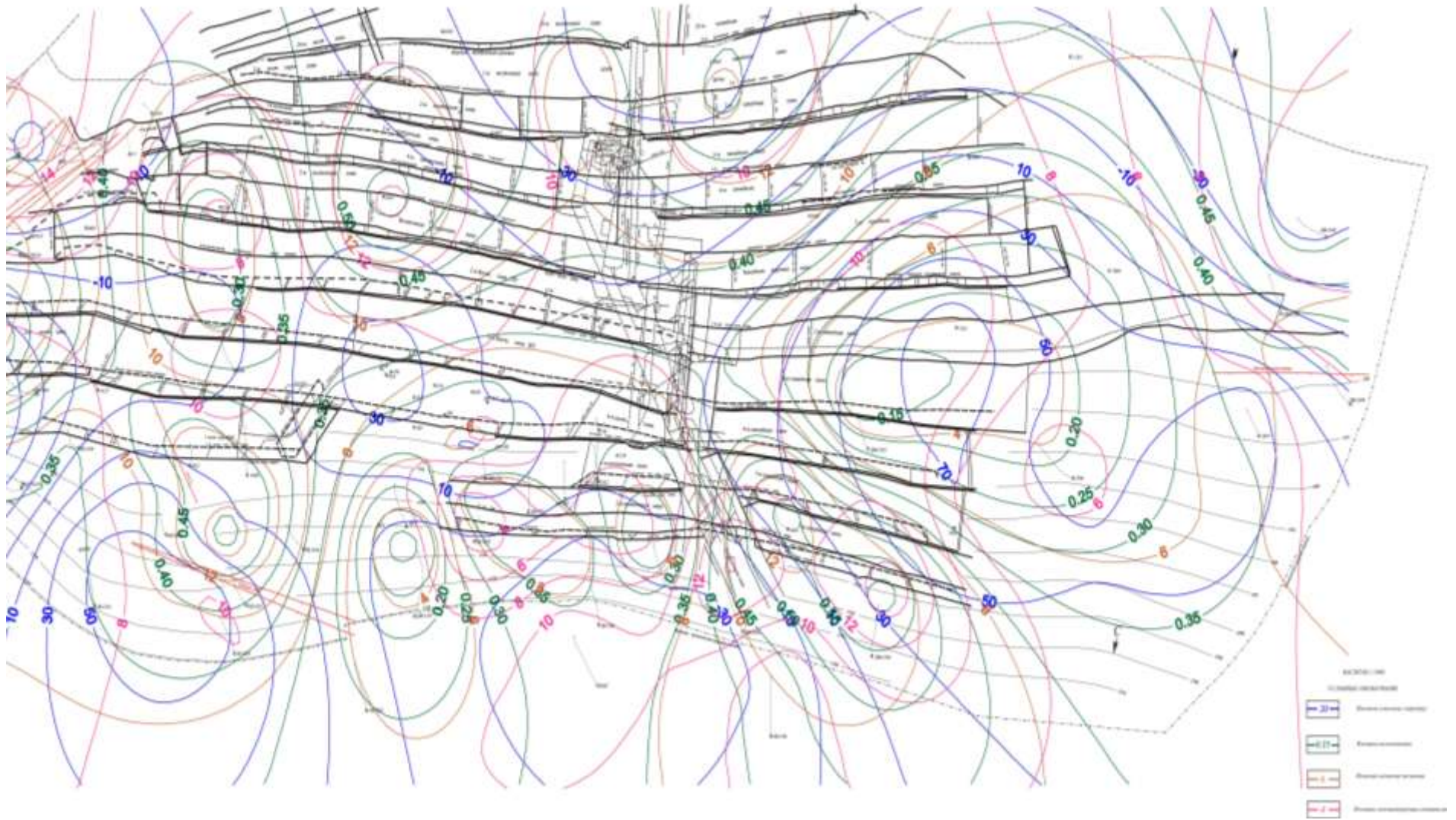


Рисунок 1 - Схематическая совмещенная карта угольного пласта h₁₀ шахты им. М.И. Калинина

Таблица 1 - Значения коэффициентов корреляции между превышениями усредненных локальных структур и газообильностью горных выработок на поле шахты им. М.И. Калинина

| Название лавы | Значение коэффициента корреляции, r | Надежность коэффициента корреляции, μ |
|---|-------------------------------------|---|
| 1 – й восточной лавы ВПУ пласта h ₁₀ | 0,78 | 7,18 |
| 2 – й восточной лавы пласта h ₁₀ | 0,79 | 7,50 |

