

УДК 622.411.332

Пащенко П.С., канд. геол. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины),
Янжула А.С., магистр
(ПАО «ШУ «Покровское»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА В ОКРЕСНОСТИ ВЫРАБОТОК ШАХТОУПРАВЛЕНИЯ «ПОКРОВСКОЕ»

Пащенко П.С., канд. геол. наук, ст. науч. співр.
(ИГТМ НАН України),
Янжула О.С., магістр
(ПАТ «ШУ «Покровське»)

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН СКУПЧЕННЯ МЕТАНУ НАВКОЛО ВИРОБОК ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ»

Pashchenko P.S., Ph.D. (Geol.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine),
Yanzhula A.S., M.S. (Tech.)
(PJSC “CG “Pokrovskoye”)

DETERMINATION OF METHANE-ACCUMULATING ZONES LOCATION IN THE NEAR-TUNNEL AREA IN THE POKROVSKOE MINE

Аннотация. Выполнено исследование влияния геологических факторов на газоносность угленосного массива. Главная задача - определить зоны скопления метана для исследуемого участка шахтного поля и дать их характеристику. Применение ряда геологических факторов для прогноза зон метана позволит рассмотреть угленосный массив, в котором проводятся горные работы, как сложную систему, формирующуюся под действием геологических, геомеханических и геодинамических процессов и правильно скорректировать дегазационные работы. Исследования по выбору геологических факторов и определению их влияния на газоносность массива, которые заключались в анализе и построении прогнозных карт зон скопления метана, проводились для ШУ «Покровское». Полученные результаты свидетельствуют о правильности подхода к решению проблемы.

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

Проблема дегазации углей и вмещающих пород при ведении работ на шахтах актуальна с того времени, как начала развиваться угольная промышленность [1-3]. Когда в конце XVIII века в Бельгии, Франции и других странах были зафиксированы первые взрывы метана при ведении горных работ, в результате чего гибли люди, дегазация обрабатываемых угольных пластов стала неотъемлемой частью технологического процесса при угледобыче.

Значительные ресурсы метана в угольных пластах и вмещающих породах на угольных месторождениях Украины, могут служить дополнительным источником энергии для страны. Использование метана угольных месторождений

способствует также уменьшению глобального «парникового эффекта» и выполнению Украиной обязательств, предусмотренных Рамочной конвенцией ООН по изменению климата. Установлено, что по своим свойствам метан в 21-н раз активнее влияет на процессы, связанные с образованием «парникового эффекта», чем углекислый газ [4].

Детальное исследование условий и закономерностей формирования и размещения скоплений углеводородов в осадочной толще позволили оценить высокую газоносность недр Донецкого бассейна. Его особенностью является наличие, кроме угля, значительных ресурсов метана, который находится в угольных пластах и вмещающих породах. По произведенной оценке ресурс метана по угольным пластам составляет около 12 трлн. м³ [5]. Следует указать, что эта цифра дана без учета газоносности пород, только по угольным пластам и пропласткам. С учетом газоносности пород, по данным [6], в отложениях Донецкого бассейна находится 25 трлн. м³ метана. В.И. Узиюк и др. [7], выполнив комплексный расчет ресурсов метана в отложениях Донбасса с учетом рассеянной органики, сделали вывод, что суммарный газогенерационный потенциал Донецкого бассейна по типам углефицированной органики за все время его существования составляет почти 278 трлн. м³ метана.

Приведенные данные свидетельствуют как о необходимости дегазации на действующих шахтах, так и о потенциальной возможности добычи и использования угольного метана, при условии комплексного подхода и реализации эффективных технологий его добычи и утилизации.

Эффективное решение проблем дегазации угольных шахт Донбасса позволит обеспечить не только безопасное ведение горных работ, но и, в перспективе, осуществлять промышленную добычу метана. Для оптимизации дегазации углепородного массива как поверхностными, так и подземными дегазационными скважинами, а так же для их продуктивной и продолжительной работы, важное значение имеет заложение этих скважин в зонах скопления метана. Под действием геологических процессов метан неравномерно распределяется как по площади, так и по глубине, образуя природные зоны скопления метана. Изучение и типизация природных условий, и геологических факторов, ведущих к формированию зон скопления газа, позволит выделять оптимальные участки в разных геолого-тектонических условиях, для последующего их разбуривания.

