

УДК 550.423

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГЕЛИЯ В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДОНБАССА

**Исаев В. А., Тараник А. А., Тихолиз А. М.,
Пащенко А. А.**

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Підвищені концентрації гелію у вільних і розчинених газах у вугільно-породному масиві Донбасу приурочені до зон зчленування Донбасу з Приазовським і Воронежським кристалічними масивами і Головної антикліналі. Диз'юнктивні тектонічні порушення глибокого закладення служили, ймовірно, шляхами транзиту гелію від кристалічних порід фундаменту в палеозойські відклади Донбасу, і підвищений вміст гелію може служити індикатором шляхів транзиту газів з глибоких горизонтів Донецького вугільного басейну.

Elevated concentrations of helium in free and dissolved gases in coal-rock mass of the Donets Coal Basin are confined to the junction zones of the Donets Coal Basin with the Priazovie and Voronezh crystalline core-areas and Glavnaya (Principal) Anticline. Deep-laid disjunctive dislocations were probably the ways for transit of helium from crystalline basement rocks into Paleozoic deposits of the Basin. Elevated concentrations of helium can also serve as indicators of the ways for transit of gases from deep levels of the Donets Coal Basin.

Угольные пласты Донецкого бассейна сопровождаются проявлениями углеводородных и ассоциирующихся с ними газов, вопросы генезиса, миграции и эволюции которых в угольно-породном массиве издавна привлекают внимание.

Среди исследователей Донбасса прочно укрепилась точка зрения о вертикальной зональности распределения газов среди каменноугольных пород [1-3], обусловленной с одной стороны поступлением углеводородных и сопровождающих газов из глубоких горизонтов бассейна, а с другой – окислением их и смешиванием с атмосферными газами.

В частности, содержание гелия в угольно-породном массиве Донецкого бассейна растет с увеличением глубины отбора проб, хотя его градиент в свободных газах крайне незначителен, составляя $n \cdot 10^{-5}$ % на 100 м [4]. Для свободных газов в палеозойских отложениях Донбасса в центральных его частях фоновыми являются содержания гелия 0,001-0,03 % [4].

В связи с тем, что Донецкий угольный бассейн – тектонически и структурно неоднородное геологическое сооружение, можно ожидать, кроме вертикальной зональности, и вариаций в составе газовых смесей, обусловленных структурно-тектонической зональностью Донецкого бассейна.

В его пределах вкрест преобладающего простирания пород выделяются следующие основные структурно-тектонические зоны (с юга на север): 1) зона сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом (ПКМ); 2) южная синклиральная зона; 3) Главная антиклиналь Донбасса; 4) северная синклиральная зона; 5) зона сочленения Донбасса с Воронежским кристаллическим массивом.

Сочленение Донбасса с Приазовским и Воронежским кристаллическими массивами происходит по тектоническим нарушениям, являющимися составными частями трансрегиональных Припятско-Маньчского и Барановичско-Астраханского глубинных разломов [5] с приуроченными к ним проявлениями магматизма и гидротермальной минерализации.

Максимально тектонически дислоцированной структурой Донбасса является Главная антиклиналь, под ней на всем ее протяжении прослеживается Центральный глубинный разлом [6], к этой структуре приурочены многочисленные проявления разнообразной гидротермальной минерализации (киноварь, антимонит, кварц, карбонаты, полиметаллы и др.). Высказана даже точка зрения на механизм формирования Главной антиклинали как

надразломной структуры в зоне Центральнодонецкого глубинного разлома [7].

На этом фоне южная и северная синклиналильные зоны выглядят относительно тектонически-спокойными структурами со слабой наложенной минерализацией.

Перечисленные региональные зоны различаются глубиной заложения дизъюнктивных нарушений, степенью тектонической раздробленности осадочных пород, а, вследствие этого, и большим или меньшим влиянием кристаллического фундамента на процессы, происходящие в осадочной толще.

Поэтому не случайной выглядит зависимость изотопного состава углерода и кислорода в гидротермальных карбонатах Донбасса от структурно-тектонического положения проявлений минерализации [8].

Можно ожидать региональную зональность и в распределении газов, причем в первую очередь это должно касаться содержаний гелия, так как закономерная связь аномально высоких концентраций этого газа в литосфере с глубинными разломами земной коры и транзитом газа из мантийно-коровых глубин установлена еще в 60-е годы XX столетия [9].

В Донбассе на зависимость состава литосферных газов от структурно-тектонических зон обращали меньше внимания, и, соответственно, она менее изучена, хотя ряд фактов свидетельствует о приуроченности повышенных содержаний гелия к определенным зонам.

