

Канд. техн. наук В. А. Канин,
н.с. А. А. Тараник
(УкрНИМИ НАН Украины),
канд. геол. наук М. М. Довбнич
(НГУ Украины)

ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ СКОПЛЕНИЙ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ К РАЗЛОМАМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА

Розглянуті теоретичні та практичні передумови зв'язку зон міграції і скупчень горючих газів у вуглепородному масиві з особливостями геології кристалічного фундаменту і напруженого стану геологічного середовища.

CONFINEMENT OF LOCAL COMBUSTIBLE GAS ACCUMULATION IN COAL MINES TO CRYSTALLINE BASEMENT FAULTS

Theoretical and practical prerequisites for connection of migration zones and combustible gas accumulation in coal-rock mass with the features of crystalline basement geology and subsurface stress state are considered.

Исследования тектонических структур Донецкого каменноугольного бассейна начались ещё в XIX столетии, а в период его интенсивной эксплуатации (XX столетие) пополнились большим объемом геологической информации. Согласно геофизическим исследованиям кристаллического основания Донбасса [1], образование всей осадочной структуры бассейна с учётом крупных линейных складок и надвигов, происходило под влиянием вертикальных движений блоков по глубинным разломам. Поэтому можно предположить, что в процессе эволюции, блочная структура Донбасса неоднократно изменяла свойства геологической среды, тем самым, влияя на изменения многих процессов, неразрывно связанных с глубинной тектоникой.

Модель тектонической эволюции Донбасса, рассмотренная в работах [2, 3], определяет формирование многоэтажной системы газовых скоплений в зонах влияния разрывных нарушений, что, безусловно, объясняет внезапные газопроявления при бурении геологоразведочных скважин. Однако, согласно геофизическим исследованиям последних лет [4, 5] с высокой вероятностью допускается связь тектонических структур первого, второго и третьего порядка с зонами разломов в кристаллическом фундаменте, а геохимические исследования дополняют пространственно-миграционную модель локальных скоплений горючих газов.

Исходя из того, что Донбасс характеризуется рядом геофизических и геохимических особенностей (аномалий), для решения поставленной задачи авторами использовались данные геологоразведки, материалы гравиметрической съемки масштаба 1:200000, полученные НГУ Украины и геохимические характеристики шахтных газов на примере шахты им. А. Ф. Засядько.

Первые предвестники осложнения газового режима в виде суфлярных выделений газа на шахте им. А. Ф. Засядько появились на небольших глубинах 400-600 м на западном крыле шахты в зоне влияния мелко амплитудных нару-

шений ($h = 0,3-2,5$ м), обусловленных Ветковскими № 3, № 4 и Семеновским надвигами. В особенности интенсивные и множественные они были, начиная с глубины 700 м, при проходке западного вспомогательного и вентиляционного штреков пласта l_1 .

Так 10.12.85 г. в забое 5-го западного конвейерного штрека пласта l_1 при работе проходческого комбайна произошел прорыв воды (более 200 м^3) и газа из трещиноватых пород песчаника основной кровли. Через неделю (17.12.85 г.) в 5-м западном вентиляционном штреке также при работе проходческого комбайна прорыв воды с газом наблюдался из песчаника почвы пласта в виде фонтана, который бил в кровлю выработки с дебитом до $50 \text{ м}^3/\text{ч}$, что привело к газированию и затоплению выработки.

За два года проходки указанных выработок (1984-1986 г.г.) было зарегистрировано около двадцати суфлярных выделений метана с дебитами от 1,8 до $30 \text{ м}^3/\text{мин}$. Продолжительность их колебалась от нескольких суток до нескольких месяцев.

С глубины ниже 800 м среди газодинамических явлений стали преобладать внезапные выбросы угля и газа. С 1990 по 2006 год при отработке пласта l_1 на глубине 802-1120 м официально было зарегистрировано 58 выбросов угля и газа, спровоцированных сотрясательным взрыванием, интенсивностью от 4 до 120 т, и 8 внезапных выбросов угля и газа интенсивностью от 8 до 75 т. Большинство из них произошло в выработках, расположенных в зоне влияния флексурного перегиба угленосной толщи.

В 2006-2007 годах при отработке 13-й восточной лавы пласта l_1 на горизонте 1078 м (максимальная глубина от поверхности 1285 м) произошли две крупные аварии, одна из которых имела катастрофические последствия.