Частично эти факторы были исследованы при прогнозировании выбросоопасности пород и угля, поскольку при отсутствии газа выбросы не происходят [8]. Проанализируем влияние геологических факторов на выбросоопасность и использование их при последующем прогнозе участков с повышенной газоносностью, применительно к шахте «Покровская», Красноармейского горнопромышленного района.

В работе [8], рассмотрен способ выделения стрежневых участков палеопотоков. Данный способ заключается в построении карт палеопотоков ($K_{o.m.n.}$), которые строятся на основе отношения мощности песчаника или суммарной мощности слоев песчаника к мощности выбранного стратиграфического интервала, ограниченного маркирующими горизонтами, то есть близлежащими вы-

держанными пластами угля или известняка, залегающими в кровле и почве песчаника. Данная методика позволяет получить безразмерный коэффициент относительной мощности песчаника в каждой геологоразведочной скважине выбранного участка ($K_{o.m.p.}$). Значения данного показателя, превышающие среднее, позволяют выделять стрежневые части палеопотоков. Как показывает анализ результатов исследования палеопотоков, для песчаников, формировавшихся в условиях стрежневых участков палеопотоков и в зонах интенсивного размыва нижележащих пород характерны повышенные значения открытой пористости, размера обломочных зерен, степени уплотнения обломочных зерен, содержания кварца обломочного, пониженное содержание цемента указанных пород. Песчаник в этих зонах отличается более светлым цветом (светло-серый), с преобладанием косой прямолинейной слоистости (часто наблюдается ритмичная сортировка обломочного материала), характеризуется повышенными значениями мощности серий и слоев, пониженными – частоты слоев в сериях, повышенной газоносностью, при прочих равных условиях.

Таким образом, применение метода относительных мощностей песчаника дает возможность определить генезис песчаников, пространственно проследить выделенные стрежневые участки по площади исследуемого участка и использовать при прогнозе газоносности горных пород по геологоразведочным данным.

В работе [9], авторами рассматривается метод математической обработки тектонической информации - применение тренд-анализа. В основе такой оценки лежит анализ построенных карт локальных структур угольных пластов, представляющих собой проекцию пласта на прямолинейную или криволинейную аппроксимирующую поверхность, а в качестве показателей тектонической сложности предлагается использовать абсолютные значения градиентов превышения локальных структур, которые рассчитывались как отношение превышений к расстоянию между рассматриваемыми точками.

Рассмотренные выше методы прогноза газоносности пород и газа, зарекомендовали себя с положительной стороны, что позволило нам применить их в комплексе с другими методами для прогноза зон скопления газа – метана в углелепородном массиве.

Проведенные нами исследования позволили усовершенствовать метод локальных структур для прогноза зон скопления метана. Новый его вариант заключается в построении карт усредненных локальных структур [10], для выбранного стратиграфического интервала. Суть метода заключается в следующем.

Основное количество метана при отработке угольного пласта выделяется из кровли [4,8], а по данным М.А. Иофиса [11] процессы разуплотнения пород после подработки достигают 200 – 300 м, в зависимости от литологического состава пород. Построение локальной структуры для одного песчаника – не всегда эффективно для последующей дегазации. В указанном интервале разуплотнения может находиться, и часто находится несколько песчаников значительной мощности (до 20 – 30 м).

Ранее было установлено [8], что локальная структура прослеживается в некотором стратиграфическом интервале пород. Отсюда очевидно, что существующая локальная структура может прослеживаться в нескольких песчаниках, в интервале, сопоставимом с интервалом разуплотнения (200 – 300 м). Необходимо учитывать, что выделенная структура в стратиграфическом разрезе может несколько смещаться, обычно в сторону падения пород. Для наиболее эффективного заложения дегазационной скважины надо выделить зоны разуплотнения в каждом из песчаников, мощность > 5 м, что делается с помощью разрезов и карт локальных структур для каждого выделенного песчаника, и последующего их сопоставления. Зная расположение зон разуплотнения в пространстве, можем рассчитать координаты заложения дегазационной скважины в максимально газоносном месте, вскрывая все зоны. Для этой цели и выполняется усреднение этих структур [12].

