

УДК 622.324.5:553.94

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНЫХ РЕСУРСОВ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Волошина Н. И.

(ИФГП НАНУ, г. Донецк, Украина)

Виконано аналіз досліджень спрямованих на розробку методів оцінки запасів метану на територіях відводів закритих і діючих вугільних підприємств.

The analysis of research aimed at developing methods to assess methane reserves in the territories of mining leases of abandoned and active coal mines is completed.

Метан, находящийся в углепородном массиве является таким же полноправным сырьевым ресурсом как нефть, газ и уголь. По разным оценкам в Донбассе в пределах горных отводов шахт имеется 0,43-1,1 трл м³ метана [1, 2] на глубинах до 1800 м и 12,0-25,2 трл м³ на глубинах до 3000 м [3]. Расхождения в полученных величинах запасов объясняются различиями в методическом подходе к оценке газоносности и степени угленасыщенности пород, в первую очередь, за счет пропластков малой мощности. Большая часть разрабатываемых в Донбассе шахтопластов залегает в метановой зоне [4], при этом газоносность их может достигать 53 м³/т с.б.м [2]. Однако специфичность, физическая и химическая связанность метана с угольным веществом, а также «рассеянность» метана в пределах месторождений делают дорогостоящими и малоэффективными мероприятия по предварительной дегазации массива. Предварительному извлечению метана из горного отвода шахты перед началом добычи угля будет препятствовать очень слабая газопроницаемость и газоотдача массива, не разгруженного от горного давления. Так по данным

[5] увеличение глубины разработки угольных пластов в Донбассе с 300-400 м до 600-800 м снизило эффективность их предварительной дегазации в 1,5-2,0 раза. Данное обстоятельство диктует целесообразность попутного либо последующего за выемкой угля извлечения газа, что в свою очередь актуализирует разработку методик подсчета запасов метана в горном массиве, подвергшемся подработке.

Процесс подсчета запасов метана в подработанном углепородном массиве в значительной мере осложнен относительно вариантов определения запасов природного газа или нефти в соответствующих месторождениях и даже метана в нетронутом массиве, такими влияющими факторами, как технологические параметры угледобычи и геомеханические преобразования в подрабатываемой толще пород [6].

Действующие в Украине методики подсчета количества содержащегося в горном массиве газа делают возможным его установление в двух случаях:

– до начала ведения очистных работ (подсчитывается метан, находящийся в угольных пластах и газоносных породных слоях объемным методом [6]);

– в процессе отработки угольных пластов (подсчитывается эмиссионный метан, выделяющийся в пределах подработанного горного массива [7, 8]).

Для случая же подсчета запасов метана в отводе закрытого угольного предприятия руководящий нормативный документ отсутствует. Между тем, учитывая актуальность данной проблемы исследования, направленные на ее решение проводятся как в Украине, так и за рубежом.

Большое внимание в исследованиях установлению зон максимальных скоплений метана (ловушек) техногенного природного характера, в пределах которых отсутствуют пути миграции метана в области пониженного давления (на земную поверхность, в горные выработки, либо смежное выработанное пространство).

На данный момент в Украине прогнозирование миграции метана из выработанного пространства выполняется в соответствии с «Инструкцией по защите зданий и сооружений от проникновения метана» [9]. Аналогичная «Инструкция о порядке

контроля за выделением газов на земную поверхность при ликвидации (консервации) шахт» [10] разработана в России. Согласно данным инструкциям, весь объем газов, заполняющих выработанное пространство, при ликвидации (консервации) шахты “мокрым” способом будет вытеснен водой на земную поверхность через образовавшиеся трещины, в результате чего могут быть загазированы жилые дома с прилегающими к ним постройками и промышленные сооружения. Основными путями миграции метана к дневной поверхности являются:

- пласты трещиноватых водоносных или газоводоносных пород после их осушения горными работами (песчаники, известняки) при моноклиналином залегании на расстоянии от 35 до 150 мощностей отрабатываемого пласта;
- трещиноватые породы в замковых частях антиклиналей и куполов;
- разрывные геологические нарушения, имеющие выход на дневную поверхность или под наносы;
- ликвидированные горные выработки, имевшие выход на дневную поверхность (стволы, шурфы);
- незатампонированные или некачественно затампонированные геологоразведочные скважины, пробуренные с поверхности;
- геодинамические зоны [11].

