

механизации таких основных операций, как бурение скважин, их расширение и зарядание, дает возможность снизить долю тяжелого ручного труда и повысить безопасность работ.

8. Выполненные исследования свидетельствуют о том, что разработка способов проходки тупиковых восстающих за один прием взрывания, обоснование рациональных технологических параметров такой проходки, создание для данного вида проходческих работ оптимальной технологии отделения породы от массива и технических средств для ее осуществления является одним из актуальных и перспективных направлений совершенствования горных работ при подготовке блоков к очистной выемке на подземных горнорудных предприятиях Кривбасса.

#### Список литературы

1. Чирков Ю.И., Черненко А.Р. Подземная разработка мощных железорудных месторождений. - М., Недра, 1985.-239 с.
2. Барон Л.И., Овчинников М.И. Механизация проходки восстающих. М., Недра, 1973.-192 с.
3. Шнайдер М.Ф. Образование восстающих взрыванием скважинных зарядов. Горный журнал, №6,1982, с. 36-37.

УДК 553.98(477)

#### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СКОПЛЕНИЙ ТЕХНОГЕННОГО МЕТАНА

*В.А. Баранов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины,  
В.А. Кириченко, Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины,*

Независимость Украины, как и других стран, зависит от энергетической самостоятельности. Природного газа Украина добывает около трети от потребления, а около 2/3 экспортирует из соседних стран. При этом в отложениях Донецкого бассейна находится значительное количество угольного (на неотработанных площадях) и шахтного (на отработанных площадях) метана, не отличающегося по своим характеристикам и теплотворной способности от природного газа [1]. Следует учесть и то, что при отработке углей, шахтный газ, высвобождаясь из угольных пластов и пропластков, вмещающих пород и шахтных вод, поступает в горные выработки и существенно снижает безопасность работы шахтеров. Кроме этого, метан, высвобождаясь в атмосферное пространство, нарушает имеющееся равновесие, негативно влияя на окружающую среду.

В этой связи, учитывая опыт передовых стран по данной проблеме, необходимо проявить максимум усилий и заинтересованности для решения проблемы улучшения условий окружающей среды; повышение безопасности работы горняков; утилизации шахтного и угольного метана как дополнительного энергоносителя. На содействие в решении указанной задачи направлена данная статья, результаты, изложенные в которой, позволяют более полно учитывать геологические факторы и выполнять прогнозирование, добычу и утилизацию угольного и шахтного метана на оптимальном уровне.

Актуальность добычи шахтного и угольного метана на месторождениях Донбасса не вызывает сомнения. Аналогичные угольные бассейны за рубежом разрабатываются таким образом, чтобы добывать не только уголь, но и сопутствующий ему метан. Причем газ, например в США, добывают как на отработанных шахтных площадях, так и на не отработанных.

Анализ результатов геологических исследований на настоящее время позволяет утверждать, что каждое месторождение полезных ископаемых вообще и углегазовое, в частности, отличается своими существующими горно-геологическими условиями и добыча газа на отработанных и не отработанных площадях, также имеет свои отличия.

Для нефтегазовой геологии является аксиомой то положение, что всякая газовая ловушка определяется наличием трех основных факторов: коллектора, геологической структуры и газозакрывающей крыши. Применительно к бассейну углегазовых месторождений, каковым является Донбасс, существенно отличающийся от традиционных газовых месторождений, указанные представления можно трактовать следующим образом.

Коллектор, для условий Донбасса, формируется в зоне развития мощных песчаников, что ранее определялось путем построения карт изопачит песчаников, а в последнее время – путем построения карт стрессовой части палеопотока, поскольку эта часть характеризуется повышенными размерами породообразующих зерен, повышенными значениями пористости и повышенным содержанием сорбирующего газ цемента.

Геологическая структура, в условиях отложений Донбасса, может быть представлена различными типами: литологическая, тектоническая, классическая замкнутая антиклиналь, незамкнутая антиклиналь – каких, для условий рассматриваемого региона, достаточно много. Выделением структур различного генезиса и связью их с выбросоопасностью занимались исследователи ранее [2].

Выделением газозакрывающих крышек или газозакрывающих интервалов исследователи ранее не занимались, поскольку Донбасс не рассматривался как газовое месторождение и в данных работах не было необходимости. В последние годы такая необходимость появилась в силу политических (формирование Украины, как самостоятельного государства), экономических (Донбасс занимает четвертое место в мире по запасам угольного метана) и энергетических (топливно-энергетический кризис) причин. Иными словами, к подсчету ресурсов метана, добыче его и утилизации в указанном угольном бассейне необходимо подходить с учетом опыта разработки типичных нефтегазовых бассейнов, дополняя к этому специфику горно-геологических условий конкретного региона.

