

УДК 553.9: 552.87

С.В. Сахно (асп.)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

ПРОГНОЗ МЕСТА БУРЕНИЯ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ УЧЕТА ПЛОЩАДНОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

В статье на основе учета закономерностей миграционных процессов свободного метана и его гомологов в углепородном массиве предложен способ прогноза места бурения дегазационных скважин в процессе эксплуатации месторождения. Учет пространственной неоднородности распределения метана в массиве при планировании параметров дегазационных работ позволит повысить эффективность попутного извлечения метана.

Ключевые слова: метан, углеводороды, углепородный массив, дегазационные скважины, способ прогноза, миграция газа.

В современной экономической ситуации, учитывая тенденции постоянного повышения стоимости природного газа и нефти и недостаточное количество собственных запасов энергетических ресурсов, а также низкий уровень добычи из имеющихся месторождений в Украине вопрос энергетической безопасности стоит достаточно остро, и является одним из основных для национальной безопасности страны.

В качестве альтернативного ресурсосберегающего источника энергии в Украине одно из первых мест занимают углеводородные газы. Поиск разведка и использование ресурсов углеводородных газов является одной из актуальных задач страны и реализуется в рамках национальной энергетической программы принятой Верховной Радой Украины в мае 1996 г. постановлением № 191, согласно которому была создана «Государственная программа добычи сопутствующего газа метана из угольных месторождений Донбасса».

В настоящее время можно выделить два направления возможной интенсификации добычи углеводородных ресурсов - поиски и разведка залежей природного и сланцевого газа и использование углеводородных газов угольных месторождений. В Украине перспективными газоносными районами сланцевого газа являются Юзовская и Олесская площади. На февраль 2012 Государственная служба геологии и недр Украины оценивает перспективные запасы традиционного и нетрадиционного газа в Олесской и Юзовской газоносных площадях в 7 трлн. кубометров. Согласно данным 2011 года, агентства ЕІА объем исследованных и оцененных объемов сланцевого газа в Украине составляет 1,2 трлн. куб. метров. Развитие в последние годы технологий бурения скважин переменного направления и многоступенчатых скважин, в сочетании с гидрорасчленением пласта с добавлением специальных химических добавок значительно повысило рентабельность добычи сланцевого газа. Однако промышленное освоение указанных перспективных площадей связано со значительным объемом финансовых вложений и организационными сложностями.

При использовании углеводородных газов угольных месторождений можно выделить несколько направлений:

- предварительная дегазация углепородного массива с извлечением метана, проводимая с помощью скважин, сооружаемых с поверхности или из горных выработок до начала эксплуатации дегазируемого участка шахтного поля;
- попутная добыча метана в процессе эксплуатации месторождения;
- извлечение метана из искусственных полостей и выработанных пространств погашенных шахт.

Предварительное извлечение метана скважинами с поверхности производится с применением гидрорасчленения и гидроразрыва пласта. Эта технология является достаточно привлекательной, поскольку, согласно ее концепции, до начала ведения работ по извлечению угля вмещающий углепородный массив уже дегазирован, что исключает проявление газодинамических явлений, загазирование горных выработок и т.п. Однако, внедрение концепции предварительного извлечения в условиях Донбасса сдерживается специфическими горно-геологическими условиями, в частности тем, что 70 – 80 % газа в угле, по мнению большинства исследователей [1-3], находится в сорбированном состоянии, а также низкой проницаемостью песчаников, выступающих коллекторами газа. Таким образом, выделение достаточно большого количества газа метана возможно только в процессе разгрузки горного массива. Одним из перспективных вариантов этого направления может являться извлечение метана находящегося в свободной фазе, накопленного в природных коллекторах, которые приурочены к куполам, флексурам и другим естественным ловушкам [4].

Извлечение метана из выработанных пространств закрытых шахт может представлять интерес с практической точки зрения и в настоящее время находится на стадии исследования.

Одним из наиболее перспективных направлений представляется попутное извлечение метана при ведении дегазационных работ в процессе отработки угольных пластов. Это объясняется тем, что высвобождение достаточно большого количества газа метана происходит в процессе разгрузки горного массива, вызванной ведением очистных работ.

Опыт попутного извлечения метана известен, но применяется на шахтах страны недостаточно эффективно. Из 239 угледобывающих предприятий Украины только 44 предприятия (18%) оборудованы системами дегазации. Только на 15 шахтах метан утилизируется [5]. Это объясняется низким содержанием метана в дегазационных трубопроводах. Таким образом, существующие системы дегазации используются всего на 30%. Повышение эффективности дегазационных работ позволит увеличить объемы извлекаемого метана.