Наличие такого рода утечек, совместно с потерями метана, мигрировавшего с вентиляционной струей и по дегазационным стовам на дневную поверхность необходимо учитывать при определении остаточных ресурсов метана в том или ином его скоплении техногенного характера.

Несмотря на относительно развитые технологии извлечения остаточных газовых ресурсов в пределах горных отводов ликвидированных шахт в таких странах как Англия, Бельгия, Германия и Польша в абсолютном большинстве случаев поиск техногенных скоплений метана осуществляется на основе горного опыта и рассмотрения геологических структур месторождения [12, 13]. Многими отечественными исследователями также отмечается влияние геологических структур на метанонакопление. Установлено, что при приближении горных выработок к крупным геоло-

гическим нарушениям, антиклинальным структурам, куполам, флексурам и брахискладкам свободные скопления газа в породах-коллекторах преобладают [14]. При достаточной пористости песчаники в пределах антиклинальных структур и куполов могут содержать значительные запасы метана.

Попытка учесть влияние технологии добычи угля на параметры техногенных ловушек метана осуществлена в отраслевом нормативном документе [7]. В нем, в частности, предлагается определять интервалы разгрузки пород выше каждого отработанного пласта, а затем в границах этих интервалов выполнять расчеты плотности остаточных запасов метана, на основании которых принимается решение о целесообразности дальнейших работ по извлечению газа. При этом величина плотности остаточных ресурсов является весьма усредненным показателем, при определении которого не учитываются возможные перемещения метана по хорошо известным путям миграции в вентиляционную сеть шахты, либо область горного массива, ранее подработанную соседними лавами. Также не учтена в полной мере возможность ситуации неоднократной подработки рассматриваемой области горного отвода.

Скопления метана техногенного характера образуются в разуплотненных зонах над вынутым угольным пластом (после прохождения лавы и посадки основной кровли) при наличии изолирующей покрышки. Механизм, условия образования и определение местоположения зон скоплений метана на отработанных участках шахт изложены в работе [15].

Учитывать активизацию сдвижения пород на процесс образования свободного метана предлагается в работах [16, 17]. Очевидно, что повторные сдвижения пород могут происходить до тех пор, пока будут производиться очистные работы в смежных лавах или будут отрабатываться сближенные пласты в одном крыле шахтного поля. В результате этого в процесс десорбции газа из угля вовлекаются дополнительные зоны сближенных пластов и вмещающих пород, что подтверждается поступлением газа в вентиляционные выработки из участков, отработанных 10÷20 лет назад.

Скопления свободного метана на территории горных отводов с газозакранирующими покровными отложениями предлагается извлекать в работе [18]. В работе отсутствует методика подсчета остаточных ресурсов метана, однако представленный подход к выявлению такого рода техногенных скоплений вызывает интерес, в том числе и за рубежом. Так приводятся данные о польских шахтах, на территории горных отводов которых под газозакранирующими покровными отложениями отмечены и успешно извлекались значительные скопления свободного метана.

Распределение в пространстве и интенсивность газовых потоков зависят не только от свойств и характеристик массива, но и от стратегии ведения горных работ. Изменение, например, порядка отработки пластов в свите способно резко изменить и участие тех или иных потенциальных источников метана на различных стадиях технологического процесса, а, в конечном счете, и распределение остаточных газовых ресурсов горного блока [19].

