

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ИНТЕРВАЛЫ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ ДОНБАССА

Розглянуто метод виділення інтервалів тріщинуватості у вуглепородному масиві, який дозволяє враховувати тектонічну і літологічну тріщинуватість масиву і може виступати колектором вільного газу.

STRATUM INTERVALS OF JOINTING ARE IN THE COAL-BEARING ARRAY OF DONBASS

Method of selection of intervals jointing in a coal-bearing array which allows to take into account tectonic and lithologic jointing of array and can come forward the collector of free gas is presented.

В настоящее время угленосные отложения Донбасса, исследователи и производственники угольной отрасли, рассматривают как потенциально углегазовое месторождение. Выполненные расчеты ресурсов метана в указанных отложениях, как в свободном, так и сорбированном состояниях насчитывают десятки триллионов метров кубических [1]. Наличие на Украине в крупном угольном бассейне значительных ресурсов метана, не уступающих по своим энергетическим характеристикам природному газу, можно рассматривать дополнительным, а в перспективе, и основным источником энергии. Работы в этом направлении должны базироваться на поиске и проверке наиболее существенных геологических факторов, влияющих на образование благоприятных зон скопления метана.

В углепородном массиве существуют зоны повышенных и пониженных напряжений, что приводит к изменению пластового давления в этих зонах. Природное стремление к восстановлению равновесия выражаться в перетоке газа из зоны повышенных давлений в зоны пониженных давлений. Это одно из основных условий формирования зон скопления метана, его нахождения и миграции, являющееся реакцией на изменение тектонических напряжений и литологического состава.

К этим условиям необходимо отнести и коллекторские свойства пород, сформированные наличием в них межзеренной пористости. Следует отметить, что далеко не всегда 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 пористости в горных породах относятся трещины. Совокупность трещин в горном массиве названа Смаховым Е.М. [2] «трещиноватостью». Указанный автор отмечает, что обычно в периклиналях и на крыльях поднятий интенсивность трещиноватости увеличивается. При этом, как правило, трещиноватость представлена двумя взаимно перпендикулярными системами вертикальных относительно слоистости трещин. В работе [3] отмечается, что в местах с повышенными значениями кривизны поверхности

пласта наблюдаются либо разрывные нарушения, либо зона трещиноватых пород. По сути, вышеуказанные авторы приходят к одному и тому же мнению.

Ромм Е.С. [4] 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 поровым коллектором, 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.

Таковы основные коллекторские параметры, разработанные геологами – нефтяниками для нефтегазовых бассейнов. Породы Донбасса существенно отличаются своими физико-механическими и коллекторскими свойствами. Для определения особенностей формирования трещинной пористости в условиях карбонатных отложений Донецкого бассейна был проведен анализ литературных данных и ряд экспериментальных работ, основные результаты которых изложены ниже.

Проведенные комплексные исследования трещиноватости горных пород позволили установить некоторые общие закономерности распространения трещин в массиве пород. Важнейшим фактором, влияющим на характер трещиноватости, является литологический состав горных пород [4].

Исследования Е.М. Смехова [2], Л.П. Гмид [5] и других показали, что имеются определенные закономерности степени развития и форм трещиноватости от литологического фактора. Установлено, например, что интенсивность растрескивания горных пород обычно убывает от доломитов и известняков к аргиллитам, песчано-алевролитовым породам, солям, ангидритодоломитам и песчаникам. С другой стороны, трещиноватость возрастает из-за процессов перекристаллизации, доломитизации, сульфатизации и окремнения.

Авторы работы [6], отмечают, что в песчанистых горизонтах карбонатных отложений формируются стратиграфические зоны трещиноватости, максимально развитые в отложениях среднего катагенеза. Эти результаты получены при исследовании параметров геологоразведочного бурения на различных шахтах Донецко-Макеевского района.

В работе [7] предлагается способ выделения зон скопления метана в углепородном массиве. Суть способа заключается в построении комплекса карт локальных структур в кровле отрабатываемого угольного пласта в интервале до 300 м. В данном интервале выбирается несколько маркирующих горизонтов, по которым производится обработка геологической информации – применение тренд-анализа. Сущность решения заключается в том, что реальная геологическая поверхность (например, подошва угольного пласта) сравнивается с идеальной математической поверхностью с заранее заданной формой уравнения. В качестве уровня отсчета принимается поверхность наибольшего приближения (аппроксимирующая поверхность пласта). На основе

построенного комплекса карт выделяется усредненная локальная структура, которая характеризует изменение вторичной складчатости как по площади, так и в пространстве. Данный способ позволяет выделить положительные структуры в выбранном интервале углепородного массива, как потенциальные зоны скопления метана. Такое положение вызвано низким удельным весом углеводородов и стремлением их вверх, в положительные структуры. По данным [8], свыше 70 % запасов нефти и газа находятся в ловушках сводового типа, заключенных в антиклиналях.

