

УДК 550.423

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГАЗОВ В УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Исаев В. А.

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Склад вуглеводневих і інших літосферних газів у вугленосних відкладах Донбасу підпорядковується регіональним, вертикальним і локальним закономірностям.

Compositions of hydrocarbon gases and associated with them lithosphere gases in coal-bearing strata of the Donets Coal Basin conform to the regional, vertical and local regularities.

Угленосные отложения карбона Донбасса сопровождаются проявлениями углеводородных и ассоциирующихся с ними газов. Выявление закономерностей изменения компонентного состава газов – актуальная проблема угольной геологии Донецкого бассейна.

Вертикальная зональность распределения газов среди каменноугольных пород известна давно [1-3]. Она обусловлена с одной стороны поступлением по дизъюнктивным тектоническим нарушениям углеводородных и сопутствующих газов из глубоких горизонтов бассейна, а с другой – их окислением и смешиванием с атмосферными газами. Кроме того, вертикальную зональность состава газов Донбасса связывают с метаморфизмом углей, являющимся, в свою очередь, функцией глубины залегания угольных пластов.

Связь содержания тяжелых углеводородов (ТУ) с группами метаморфизма углей, а, следовательно, с глубиной, также достаточно хорошо изучена [4]. Тяжелые углеводороды встречаются в угольных пластах, как правило, ниже поверхности метановой зо-

ны. С увеличением глубины залегания пластов в пределах угля одной ступени метаморфизма наблюдается закономерное увеличение в них концентрации ТУ, причем с глубиной растет не только их количество, но и появляется более полная гамма гомологов [2].

На региональные закономерности распределения углеводородных и сопутствующих газов в Донбассе обращали меньше внимания и, соответственно, они менее изучены. Но целый ряд фактов свидетельствует об изменении состава газовых смесей в зависимости от регионального положения точек наблюдения в тех или иных структурных элементах Донецкого складчатого сооружения.

Содержание водорода в угольных пластах Донецкого бассейна в целом возрастает с увеличением глубины, то есть подчиняется вертикальной зональности, но содержание его в различных районах Донбасса значительно колеблется, что является, вероятно, отражением региональных закономерностей, связанных с особенностями структурно-тектонических зон Донбасса.

Так, в Северном Донбассе содержание свободного водорода составляет в среднем 0,08-1,15 %, изменяясь от следов до 16 %, а в сорбированной фазе меняется от 0,1 до 43,0 %, составляя в среднем 0,1-10,0 % [2]. Характерной особенностью в распределении водорода в пределах центральной части Донбасса является локальность его повышенных содержаний. В Юго-Западном Донбассе в газе угольных пластов содержание водорода колеблется от 0,3 до 2,0 % [3]. Более высокие концентрации водорода были зафиксированы в свободных фракциях газа в углях, отобранных газокернаборниками в зонах влияния тектонических нарушений, преимущественно сбросов, на полях шахт «Южно-Донбасская» № 1 и № 3, расположенных в непосредственной близости от зоны сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом (ПКМ). Содержание водорода в газе составляло здесь от 0,3 до 6,3 %, максимум – 38,8 % [3].

Для угольных бассейнов Дальнего Востока показано [5], что основная масса водорода в зонах аномальных его концентраций имеет миграционный характер и связана с проявлениями глубинных процессов или его поступлениями из подстилающих газона-

сыщенных, нефтегазоносных отложений. При отсутствии подстилающих нефтегазовых скоплений вблизи зоны сочленения Донбасса с ПКМ, приходится признать связь аномальных содержаний водорода с тектоническими нарушениями глубинного заложения, разделяющими эти две структуры. Такой же, вероятно, и генезис этого газа вблизи Главной антиклинали Донбасса, тем более что к этой структуре приурочен Центральный глубинный [6] или Центральнодонецкий [7] разлом.

Региональными закономерностями объясняется и распределение тяжелых углеводородов. Суммарное содержание ТУ в угольных пластах в большинстве случаев не превышает 1,0–2,5 %, но в отдельных случаях отмечены повышенные количества – до 10 – 20 %, а на участках южной синклинали зоны (Красноармейский и Донецко-Макеевский районы Донбасса) – до 30–35 % [2, 8].