Аномально высокие содержания этого газа отмечались в Южно-Донбасском (рис. 1) [2, табл. 22; 3, табл. 14], Красноармейском [2, табл. 11; 3, табл. 14] и Центральном геолого-промышленных районах (ГПР) [2, табл. 11; 3, табл. 14], в последнем нами опробовались скв. № 1992 и № 1657 в поле шахты «Ново-Дзержинская» (табл. 1). Причем необходимо отметить, что если в первой из опробованных нами скважин устойчиво фиксируются содержания гелия, превышающие фоновые значения, то во второй – не более чем верхний предел фонового интервала, при дальнейшем обработке эта проба во внимание не принималась.



1 – населенные пункты; 2 – угленосные районы; 3 – границы областей. Угленосные районы: 4 – Южно-Донбасский, 5 – Красноармейский, 6 – Донецко-Макеевский, 7 – Амвросиевский, 8 – Чистяково-Снежнянский, 9 – Центральный, 10 – Северо-западные окраины Донбасса, 11 – Старобельская площадь, 12 – Лисичанский, 13 – Алмазно-Марьевский, 14 – Селезневский, 15 – Луганский, 16 – Краснодонский, 17 – Ореховский, 18 – Боково-Хрустальский, 19 – Должано-Ровенский, 20 – Миусский.

Рис. 1. Схема угленосных районов Донецкого бассейна, по [1] с упрощениями

Таблица 1

Содержание гелия в ряде геолого-промышленных районов
 Донбасса, %

Номера сква- жин	Состав газа, %					Источ- ник
	He	N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	
Южно-Донбасский ГПР						
2184	0,32	16,13	0,50	83,04	0,01	[1, 2]
2806	0,27	29,33	0,50	69,90	He обн.	
2137	0,38	19,33	0,30	79,98	0,01	
10050	0,86	44,04	0,30	54,80	He обн.	
8000	0,11	8,79	0,40	90,70	He обн.	
Среднее (5)	0,39	23,52	0,40	75,68	0,004	
Красноармейский ГПР						
10051	0,18	21,91	0,30	77,60	0,01	[1, 2]
10343	0,16	5,79	0,30	93,70	0,05	
2806	0,27	29,33	0,50	69,90	He обн.	
2184	0,32	16,13	0,50	83,04	0,01	
2137	0,38	19,33	0,30	79,98	0,01	
Среднее (5)	0,26	18,50	0,38	80,84	0,02	
Центральный ГПР						
1127	0,11	11,09	2,3	86,5	-	[1, 2]
1128	0,12	7,78	1,5	90,6	-	
9Д	0,18	10,81	1,2	87,8	0,01	
13Д	0,12	14,28	1,4	84,2	-	
7Д	0,16	13,44	0,5	85,9	-	
6Д	0,27	24,2	0,4	75,13	-	
1992 (1-й замер)	0,16	5,7	1,0	93,5	Сл.	
1992 (2-й замер)	0,08	5,9	0	93,8	0,06	
Среднее (8)	0,16	11,65	1,04	87,18	0,009	
1657	0,03	49,7	-	36,6	-	

Различия между двумя опробованными скважинами состоят в том, что скв. № 1992 пройдена в зоне влияния Продольного надвига, являющегося ответвлением Осевого надвига, прослеживающегося вдоль всей Главной антиклинали, тогда как скв. № 1657 заложена в тектонически-ненарушенном блоке.

Перечисленные геолого-промышленные районы, где зафиксированы аномальные содержания гелия, располагаются в разных структурно-тектонических зонах Донбасса.

Наиболее интересно геологическое положение Южно-Донбасского ГПР, так как здесь зафиксированы самые высокие содержания гелия в свободных газах.