Метановыделение из выработанного пространства существенно отличается при различном порядке отработки пластов в свите. Причем основным параметром, меняющим свое значение, является метановыделение из подрабатываемого массива, т.к. газ, выделяемый подрабатываемым угольным пластом или пропластком, при разгрузке его от горного давления, способен создавать газовые потоки как в направлении к поверхности, так и в близлежащие отработанные горные выработки.

Достигнутая в настоящее время производительность очистных забоев, многократно большая по отношению к периоду даже середины 90-х годов, привела к существенно иной динамике метанообильности, затрудняющей использование накопленного опыта решения задач рудничной аэрогазодинамики, и потребовала пересмотра традиционных методов обеспечения ритмичности работы забоев по газовому фактору. Современные условия угледобычи диктуют также необходимость учитывать взаимное влияние новых технологических параметров и газокинетических характеристик зон возмущений массива горных пород при решении задачи оценки остаточных ресурсов метана.

Большое количество исследований по разработке методов расчета остаточных ресурсов метана в отработанных горных от-

водах шахт было выполнено российскими учеными [20-22]. Расчетами установлено, что с увеличением скорости подвигания очистных забоев с 2 до 10 м/сут газовыделение метана из горного массива на земную поверхность возрастает на 30-35 % [20]. К моменту окончания процессов слеживаемости пород (через 5 лет [10]) влиянием скорости подвигания очистных забоев на остаточные ресурсы метана можно пренебречь. Ее несомненная значимость проявляется лишь в период угледобычи и сразу после ее окончания. При этом также установлено, что в процессе разгрузки от горного давления углеметановый пласт теряет часть своей метаноносности, но не ниже суммарной величины метаноемкости угля как сорбата, и удельного объема метана в поровом пространстве угля как коллектора при соответствующем давлении свободного газа. В результате пласт может, как увеличить свое газосодержание в 1,3 – 1,7 раза на глубинах до 100 м, так и снизить его в 2 – 3 раза на глубинах более 700 м.

Отдельно следует остановиться на методах обнаружения локальных скоплений метана. Так, при изучении метановых ловушек особый интерес вызывают зоны мелкоамплитудных тектонических нарушений и связанные с ними зоны трещиноватости. [23, 24]. При этом они могут быть как каналами миграции газа, так и ловушками жильного типа. Их выявление на данный момент производится различными геофизическими методами. [25, 26].

Методами 3D сейсморазведки наилучшим образом можно исследовать пути миграции газов глубинного происхождения в горный массив. Геохимические методы определения химического и изотопного состава газов, выделяющихся в скважины из мест скоплений, служат в первую очередь для оценки качества газов, источников их образования и идентификации глубинных флюидопроводных разломных зон [27].

Известен и нетрадиционный метод определения скоплений метана в гранулярных коллекторах по степени метаморфизма органического вещества. Так, при величине отражательной способности органического вещества $R_0 = 1,0 - 1,2$ пористость коллектора составляет 4 – 5 %, что свидетельствует о наличии границы области породного слоя с коллекторскими свойствами. По степени углефикации органического вещества предложено определить

и очаги выхода флюидных потоков из глубоких горизонтов [28, 29]. В качестве наиболее перспективных районов, где проявляется постинверсионный термальный импульс и произошла повторная генерация газа выделены участки Добропольский – Капитальный, Галеевский, Северо-Родинский, поле шахты «Краснолиманская» и примыкающие к ним площади.

Учитывая локальность формирующихся областей скопления метана в подработанном горном массиве, непосредственное влияние технологических параметров добычи угля на их формирование, а также времен десорбции метана из разгруженных зон угольных и породных слоев, целесообразным представляется ведение одновременного извлечения газовых и угольных ресурсов для чего необходима разработка технологических схем отработки газо-угольного месторождения, в которых были бы учтены оба этих процесса.

