

УДК 622.411.332.023.623

Н.В. Жикаляк, М.А. Писковой,
Н.С. Подорванов (ГРГП «Донбассгеология»);
Л.А. Нашкерский (ТЦ «ГеолГИСтехнология»)

О ПУТЯХ МИГРАЦИИ ГАЗА К ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОЛЕ ЗАКРЫВАЕМОЙ ШАХТЫ «КОЧЕГАРКА»

Розглянуті шляхи міграції газу до денної поверхні на полі шахти «Кочегарка». По результатам аналізу на площі розповсюдження порід світи C_2^5 визначено три ділянки виділення метану до денної поверхні і пропонується поширити приведений підхід до визначення зон, небезпечних по виділенню метану у світах C_2^6 і C_2^7 .

GAS-MIGRATION TRACKS TOWARDS THE DAY GROUND IN THE FIELD OF ABANDONING MINE «KOCHEGARKA»

The paper discusses the gas-migration tracks towards the day ground in the field of the Kochegarka mine. According to the study results, three zones of the methane separation and migration towards the day ground were determined in the spread area of the C_2^5 rock complex, and it is proposed to extend this approach to the zones with danger of methane separation in the C_2^6 and C_2^7 complexes.

Поле шахта «Кочегарка» розположено непосредственно в черте города Горловки Донецкой области (Украина). В геолого-структурном плане шахтное по-

ле расположено в центральной части южного крыла Главной антиклинали Донбасса и приурочено к отложениям свит C_2^5, C_2^6, C_2^7 .

Границами шахтного поля являются:

- на севере – выход на дневную поверхность или под наносы угольного пласта k_1 ;

- на юге – проекция изогипсы минус 935 м угольного пласта m_8^1 ;

- на западе – общая с шахтой им. В.И. Ленина, проходящая по условной линии вкрест простирания горных пород на расстоянии 1550 м от оси ствола № 5;

- на востоке – общая с шахтой им. А.Н. Гаевого: для угольных пластов от l_2^1 до k_1 от отметки минус 935 м – Горловский надвиг; для угольных пластов от m_6^2 до l_3 от отметки минус 285 м (гор. 555 м) до отметки минус 935 м – условная линия, проходящая вкрест простирания горных пород на расстоянии 1970 м от оси ствола № 5 в висячем крыле Горловского надвига

Длина участка по простиранию – 3,6 км, по падению – 3,35 км, площадь – 12 км².

Поверхность шахтного поля представляет собой холмистую степную равнину, расчлененную балками. В региональном отношении территория шахтного поля расположена на южном склоне Главного водораздела Донбасса и приурочена к бассейну р. Корсунь (система р. Миус).

Максимальные абсолютные отметки поверхности +271,5 м наблюдаются в северо-западной части площади, минимальные +186,5 м приурочены к долине р. Корсунь (юго-восточная часть площади).

Шахтой с 1868 по 1997 гг. велась отработка 31 угольного пласта свит C_2^5, C_2^6, C_2^7 на 13 горизонтах (85, 171, 235, 310, 385, 470, 535, 640, 760, 860, 970, 1080 и 1190 м). Мощность отработанных пластов обычно не превышала 0,8 м, и только в единичных случаях достигала 1,0 м (пласт k_5^1), 1,25 м (пласты l_3, l_4^H), 1,2 м (пласты m_3, m_5). Угли относятся к маркам Ж, К, ОС (согласно ГОСТ 8180-75).

Верхняя граница метановой зоны ($2 \text{ м}^3/\text{т.д}$) повышается с запада на восток в пределах глубин 450-200 м, а в пределах пластов свиты C_2^5 (выходы которых прослеживаются под покровные отложения пос. Майский и Мирный) глубина полной дегазации углеводородной толщи пород изменяется от 300 до 350 м.