На происхождение гелия в литосферных газах существует две точки зрения. Согласно одной из них генезис гелия в угольных газах связывают с радиоактивным распадом, причем самыми распространенными радиоактивными элементами, при α -распаде которых возникает гелий, являются уран и торий. Но сравнение кларков этих элементов в горных породах (табл. 1) показывает, что каменные угли по содержанию, как урана, так и тория не превосходят широко распространенные в земной коре породы, что не позволяет связывать аномалии гелия в Донбассе с наличием угольных пластов.

Таблица 1

Кларки урана и тория в горных породах

№ п/п	Горные породы	U	Th	Источник
1	Ультраосновные	$3 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$	[9]
2	Основные	$5 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-6}$	
3	Средние	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$7 \cdot 10^{-6}$	
4	Кислые	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	
5	Осадочные	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	
6	Каменные угли	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$	[10]

Согласно второй точке зрения аномально высокие концентрации этого газа в литосфере связаны с глубинными разломами земной коры и транзитом гелия из корово-мантийных глубин, где он возникает в результате того же α -распада урана и тория [11].

Необходимо отметить, что при наличии в горных породах пористости, обусловленной трещиноватостью, что чаще всего определяется наличием разрывных тектонических нарушений, возникают условия для накопления гелия в литосферном газе даже при кларковом содержании радиоактивных элементов в горных породах и независимо от подтока из мантийно-коровых глубин. Чем глубже заложение тектонического нарушения, тем больше свободная поверхность горных пород и тем большим потенциалом обладают сколы горных пород для генерации гелия. А, учитывая существенные различия коэффициентов диффузии гелия в воздухе, жидких и кристаллических средах, а также диффузионные возможности этого газа сравнительно с другими газами (табл. 2), необходимо признать, что будет происходить относительное обогащение гелием трещиноватых горных пород, сопровождающих дизъюнктив.

Анализ закономерностей распределения гелия в палеозойских отложениях Донбасса показал, что содержание гелия в свободных газах в угольно-породном массиве Донецкого бассейна растет с глубиной, хотя и незначительно [17].

Аномальные концентрации гелия в свободных и растворенных газах в угольно-породном массиве Донецкого бассейна приурочены к Главной антиклинали и сочленениям по зонам глубинных разломов Донбасса с Приазовским и Воронежским кристаллическими массивами. Дизъюнктивные тектонические нарушения глубокого заложения этих структурно-тектонических зон являются, вероятно, с одной стороны – путями транзита гелия от кристаллического фундамента в палеозойские отложения Донбасса [17], а с другой – плоскостями соприкосновения горных пород с жидкими (подземные воды) и газовыми средами, что при наличии даже минимальных концентраций урана и тория в горных породах позволяет генерировать и накапливать в тектонически дробленных породах свободный гелий.

Таблица 2

Коэффициенты диффузии гелия и других газов в некоторых средах

Среда	Коэффициент диффузии, см ² /с	Источник
H ₂ -воздух	0,592—0,634	[12]
He-воздух	0,570	
H ₂ O-воздух	0,220	
CH ₄ -воздух	0,196	
C ₂ H ₂ -воздух	0,194	
O ₂ -воздух	0,178	
CO ₂ -воздух	0,138	
He-вода	3 · 10 ⁻⁵	[13, 14]
He-увлажненный суглинок	10 ⁻⁴ -10 ⁻²	[15]
He-насыщенная водой глина	5 · 10 ⁻⁵	[14]
He-плотный глинистый сланец	10 ⁻⁶	[14, 16]
He-гранитоиды	10 ⁻⁸ -10 ⁻¹⁰	[14, 16]

Ранее показано, что изотопный состав углерода, т.е. элемента, входящего не только в карбонаты, но и в такие широко распространенные в литосферных газах компоненты, как метан, углекислый и угарный газ, в гидротермальных карбонатах Донбасса также зависит от структурно-тектонического положения проявления гидротермальной минерализации. Максимальное содержание тяжелых изотопов углерода характерно для гидротермальных карбонатов, кристаллизовавшихся в нижнекарбонатовых отложениях зоны сочленения Донбасса с ПКМ [18].

В заключение необходимо остановиться на целом ряде локальных закономерностей в изменении состава газовых смесей, обусловленных приуроченностью проб газоотбора к разрывной тектонической нарушенности Донбасса.

