

УДК 550.8.05:622.411.332

В.А. Баранов, И.А. Ефремов, Б.В. Бокий,
Д.П. Гуня (ИГТМ НАН Украины,
АП шахта им. А.Ф. Засядько)

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕТАНА НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО

Викладено результати вивчення тріщинуватості, колекторських властивостей порід діючих і закритих шахт та ділянок розвідки. Розглянуто умови формування техногенних колекторів. Встановлено формування текстурної пористості та проникненості.

FORMING OF TEKNOGENOUS COLLECTORS OF METHANE ON EXAMPLE OF MINE THE NAME A.F. ZASJADKO OF

The results of research of jointing, collector properties of breeds of operating and closed mines and areas of secret service are expounded. The terms of forming of tekhnogenous collectors are considered. Forming of texturing porosity and permeability is set.

В последние годы исследователи и производственники угольной отрасли, достаточно большое внимание уделяют угленосным отложениям Донбасса, как потенциальным углегазовым месторождениям. Различными авторами [1] подсчитаны значительные ресурсы метана в указанных отложениях, как в свободном, так и сорбированном состояниях.

Несмотря на то, что Донбасс имеет значительный газовый потенциал, добыча газа в нем не производится. Основная причина сводится к следующему. Породы Донецкого бассейна в конце карбона – начале перми, претерпели поднятие, называемое инверсией. В результате этого на геостатическое уплотнение осадочных отложений рассматриваемого региона, наложилось тектоническое воздействие, которое привело к еще более значительному уплотнению пород. Вследствие этих преобразований, пористость карбоновых отложений Донбасса существенно уменьшилась, равно как и их проницаемость. Так, если проницаемость отложений ДДВ находится на уровне единиц или десятков миллиарда, то проницаемость угленосных отложений центральных районов Донбасса (где максимально проявилась инверсия) редко выходит за рамки тысячных и сотых долей миллиарда.

Таким образом, подвергнутые тектоническому воздействию породы существенно (на два – три порядка) ухудшили свои коллекторские свойства. Получился достаточно своеобразный результат – газа в карбоновых отложениях Донбасса много, но добыть его весьма и весьма сложно. Для этого нужно каким-то

образом нарушить сплошность породы, ее структурные и текстурные параметры, а на это необходимо затратить значительное количество энергии.

На сегодняшний день существует два основных направления извлечения метана из осадочной толщи Донбасса. Первое, заключается в бурении поверхностных скважин, воздействию различными методами и технологиями на потенциальные коллектора, которые позволяют улучшить проницаемость пород с последующим извлечением и использованием метана.

Второе направление заключается в использовании действующих и закрытых угольных шахт. После отработки угольных пластов происходит естественное проседание пород кровли, разуплотнение их, выделение свободного и десорбированного газа в трещиноватые зоны кровли отработанных угольных пластов, формируя так называемые техногенные скопления углеводородов.

В последние годы, вследствие комплекса причин: существенного истощения запасов природных газов, ухудшения экологической ситуации в результате формирования парникового эффекта, непосредственного влияния метана на выбросоопасность углей и пород, а соответственно и на безопасность горняков – назрела необходимость решения этих проблем путем использования попутного метана как нетрадиционного вида сырья.

Еще одна причина, заставляющая ученых и производителей коренным образом пересмотреть свое отношение к попутному газу-метану, заключается в том, что необходимо закрывать отработанные, нерентабельные, глубокие шахты, а это также ведет к ряду негативных последствий: подтоплению угодий и населенных пунктов, выходу метана на поверхность и скоплению его в зданиях и сооружениях. Опыт бывших угольных бассейнов Англии, Германии и закрытых шахт Донбасса, показывает, что закрытие угольных шахт должно в обязательном порядке сопровождаться дегазацией разуплотненного горного массива этих шахт, предотвращая выход метана на земную поверхность.

Задача данной статьи – более детально исследовать развитие трещиноватости пород по указанному второму направлению, касающемуся действующих и закрытых шахт, и участков шахтных полей. Проблема заключается в том, что раньше это направление изучалось достаточно мало, поскольку шахтный метан, за редким исключением, практически не использовался.