Газообильность угольных пластов повышается с глубиной, и на горизонте – 970 м составляет в среднем $15,8 \text{ м}^3/\text{т с. д}$. Пласт k_7^H характеризуется пониженной (на $3 - 5 \text{ м}^3/\text{т с.д}$) метанообильностью. Почва этого пласта сложена песчаным сланцем мощностью от 1,2 до 2,5 м, который у контакта с пластом (мощностью до 0,5 м) имеет комковатую структуру, а ниже – слоистый. Ниже залегает песчаник мощностью от 1,9 до 30 м, который может быть хорошим объектом для первоначального накопления газа при отработке угольного пласта с последующей миграцией по зонам деформации и разуплотнения угленосной толщи в процессе угледобычи.

Кроме постоянных метановыделений, в горные выработки отмечены внезапные выбросы угля и газа по пластам:

k_5^1 - за период с 1961 по 1973 г.г. – пять случаев с мощностью, достигающей 667 т. Пласт отнесен к особо выбросоопасным;

k_4^1 - в 1971 г. на горизонте 860 м в забое промежуточного гезенка, мощностью 55 т;

k_3^H - в 1941 г. на горизонте 640 м. Подробные сведения не сохранились;

k_2^2 - в 1966 г. на горизонте 860 м в забое откаточного штрека, мощностью 30 т;

k_2 - в 1968 г. на горизонте 860 м, мощностью 80 т.

Пласты k_4^1 , k_3^H , k_2^2 и k_2 относятся к опасным по внезапным выбросам угля и газа.

По геолого-маркшейдерской документации на нижних этажах горных работ шахты «Кочегарка» в последние два десятилетия суфлярных выбросов не зарегистрировано, однако приказом по объединению «Артемуголь» шахта относится к суфляроопасной, опасной по пыли и внезапным выбросам угля и газа. Проявление суфляров на шахте отмечались на шахте в довоенные годы.

В свитах карбона пласты песчаников соответственно составляют C_2^5 - 45,6%, C_2^6 - 64 %, C_2^7 - 44, 2 %. Основными выдержанными по площади и глубине водоносными гори-зонтами на поле шахты «Кочегарка» являются песчаники: $m_6^2Sm_6^3$; $m_6^1Sm_6^2$; $m_4^2Sm_4^4$; $l_2^1SL_3^1$; $K_9Sk_7^4$; $k_6Sk_7^{1H}$; k_5Sk_6 .

Шахта «Кочегарка» на абс. отм. – 814 м (горизонт 1080 м) сбита специальной выработкой сечением 8,5 м² (групповой штрек и наклонная выработка) с шх. им. Ленина (абс. отм. – 860 м) для приема на шх. им. Ленина вод, поступающих в горные выработки шахты. Нижние горизонты шахты «Кочегарка» до абс. отметки –814 м затоплены. Через сбойку весь шахтный водоприток (ожидаемый максимальный 290 м³/ч) перетекает в шх. им. Ленина. В шахту им. Гаевого перетока не ожидается.

Геолого-структурные, тектонические и гидрогеологические особенности Центрального геолого-промышленного района и поля шх. «Кочегарка» вследствие того, что продуктивная толща карбона пересечена многослойными горизонтами подготовительных и очистных выработок. до глубины 1190 м, способствуют дренированию водоносных горизонтов карбона, находящихся в кровле и почве отрабатываемых пластов.

При существующей системе отработки месторождения и сложном тектоническом строении поля шахты толщи пород с водоносными горизонтами вовлекаются в зоны обрушения над отрабатываемыми пластами и постоянно подвергаются интенсивному дренированию. Но в целом толща сдренирована неглубоко.

Об этом свидетельствуют данные бурения и опробования на поле шх. «Кочегарка» 6 специальных гидрогеологических, а также геологоразведочных скважин с интенсивными поглощениями промывочной жидкости. Полная сдренированность песчаников продуктивной толщи карбона при наличии 13 горизонтов отработки угля до глубины 1190 м часто не превышает 100 м и только в отдельных случаях достигает 357 м, а по другим полям шахт до 500-600 м.

Данные о снижении уровней подземных вод в зоне активного выветривания пород сланцевой толщи, имеющих значительные площади выходов к дневной поверхности и попадающих в зоны дренирующего влияния горных выработок, практически отсутствуют.