13-я восточная лава пласта l_1 была пущена в эксплуатацию в сентябре 2006 года. В отличие от выше отработанных лав, эта лава, из-за отставания подготовительных работ была подготовлена по сплошной системе разработки с опережением конвейерного штрека не менее 150 м. Вентиляционный штрек пройден практически на всю длину выемочного поля "вприсечку" к выработанному пространству ранее отработанной 12-й восточной лавы пласта l_1 . Длина лавы за время ее отработки изменялась от 235 до 245 м. Длина выемочного поля 1990 м.

При отходе лавы от монтажной печи на 5 м 20.09.06 на участке произошла авария, в результате которой пострадало 75 человек. Причиной аварии явилось выделение в горные выработки участка за 4 часа более 100 тыс. м^3 метана. Как установила комиссия, метан выделялся из двух источников: из 13-й восточной лавы в результате внезапного смещения пород кровли, которое вызвало развитие трещин и лавинообразное выделение метана из газоносного песчаника в кровле пласта, и из выработанного пространства выше отработанных лав, вследствие сдвижения большого объема породного массива.

Не менее сложная газодинамическая ситуация на шахте им. А. Ф. Засядько наблюдалась и при отработке пласта m_3 в зоне флексурного перегиба, где ось синклинали складки проходила приблизительно в 1,5 км восточнее Ветков-

ской флексуры. Здесь, в коренной 1-й, 2-й и 3-й западных лавах с глубины 400-500 м начали наблюдаться суфляры. Большинство их было связано с апикальной частью флексуры и зоной влияния Ветковского надвига № 4 с амплитудой до 20 м. С углублением горных работ более спокойные суфлярные газовыделения стали принимать вид катастрофических прорывов и внезапных выбросов угля, породы и газа. Так на глубине 950 м в той же апикальной части флексурного перегиба, осложненного Ветковским надвигом № 4, 07.08.82 г. в 9-м западном вентиляционном штреке произошел первый внезапный выброс угля и газа, при котором было разрушено 75 т угля и выделилось 2500 м³ метана.

Характерно, что признаки повышенной метанообильности и газодинамической активности зоны синклинальной складки проявились еще в процессе геологоразведочных работ. Так при бурении геологоразведочной скважины № 3792 в 1962 году в зоне влияния указанной синклинальной складки с глубины 730 м из песчаной толщи $N_1^3SN_1^5$ произошел выброс газоводяного фонтана, который функционировал около 15 суток. При ведении горных работ вблизи скважины № 3792 (в 150 м на запад) в 14-м западном конвейерном штреке 26.08.98 г. произошел внезапный выброс угля и газа.

С углублением горных работ частота аварий, связанных с выделениями газа из вмещающих пород и газодинамической активностью пласта m_3 возросла.

В зоне мелко амплитудного нарушения ($h = 0,6-1,7$ м) в пределах указанной выше синклинальной складки, в 550 м по падению пласта от скважины № 3792, в 16-ом западном конвейерном штреке на глубине 1300 м 23.02.01 г. при подрубке почвы пласта проходческим комбайном произошла авария с выделением 1750 м³ метана. Примечательно то, что эта авария произошла вблизи (в 200 м) от пробуренной в 1987 году геолого-разведочной скважины ДМ-1921, по которой из песчаника $N_1^3SN_1^5$ в течение недели происходило интенсивное газовыделение с концентрацией метана 77,2 %. Газоносность пласта m_3 на этом участке оказалась на 30-40 % выше обычных значений. В процессе дальнейшего продвижения 16-го западного конвейерного штрека от синклинальной складки в сторону Ветковской флексуры в зоне ее влияния 08.03.03 г. на глубине 1343 м также при подрубке почвы пласта проходческим комбайном произошла очередная авария с выделением 8500 м³ метана.

В створе со скважиной ДМ-1921 на расстоянии 450 м по падению пласта забоем 17-го западного конвейерного штрека 25.03.05 г. было вскрыто разрывное нарушение ($h = 1,2-1,5$ м), из которого произошел внезапный прорыв газа объемом 2600 м³, сопровождавшийся выносом 20 т угля, а 11.04.05 г. в этой же выработке в процессе гидрорыхления пласта произошел выброс угля и газа интенсивностью 210 т угля и 6500 м³ метана.

Известно, что формирование трещиноватых зон в осадочной толще тесным образом связано с перемещениями блоков кристаллического фундамента по разломам [6]. Разломы кристаллического фундамента являются также каналами подвода в осадочную толщу углеводородов глубинного происхождения. Для выявления разломных зон оказываются незаменимыми материалы региональных грави- и

магниторазведочных работ – методов разведочной геофизики, играющих ведущую роль при трассировании тектонических нарушений кристаллического фундамента. В условиях изучения разломов кристаллического фундамента, перекрытого мощным осадочным чехлом, наилучшие результаты дает гравиразведка.