Вначале рассмотрим основные пункты эволюции формирования метана. Общеизвестно, что метан генерируется органическим веществом в процессе его многократных преобразований в периоды диагенеза и катагенеза. Заканчивается генерация метана угольным веществом лишь в позднем катагенезе, примерно тогда, когда уголь переходит в суперантрациты, а угольное вещество на 96 – 98 % графитизировано. Весь предыдущий путь от торфа до суперантрацитов – органическое вещество генерирует углеводороды, в основном, метан.

В приповерхностных слоях пород метана нет или есть в незначительном количестве, поскольку он дегазируется в атмосферу (масса 1 л метана при 0° С и давлении 760 мм - 0,7168 г). Этот интервал называется зоной газового выветривания, он меняется от десятков до нескольких сотен метров, в зависимости от физико-механических свойств пород. Весь остальной интервал – от зоны газового выветривания, до суперантрацитов, метан, в разных объемах и разных

формах: свободном состоянии, сорбированном, водорастворенном, в закрытых микропорах обломочных зерен песчаников, содержится во всех типах пород и в воде.

В случае нарушения сплошности пород, при бурении скважин, сооружении горных выработок – происходит резкое изменение давления в этих зонах. Природное стремление к восстановлению равновесия будет выражаться в перетоке газа из зоны повышенных давлений в зоны пониженных давлений. Это основные условия образования метана, формирования его скоплений, условия его нахождения и постоянной миграции, что является реакцией на изменение как тектонического, так и техногенного воздействий.

К этим условиям необходимо отнести еще фильтрационные свойства пород, которые обуславливаются, как известно, наличием в них различного рода пустот. К одному из видов таких пустот относятся пустоты между зернами породы, называемые порами. Следует отметить, что далеко не всегда эти поры сообщаются друг с другом. Это зависит от типа цементирующего вещества, степени катагенеза, структуры рассматриваемой породы, степени отсортированности породы и других критериев.

К другому виду пустот в горных породах относятся трещины. Совокупность трещин в горном массиве названа Смаховым Е.М. [2] «трещиноватостью». Указанный автор отмечает, что обычно на периклиналях и на крутых крыльях поднятий интенсивность трещиноватости увеличивается. При этом, как правило, трещиноватость представлена двумя взаимно перпендикулярными системами вертикальных относительно слоистости трещин, названных планетарными. Исследованию планетарной трещиноватости посвящено много работ [3], но существуют и отклонения от выделяемых разными авторами закономерностей. Это позволило Ромму Е.С. [4] утверждать, что всеобщая закономерность в распределении трещиноватости по элементам структуры еще не выявлена.

Вышеприведенный автор предложил термины «трещинная пористость», характеризующая удельный объем трещин в породе и «межзерновая пористость», характеризующая наличие пустот между зернами породы. Эти два широких класса охватывают все коллекторы. Если коллекторы, сложенные пористыми породами называют поровыми коллекторами, что определяется всего одним показателем – пористостью, то трещиноватость определяется целым рядом совершенно различных параметров – объемная плотность, поверхностная плотность, густота, раскрытие трещин, элементы их ориентировки и др.

По аналогии с вышеприведенными терминами, существуют термины «трещинная проницаемость» и «поровая проницаемость».

Таковы основные коллекторские параметры, разработанные геологами-нефтяниками для нефтегазовых бассейнов. Породы Донбасса, как отмечалось выше, существенно отличаются своими физико-механическими и коллекторскими свойствами. Для определения особенностей формирования трещинной и межзерновой пористости в условиях карбонатных отложений Донецкого бассейна был выполнен комплекс экспериментальных работ, основные результаты которых изложены ниже.

Метод исследования трещиноватости пород в штупах был разработан Багринцевой К.И. [5]. Он базируется на смачивании поверхности штупа люминофором, последующим облучением этой поверхности ультрафиолетовым освещением, декорировании с помощью этого освещения трещин, фотографировании их и выполнении различных анализов (определении зияния трещин, плотности, длины и др.).