Можно предположить, что снижение уровня подземных вод из-за очень низких фильтрационных свойств сланцевой толщи по сравнению с пластами песчаников, может составлять только несколько метров (менее десяти).

Следует отметить, что для района характерна отработка вместе с кондиционными по мощности множества маломощных (0,5 м) пластов, зона обрушения и дренирования над которыми составляет 15-25 м. По этой причине в ряде случаев на подработанных площадях, как в сланцевой толще, так и пластах песчаников, которые не подвержены дренирующему влиянию горных работ, глубины уровней подземных вод зоны активного выветривания пород карбона находятся в ненарушенном режиме с разгрузкой в овражно-балочную сеть.

Относительно низкие фильтрационные свойства водоносных горизонтов (песчаники, известняки) как в ненарушенных тектоникой условиях, так и в зонах тектонических нарушений, о чем свидетельствует малые (до $10 \text{ м}^3/\text{ч}$) величины водопритоков в горные выработки шахты из зон нарушенных пород, определяют интенсивное дренирование до глубины 1190 м массива подработанных пород при сдренированности отдельных пластов песчаников всего до глубины 357 м.

Как видно из графических материалов, на шх. «Кочегарка» дренированию подвержены пласты песчаников с осушением их выходов к поверхности, которые работают как дренажные каналы для песчаников и прилегающих к ним сланцевых слоев, находящиеся в зоне активного выветривания пород карбона и подверженных дренирующему влиянию горных пород.

Необходимо отметить, что в районе, а также на поле шахты «Кочегарка», рядом специальных гидрогеологических скважин изучению подвергались отдельные водоносные горизонты, находящиеся в зоне дренирующего влияния при отработке пласта или горизонта.

Степень сдренированности всего горного массива шахтой, представляющего единую гидравлическую систему, до глубины 1190 м 13-ю горизонтами через подготовительные и очистные выработки, которые имеют между собой гидравлическую связь, остается недостаточно изученной.

Как показал опыт полного затопления шахт Стахановского района Луганской области, положения уровней подземных вод в горных выработках и подработанном массиве может разниться на 30-50 м. Учитывая эти обстоятельства для Центрального геолого-промышленного региона, где ведется частичное затопление ряда шахт (№№ 3 и № 4 ш/у «Александровское», «Кондратьевка») до глубины 202 м, проблема подтопления дополнительных площадей за счет закрытия и затопления шахт остается актуальной.

В пределах поля шх. «Кочегарка», в ее центральной части, имеет место территория, где развит первый от поверхности водоносный горизонт, приурочен-

ный к покровным суглинкам, которые подстилаются красно-бурыми водоупорными суглинками.

Общая мощность отработанных пластов угля в свите C_2^5 изменяется от 1 до 7 м.

Из вышеприведенного видно, что продуктивная толща карбона свит C_2^5 , C_2^6 и C_2^7 до глубины 1080 м через подготовительные и очистные выработки 12 горизонтов из 13 подвергается интенсивному дренированию. Однако сдренированность ее остается относительно невысокой, достигающей только в отдельных случаях 350 м. В выработки каждого из погашенных горизонтов из водоносных горизонтов, имеющих низкие фильтрационные характеристики, вода поступает в виде капелей и струй по схеме дождевания с разрывом сплошности водяного столба по каждому из горизонтов.

Так как нижний базис дренирования водоносных горизонтов подработанной продуктивной толщи карбона остается в перспективе на длительный период, уже сегодня, через несколько лет после отключения вентиляции, в выработках произошло накопление метана, давление которого из-за слабых газоводопроницаемых свойств, находит зоны повышенной проницаемости, сообщающихся с дневной поверхностью.

Такие зоны могут иметь место в продуктивной толще карбона, где из пликативной или дизъюнктивной тектонической нарушенности превалируют силы растяжения, для которых характерна повышенная трещиноватость, особенно песчаников, и связанная с этим газоводопроницаемость участков, по которым происходит выделение метана.

На карте изменения геолсреды и разрезах к ней выделены отработываемые угольные пласты.