В работе [9] предлагается модель прогнозирования зон скопления свободного метана, образованных локальными антиклинальными складками в ненарушенном горными работами углепородном массиве. Теоретической основой данной модели послужило положение о том, что природные процессы трещинообразования в углепородном массиве можно считать одним из ведущих природных факторов формирования коллекторских и газоёмкостных свойств, благоприятных для скоплений, или залежей свободного метана. Данная модель предполагает формирование резервуара, за счёт трещинообразования в сводовой части антиклинальной структуры в период её образования при растяжении и деформации превышающие предельно допустимую деформацию растяжения для исследуемой горной породы. Так, развивая дальше данную модель, в работе [10] предлагается использование реальных размеров антиклинальных складок для определения развития трещиноватости в сводовой части складки для исследуемой горной породы. Автор выше указанной работы отмечает, что при использовании фактических данных, а именно мощности пластов и параметров складки, значения относительных линейных деформаций, могут составлять $\varepsilon = 1,003 - 1,040$. При таких значениях относительных линейных деформаций объемное разуплотнение может составлять (1) 1,007 - 1,080, что может повлечь за собой увеличение абсолютной пористости, рассчитанное по формуле (2) на 0,8 – 7,0 %.

$$\omega_{\max} = \varepsilon_x^2 \quad (1)$$

где ω_{\max} - максимальное разуплотнение для кровли рассматриваемого пласта; ε_x^2 - коэффициент относительных поперечных деформаций.

$$P' = \frac{P + (\varepsilon_x \varepsilon_y - 1)}{\varepsilon_x \varepsilon_y} \quad (2)$$

где P' - пористость в зоне разуплотнения, после формирования складчатой структуры; P – начальная пористость; ε_x - коэффициент относительной линейной деформации по ширине складки; ε_y - коэффициент относительной линейной деформации по длине складки.

В работе [11] авторами установлено, что структура угольных пластов и степень их тектонической нарушенности являются основными факторами, определяющими газонасыщенность угленосной толщи и степень ее газоотдачи. Основная масса газа, заключенного в угленосной толще, приурочена к антиклинальным структурам (если они не эродированы), вторичным складкам и зонам флексуобразных нарушений, т.е. зонам повышенного развития трещиноватости. Выявление этих зон по разрезу осуществляется с помощью акустического каротажа с использованием фазокорреляционных диаграмм.

По результатам проведенных исследований для Донецко-Макеевского района, авторы [12] отмечают, что нарушенность в большинстве случаев пространственно и генетически связана с более крупными тектоническими элементами района (флексурами, надвигами, сбросами), но встречаются также зоны, не имеющие какой-либо заметной связи с более крупными тектоническими нарушениями. Аналогичные закономерности отмечаются в работе [13].

Таким образом, в настоящее время ведутся работы, связанные с выделением зон скопления метана, базирующиеся на выделении трещиноватых коллекторов. Приведенный анализ литературных данных и отмеченные данные в работе [11] показывают, что главным фактором повышенного наличия газа свободной фазы является широкое развитие трещинно-поровых коллекторов не только в угольных пластах, но и вмещающих породах. Так, например, значительным развитием трещиноватости характеризуются породы Донецко-Макеевского района, где количество трещиноватых зон зафиксировано в 95 % разведочных скважин глубиной до 1500 – 1600 м, что послужило основой для проведения дальнейших исследований в данном направлении.

Вышеупомянутые работы [3, 7, 9-11], в основном, направлены на изучение трещиноватости углепородного массива и базируются на тектоническом факторе. Проведенные исследования позволили разработать способ выделения трещиноватости горных пород, который учитывает как тектоническую так и литологическую трещиноватость [14].

Суть данного способа заключается в следующем: выбирается интервал в пределах 300 м в кровле рабочего пласта, между маркирующими горизонтами. По каротажным диаграммам или геологическим разрезам скважин определяют участки трещиноватых пород и рассчитывают значения коэффициента трещиноватости ($K_{трещ}$) по каждой скважине на исследуемой площади, по формуле (3):

$$K_{трещ} = \frac{\sum h_i}{H_i} \quad (3)$$

где $\sum h_i$ – суммарный трещиноватый интервал, м; H_i – выбранный стратиграфический интервал между маркирующими горизонтами, м.