Опыт работы шахт показывает, что в одних и тех же геологических условиях дебит и динамика метановыделения из соседних скважин не является константой, а может отличаться в 1,5-2 и более раз, что объясняется как природными факторами - локальным площадным распределением (зональностью) метана, вызванным особенностями осадконакопления органического вещества, тектоническими процессами, разным содержанием свободной фазы метановых газов, так и технологией ведения дегазационных работ - рациональными параметрами заложения скважин, соблюдением направления бурения, качеством герметизации.

В настоящее время при разработке паспорта дегазационных работ не производится выбор места бурения дегазационных скважин. Их бурят с установленным, согласно инструкции [6], шагом. При этом не ведется геологический прогноз площадного распределения метана в массиве. Повысить эффективность попутной добычи газа можно при использовании достоверной геологической информации для прогноза места бурения дегазационных скважин. При этом максимального извлечения газа можно достичь как за счет извлечения свободного газа из структурных ловушек, так и связанного газа, мигрирующего при разгрузке в процессе отработки угольных пластов.

Достоверность геологического прогноза максимальных газопритоков основана на известном факте существования ореола рассеяния гомологов метана в мес-

тах скопления свободного газа. Например, прогноз газопроявлений проводят по выходу тяжелых углеводородов на дневную поверхность [7].

Известно, что при разработке угольных пластов метановыделение в горные выработки и дегазационные скважины неравномерно и увеличивается вблизи геологических нарушений закрытого типа [8], куполов и антиклиналей являющихся естественными структурными ловушками, а также порово-трещинных коллекторов [4]. При этом повышение метановыделения обеспечивается за счет миграции свободного газа, находящегося под давлением в ловушках, во вмещающих пласт породах-коллекторах в полость горных выработок и дегазационные скважины по разрывающимся в процессе разгрузки массива трещинам. Известно, что миграционные процессы углеводородных газов в угленосных массивах происходят в соответствии с законом фильтрации Дарси. Согласно которому скорость фильтрации флюида в пористой среде пропорциональна градиенту давлений и обратно пропорциональна вязкости флюида. Многочисленные исследования свойств горных пород и углей показывает, что их можно представить как пористые тела с размерами пор $10^{-5} - 10^{-8}$. В.В. Ходот дает следующую классификацию пор и пустот в ископаемых гулях: микро- или ультрапоры имеют диаметр порядка 0,003 мкм, переходные поры - 0,003 - 0,1, субмакропоры - 0,1 - 1,0 мкм, макропоры и микротрещины - 1,0 - 200, видимые трещины - 200 мкм и более [3].

Лабораторными опытами было установлено, что на границе раздела стенок капилляров (пор) и флюидов возникает двойной электрический слой. С.Е. Харин в связи с этим обосновывает поправку к закону Дарси, которая для капилляров диаметром $10^{-4} - 10^{-5}$ м будет незначительной. Она становится заметней при диаметрах $10^{-5} - 10^{-6}$ м. При диаметрах $10^{-7} - 10^{-8}$ м поправочный множитель приближается к нулю. Это означает, что по капиллярам размером менее 10^{-7} м при наличии электрокинетического потенциала водогазовая смесь протекать не будет, под каким бы давлением она не находилась [9].

В процессе разгрузки массива, вызванной ведением горных работ в зоне влияния горных выработок, в результате разуплотнения горных пород и образования зоны неупругих деформаций происходит разрушение пород, что приводит к увеличению размеров фильтрационных каналов. При достижении зоной разрушения места скопления газов начинается миграция газа в направлении горной выработки, которая является полостью с пониженным давлением. Аналогичный процесс наблюдается при попадании выработки в зону влияния мелкоамплитудного нарушения закрытого типа, являющегося структурной ловушкой. По системе трещин происходит миграция газа из ловушки в полость выработки.

Известно, что состав углеводородных газов, находящихся в угленосном массиве неоднороден. В результате детальных исследований компонентного состава угольных газов, начавшихся с внедрением газокернаборников (ГКН), было установлено, что тяжелые углеводороды - неотъемлемая составная часть газов угольных пластов [3, 10]. В их составе содержатся этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), пентан (C_5H_{12}), гексан (C_6H_{14}) и в очень небольших количествах - высшие углеводороды до C_8H_{18} . В антрацитах обнаружены лишь этан пропан и бутан [3].