Данный метод позволяет проследить изменение положительных локальных структур в выбранном интервале углепородного массива, которые имеют абсолютные отметки выше средних значений или аппроксимирующей (наклонной плоскости). Такое положение вызвано низким удельным весом углеводородов и стремлением их вверх, в положительные структуры. По данным [13], свыше 70 % запасов нефти и газа находится в ловушках сводового типа, заключенных в антиклиналях.

Таким образом, выполненный анализ литературных данных и разработанные новые методы прогноза зон скопления метана в углепородном массиве позволили определить основные геологические факторы, позволяющие выделять скопления метана в породах Донбасса. К этим факторам относятся: положительные локальные структуры, стрежневые участки палеопотоков. На участках сочетания этих факторов формируются зоны скопления свободного газа.

Применительно к ШУ «Покровское» указанные работы были частично выполнены для угольного пласта d_4 .

По данным каротажных диаграмм, карт и разрезов была построена совмещенная карта палеопотоков и локальных структур для небольшого участка шахты, перспективного для последующих работ. Тем не менее, указанные построения даже на первоначальном уровне позволили выделить перспективные участки зон скопления метана (рис. 1), применительно к участку исследований.

Предварительные результаты исследований участка ШУ «Покровское», в районе 12-ой южной лавы пласта d_4 и залегающих в кровле отложений позволяет выполнить следующий анализ:

1. Мощности песчаника $d_4Sd_4^1$ на указанном участке, позволяют установить, что изопахиты песчаника образуют структуры с различным направлением и по ним невозможно установить распределение древних водных потоков, несущих и откладывающих обломочный материал (рис. 1). Иными словами, карта изопахит не отражает развитие динамики водных потоков, а соответственно и распределение структурно-текстурных и коллекторских параметров исследуемого песчаника.