Роль дизъюнктивных тектонических нарушений может быть двойкой. В одних случаях, как уже отмечалось выше, тектониче-

ские нарушения могут выступать как зоны транзита газа из глубинных горизонтов к дневной поверхности. В других – тектонические дислокации выполняют механическую работу, в результате чего происходит высвобождение газов из угольных и, в меньшей степени, из породных пластов. Вероятно, имеет место и сочетание в тектонических нарушениях этих двух функций.

Процессы образования и выделения газов из угля при его механохимической деструкции в настоящее время изучены недостаточно. Известны, например, случаи, когда при дроблении угольных проб в вакуумной мельнице наблюдались выделения водорода.

В работе [8] приведены результаты исследований, показавшие, что размалывание различных образцов угля в мельнице приводит к образованию новых радикалов и сопровождается изменением формы и интенсивности сигнала электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), что объясняется механическим вскрытием связей С-С при размалывании.

Выявлено появление непредельных углеводородов (ацетилена, этилена и пропилена) в свободном состоянии и абсорбированных в угле в зоне Григорьевского, Первомайского и Ветковского надвигов и их апофиз в Донецко-Макеевском угленосном районе [19–21]. Процентное содержание ацетилена достигает 2–3, в отдельных случаях до 5 % от общего количества низших углеводородов.

Для Донецко-Макеевского угленосного района установлен рост содержания гелия при приближении к Ветковскому, Пологому и Семеновскому надвигам, рост содержания водорода по мере приближения к Пологому и Григорьевскому надвигам, хотя увеличение содержания этих газов не превышает фоновые значения. В этом же районе Семеновский и Ветковский надвиги индексируются ростом концентрации метана [22].

Из приведенного обзора следует, что региональное изменение составов газовых смесей по площади Донецкого бассейна определяются, прежде всего, близостью или удаленностью от дизъюнктивных тектонических нарушений высшего порядка, к которым необходимо отнести зоны сочленения по глубинным разломам Донбасса с Приазовским и Воронежским кристалличе-

скими массивами. Такой же иерархический уровень необходимо придать Главной антиклинали с приуроченным к ней глубинным разломом.

Дизъюнктивные нарушения, проявленные в карбоновых отложениях, развитых между тремя главными тектоническими элементами, перечисленными выше, являются локальными и закономерности изменения состава газов, определяемые ими, носят также локальный характер.

Выводы.

Состав углеводородных и ассоциирующихся с ними газов подчиняются следующим закономерностям:

I. Региональным, т.е. наблюдается зависимость состава газов от принадлежности их к различным структурно-тектоническим зонам Донбасса, что подтверждается:

1) повышенным содержанием в составе газов водорода: а) вблизи зоны сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом, б) в Главной антиклинали Донбасса, в) в северной части Донбасса вблизи его сочленения с Воронежским кристаллическим массивом;

2) максимальным содержанием ТУ, приуроченным к южной синклинали зоне.

II. Вертикальным, в некоторой степени связанным со степенью метаморфизма угля, т.е. наблюдается зависимость состава газов от глубины отбора газовых проб или глубины залегания коллектора газов, что подтверждается:

1) тесной связью содержания тяжелых углеводородов с группами метаморфизма углей;

2) закономерным увеличением концентрации тяжелых углеводородов с ростом глубины залегания пластов в пределах пласта одной ступени метаморфизма;

3) появлением полной гаммы гомологов тяжелых углеводородов до пентана (C_5H_{12}) с увеличением глубины отбора проб или нахождения коллектора;

4) увеличением содержания водорода среди газов с ростом глубины отбора проб.