По данным Б.М. Косенко, Г.Б. Яновской, угли Донецкого бассейна всех стадий метаморфизма содержат тяжелые углеводороды. Максимум их количеств приурочен к жирным и коксовым углям (этана до 5,12 %, пропана до 1,19 %); четко выявлена связь этано- и пропаноносности с метаморфизмом угольных пластов. Для условий Западного Донбасса показано, что частота обнаружения и содержание тяжелых углеводородов увеличивается с возрастанием стадий метаморфизма углей

(от БД до Г), а в пределах углей одной марки (марка Г₆ – Г₁₆) имеется тенденция к увеличению их количества с глубиной [11].

Очевидно, что скорость фильтрации различных газов, составляющих углеводородную смесь, будет разная из-за их различной динамической вязкости. Так, например, при прочих равных условиях скорость фильтрации пропана на 31%, этана на 16% выше скорости фильтрации метана. Таким образом, из ловушек метана в первую очередь будет наблюдаться миграция газов гомологов. Это является физической предпосылкой предлагаемого способа прогноза мест повышенного содержания метана в углепородном массиве.

Сущность которого заключается в измерении фонового содержания гомологов метана, выступающих в качестве газов-индикаторов, в специально пробуренных по заданной сетке шпурах в кровле выработки. Тенденция повышения содержания гомологов выше фонового значения в прогнозных шпурах по трассе выработки указывает на приближение структурной ловушки, в которой газ находится под давлением. А места с максимальным содержанием гомологов на фоне повышения общего метановыделения могут прогнозироваться как перспективные для выбора мест бурения дегазационных скважин.

Реализация предлагаемого способа прогноза места бурения дегазационных скважин представлена на рисунке 1.

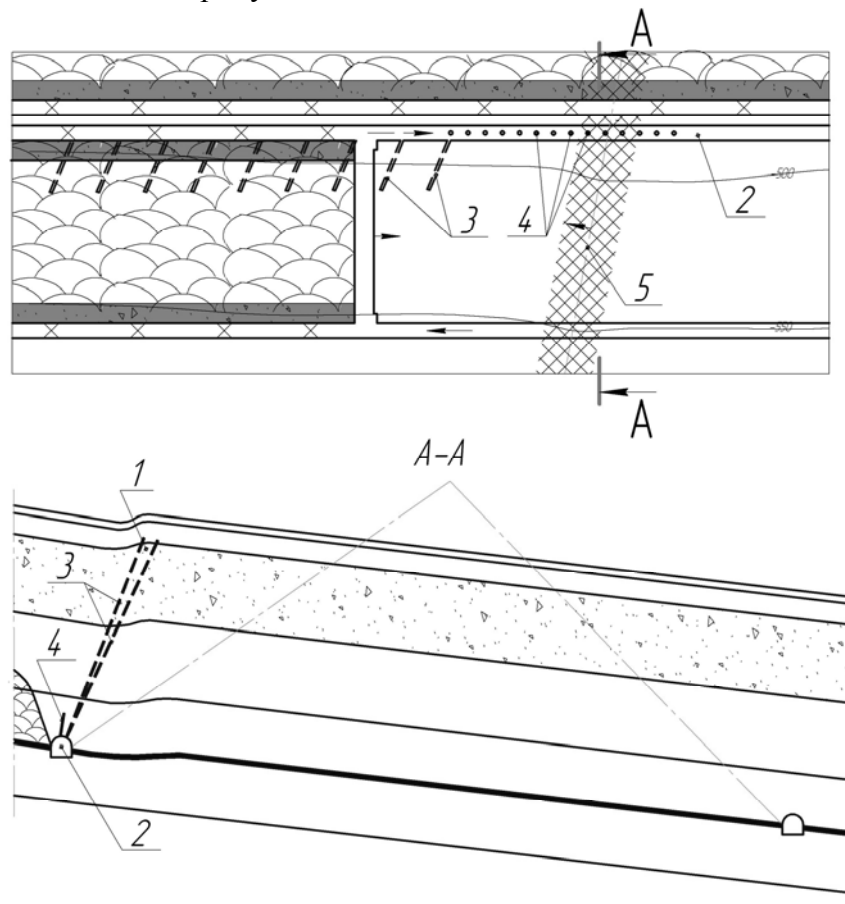


Рис. 1. Способ прогноза места бурения дегазационных скважин

- 1 - места скопления метана; 2 – выработки;
- 3 - дегазационные скважины; 4 – шпуры;
- 5 – геологическое нарушение закрытого типа, выступающее порово-трещинным коллектором

При необходимости уточнения места бурения скважин возможно сгущение сетки шпуров. Вблизи регистрации максимального содержания газов-индикаторов необходимо закладывать дегазационные скважины.