Согласно результатам анализа материалов гравиметрической съемки установлена близкая ориентация Пантелеймоновского, Ветковского и Григорьевского надвигов к глубинным разломам кристаллического фундамента (рис. 1).

Используя цифровую модель аномалии Фая, полученную по результатам той же гравиметрической съемки, М. М. Довбнич и В. П. Солдатенко выполнили расчет полей напряжений на территории Донецко-Макеевского района Донбасса, включая поле шахты им. А. Ф. Засядько. Анализ этих полей показал хорошее соответствие локальной составляющей напряжений основным тектоническим элементам осадочной толщи рассматриваемого района.

Характеризуя локальную составляющую поля напряжений, следует отметить, что для данного района характерны линейно вытянутые области повышенных напряжений, имеющие два преобладающих направления с азимутами $30-45^\circ$ и $300-320^\circ$. Можно предположить, что природа зон с азимутами $300-320^\circ$ связана с нарушением равновесного состояния в ходе герцинской тектонической активизации, а зон с азимутами $30-45^\circ$ – в ходе альпийской активности [7]. Некоторые области повышенных напряжений хорошо коррелируются с известными тектоническими нарушениями, в частности с Пантелеймоновским, Ветковским и Григорьевским надвигами.



Рис. 1 - Составляющая гравитационного поля, соответствующая гравитационному эффекту фундамента, разломные структуры фундамента и основные тектонические нарушения осадочной толщи

Сопоставление рассчитанных полей напряжений с вероятными зонами скопления метана, выделенными в ходе независимых работ на поле шахты им. А. Ф. Засядько [8], показало достаточно тесную связь зон скопления метана с аномальными касательными напряжениями в вертикальной плоскости (рис. 2).

Исследованиями УкрНИМИ НАН Украины и ИГМР НАН Украины установлено [9-14], что по мере приближения к зонам тектонических структур III порядка, которые тяготеют к разломам кристаллического фундамента, происходит закономерное утяжеление изотопного состава углерода метана ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$) и углекислого газа ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$), возрастает концентрация гелия (He), водорода (H_2) и тяжелых углеводородов. Таким образом, разломы кристаллического фундамента являются источником миграции в угольные пласты горючих газов термогенного происхождения и газов, близких к эндогенному генезису из более глубоких слоёв земной коры.

Дальнейшее расширение объемов геохимических и геологических исследований в Донбассе позволит расширить критерии для выявления в пределах действующих и закрытых шахт перспективных участков для долговременной добычи метана.