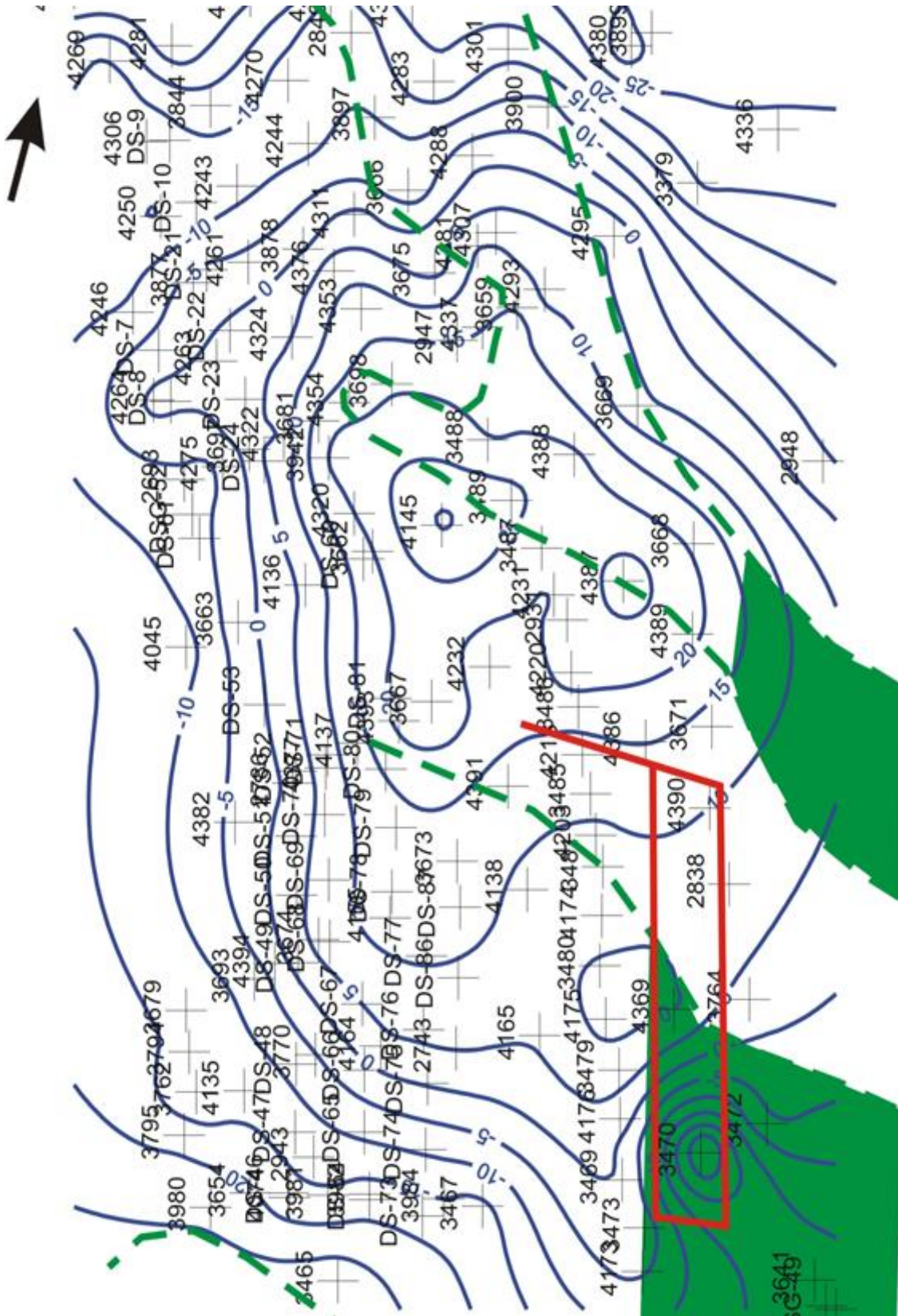


Рисунок 1 - Карта палеопотоков и локальных структур участка 12-ой южной лавы ШУ «Покровское»

2. Изучение отношений мощности песчаника к мощности интервала между маркирующими горизонтами ($d_4 - d_4^1$), позволило установить участки, характеризующиеся определенной динамикой и продолжительностью существования водных потоков. Особенно четко выделяются три наиболее длительно существовавших палеопотока ($K_{\text{омп}} > 0,75$), имеющих направление с северо-запада на юго-восток. Первый расположен на севере, второй – на юге (см. рис. 1). Ширина выделенных стрежневых палеопотоков колеблется в пределах $120 \div 1000$ м, а в месте, где наблюдается слияние выделенных палеопотоков, ширина достигает 2000 м. В плане стрежневые палеопотоки имеют извилистый характер, иногда с разветвлениями, что указывает на постепенное их образование во времени.

3. Применительно к 12-ой южной лаве можно сказать следующее. Палеопотоки имеют восточное направление, их два: северный и южный. Ширина их разная, южный примерно в два раза мощнее и захватывает примерно южную половину 12-ой лавы. На рис. 1 палеопотоки выделены зеленым цветом. На площади этих палеопотоков предполагается повышенная газоносность и выбросоопасность песчаников, вмещающих угли.

4. На рис. 1 представлена локальная структура для песчаника $d_4Sd_4^1$, имеющая превышение по сравнению с залеганием окружающих пород данного стратиграфического интервала в 30 метров.

5. Максимальное структурное поднятие расположено примерно, между уклонами 10 блока и границей предохранительного целика под железную дорогу. Там превышение над аппроксимирующей поверхностью составляет около 25-30 м. Вся структура достаточно крупная и составляет около 3,5 км по простиранию пород, а по падению около 2 км.

6. Северная половина 12-ой южной лавы расположена на площади локальной структуры с превышением от 5 до 15 м, там ожидаются повышенные притоки метана, особенно в нарушенных зонах. Южная половина данной лавы имеет резкое понижение, до минус 25 м. Это чревато понижением метаноносности, но повышением влажности.

7. Повышенная влажность пород в южной части лавы может провоцировать обрушение кровли, особенно ложной кровли рабочего пласта. Для поддержания рабочего состояния горных выработок участка исследований, необходимо соблюдение существующих норм и правил, изложенных в соответствующих инструкциях, а также оперативный контроль за текущей ситуацией в горных выработках и лаве.