III. Локальным, связанным с тектоническими нарушениями, что подтверждается:

- 1) связью проявлений неперелыных углеводородов (ацетилена, этилена и пропилена) с зонами тектонических нарушений;
- 2) повышенным содержанием метана, водорода и гелия в зонах некоторых тектонических нарушений.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР, т. 1. Угольные бассейны и месторождения юга европейской части СССР (под ред. И. А. Кузнецова). М. : Госгеолтехиздат, 1963, 1210 с.
2. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. / Гл. редактор А. И. Кравцов. Т. 3. Генезис и закономерности распределения природных газов угольных бассейнов и месторождений СССР. — М. : Недра, 1980. — 218 с.
3. Газоносность угольных месторождений Донбасса / А. В. Анциферов, М. Г. Тиркель, М. Т. Хохлов, В. А. Привалов, А. А. Голубев, А. А. Майборода, В. А. Анциферов. Под ред. Н. Я. Азарова. — К. : Наук. думка, 2004. — 231 с.
4. Канин В. А. Взрывоопасные компоненты рудничного газа / В. А. Канин, А. М. Тихолиз, А. А. Голубев [и др.] // Уголь Украины. — 2005. — № 7. — С. 28—30.
5. Гресов А. И. К вопросу водоносности угольных бассейнов Дальнего Востока / А. И. Гресов, А. И. Обжиров, А. В. Яцук // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. — 2010 — № 1. — Вып. № 15. — С. 19—32.
6. Лазаренко Е. К., Панов Б. С., Павлишин В. И. Минералогия Донецкого бассейна. — Ч. II. — К. : Наук. думка. — 1975 — 502 с.
7. Смішко Р. М. Головні риси тектоніки центральної частини Донбасу. / Вісник Львівського університету. Сер. Геологічна. Вип. 18. — Львів : ЛНУ, 2004. — С. 143—153.
8. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины в 2 т. / А. В. Анциферов, А. А. Голубев, В. А. Канин и др. — Донецк, изд-во «Вебер», Т. 1, 2009 — 456 с., Т. 2, 2010 — 478 с.

9. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А. П. Виноградов // Геохимия. — 1962. — № 7. — С. 555—571.
10. Юдович Я. Э. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. — Екатеринбург : УрО РАН, 2005. — 654 с.
11. Яницкий И. Н. Гелиевая съемка. — М : Недра, 1979. — 96 с.
12. Гиршфельдер Дж. Молекулярная теория газов и жидкостей / Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертисс, Р. Берд. — М : Изд-во Ин. лит., 1961. — 929 с.
13. Соколов В. А. Миграция газа и нефти / В. А. Соколов. — М. : Изд-во АН СССР, 1956. — 352 с.
14. Ньютон Р. Диффузия гелия в осадочных породах / Р. Ньютон, Г. Роунд // Геохимия. — 1961. — № 4. — С. 332—353.
15. Булашевич Ю. Л. Схема проницаемых разрывных нарушений земной коры Северо-Западного Казахстана по данным распределения гелия в подземных водах / Ю. Л. Булашевич, В. Н. Башорин // Геотектоника. — 1976. — № 3. — С. 67—73.
16. Тугаринов А. И. О диффузии и фильтрации гелия через образцы / А. И. Тугаринов, Ю. Г. Осипов // Геохимия. — 1977, № 7. — С. 992—1004.
17. Исаев В. А. Закономерности распределения аномальных концентраций гелия в палеозойских отложениях Донбасса / В. А. Исаев, А. А. Тараник, А. М. Тихолиз [и др.] // Наук. праці УкрНДМІ НАН України. — Вип. 12. — Донецьк, 2013. — С. 203—212.
18. Исаев В. А. Структурно-тектонический и страти-графический контроль изотопного состава углерода и кислорода в гидротермальных карбонатах Донбасса // В. А. Исаев, П. А. Власов, П. В. Галемский [и др.] // Наук. праці УкрНДМІ НАН України. — Вип. 10. — Донецьк, 2012. — С. 46—60.
19. Майданович И. А. Особенности тектоники угольных бассейнов Украины / И. А. Майданович, А. Я. Радзивилл. — К. : Наук. думка, 1984. — 120 с.
20. Опыт исследования ацетиленоносности угольных пластов шахт Донецко-Макеевского района / А. Н. Сукачев, А. Я. Ра-

- дзиви́лл, В. В. Касьянов, А. И. Су́сло. Киев, 1992. — 55 с. (Препринт АН Украины, Ин-т геологических наук).
21. Звягильский Е. Л., Сукачев А. Н., Бокий Б. В. Опыт исследования низкоуглеродистой газовой составляющей шахтопластов шахты им. А. Ф. Засядько с целью безопасной добычи угля. — Севастополь : «Вебер», 2004. — 40 с.
22. Омельченко А. А., Тихолиз О. М., Ісаєв В. О. Комп'ютерне оброблення інформації при дослідженні міграції газів через вугільно-породний масив. — Наук. праці УкрНДМІ НАН України. Вип. 12. — Донецьк, 2013. — С. 313—323.