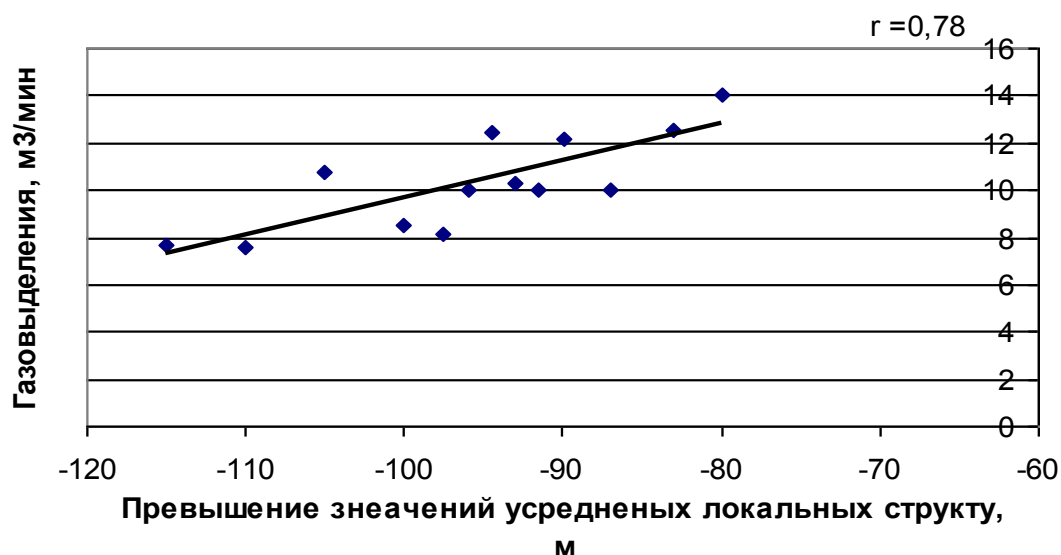
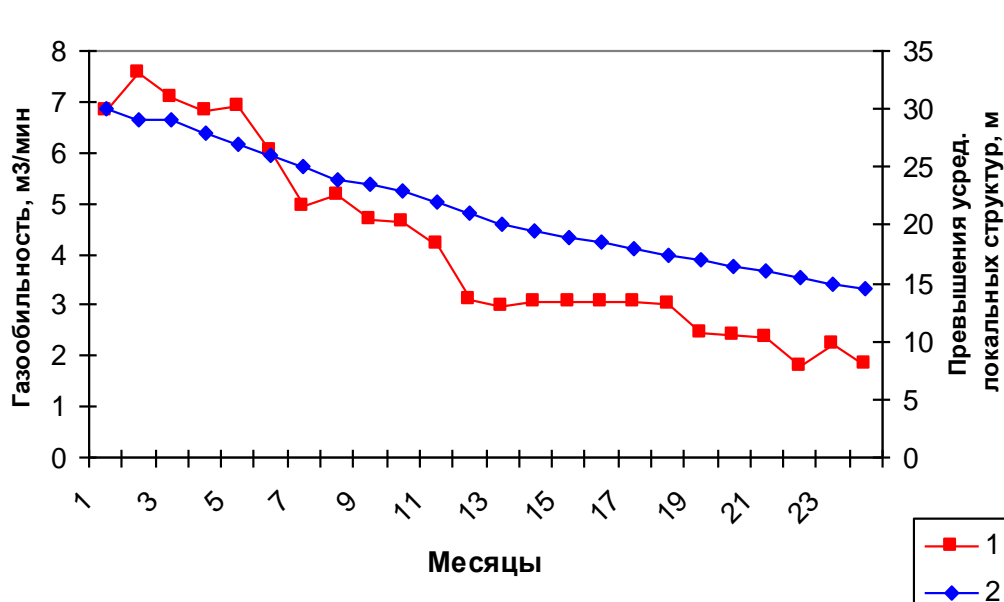


Рисунок 2 - График зависимости газовой выработки и превышений усредненных локальных структур 1 – й восточной лавы ВПУ пласта h₁₀



1 – газообильность, м³/мин; 2 – превышения усредненных локальных структур, м

Рисунок 3 - График газообильности и превышений усредненных локальных структур 2 – й восточной лавы пласта h₁₀