Проведенными сводными и тематическими работами установлено, что гидрогеологическому дренированию подвержены песчаники и известняки, залегающие в почве угля и их кровле от 30 до 60 крат мощности пласта (принимается в среднем 40 крат в кровле и 10 м в почве).

Согласно Инструкции «Защита зданий от проникновения метана» газовому дренированию подвергается толща пород, залегающих в кровле отработываемых пластов угля от 35 до 150 крат их мощности.

По мнению ряда авторов (Горбунов М.И., Фрумкин Р.О., Смирнов Б. В.) «О метаноносности пород Донбасса и оценке газовыделения из них» «Уголь Украины , 1985, №12, с. 27-28) «мощные толщи слабогазоносных (до 1м куб. газа/м куб. породы) и даже слабопроницаемых пород играют огромную роль в газовом балансе горных выработок шахт и являются основными объектами шахтной дегазации. Учитывая, что объем пород, дегазируемых в процессе отработки в Центральном районе Донбасса, примерно в 50-70 раз больше объема добываемого угля, а масса соответственно в 100 – 150 раз больше, метановыделение из пород может быть примерно в 18 раз больше по абсолютному значению их метаноносности.

Углевмещающие породы на поле шахты «Кочегарка» характеризуются незначительной ($0,5\text{м}^3 / \text{м}^3\text{п}$) газоносностью и обладают очень низкими коллек-

торскими свойствами (общая пористость в среднем от 0.9 до 6-7 %, проницаемость - тысячные доли мД) и не могут служить хорошим резервуаром природных газов. В тоже время низкая проницаемость пород является надежным фактором, обеспечивающим сохранность и содержание газов в угленосной толще при воздействии внешних факторов.

При частичном затоплении шахты из соответствующих объемов вмещающих пород при условном коэффициенте газоотдачи, равным 0,1 вытесняемые объемы газа возможны в пределах 20 млн. м³.

Исходя из геологического строения поля шахты «Кочегарка», данных изучения газоносности угольных пластов и вмещающих пород, развитию горных выработок по простиранию и по падению угольных пластов, основными источниками выделения метана будут:

- угольные пласты, подработанные множеством мелких закопшек на поверхности, а до горизонта 970 м рядом подготовительных и очистных выработок. Верхняя граница метановой зоны, несколько повышенная для пластов свиты С₂⁵ отмечается на глубинах 300-350 м. Угли характеризуются выходом летучих веществ в пределах 4-35 %, характерных для пластов-источников.

- подрабатываемые газоносные (0,5 м³ г/м³ п) породы, в особенности мощные толщи песчаников.

Основными путями миграции к поверхности даже незначительных скоплений свободных газов будут:

- горные выработки, имеющие выход на поверхность. Переходу природных газов из сорбированного и водорастворенного в свободное состояние содействует интенсивная эксплуатация угольного месторождения, что сопровождается разгрузкой горного массива и созданием техногенной трещиноватости. Этот процесс может привести к образованию техногенных скоплений свободных УВГ с последующей миграцией к ним газов .

- наиболее выдержанные по простиранию и падению пород пласты песчаников. Согласно «Руководства по проектированию вентиляции угольных пластов» (Москва, 1986) в упрощенном варианте стратиграфический интервал и мощность угленосных отложений, газоносность которых оценивается, определяется с учетом зон возможной деформации угленосных толщ в процессе угледобычи над первым пластом на расстоянии по нормали до 150-180 м и ниже последнего пласта до 40-60 м для пологих и наклонных пластов.

- тектонические трещины геологических нарушений всех типов (в т. ч. и зоны пликативной нарушенности). Возможность выделения газов приурочивается к зонам затухания разрыва (на расстоянии до 10м от границ выхода на поверхность или под наносы), или зоне развития разрыва в местах пересечения песчаников.

Максимальные газопитоки возможны в дни понижения барометрического давления. Не исключаются возможность изменения интенсивности газовыделений в последующем, в случае изменения газодинамической обстановки в шахте.

Как видно из сводного нормального разреза продуктивных свит поля шх. «Кочегарка», в свите $C_2^5(k)$ в интервале между известняками K_2 и K_6 , расстояние между которыми составляет 155 м, отрабатывалось восемь угольных пластов. Зоны обрушения пород над отработанными пластами угля перекрывают друг друга.