Выводы. Анализируя полученные данные по 12-ой южной лаве бл. 10 и прилегающим участкам ШУ «Покровское», можно сделать следующие выводы.

На рассматриваемых участках не зафиксированы существенные тектонические структуры (пликативного или дизъюнктивного типа). Существует развитая сеть малоамплитудных нарушений сбросового типа, характеризующаяся небольшими амплитудами смещения (обычно несколько десятков см). Подобные нарушения проходятся добычными комбайнами без особых осложнений. Про-

странственная ориентация этих нарушений имеет субмеридиональное и субширотное направления.

Построение карты палеопотоков показало, что южная часть 12-ой лавы (примерно половина) расположена в стрежневой части палеопотока. Это значит, в частности, что угольный пласт d_4 , буквально залегает на песчанике. Такое положение прослеживается фактически до конца лавы. В кровле указанного песчаника залегает слой алевролита незначительной мощности (несколько м). Отсюда, малоамплитудные сбросы в обычных условиях не имели бы существенного влияния на отработку пласта, но в конкретных условиях на южной половине 12-ой южной лавы есть вероятность прихвата комбайном песчаника, залегающего в почве, особенно в местах нарушений. Для предотвращения таких случаев необходим четкий контроль морфологии пласта и изменения его мощности. Темпы отработки пласта в этой части лавы желательно уменьшить, для предотвращения резкого врезания комбайна в почвенный песчаник.

Построение карты локальных структур позволило выделить значительную локальную структуру с центром в районе скважин: 4145, 3489, 3487, 4387 (см. рис. 1). Превышение над аппроксимирующей плоскостью составляет 30-35 м. В выделенной структуре могут находиться значительные запасы свободного метана, но верхняя часть этой структуры еще не обрабатывалась, она лишь вскрыта уклонами бл. 10. В зоне локальной структуры необходимо строго следить за изменением метаноносности. Вскрытие даже небольших нарушенных зон может сопровождаться суфлярными выделениями, объемы которых зависят от параметров нарушения.

12-я южная лава условно разбита на южную и северную часть. Северная часть расположена в зоне развития положительной локальной структуры, с превышением над аппроксимирующей поверхностью 5-10 м. В этой части лавы метановыделения будут сравнительно средней и слабой мощности. Примерно с середины лавы выработка перейдет в зону отрицательных значений относительно аппроксимирующей поверхности. Иными словами, примерно половина лавы будет в зоне превышения, где будет повышенная метаноносность, вторая (южная) половина лавы буде в зоне понижения, где возможны водопритоки, особенно в районах малоамплитудных нарушений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забигаило, В.Е. Проблемы геологии газов угольных месторождений / В.Е. Забигаило, 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, С. Ламберт // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2000. – Вып. 17. – С. 6 – 11.