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Забигайло, В.Е. Проблемы геологии газов угольных месторождений / В.Е. Забигайло, А.З. Широков. – К.: Наукова думка, 1972. – 172 с.
2. Петросян, А.Э. Выделение метана в угольных шахтах / А.Э. Петросян. – М.: Наука, 1975. – 188 с.
3. Скочинский, А.А. Классификация выделения метана в каменноугольных шахтах / А.А. Скочинский, Г.Д. Лидин // Изв. СССР, ОТН. - 1948. - №11. – С. 1741 – 1751.
4. Булат, А.Ф. Стратегия интеграции и система управления ресурсами Киотского протокола в Украине / А.Ф. Булат, Д.Г. Подтуркин, Р.М. Богачева // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2006. – Вып. 67. – С. 3 – 13.
5. Касьянов, В.В. Перспективы развития метановой отрасли в Украине / В.В. Касьянов, Ст. Ламберт // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2000. – Вып. 17. – С. 6 – 11.
6. Лукинов, В.В. Принципы оценки ресурсов извлекаемого метана из подработанной углепородной толщи / В.В. Лукинов, В.В. Фичёв, А.П. Клец // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. - Вып. 32 – С. 30 – 40.
7. Пат. № 41696 UA, МПК E21F 7/00 G01V 9/00 (2009). Спосіб визначення зон скупчення метану у стратиграфічному інтервалі на шахтах та ділянках розвідки / А.Ф. Булат, В.В. Лукинов, В.А. Баранов, П.С. Пашченко; заявник і патентовласник ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – а200613977; заявл. 28.12.2006; опубл. 10.06.2009, Бюл. №11. – 4 с.
8. Пат. № 74502 UA, МПК G01V9/00, E21F7/00 (2005). Спосіб визначення скупчення метану на відпрацьованих ділянках шахти / А.Ф. Булат, Ю.Л. Звягільський, В.В. Лукинов, В.А. Баранов, І.О. Ефремов, Б.В. Бокій, Д.П. Гуня; заявник і патентовласник ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – 200440705426; заявл. 06.07.2004; опубл. 15.12.2005, Бюл. №12. – 5 с.

REFERENCES

1. Zabigaylo, V.E. and Shirokov, A.Z. (1972), *Problemy geologii gazov ugolnykh mestorozhdeniy* [Problems of Geology gases of coal deposits], Naukova dumka, Kiev, SU.
2. Petrosyan, A.E. (1975), *Vydilenie metana v ugolnykh shakhtakh* [Release of methane in coal mines], Nauka, Moscow, SU.
3. Skochinskiy, A.A. and Lidin, G.D. (1948), “Classification of methane in coal mines”, *Izvestiia SSSR, OTN*, no. 11, pp. 1741-1751.
4. Bulat, A.F., Podturkin, D.G. and Bogachev, R.M. (2006), “Integration strategy and resource management system of the Kyoto Protocol in Ukraine”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 67, pp. 3-13.
5. Kasianov, V.V. and Lambert, St. (2000), “Prospects of development of methane industry in Ukraine”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 17, pp. 6-11.
6. Lukinov, V.V., Fichev, V.V. and Klets, A.P. (2002), “Principles of resource estimates the methane recovered from coal mass underworked column”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 32, pp. 30-40.
7. Bulat, A.F., Lukinov, V.V., Baranov, V.A. and Pashchenko, P.S., M.S. Poljakov Institute of geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2009), *Sposib vyznachennia zon skypchennia metanu u stratygrafichnomu intervali na shakhtakh ta diliankakh rozvidky* [Method for determining methane accumulation zones in stratigraphic interval in the mines and exploration sites], State Register of Patents of of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 41696.
8. Bulat, A.F., Zviagil'skiy, Yu.L., Lukinov, V.V., Baranov, V.A., Efremov, I.A., Bokii, B.V. and Gunia, D.P., M.S. Poljakov Institute of geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2005), *Sposib vyznachennia zon skypchennia metanu na vidpratsovanykh diliankakh shakht* [Method of determining the accumulation of methane in the mine waste sites], State Register of Patents of of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 74502.