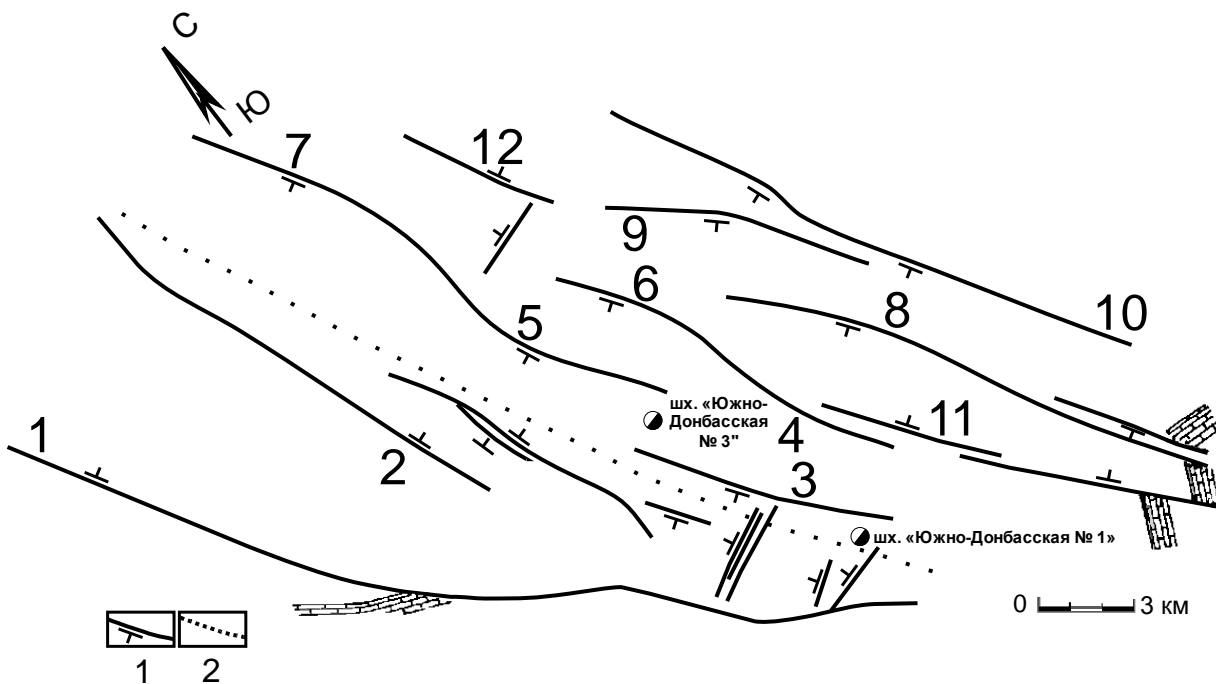
Южно-Донбасский ГПР непосредственно примыкает к контакту ПКМ с Донецким складчатым сооружением (ДСС), границей между этими разнородными блоками является Криворожско-Павловский сброс [10, 11].

Нижнекаменноугольные отложения слагают здесь обширную пологую моноклираль, обращенную, в общем, на северо-восток и переходящую в южное крыло Кальмиус-Торецкой котловины. Падение пород на север – северо-восток с углами, не превышающими 5-10°. Моноклиральное залегание пород осложняется различными тектоническими дислокациями, среди которых преобладают тектонические разрывы, преимущественно сбросы. Амплитуды смещения по ним колеблются от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Преобладает северо-западное простирание разрывов. Углы падения сместителей нарушений, как правило, крутые – 60-80°. Встречаются разрывы, как с северо-восточным, так и с юго-западным падением сместителей [11].

Крупнейшей разрывной дислокацией района является Криворожско-Павловский сброс, амплитуда которого превышает 1000 м. Его сместитель погружается в северо-восточном направлении под углами от 45 до 70° [11].

Основные региональные сбросы приурочены к висячему крылу этой структуры. Основная масса разрывных нарушений субпараллельны друг другу и Криворожско-Павловскому сбросу. С юго-запада на северо-восток здесь закартированы следующие нарушения (в скобках – направление падения плоскости сместителя): Максимовский (с.-в.), Сложный (с.-в.), Шевченковский (ю.-з.), Долинный (ю.-з.), Придолинный (ю.-з.), Полевой (ю.-з.), Владимировский (ю.-з.), Горняцкий (ю.-з.) сбросы и Лесной (с.-в.) надвиг, далее на северо-восток – Екатериновский (ю.-з.), Цен-

тральный (ю.-з.) сбросы и северо-западный фрагмент Ялынского надвига (с.-в.) (рис. 2).



1 – тектонические нарушения и направления их падения; 2 – положение структурообразующего разлома в фундаменте

Тектонические нарушения: сбросы: 1 – Криворожско-Павловский, 2 – Максимовский, 3 – Шевченковский, 4 – Владимировский, 5 – Придолинный, 6 – Полевой, 7 – Долинный, 8 – Горняцкий, 9 – Екатериновский, 10 – Центральный; надвиги: 11 – Лесной, 12 – Ялынский.