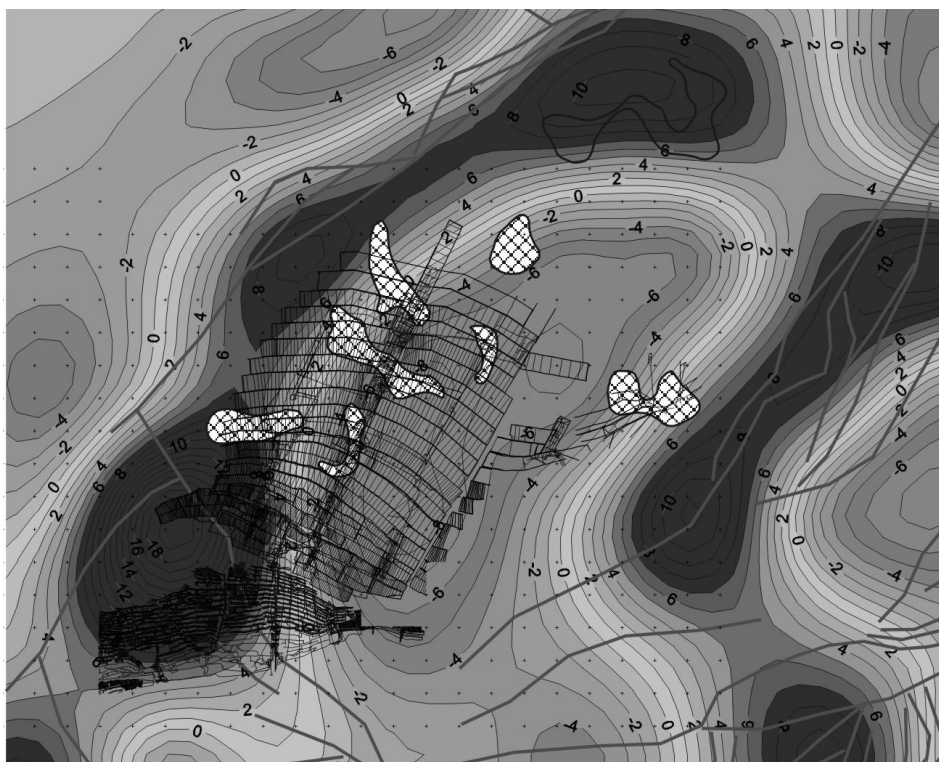


Рис. 2 – Сопоставление локальной составляющей максимальных напряжений сжатия-растяжения (кПа) с планом горных работ шахты им. А. Ф. Засядько (пласт l_1) и вероятными зонами скопления метана: 1 – тектонические нарушения, 2 – вероятные зоны скопления метана

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чекунов А. В. Геодинамика палеорифтов України / А. В. Чекунов, В. К. Гаврик, Р. С. Кутас // Геол. журн. – 1990. – № 6. – С. 3 – 10.
2. Привалов В. А. Вращение блоков и сценарий тектонической эволюции Донецкого бассейна / В. А. Привалов // Геологія і геохімія горюч. копалин. – 1998. – № 4. – С. 142 – 158.
3. Привалов В. А. Тектонические фазы в Донецком бассейне: пространственно-временная локализация и характер проявления / В. А. Привалов., Е. А. Панова, Н. Я. Азаров // Геологія і геохімія горюч. копалин. – 1998. – № 4. – С. 11 – 18.
4. Евдошук Н. И. Геотектоника и перспективы нефтегазоносности Донбасса / Н. И. Евдошук, В. Д. Омельченко, Т. Н. Галко. – К. : УкрДІГРІ, 2002. – 89 с.
5. Лепігов Г. Нафтогазаносність Донбасу: глибинний газ в антрацитовому масиві та ознаки газових колон в зонах мезокайнозойської складчатості / Г. Лепігов, В. Гулій, О. Цьоха. – К. : УкрДІГРІ, 2009. – С. 64 – 74.
6. Тяпкин К. Ф. Системы разломов Украинского щита / К. Ф. Тяпкин, В. Н. Гончаренко. – К. : Наукова думка, 1990. – 184 с.
7. Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса / В. Е. Забигаило, В. В. Лукинов, Л. И. Пимоненко [и др.]. – К. : Наук. Думка, 1994. – 150 с.
8. Перспективы комплексного геолого-геофизического прогноза зон скопления метана на угольных месторождениях Донбасса / В. А. Гончаренко, В. К. Свистун, Т. В. Герасименко, А. К. Малиновский // Науковий Вісник НГУ. – 2007. – № 4. – С. 73 – 77.
9. Анциферов А. В. Новые представления об источниках выделения горючих газов в горные выработки / А. В. Анциферов, В. А. Канин, А. А. Тараник // Вторая международная научно-практическая конференция «Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли». – Тезисы докладов. – Макеевка, 2007. – С. 91 – 93.
10. Тараник О.О. Характеристика вугільних газів Донбасу у зонах тектонічної порушеності за даними ізотопних досліджень на прикладі шахти ім. О. Ф. Засядька та Червонолиманська / О. О. Тараник, О. В. Ємець, В. О. Канін // Проблеми екології / Гол. ред. Мінаєв О.А. – Донецьк: ДонНТУ, № 1-2. – 2007. – С. 85 – 89.
11. Происхождение метана угольных газов Донбасса по данным изотопных исследований / А. В. Емец, И. П. Луговая., В. А. Канин, А. А. Тараник // Сб. тез. XVIII Симпозиума по геохимии изотопов – М. – 2007. – С. 92 – 93.
12. Тараник А. А. Исследование химического состава рудничных газов с целью определения их генезиса в угольном пласте l_1 шахты им. А.Ф. Засядько / А. А. Тараник, А. М. Тихолиз // Материалы XVII Международной научной школы им. академика С. А. Христиановича "Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках". – Симферополь. – 2007. – С. 288 – 290.
13. Генезис вугільних газів з відкладів карбону території шахти ім. О. Ф. Засядька (Донбас) / О. В. Ємець, І. П. Лугова, В. О. Канін [и др.] // Доповіді НАН України. – 2008. – № 4. – С. 120 – 124.
14. Таранік О. О. Дослідження складу і шляхів міграції газів в гірничі виробки шахт ім. О.Ф. Засядька та «Щеглівської-Глибокої» / О. О. Тараник, В. О. Канін, О. М. Тихолиз // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 2 / Під заг. ред. А. В. Анциферова. – Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2008. – 146 – 155.