О специфике отложений Донбасса знают многие исследователи. В отличие от типичных нефтегазовых бассейнов, данный регион претерпел значительные тектонические преобразования из-за прошедшего здесь поднятия в результате внедрения мантийного диапира, что послужило причиной формирования относительно низкой пористости (от 10 – 15 % в породах среднего катагенеза прибортовых районов, до 3 – 8 % в подобных отложениях центральных районов); низкой проницаемости (в основном тысячные и сотые доли миллидарси). К этому необходимо прибавить повышенную (относительно типичных нефтегазовых бассейнов) плотность и прочность пород [2-4].

Вышеуказанные условия являются основной естественной преградой при выполнении дегазации и утилизации шахтного метана на угольных шахтах Донецкого бассейна. Результаты исследований в указанном направлении стали основой и исходными данными для настоящей статьи. Исследуя возможности дегазации, которая возможна без применения дорогостоящего гидроразрыва, рассмотрим процесс разуплотнения массива при отработке угля подробнее.

Цель настоящей работы: выполнить прогнозную оценку стратиграфических интервалов и площадных зон максимально благоприятных для формирования скоплений свободного метана в песчаниках, используя литолого-фациальный анализ, физико-механические и коллекторские свойства горных пород.

Основные задачи работы:

- определить алгоритм выделения потенциально газоносных песчаников или их участков в стратиграфическом разрезе исследуемой площади, а также газозакрывающие интервалы в кровле каждого выбранного песчаника;
- выделить оптимальные (продуктивные) зоны скопления углеводородов, с учетом сочетающихся условий палеопотоков, изопачит, локальных структур и газозакрывающих интервалов.
- выполнить прогнозно-вероятностную оценку зон скопления углеводородов, с учетом различных режимов сочетания благоприятных условий для их образования.

Согласно данным М.А. Иофиса [5], в процессе отработки угольного пласта и следующей за этим посадке основной кровли происходит разуплотнение углепородного массива над

разрабатываемым угольным пластом. При этом формируется четыре основных зоны, характеризующиеся следующими свойствами.

Первая зона расположена, примерно, в интервале от 0,0 до 8,0 метров выше угольного пласта и отличается от остальных полным разрушением и перемятостью пород.

Вторая зона (от 8,0 до 30 м над разрабатываемым пластом) характеризуется формированием интенсивной вертикальной трещиноватости и частичным разрушением у основания интервала.

Третья зона (от 30 до 80 м над разрабатываемым пластом) характеризуется формированием интенсивной горизонтальной или, так называемой, послойной трещиноватости и редкой вертикальной трещиноватости.

Четвертая зона (от 80 до 130 м над разрабатываемым пластом) характеризуется формированием слабовыраженной послойной трещиноватости, которая может распространяться и выше – до 325 м над разрабатываемым пластом.

Следует отметить, что приведенные границы не являются абсолютными и могут существенно меняться в разных условиях – на разных подстадиях катагенеза, на разных тектонически преобразованных участках и площадях.

Поскольку все породы раннего и среднего катагенеза (включая и пластовую воду) Донецкого бассейна являются газонасыщенными в разной степени, из разуплотненных пород в горных выработках освобождается шахтный метан и, поскольку он обладает низким удельным весом, то дренирует в верхние горизонты. Следует сказать, что в горных породах Донбасса сосредоточено значительное количество органического вещества (от 2 – 3 % в песчаниках, до 10 – 15 % и более в аргиллитах), которое содержит определенные объемы сорбированного метана. При разуплотнении массива происходит высвобождение как свободного газа, так и сорбированного, в результате десорбционных процессов.

В породах-коллекторах, расположенных над и под выработанным пространством, метан находится под избыточным давлением, что обуславливает его фильтрацию в разуплотненные породы. Таким образом, в разуплотненной зоне сосредотачиваются значительные объемы газа и если нет естественных преград, он будет постепенно уходить вверх, вплоть до выхода на дневную поверхность.

Существенное влияние на этот процесс могут оказывать породы-покрышки, расположенные в 3-ей или 4-ой зонах (по М.А. Иофису). К таким породам-покрышкам следует относить комплекс – известняк, перекрытый аргиллитом.