Рис. 2. Структурно-тектоническая схема Южно-Донбасского района по [11] с изменениями

В поперечном сечении этот район представляет собой своеобразный грабен. С юго-запада и северо-востока он ограничивается крупными встречнопадающими сбросами северо-западной ориентировки. На юго-западе – это Криворожско-Павловский, Сложный и Максимовский сбросы с северо-восточным падением сместителей, на северо-востоке – Владимировский, Придолинный, Долинный и Полевой сбросы, сместители которых погружаются к юго-западу. Внутри этого грабена породы дополни-

тельно разбиты системой продольных сбросов более высоких порядков с преимущественным юго-западным падением сместителей. Наиболее крупными из них являются: сброс № 1, Шевченковский и Западно-Никольский сбросы. Два последних нарушения имеют максимальные амплитуды (до 100–150 м) в пределах ш. «Южно-Донбасская» № 1. В пределах поля ш. «Южно-Донбасская» № 3, как установлено горными работами, они затухают [11].

Таким образом, перечисленные разрывные нарушения создают линейно-вытянутый раструб. В случае поступления газов из глубинных горизонтов земной коры по Криворожско-Павловскому разлому эти газы могут рассеиваться по площади Южно-Донбасского ГПР по системе встречно-падающих разломов.

Через Красноармейский ГПР в его юго-западной части также проходит Криворожско-Павловский сброс (амплитуда его 400 м) [10].

И, наконец, Центральный ГПР непосредственно примыкает к Главной антиклинали Донбасса, тектонические особенности которой отмечены выше.

Следует также упомянуть аномально высокие концентрации гелия в растворенном в воде газе, полученные по Первомайской опорной скважине, пробуренной на склоне Воронежской антеклизы. Содержание гелия здесь колеблется от 0,102 до 1,27 % (табл. 2) и его высокие концентрации объясняются влиянием кристаллических пород [4], тогда как фоновыми для растворенных газов Донбасса являются содержания 0,1–0,25 % [2].

Градиент изменения концентраций с глубиной можно вычислить для упомянутой опорной скважины. Он составляет 0,1 % на 100 м, что значительно выше, чем для свободных газов, но необходимо отметить, что эта скважина в своих водах содержит аномальные концентрации гелия и вычисленный градиент может оказаться иным для фоновых содержаний этого газа.

Выводы.

1. Аномальные концентрации гелия в свободных и растворенных газах в угольно-породном массиве Донецкого бассейна приурочены к Главной антиклинали и сочленениям по зонам глу-

бинных разломов Донбасса с Приазовским и Воронежским кристаллическими массивами.

Таблица 2
Состав растворенных газов по Первомайской опорной скважине (юго-восточный склон Воронежской антеклизы) [4]

Глубина	Стратиграфический интервал	Состав газов, %						
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂	CO ₂	He
1292-1300	C ₂ ⁵	81,8	0,7	0,07	0,01	15,7	0,7	0,102
1802-1820	C ₂ ²	22,7	0,63	0,07	0,01	66,2	19,2	0,201
2010-2018	C ₂ ¹	84,69	4,81	0,42	0,21	7,10	2,27	0,401
2355-2361	C ₁ -PЄ	81,42	0,87	0,15	-	15,2	0,6	1,270

2. Дизъюнктивные тектонические нарушения глубокого заложения являются, вероятно, путями транзита гелия от кристаллического фундамента в палеозойские отложения Донбасса.

3. Повышенные содержания гелия в угольно-породном массиве могут служить индикаторами путей транзита газов из глубоких горизонтов и кристаллического фундамента Донецкого угольного бассейна.

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. Мурич А. Т. Гелий в природных газах Донбасса. // Геохимия. 1973. — № 11. — С. 1738—1743.
5. Гавриш В. К. Глубинные структуры и методика их изучения. — К. : Наук. думка, 1969. — 193 с.
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. Исаев В. А., Власов П. А., Галемский П. В., Пашенко А. А. Структурно-тектонический и стратиграфический контроль изотопного состава углерода и кислорода в гидротермальных карбонатах Донбасса. — Наук. праці УкрНДМІ НАН України. Вип. 10. — Донецьк, 2012. — С. 46—60.
9. Яницкий И. Н. Гелиевая съемка. — М : Недра, 1979. — 96 с.
10. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины. Т. 1 : Геология и газоносность западного, юго-западного и южного Донбасса / А. В. Анциферов, А. А. Голубев, В. А. Каннин и др. — Донецк : Вебер, 2009. — 456 с.
11. Павлов И. О., Хрищанович О. С. Структурно-тектонико-физические особенности формирования разрывной тектоники Южного Донбасса. / Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна» № 7 (135). — 2008 — С. 163—169.