Об авторе

Пашченко Павел Сергеевич, кандидат геологических наук, старший научный сотрудник лаборатории исследования структурных изменений горных пород отдела геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, pavel-sp1@rambler.ru

About the author

Pashchenko Pavel Sergeevich, Candidate of Geological Sciences (Ph.D), Senior Researcher in Laboratory of Researches of the Structural Changes in the Rock in Department of Geology of Coal Beds at Great

depths, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, pavel-sp1@rambler.ru

Анотація. Виконано дослідження впливу геологічних факторів на дегазацію вуглепородного масиву. Головне завдання - визначити зони скупчення метану для їх подальшої дегазації. Застосування ряду геологічних факторів для прогнозу зон метану дозволить розглянути вуглепородний масив, в якому проводяться гірничі роботи, як складну систему, яка формується під дією геологічних, геомеханічних і геодинамічних процесів, і правильно скоригувати дегазаційні роботи. Для вибору геологічних факторів і визначення впливу їх на дегазацію проводилися дослідження на шахті ім. М. І. Калініна, які полягали в аналізі та побудові прогнозних карт зон скупчення метану, і зіставленні з фактичними даними по дегазації. Отримані результати свідчать про правильність підходу до вирішення проблеми, якісний зв'язок між досліджуваними параметрами.

Ключові слова: метан, геологічні чинники, вугільний пласт, тріщини, колектори

Abstract. Effect of geological factors on the coal-rock mass degassing was studied. Key task of the study was to detect zones with methane accumulation for further their degassing. With the help of various geological factors used for predicting zones with methane it is possible to consider a coal-rock mass with active mining operations as a complex system which is formed by geological, geomechanical and geodynamic processes and to properly adjust degassing operations. In order to choose geological factors and determine their effect on the degassing the studies were conducted in the M.I. Kalinin Mine which included analysis, making of prognosis maps of methane accumulation zones and comparison with actual data on degassing. Results obtained have confirmed correctness of the approach for solving the problems and its good correlation between the studied parameters.

Keywords: methane, geological factors, the coal seam, fracture, collectors

Статья поступила в редакцию 15.03.2015

Рекомендовано к печати д-ром геол. наук В.А. Барановым

УДК 622.831.332:551.24

Круковский А.П., д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,
Круковская В.В., д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,
 (ИГТМ НАН Украины)

**ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
 ГАЗОНАСЫЩЕННОГО УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА
 ПРИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЯХ**

Круковський О.П., д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
Круковська В.В., д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
 (ІГТМ НАН України)

**ЗМІНА ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
 ГАЗОНАСИЧЕНОГО ВУГЛЕПОРОДНОГО МАСИВУ
 ПРИ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩАХ**

Krukovski A.P., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,
Krukovskaya V.V., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher
 (IGTM NAS of Ukraine)

**CHANGING OF GEOMECHANICAL PARAMETERS
 OF GAS-SATURATED COAL-ROCK MASSIF
 UNDER GAS-DYNAMIC PHENOMENA**

Аннотация. В статье рассмотрены нестационарные связанные процессы упругопластического изменения напряженно-деформированного состояния трещиновато-пористой среды и фильтрации метана вокруг одиночной горной выработки в выбросоопасной и в ненарушенной зонах. При этом учитывалось влияние соотношения компонент тензора главных напряжений на изменение проницаемости массива. Приведены распределения значений параметров, характеризующих разнокомпонентность поля напряжений и разгрузку массива от горного давления, а также давления метана в различные моменты времени. Показано, что геомеханические и фильтрационные процессы протекают в динамическом режиме в нарушенной зоне угольного пласта вблизи тектонического нарушения, а в ненарушенной зоне – в квазистационарном режиме.

Приведены графики изменения геомеханических параметров угольного пласта в ненарушенной зоне и на движущемся фронте разрушения в течение времени протекания газодинамического явления. Показано, что при динамическом характере протекания процессов пик разнокомпонентности, так же, как и максимум напряжений, в течение первых 8 с отодвигается от забоя на расстояние около 2 м за каждые 2 с. Это соответствует росту полости разрушения на стадии протекания выброса. Затем скорость процесса изменения НДС на фронте разрушения снижается, рост полости разрушения замедляется, газодинамический процесс переходит на стадию затухания.

Ключевые слова: газодинамический процесс, изменение напряженного состояния, фильтрация метана.

Выбросы угля, породы и газа представляют собой сложное природное явление, возникающее в шахтах в результате нарушения горными работами равновесного состояния напряженного газонасыщенного массива [1].