Для доведения предлагаемого способа до стадии практической реализации необходимо исследовать процесс миграции газов в углепородном массиве, изучить закономерности распределения гомологов-индикаторов вблизи ловушек и мест скопления углеводородных газов, на что и будут направлены дальнейшие исследования.

Список литературы

1. Кравцов А.И. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР: в 3 т. / А.И. Кравцов, В.Г. Белокоп. – М.: «Недра». – Т. I. Угольные бассейны и месторождения европейской части СССР. – 1979. – 628 с.
2. Газообильность каменноугольных шахт СССР. Комплексное освоение угленосных угольных месторождений / А.Т. Айруни, Р.А. Галазов, И.В. Сергеев и др. – М.: Наука, 1990. – 216 с.
3. Газоносность угольных месторождений Донбасса / А.В. Анциферов, М.Г. Тиркель, М.Г. Хохлов и др. – К.: Наук. думка, 2004. – 230 с.
4. Лукинов В.В. Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса / В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко. – К.: Наук. думка, 2008. – 352 с.
5. Кочерга В.Н. Эффективность дегазации на шахтах Донбасса и пути повышения дебита каптируемого метана / В.Н. Кочерга // Геолог Украины. – 2009. – №3. – С. 141 - 143.
6. Дегазація вугільних шахт. Вимоги до способів та схеми дегазації: СОУ 10.1.00174088.001:2004. – 01.01.2005 (ІПС№ 11,2004). На заміну Керівництва по дегазації вугільних шахт. – М., 1990.
7. Заватский М.Д. Изучение полей концентрации углеводородных газов в поверхностных природных сорбентах в связи с поисками и разведкой залежей нефти и газа в Западной Сибири: автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. 25.00.12 / М.Д. Заватский. – Тюмень, 2009. – 16 с.
8. Вергельська Н.В. Про особливості газової складової вугільних пластів в тектонічно активних зонах (на прикладі ділянки Північно-Родинська-2 ДП ВК «Краснолиманська») / Н.В. Вергельська, О.В. Правоторова, І.О. Назарова // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2011. – Вип. 9. – Ч. II. – 532 с.
9. Водо-газопроницаемость углепородных массивов, склонных к деформациям генетического возврата / В.И. Николин, С.В. Подкопаев, А.К. Носач // Известия горного института. – 2002. – № 3. – С. 30 – 36.
10. Попов В.С. Тектоника / В.С. Попов // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Донецкий бассейн. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – Ч. 1. – С. 103 – 151.
11. Забигаило В.Е. Проблемы геологии газов угольных месторождений / В.Е. Забигаило, А.З. Широков. – К.: Изд-во «Наукова думка», 1972. – 172 с.

Надійшла до редколегії 05.04.2012

С.В. Сахно

Донецький національний технічний університет, Донецьк

ПРОГНОЗ МІСЦЯ БУРІННЯ ДЕГАЗАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН НА ОСНОВІ УРАХУВАННЯ ПЛОЩИННОЇ НЕРІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ВУГЛЕВОДОРОДІВ

В статті на основі закономірностей міграційних процесів вільного метану та його гомологів у вуглепородному масиві запропоновано спосіб прогнозу місця буріння дегазацийних свердловин у процесі експлуатації родовища. Врахування просторової неоднорідності розподілу метану в масиві при плануванні параметрів дегазацийних робіт дозволить підвищити ефективність попутного вилучення метану.

Ключові слова: метан, вуглеводороди, вуглепородний масив, дегазацийні свердловини, спосіб прогнозу, міграція газу

S. Sakhno

Donetsk National Technical University, Donetsk

PREDICTION OF THE PLACE OF DRILLING DECONTAMINATION MINING HOLES TAKING INTO ACCOUNT THE AREA OF UNEVEN DISTRIBUTION OF THE HYDROCARBONS

In the article on the basis of the law of migratory processes of free methane and its homologues in a coal-rock array the method of prognosis the place of drilling decontamination mining holes is offered in the process of exploitation a deposit.

Keywords: methane, hydrocarbons, coal-rock array, decontamination mining holes, method of prognosis, migration of gaz.