6. Булат, А.Ф. Вступительное слово директора Института геотехнической механики, чл.-корр. НАН Украины, докт. техн. наук А.Ф. Булата / А.Ф. Булат // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2000. - №17. – С. 3-5.
7. Узіюк, В.І. Газогенераційний потенціал кам'яновугільних басейнів України / В.І. Узіюк, С.І. Бик, А.В. Ільчишин // Геологія і геохімія горючих копалин. - 2001. - №2. – С. 110 – 121.
8. Забигайло, В.Е. Выбросоопасность горных пород Донбасса. / В.Е. Забигайло, В.В. Лукинов, А.З. Широков. – К.: Наукова думка, 1983. – 288 с.
9. Забигайло, В.Е. Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса. / В.Е. Забигайло, В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко, Н.В. Сахневич. – К.: Наукова думка, 1994. – 151 с.
10. 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. – 4с.
11. Иофис, М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелев. – М.: Недра, 1985. – 248 с.
12. Пашченко, П.С. Определение зон скопления метана на шахте им. М. И. Калинина / П.С. Пашченко // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2015. - №122. – С. 80-88.
13. Якуцени, В.П. Интенсивное газонакопление в недрах / В.П. Якуцени. – Л., Наука, 1984. -122 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, USSR.
2. Petrosyan, A.E. (1975), *Vydelenie metana v ugolnykh shakhtakh* [Release of methane in coal mines], Nauka, Moscow, USSR.
3. Skochinskiy, A.A. and Lidin, G.D. (1948), “Classification of methane in coal mines”, *Izvestiya 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, S. (2000), “Prospects of development of methane industry in Ukraine”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 17, pp. 6-11.
6. Bulat, A.F. (2000), “Opening remarks by the Director of the Institute of Geotechnical Mechanics, Cor. Member NASU, Doctor Sciences techn. A.F. Bulat”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 17, pp. 3-5.
7. Uziyuk, V.I., Byk, S.I. and Ilchyshyn, A.B. (2001), “Gas Generation potential coal basins Ukraine”, *Geologiya i geohimiya goryuchykh kopalyn*, no. 2, pp. 110-121.
8. Zabigaylo, V.E., Lukinov, V.V. and Shirokov, A.Z. (1983), *Vybrosopasnost gornykh porod Donbassa* [Outburst mining Donbass rocks], Naukova dumka, Kiev, USSR.
9. Zabigaylo, V.E., Lukinov, V.V., Pimonenko, L.I. and Sakhnevich, N.V. (1994), *Tektonika i gorno-geologicheskie usloviya razrabotki ugolnykh mestorozhdeniy Donbassa* [Tectonics and geological conditions of coal deposits of Donbass], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.
10. Bulat, A.F., Lukinov, V.V., Baranov, V.A. and Pashchenko, P.S., M.S. Polyakov Institute of geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2009), *Sposib vyznachennia zon skypchennya metanu u stratygrafichnomu intervali na shakhtakh ta dilyankakh 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.
11. Iofis, M.A. and Shmelev, A.I. (1985), *Inzhenernaya geomekhanika pri podzemnykh razrobotkakh* [Engineering Geomechanics in underground workings], Nedra, Moscow, USSR.
12. Pashchenko, P.S. (2015), “Determination of methane accumulation zones in M.I. KALININ mine”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 122, pp. 80-88.
13. Yakytсени, V.P. (1984), *Intensivnoe gazonakoplenie v nedrakh* [Intensive gazonakoplenie in the depths], Nauka, Leningrad, USSR.

Об авторах

Пашченко Павел Сергеевич, кандидат геологических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник лаборатории исследования структурных изменений горных пород отдела геоло-

гии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, pavel-sp1@rambler.ru.

Янжула Алексей Сергеевич, магистр, главный инженер ПАО «Шахтоуправление «Покровское», Покровск, Украина, baranov-va@rambler.ru.

About the authors

Pashchenko Pavel Sergeevich, Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, 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), Dnepr, Ukraine, pavel-sp1@rambler.ru

Yanzhula Aleksey Sergeevich, Master of Sciences (M.S.), Chief Engineer «Colliery Group, «Pokrovs-koye» Pokrovs, Ukraine, baranov-va@rambler.ru.

Анотація. Виконано дослідження впливу геологічних факторів на газонасність вуглепородного масиву. Головне завдання - визначити зони скупчення метану для досліджуваної ділянки шахтного поля і дати їх характеристику. 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. Дослідження з вибору геологічних факторів і визначення їх впливу на газонасність масиву, які полягали в аналізі і побудові прогнозних карт зон скупчення метану, проводилися для ШУ «Покровське». Отримані результати свідчать про правильність підходу до вирішення проблеми.

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

Abstract. Influence of geological factors on the gas-bearing coal rock mass was studied. The key task was to determine location of the methane-accumulating zones in the mine field sector under the study and prepare their description. Involving of some geological factors for predicting the methane-accumulating zones makes possible to consider the coal-rock massif, in which mining operations are conducted, as a complex system, which is formed under the action of geological, geo-mechanical and geodynamic processes, and to properly arrange methane-draining works. The research was conducted for the Pokrovs, koe Mine and included choosing of geological factors and determining of their influence on the gas-content in the coal rock massif and analyzing of and building of prediction maps for the methane-accumulating zones.

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

Статья поступила в редакцию 19.10.2016

Рекомендовано к публикации д-ром геологических наук Барановым В.А.