Сопутствующая дегазация подработанного массива (зачастую пластов-спутников) хорошо известна на шахтах Украины, однако практически во всех случаях ее применение рассматривается лишь с точки зрения повышения безопасности труда шахтеров, либо в качестве меры, позволяющей повысить нагрузку на очистной забой по «газовому фактору» и ведется, зачастую, из горных выработок, создавая дополнительные неудобства. Данный подход значительно урезает возможности дегазационной сети работать с промышленными объемами метано-воздушной смеси. На сегодняшний день имеется ряд способов извлечения метана из подрабатываемого горного массива, однако все они базируются на возможностях, предоставляемых существующей технологией добычи угля, приспособиваясь к ним.

Один из вариантов извлечения метана в процессе ведения добычи угля предложен в работе [30]. Заключается он в бурении скважин направленно-горизонтальным окончанием навстречу подвигания лавы. Интенсивная дегазация подработанного массива обуславливается в данном случае нахождением горизонтальной части скважины в зоне расслоения и прогиба угольных и породных слоев. Весьма важным моментом в данном способе является определение глубины заложения горизонтальной части скважины, относительно разрабатываемого угольного пласта, к

сожалению, автором не уточнено как определяется данный параметр. При слишком близком к угольному пласту заложении имеется большой риск разрушения скважины от обрушающейся породной толщи, а при слишком далеком (за сводом обрушения) возможно не получить ожидаемых объемов газа вследствие недостаточной разгрузки массива.

Используя склонность подработанных породных слоев к прогибу в работах [31, 32] реализуется идея дегазации пород кровли угольного пласта при помощи скважин, пробуренных из выработок в зону наибольшего прогиба пород, сформировавшегося под действием горных работ на соседнем выемочном поле.

Схожий способ извлечения метана из углепородного массива, находящегося в пределах свода обрушения от действующей лавы был осуществлен на ш. им. В. М. Бажанова ГП «Макеевуголь» [33]. При этом выполнялась дегазация песчаников, а скважины бурились из горных выработок.

Выводы

1. Если при подсчете запасов газа в газовых и газонефтяных месторождения основным фактором выступает изученность месторождения, то при подсчете запасов метана в газоугольном месторождении, при условии одновременной, либо с опережением выемки угольной составляющей, на первый план выходит необходимость определения объемов метана, диффундировавшего на земную поверхность в процессе угледобычи, и исследование геомеханических преобразований, приводящих к формированию техногенных резервуаров для высвобождающегося из угольных пластов и газоносных породных слоев метана.

2. При подсчете запасов метана, имеющих промышленное значение, на подработанных территориях следует оперировать такими категориями как горный отвод закрытого или работающего угольного предприятия и более мелкие формации. Рассматривать запасы в пределах угленосного района стоит лишь как совокупность отдельных техногенных скоплений в пределах данного района, т.к. сама по себе подработанность отдельных участков горного массива не означает наличия в нем достаточных для извлечения скоплений метана.

3. В настоящее время назрела потребность обобщения имеющихся разработок в области подсчета запасов метана на подработанных территориях в рамках единого руководящего документа, где были бы учтены влияние горно-геологических условий строения горного массива, горнотехнические особенности его подработки и наличие путей миграции метана.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Маршал Дж. Возможности добычи и утилизации шахтного метана в трех угольных бассейнах России и Украины / Дж. Маршал, К. Пилгер, К. Дж. Байблер. // Препринт Метанового центра / Метан угольных шахт: прогноз, управление, использование. — 1995. — № 3. — С. 9—17.
2. Газоносность угольных месторождений Донбасса / [А. В. Анциферов, М. Г. Тиркель, М. Т. Хохлов и др.]; под ред. чл.-кор. НАН Украины Н. Я. Азарова. — К. : Наукова думка, 2004. — Т. 2. — 231 с.
3. Закономерности распределения метана в каменноугольных бассейнах Украины и перспективы его добычи и использования / Лизун С. О., Иванцов О. Е., Дузок И. В. [и др.] // Геотехнология и геохимия горючих ископаемых. — 2001. — № 2. — С. 122—127.
4. Кравцов А. И. Миграция газов и газовая зональность / Кравцов А. И., Лидин Г. Д. // Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. — М. : Недра, 1980. — С. 56—73.
5. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины / [А. В. Анциферов, А. А. Голубев, В. А. Канин и др.]. — Донецк : «Вебер», 2010. — 478 с.
6. Методическое руководство по оценке углеводородных газов угольных месторождений как попутного полезного ископаемого. — М. : Мингео СССР, 1988. — 107 с.
7. Техногенні скупчення метану у порушеному вуглепородному масиві. Методика прогнозування зон підвищеної газонасиченості та визначення їх параметрів. Стандарт Мінвуглепрому України: СОУ 10.1.05411357.007:2007 / А. Ф. Булат, Д. П. Гу-