В условиях работы водоотлива и вентиляции происходило интенсивное газоводяное дренирование семи пластов песчаников, мощность которых изменяется от 3-5 до 27 м (K_2SK_3).

Выше по разрезу в свите C_2^5 между пластами угля k_5^1 и k_7^{1H} разрабатывались три сближенных пласта (k_5^1 , k_5^2 и k_6). При этом газоводному дренажу подвергаются пять пластов песчаников мощностью от 5 до 30 м.

В верхней части свиты C_2^5 отработка велась пласта k_7^4 и на небольших площадях невыдержанного по мощности пласта k_8 . Вследствие этого газоводному дренированию подвергаются песчаники, залегающие в почве и кровле пластов k_7^4 и k_8 . Наиболее выдержанными в свите C_2^5 являются песчаники $K_9Sk_7^4$, мощность которых составляет 30 и более метров. По песчаникам $K_9Sk_7^4$ и $k_7^4Sk_7^5$ и отмечается интенсивное выделение метана к дневной поверхности.

В настоящее время гидрогеологические условия поля шахты "Кочегарка" не изменились. Вода на горизонте 880 м перетекает в шх. им. Ленина.

Анализ имеющихся в настоящее время данных позволяет в первом приближении сделать районирование территории распространения пород свиты C_2^5 по степени интенсивности выделения метана к дневной поверхности.

Наибольшая вероятность газопроявлений (1 район по опасности дренирования метана на дневную поверхность) ожидается на выходах к дневной поверхности наиболее выдержанных по простиранию и падению пород пластов песчаников, находящихся в зонах водного и газового дренирования горными выработками шахты. В зонах тектонической нарушенности пород, особенно в зонах, где превалируют процессы растяжения, интенсивность газопроявлений возможна наиболее интенсивной. Следует иметь в виду тот факт, что в Центральном районе и поле шх. «Кочегарка» тектонические нарушения типа надвигов и сбросов характеризуются как практически безводные, то есть обладают слабогазоводопроницаемыми свойствами. Интенсивных выделений метана через них мало вероятно.

Наиболее выдержанные песчаники мощностью более 5 м, через которые наиболее вероятны газопроявления на дневной поверхности, отражены на карте, разрезах к ней и сводном разрезе. Основными из них являются: $k_7^4Sk_7^5$, $K_9Sk_7^4$, $k_7^B Sk_7^{1H}$, $K_7Sk_7^H$, $k_5^2Sk_6^H$, K_5Sk_6 , K_4Sk_5 , $k_3^B SK_4$, $k_3^1Sk_3^H$, $K_2Sk_2^B$.

Опасный (по фактическому обнаружению метана на поверхности) участок в стратиграфическом интервале $k_7^4 - k_6$ выделен на плане поверхности шх. «Кочегарка» красным цветом. Дальнейшее продвижение опасной зоны, согласно методических указаний Инструкции («Защита зданий от проникновения метана») КД 12.01.03.07. Макеевка - Донбасс, 2001 г.) предполагается:

- вкрест простирания – на расстоянии до 10 м по обе стороны от выхода песчаника на поверхности или под наносами;

- по простирацию- на всем протяжении выхода пород на поверхность (или под наносы) по направлению к замковой части антиклинали, где (левее профиля 1-1¹) возможно также наличие небольшой синклинальной структуры.

Охранные целики, по-видимому, следует рассматривать как экранирующие горизонты на пути мигрирующих газов. Это подтверждается обстановкой в пос. Майский, где газовыделения происходит из зоны, зажатой между целиками с запасами, «зависшими» на верхних горизонтах на границе шахтных полей им. В.И. Ленина и «Кочегарка». Здесь с одной стороны, из-за низкой газовой проницаемости пласты угля, оставленные в приповерхностной зоне, играют роль газовых экранов, а с другой стороны, остаточный метан, в малых количествах содержащийся в угле (2-5 м³/с б. м.) является источником подпитки проницаемых песчаных горизонтов.