Для пород Донбасса такая методика малоприменяема по следующим причинам. Она в большей степени пригодна для карбонатных пород, которые отличаются большей связностью и сцеплением, чем песчаники. Керн песчаника (нефтяники анализируют только керн, за очень редким исключением), малосвязанный, легко разрушается в местах развития трещин, поэтому добыть трещиноватый, но не разрушенный керн песчаника очень сложно. Метод Багринцевой К.И. достаточно трудоемок, предполагает наличие люминофоров и специального оборудования, в шахтных условиях, например в забое, применить его нельзя. Нужно добывать цельный (не разрушенный) штуп, вывозить на поверхность и далее выполнять необходимые анализы.

Для облегчения указанных исследований, нами разработан экспресс-метод декорирования трещин в горных породах и углях, который можно применять как в подземных условиях, так и на поверхности. Метод не требует оборудования и дорогостоящих материалов, тем не менее, он достаточно эффективно проявляет невидимые или плохо видимые глазом трещины в штупах и на стенках горных выработок.

Исследования трещиноватости пород на шахте им. А.Ф. Засядько и других шахтах Донецко-Макеевского района, как описанным методом, так и другими методами, позволили получить следующие результаты.

После отработки угольных пластов и посадки кровли, основная трещиноватость (не учитывая зону полного обрушения – 5-10 м), сосредоточена между слоями и прослоями, отличающимися литологическими характеристиками. Поскольку для осадочных пород вообще, а для отложений Донбасса, претерпевших инверсию, в частности, характерна слоистая текстура, расслоения по напластованиям в результате просадочных процессов, как наиболее ослабленным звеньям, является закономерным результатом. Поскольку нефтяниками данный вид трещин не выделен, что вполне естественно (данный вид трещин формируется в процессе проседания в кровле отработанных угольных пластов), мы предлагаем выделить его для угольных месторождений с термином «текстурная пористость» и «текстурная проницаемость».

Применение, для данного вида трещин термина «текстурная пустотность», по нашему мнению неприемлемо, поскольку в любых породах обычно находится газ, вода, флюид, нефть и т.д. Ранее, в большей степени, исследовалась анизотропия проницаемости (по напластованию и вкрест напластования), она известна давно и объясняется генетической спецификой укладки минералов, агрегатов и цемента в осадочных породах, а также влиянием катагенеза, под действием одностороннего превалирующего сжатия. Однако речь в данном случае идет именно о трещиноватости, причем этот вид является доминирующим при проседании горных пород в районе отработанного угольного пласта.

В процессе исследований на шахте им. А.Ф. Засядько был выполнен следующий эксперимент: при проходке горной выработки «газовый горизонт», в аргиллитах, в 15 м над отработанным угольным пластом m_3 , был отобран образец и исследован на предмет пористости, проницаемости, физико-механических свойств. Сопоставление полученных значений и значений образцов из целика, показало сопоставимые результаты.

Выполненный анализ данной ситуации показывает, что все основные характеристики исследованного аргиллита до посадки и после посадки пород (после посадки прошло примерно два года) практически не отличаются, но произошедшее расслоение не составило труда отобрать образец 25×35 см и толщиной 8 см. Иными словами, мы отобрали небольшой целик, который сохранил все основные свойства данной породы после посадки. В этом куске породы все свойства остались прежними, но свойства самой породы – слоя аргиллита – изменились, нарушилась текстурная целостность. Простые расчеты (длина лавы, величина квадрата первичной посадки) показывают, что длина текстурных трещин может достигать, десятков и сотен метров.

В настоящее время, при подсчете ресурсов метана в углепородном массиве исследователи часто исходят из средних значений пористости конкретной породы, определенных в период разведочных работ, то есть в не подработанных породах. В подработанных породах пористость рассчитывают по имеющимся формулам, которые в определенной степени приближения применяются для замены фактической пористости, прямых замеров которой нет. Прямые сопоставления расчетных значений и фактических ранее не проводились. Для выполнения таких работ нами планируется исследование густоты трещин в забоях горных выработок, на разном удалении от отработанного угольного пласта и последующее сопоставление с расчетными данными.