По значениям $K_{трещ}$ методом интерполяции строится карта зон трещиноватости на исследуемом участке. Зоны, ограниченные изолиниями с

высокими значениями $K_{трещ}$, определяют положения максимальной трещиноватости. Выделенные зоны трещиноватости в выбранном стратиграфическом интервале являются объектом дальнейшего исследования структурных характеристик трещиноватых пород.

Дифференциация выделения участков заключается в следующем – зоны с повышенной трещиноватостью характеризуются значениями изолиний выше 0,30, зоны средней трещиноватости от 0,20 – 0,30 и зоны слабой трещиноватости со значениями изолиний менее 0,20.

По данной методике был построен ряд карт и выделены зоны трещиноватости. Так, например, на шахте им. А.Ф. Засядько была установлена зона трещиноватости в трехсот метровом интервале над отрабатываемым угольным пластом m_3 . Данная зона прослеживается по всему шахтному полю с запада на восток, длиной до 6 км и шириной около 0,8 км. Максимальные значения коэффициента трещиноватости в соответствии с вышеотмеченными размерами колеблются в пределах 0,30 - 0,55, уменьшаясь на север и юг до 0,15 – 0,30. Далее, на карту трещиноватости углепородного массива были вынесены места выделения метана из геологоразведочных скважин, зафиксированных при бурении скважин в исследуемом интервале. Как показывает качественный анализ, при приближении фронта работ к данной зоне с юга количество газовыделений из скважин увеличивается.

Следует отметить, что в работе [15-16] авторы отмечают увеличение акустического сигнала вниз по падению пород в районе 13-й, 14-й и 15-й западных лав шахты им. А.Ф. Засядько. Как известно, увеличение акустического сигнала свидетельствует о наличии более трещиноватых пород в кровле пласта, этот факт описан методически и установлен экспериментально в работах [17-18]. Вышесказанное подтверждает экспериментально наличие зоны трещиноватости в углепородном массиве. Следовательно, выделенная трещиноватая зона, выступает как коллектор газа, и может влиять на газообильность горной выработки. Это влияние было исследовано на примере шахты им. А.Ф. Засядько, в районе отработки угольного пласта m_3 . Для этого по отработанным лавам были рассчитаны средние значения газообильности и средний коэффициент трещиноватости. При сопоставлении полученных данных наблюдается качественная связь исследуемых показателей, т.е. при увеличении коэффициента трещиноватости увеличивается газообильность горной выработки (рис. 1). Выполненный расчет коэффициента корреляции между данными параметрами составил $r = 0,83$.

Таким образом, на базе экспериментальных исследований и выполненных сопоставлений, разработан метод выделения стратиграфических интервалов трещиноватости в углепородном массиве, позволяющий повысить надежность прогноза зон скопления метана в массиве горных пород, что в свою очередь даст возможность проводить целенаправленно дегазационные мероприятия и повысить безопасность труда на шахтах Донбасса.