На поле шахты отмечается невыдержанность по площади и разрезу мощностей пластов угля и связанные с этим площади их отработки. Это характерно и для пластов песчаников. Учитывая эти факторы, а также крутое залегание пород, перед проведением газовой съемки и заложением дегазационных скважин требуется детальная проработка материалов с построением крупномасштабных геолого-литологических профилей и карт с отражением пластов песчаников в плане и на глубину, а также тектонической нарушенности массива, его проработки, гидрогеологических условий.

Ко II району по опасности газовыделений относим площади выходов к дневной поверхности пластов песчаников, которые находятся вне зон их гидрогеологического дренирования, по попадающих в зоны возможного газового дренирования горным выработкам. Толща зон газового дренирования может достигать до 150 крат мощности пласта угля. Эти песчаники отображены на прилагаемой графике. В свите С₂⁵ к таким песчаникам можно отнести К₆S k₄² (16 м) и К₇SK₉ (до 22 м).

III относительно безопасная по газовыделению к дневной поверхности площадь нами выделяется в контурах:

- распространения глин и суглинков четвертичного возраста, где развит обособленный водоносный горизонт, подстилаемый красно-бурыми глинами миоцена, или имеющий в условиях ненарушенного режима единый уровень с зоной активного выветривания карбона;

- основания усеченного конуса породного террикона № 1 шх. «Кочегарка», имеющего площадь 14,6 га и высоту 80 м (см. карту изменения геолсреды).

Контур распространения четвертичных отложений, препятствующий свободному выходу метана на дневную поверхность, требует уточнения посредством крупномасштабного картирования, так как он взят с карт м. 1:50000.

Считаем правомерным приведенный выше подход к определению зон опасных по выделению метана в поверхностной зоне на поле шх. «Кочегарка» в свите С₂⁵ распространить на свиты С₂⁶ и С₂⁷. На сводных стратиграфических разрезах показаны пласты песчаников с различной степенью ожидаемого газовыделения.

Выводы

1. В процессе продолжительной и интенсивной эксплуатации шахтой «Кочегарка» угольного месторождения происходила разгрузка горного массива с образованием свода техногенной трещиноватости. Это способствовало активному переходу в свободное состояние углеводородных газов, которые в природных условиях находились в сорбированном и водорастворенном виде в углях и породах, с последующей их миграцией в техногенный резервуар. Угленосные отложения при этом являются источником генерации и коллектором для аккумуляции газа.
2. При закрытии шахты и затоплении старых выработок происходит восстановление нарушенного угледобычей газогидродинамического режима с заполнением водой техногенных трещин-коллекторов, ранее занятых углеводородными газами. Это привело к дальнейшей миграции свободных газов и проявлению опасных газопроявлений на дневной поверхности.
3. По результатам анализа имеющихся в настоящее время данных представилось возможным в первом приближении выделить на площади распространения пород свиты C_2^5 три участка по степени интенсивности выделения метана к дневной поверхности: - с наибольшей вероятностью газопроявлений, - опасных по газовыделениям, - и относительно безопасных по степени ожидаемого газовыделения. Предлагается распространить приведенный подход к определению зон, опасных по выделению метана в приповерхностной зоне шх. «Кочегарка» в свите C_2^5 на свиты C_2^6 и C_2^7 .
4. необходима интенсификация работ по прогнозированию газопроявлений, их оценке и выявлению, что позволит сохранить экологическую обстановку и жилищно-бытовые условия жизни людей.
5. По действующим угольным шахтам необходимо активное внедрение современных научно обоснованных технических решений и геотехнологий по извлечению метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита зданий от проникновения метана КД 12.01.03.07. Макеевка-Донбасс, 2002 г.
2. Горбунов М.И., Фрумкин Р.О., Смирнов Б.В. О метаносности пород Донбасса и оценке газовыделений из них. Уголь Украины, 1985, №12. С. 27-28.
3. Зберовский В.В. Развитие геотехнологий добычи метана угольных месторождений. Уголь Украины, 2004, №7. С.16-19.
4. Руководство по проектированию вентиляции угольных пластов. М. 1986.