По нашим и литературным данным [3-6], известняк отличается повышенной, относительно других пород, прочностью, что имеет определенные последствия на отработанных участках шахтных полей. В процессе отработки угольных пластов происходит посадка основной кровли угольного пласта, а затем компенсационное проседание массива горных пород, залегающих над отработанным угольным пластом. Указанное проседание происходит достаточно длительное время и, к тому же, неравномерно. В тех местах, где залегают мощные известняки или известковистые песчаники этот процесс замедляется. Известняк как бы держит вышележащие породы. С течением времени эти известняки тоже проседают под действием литостатических напряжений, но на некоторое время под ними формируется нарушенная зона, своеобразный «газовый карман».

В случае залегания над известняком аргиллита, формируется биструктурное сочетание (прочность дает известняк, обладающий плотной и прочной структурой, а газонепроницаемость – аргиллит, обладающий газоэкранирующими свойствами). Чем более мощным является указанное биструктурное сочетание, названное нами «газоэкранирующим интервалом», тем дольше будет сохраняться указанный «газовый карман» и тем меньше газа уйдет из исследуемого интервала за определенный промежуток времени. Дегазационные скважины, при прочих равных условиях (наличии палеопотока, локальной структуры, повышенных значений изопахит песчаника), оптимальнее закладывать в местах залегания более мощных газоэкранирующих интервалов, перебуривание которых позволяет более эффективно дегазировать исследуемый массив и добывать так называемый «техногенный» газ.

Для использования в технологических дегазационных процессах описанного выше газозакранивающего интервала разработана методика построения карт мощностей данного интервала, краткая методика построения которых в схематическом виде приводится ниже. На методику получен патент Украины №74502 [7].

По нашему мнению, карты газозакранирующих интервалов наиболее эффективны на отработанных площадях действующих или закрытых шахт. На не отработанных площадях «газовых карманов», имеющих существенные объемы, не будет. Тем не менее, в зонах развития мощных газозакранирующих интервалов, в сочетании со структурами и коллекторами, эти карты могут служить дополнительным фактом наличия и сохранения углеводородных скоплений, а для Донбасса – потенциального шахтного метана.

Построение указанных схематических карт выполняют следующим образом. В кровле отработанного или отработываемого угольного пласта, на расстоянии не менее 50 – 60 м и не более 300 м от него, выбирается наиболее мощный известняк в сочетании с вышезалегающим аргиллитом (биструктурное сочетание или газозакранирующий интервал). Ближе к отработываемому угольному пласту выбирать указанный интервал не рекомендуется, вследствие того, что он может быть существенно нарушен вертикальными трещинами после посадки основной кровли. В этом случае выбранный интервал не будет выполнять газозакранивающую функцию. Дальше 300 м от отработываемого угольного пласта эффект формирования газового кармана будет существенно снижаться, до полного его исчезновения. Поэтому наиболее оптимальное расположение газозакранивающего интервала выбирается в промежутке 60 – 150 м над разрабатываемым угольным пластом.

Кроме названных параметров, необходимо выбирать наиболее мощный известняк, по возможности, в сочетании с наиболее мощным аргиллитом, залегающим в кровле выбранного известняка. После проведенного выбора, по всем имеющимся на участке исследований скважинам, пробуренным с поверхности (по каротажным диаграммам или геологическим разрезам) определяются мощности выбранного газозакранивающего интервала ( $H_{г.и.}$ ) по формуле:

$$H_{г.и.} = H_{и.} + H_{а.}; м$$

где:  $H_{и.}$  – мощность известняка;

$H_{а.}$  – мощность залегающего над известняком аргиллита.

Полученные значения выносят возле каждой используемой скважины на гипсометрический план (или план горных работ) и методом интерполяции соединяют равные значения с интервалом в 1 или 2 м. Величина интервала не играет существенной роли и может меняться в зависимости от степени изменения мощности газозакранивающего интервала.

Так, если перепад значений выбранного интервала в районе около 10 – 15 м, то выбранный интервал в 1 или 2 м вполне оправдан. Если же разница между максимальными и минимальными значениями мощности газозакранивающего интервала достигает 30, 40 и более метров, более оправданным является интервал в 3 или 5 метров. Для нас важно проследить динамику изменения мощности данного интервала, сопоставить его с картами выделенных палеопотоков и картами локальных структур, для определения зон повышенной газоносности и выбора мест заложения дегазационных скважин.