Следующий эксперимент был направлен на изучение трещиноватой зоны в западной части шахтного поля, расположенной субпараллельно Ветковскому надвигу. В процессе исследований было установлено, что указанная зона прослеживается в субмеридиональном направлении до трех с половиной км, на глубину – более 1500 м (возможно и больше, но более глубоких скважин нет). Мощность этой зоны меняется от 100 до 200 м. Она имеет вертикальное расположение в пространстве, с незначительным углом падения мелких трещин второго порядка этой зоны на запад. Последний факт дает основание предполагать двухэтапное формирование рассматриваемой зоны. Первый этап – формирование нарушенной зоны сбросового типа (в зачаточном состоянии), субпараллельно Ветковской флекуре. Второй этап – формирование данной вертикальной зоны нарушения, под воздействием тектонических подвижек с севера, вызванных инверсионными процессами.

Ранее были выполнены построения локальных структур по угольным пластам и пропласткам – m_3 , m_4^1 , m_6^1 , которые показали повторяемость структур, без существенного смещения (обычно наблюдается смещение литологических структур в сторону падения, вверх по разрезу). Данный факт можно рассматривать как косвенное подтверждение наложенных позднее тектонических подвижек, вызванных инверсией.

Следует отметить, что, несмотря на выход трещиноватой зоны в приповерхностную часть, полной дегазации углепородного массива этой части шахтного поля не произошло. Скважина, пробуренная с западного коренного откаточного штрека горизонта 1235 м вверх, в песчаник $m_5^1Sm_6^1$ над отработанным два года назад угольным пластом m_3 в указанной трещинной зоне дала приток метана (не менее 50 тыс. m^3 за полгода). По нашему мнению в процессе посадки пород кровли отработываемого пласта, эта трещиноватая зона стала техногенным коллектором.

Следующая работа была направлена на исследование трещиноватости в различных стратиграфических горизонтах карбоновых углепородных отложений. Анализ полученных результатов свидетельствует о формировании стратиграфических зон трещиноватости пород в отложениях среднего катагенеза. Эти исследования проводились по данным геологоразведочного бурения на разных шахтах Донецко-Макеевского района и привели к положительному результату. Для определения степени распространения этого явления в отложениях всего Донбасса необходимо изучить другие районы, как прибортовые, так и центральные.

Выводы. В процессе просадки пород кровли отработанных угольных пластов формируется так называемая текстурная пористость, максимальные значения которой будут на контактах различных литологических разностей, причем, чем сильнее будет разница свойств пород на контакте, тем сильнее будет выражен процесс образования техногенного коллектора, вплоть до формирования так называемых «газовых карманов».

В отработанном пространстве формируются тектонические зоны коллекторов – тектонические зоны трещиноватости при разуплотнении становятся зонами трещинных коллекторов.

В отложениях Донецко-Макеевского района Донбасса, в стратиграфическом интервале среднего катагенеза, образуются зоны разуплотнения, которые являются следствием структурно-минералогических преобразований и которые в сочетании с другими благоприятными условиями – антиклинальными структурами, емкостными параметрами – могут служить дополнительным условием формирования техногенных газоносных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. Вступительное слово директора Института геотехнической механики, чл.-корр. НАН Украины, докт. техн. наук А.Ф. Булата // Геотехническая механика, 2000. - №17. – С. 3-5.
2. Смехов Е.М. Закономерности развития трещиноватости горных пород и трещинные коллекторы. – Л.: Гостоптехиздат, 1961. – 146 с.
3. Планетарная трещиноватость / Сб. под ред. С.С. Шульца. – Л.: ЛГУ, 1973. – 176 с.
4. Ромм Е.С. Фильтрационные свойства трещиноватых горных пород. – М.: Недра, 1966. – 283 с.
5. Багринцева К.И. Трещиноватость осадочных пород. – М.: Недра, 1985. – 256 с.