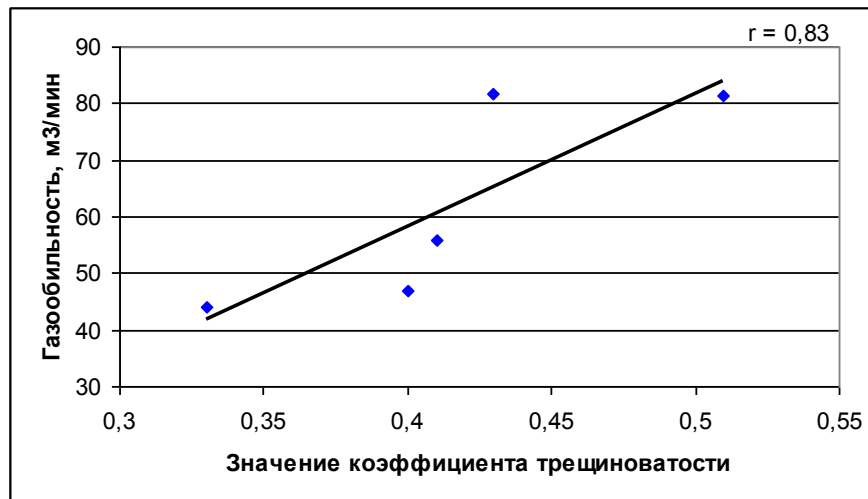


Рис. 1 – График зависимости между газообильностью и коэффициентом трещиноватости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А. Ф. Вступительное слово директора Института геотехнической механики, чл.-корр. НАН Украины, докт. техн. наук А. Ф. Булата // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2000. – № 17. – С. 3 – 5.
2. Смехов Е. М. Закономерности развития трещиноватости горных пород и трещинные коллекторы / Е. М. Смехов // Гостоптехиздат. : Тр. Всесоюзного совещания по трещинным коллекторам нефти и газа, 1961. – С. 43 – 45.
3. Забигайло В. Е. Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса. / В. Е. Забигайло, В. В. Лукинов, Л. И. Пимоненко, Н. В. Сахневич. – К. : Наукова думка, 1994. – 151 с.
4. Ромм Е. С. Фильтрационные свойства трещиноватых горных пород / Е. С. Ромм. - М. : Недра, 1966. – 283 с.
5. Гмид Л. П. Некоторые данные о влиянии литологических факторов на коллекторские свойства трещиноватых пород / Г. П. Гмид // Гостоптехиздат. : Тр. ВНИГРИ. – 1962. – Вып. 172. – С. 127 – 133.
6. . Формирование техногенных коллекторов метана на примере шахты им. А. Ф. Засядько / В. А. Баранов, И. А. Ефремов, Б. В. Бокий [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск.. – 2005. – № 53. – С. 143 – 148.
7. Патент Украины № 41696 E21F 7/00 G01V 9/00. Спосіб визначення зон скупчення метану у стратиграфічному інтервалі на шахтах та ділянках розвідки / А. Ф. Булат, В. В. Лукинов, П. С. Пашенко [та інші] (Україна). От 10.06.2009. Бюл. № 11.
8. Якуцени В. П. Интенсивное газонакопление в недрах / В. П. Якуцени. – Л. : Наука, 1984. – 124 с.
9. Лукинов В. В. Горно-геологические условия образования скоплений свободного метана на угольных месторождениях / В. В. Лукинов // Науковий вісник НГУ. – №4. – 2007. – С. 55 – 59.
10. Безручко К. А. Оценка пористости горных пород в локальных антиклинальных структурах / К. А. Безручко // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2008. – № 80. – С. 77 – 83.
11. Анциферов А. В. Горно-геологические условия зон, перспективных для добычи метана / А. В. Анциферов, А. А. Голубев, В. А. Анциферов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2006. – № 67. – С. 83 – 87.
12. Нагорный Ю. Н. Прогноз степени нарушенности пластов мелкоамплитудными разрывами на глубоких горизонтах / Ю. Н. Нагорный, А. А. Бельгард, В. Н. Нагорный // Уголь Украины. – 1984. – №4. – С. 36 – 37.
13. Пимоненко Л. И. Тектонические основы прогноза горно-геологических условий разработки угольных месторождений: дис. ... докт. геол. наук: 04.00.16 / Л. И. Пимоненко // НГУ. – Днепропетровск, 2005. – 470 с.
14. Патент Украины № 34472 E21F 7/00. Спосіб визначення зон тріщинуватості у вуглепородному масиві / В. А. Баранов, П. С. Пашенко (Україна). От 11.08.2008. Бюл. № 15. – 6 с.
15. Выделение нарушенности подработанного горного массива по величине акустического сигнала / В. А. Баранов, П. С. Пашенко, Б. В. Бокий [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2005. – № 56. – С. 16 – 22.
16. Прогнозирование нарушенности подработанного массива и зон скопления метана акустическим методом / В. А. Баранов, П. С. Пашенко, Б. В. Бокий [и др.] // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2005». – Д. : Національний гірничий університет, 2005. – Т.1. – С. 62 – 65.

17. Булат А. Ф. Оценка напряженно-деформируемого состояния горного массива методом сейсмоакустического последствия / А. Ф. Булат, В. К. Хохолев, В. С. Иванов // Уголь Украины. – 1988. – №2. – С. 31 – 32.

18. Исследования процесса разрушения горных пород методом регистрации акустической и электромагнитной эмиссии / Б. И. Усаченко, А. Ф. Булат, В. К. Хохолев [и др.] // Интенсификация процессов разрушения горных пород: Сб. науч. тр. – К. : Наук. думка, 1986. – С. 110 – 112.