- ня, А. П. Клец (та ін.): видання офіційне. — введ. 24.10.07, № 469. — К., 2007. — 14 с.
8. Инструкция по применению Классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых государственного фонда недр к геолого-экономической оценке общих (эмиссионных) и добывающих запасов шахтного метана углегазовых месторождений в зонах сопутствующей технологически необходимой дегазации во время разработки угольных пластов. — Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых. Приказ, Инструкция от 07.11.2008 № 523 действует с 23.01.2009.
 9. Инструкция по защите зданий от проникновения метана / МакНИИ. Макеевка — Донбасс, 1986. — 60 с.
 10. Инструкция о порядке контроля за выделением газов на земную поверхность при ликвидации (консервации) шахт / ВостНИИ. Кемерово, 1998. — 35 с.
 11. Сергиенко А. И. Графоаналитический способ определения границ распространения геодинамических зон на земной поверхности в пределах горных отводов закрытых шахт / Сергиенко А. И., Подрухин А. А. // Сб. : Физико-технические проблемы горного производства/ Вып. № 13. — Донецк: ИФГП НАН Украины, 2010. — С. 128—135.
 12. Штарцахер К. Проблемы каменноугольной промышленности и создание «Форума устойчивого развития» / Штарцахер К. // Глюкауф. — 2001. — № 2 (4). — С. 9—14.
 13. Пройссе А. Рудничный газ – от побочного продукта к самостоятельному энергоносителю / Пройссе А. // Глюкауф. — 2002. — № 4. — С. 21—27.
 14. Лукинов В. В. Влияние геологических факторов на газообильность горных выработок / Лукинов В. В., Баранов В. А., Гуня Д. П., Пащенко П. С. // Науковий вісник Національного гірничого університету. — 2005. — Вип. 6. — С. 76—79.
 15. Пат. 74502 України, G01V9/00; E21F7/00 Спосіб визначення зон скупчення метану на відпрацьованих ділянках шахт / Булат А. Ф., Звягільський Ю. Л., Лукинов В. В., Баранов В. А., Єфремов І. О., Бокий Б. В., Гуня Д. П. (Україна); Заявл. 06.07.04; Опубл. Бюл. № 12 — 2005. — 6 с.