Как указывалось, для достижения сформулированной цели – прогнозирования зон скопления углеводородов, наиболее благоприятным будет сочетание нескольких факторов. В связи с этим предлагается методика бальной оценки сочетания благоприятных для прогнозирования факторов. Так, каждая из карт (палеопотоков, изопахит и другие) оцениваются в один балл. Сочетание нескольких факторов увеличивает степень прогноза углеводородов.

Опыт выполненных в Донбассе работ указанного направления позволяет сделать следующие выводы относительно газозакранирующих интервалов.

При мощности известняка в газозакранирующем интервале менее одного метра или суммарной мощности менее 5 метров – данный интервал будет малоэффективен и не может

рассматриваться как достаточный самостоятельный фактор, выполняющий функции газозащиты.

При суммарной мощности интервала от 5 до 10 м и мощности известняка не менее 2 м – он имеет удовлетворительную эффективность, что выражается одним баллом.

При суммарной мощности интервала более 10 м и мощности известняка более 3 м – газозащитный интервал имеет хорошую эффективность, что выражается двумя баллами.

Таким образом, сочетание стрессовой части палеопотока, повышенных значений изопакит, локальной структуры и газозащитного интервала, например 7 м мощности, при мощности известняка 2 м, позволяет оценить выделенную зону в 4 балла. Что является достаточно высоким вероятностным показателем наличия метана в исследуемой зоне.

Наиболее благоприятным будет сочетание повышенных значений палеопотоков, изопакит, локальных структур и газозащитного интервала общей мощностью более 10 м и мощностью известняка – более 3 м. Такое сочетание факторов может оцениваться в 5 баллов и иметь наиболее высокую вероятностную оценку при прогнозировании наличия свободного метана.

В качестве примера, рассмотрим поля шахт Донецко-Макеевского горнопромышленного района.

Построенная для условий отработанной части шахтного поля карта газозащитного интервала, включающая известняк М<sub>5</sub> (мощностью более 1 м) и залегающий выше аргиллит, позволяет сделать следующие выводы.

Прослеживается общая для шахтного поля тенденция увеличения мощности газозащитного интервала в кровле угольного пласта т<sub>3</sub> с юга, юго-запада, на север, северо-восток.

Увеличение мощности газозащитного интервала совпадает с общим падением пород на анализируемой шахте.

В этом же, указанном выше направлении увеличивается общая мощность слоев других пород, по крайней мере, для свиты С<sub>2</sub><sup>7</sup>.

Определение направления увеличения степени мористости и общей мощности пород, позволяет прогнозировать изменение горно-геологических условий для шахтного поля в данном направлении.

Экспериментальные исследования работы дегазационных скважин в районе 16 – ой восточной лавы угольного пласта т<sub>3</sub>, поля шахты им. А.Ф. Засядько, где установлены повышенные значения мощности газозащитного интервала (более 8 м), показали повышенные газопитоки, несмотря на отсутствие в данном районе видимых структур и палеопотоков.

Приведенные результаты позволяют применять метод определения газозащитного интервала на шахтах Донбасса, в качестве одного из существенных факторов, с целью более полного исследования изменения степени горно-геологических условий, а также для повышения надежности определения зон повышенной газоносности как отдельно, так и совместно с другими методами (картами палеопотоков, картами локальных структур, картами изопакит).

#### Список литературы

1. Булат А.Ф. Создание индустрии шахтного метана в топливно-энергетическом комплексе Украины // Геотехническая механика, 1998. - № 10. – С. 3-8.
2. Забигайло В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород Донбасса // Киев: Наук. Думка, 1983. – 288 с.
3. Атлас литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна /Л.Н. Ботвинкина, Ю.А. Жемчужников, П.П. Тимофеев и др. – М.: АН СССР, 1956. – 368 с.
4. Старостенко В.И., Лукин А.Е., Коболев В.П. и др. Модель глубинного строения Донецкого складчатого сооружения и прилегающих структур по данным региональных геофизических наблюдений // Геофизический журнал, 2009. - №4. – С.44-64.
5. Иофис М.А., Шмелев А.И. Инженерная геомеханика при подземных разработках. – М.: Недра, 1985.- 248 с.
6. Малинин С.И. Геологические основы прогноза поведения пород в горных выработках. – М.: недра, 1969. – 192 с.
7. Пат. 74502 Україна, G01V9/00; E21F7/00. Спосіб визначення зон скупчення метану на відпрацьованих ділянках шахт / А.Ф. Булат, Ю.Л. Звягільський, В.А. Баранов та ін. Опубл. 06.07.2004.- Бюл.№12.-2005.- 6 с.