16. Антощенко Н. И. О газопроявлениях при отработке смежных лав / Антощенко Н. И., Павлив М. В. // Уголь. — 1987. — № 8. — С. 24—25.
17. Антощенко Н. И., Павлив М. В. Дегазация выемочных участков при активизации сдвижения подработанных пород // Уголь Украины. — 1986. — № 7. — С. 37—38.
18. Денисенко В. Особенности метанового потенциала шахтных полей при наличии газоупорных (экранирующих) отложений / Денисенко В., Абакумова Е., Егоров И. [и др.] // Геолог України. — 2011. — № 2 (34). — С. 29—34.
19. Воронин В. Н. Основы рудничной аэрогазодинамики / Воронин В. Н. — М. : Углетехиздат, 1951. — 234 с.
20. Полевщиков Г. Я. Горнотехнологические основы роста объемов каптирования метана на шахтах Кузбасса / Г. Я. Полевщиков, В. Г. Пестриков // Шахтный метан: прогноз, управление, использование : Доклады научн.-технич. конф., 10 июня 2002. — Кемерово: ИУУ СО РАН, 2002. — С 46—61.
21. Козырева Е. Н. Разработка метода определения эмиссионных ресурсов и газокинетических свойств массива горных пород для совершенствования комплексного газоправления (на примере шахт Кузбасса) : Автореф. дис. канд. техн. наук. — Кемерово, 2000. — 25 с.
22. Козырева Е. Н. Динамика метанообильности горнотехнологических модулей угольных шахт / Е. Н. Козырева, В. Г. Пестриков // Шахтный метан: прогноз, управление, использование: Доклады научн.-технич. конф., 10 июня 2002. — Кемерово : ИУУ СО РАН, 2002. — С. 62—68.
23. Карамушка О. Выделение нарушенных зон – потенциальных коллекторов метана в угольных пластах Донбасса / Карамушка О. // Геолог України. — 2011. — № 2 (34). — С. 35—38.
24. Патент України № 34472. спосіб визначення зон тріщинуватості у вуглепородному масиві / В. А. Баранов, П. С. Пашенко. — Бюл. № 15. 2008. — 6 с.
25. Пилипенко Ю. Н. Дегазация угольных пластов в зонах тектонических нарушений / Пилипенко Ю. Н. // Геолог України. — 2011. — № 2 (34). — С. 69—73.

26. Практический опыт поисков и картирования геоэлектрическими методами скоплений свободного метана на шахтах Донбасса / Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корагин И. Н. [и др.] // Теоретические и прикладные аспекты геоинформатики. — К., 2010. — С. 232—249.
27. Склад летних компонентів флюїдних включень і закритих пор у породах дільниць впровадження технології «газового горизонту» вугільних шахт Донбасу / А. Ф. Булат, І. Н. Наумко, І. Н. Зінчук [и др.] // Геологія: геохімія горючих копалин. — 2005. — № 2. — С. 93—104.
28. Перспективы обнаружения залежей постинверсионного метана в Донбассе: результаты анализа фишн-трековых данных / Привалов В. А., Саксенхофер Р. Ф., Шмигель К. [и др.] // Уголь Украины. — № 9. — 2004. — С. 12—17.
29. Коллекторы метана в угленосных формациях Донбасса / Майборода А. А., Анциферов В. А., Голубев А. А., Иванов Л. А. // Наукові праці УкрНДМІ України, 2009. — № 4. — С. 6—15.
30. Лелик Б. Супутня дегазація газоносного вуглепородного масиву за допомогою пробуреної з поверхні у покрівлю вугільного пласта свердловини зі спрямовано-горизонтальним закінченням / Лелик Б. // Геолог України. — 2011. — № 2(34). — С. 55—59.
31. Пат. к.м. 75821 Україна, E21F7/00, Спосіб випереджаючої дегазації порід покрівлі високонавантажених лав / А. Ф. Булат, Є. Л. Звягільський, І. О. Єфремов (та ін.); заявники і патентоволодарі: ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, «ш. ім. О. Ф. Засядько» — № 20041108929, заявл.01.11.04. надрук. 15.05.05. — Бюл. № 5.
32. Випереджаюча дегазація порід покрівлі високонавантажених лав. Правила застосування: СОУ 10.1.001174088.023:2010 / О. І. Касімов, В. М. Кочерга, А. М. Брюханов, І. І. Писарев, А. Ф. Булат, В. В. Лукінов, А. П. Клець, Б. В. Бокій, І. О. Єфремов. — Макіївка : МакНДІ, 2010. — 21 с.
33. Булат А. Ф. Извлечение метана техногенных коллекторов отработанных полей угольных шахт / Булат А. Ф., Клец А. П., Васильев А. В., Макаренко С. В. // Геотехническая механика. — 2012. — Вып.102. — С. 3—7.