ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.324:553.983

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф.
E-mail: vladvam@gmail.com
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна
О. Ємець, д-р геол. наук, пров. наук. співроб.,
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
Національної Академії наук України,
пр. Паладіна, 34, м. Київ-142, Україна, 03680

РІВЕНЬ ДОЗРІЛОСТІ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ВІДКЛАДІВ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ У ЗВ'ЯЗКУ З ПЕРСПЕКТИВОЮ ВІДКРИТТЯ РОДОВИЩ НЕТРАДИЦІЙНОГО ГАЗУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. В.М. Загнітком)

В статті наведені результати дослідження вітриніту з керну глибоких свердловин в осадових товщах девону та карбону перспективних щодо нафтогазоносності площ східної і західної частин Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) у зв'язку з проблемою пошуків родовищ вуглеводнів нетрадиційного типу. Виконано мікроскопічні дослідження з ідентифікації органічної речовини та систематичні заміри відбивної здатності вітриніту. Вітриніт у відкладах западини представлений різними типами мацерал, однак домінує розсіяний вітродетриніт. Заміри відбивної здатності вітриніту з різних площ ДДЗ показують високу дисперсію значення середнього відбиття – від 0,5 до ~7,0 %. Вона характеризує різний рівень дозрілості органічної речовини і, відповідно, різну здатність генерувати вуглеводні. Однак, загалом, спостерігається закономірний тренд зростання відбиття вітриніту з глибиною, що відображає поступове підвищення дозрілості органічної речовини від молодших відкладів до старших і ріст температури, зумовлений температурним градієнтом. Недостатньо дозріла для генерації значної кількості газоподібних вуглеводнів органічна речовина характерна для відкладів ДДЗ на глибинах до 3000 м. Однак, вже починаючи з глибин 2100–2300 м середнє значення відбиття на локальних ділянках підвищується до величин, які характеризують рівень дозрілості органічної речовини, за якої відбувається генерація жирного та сухого газу. Зроблено висновок про зростання перспективності відкладів на відкриття родовищ сланцевого газу глибше цих гіпсометричних відміток. У той же час спостерігається нерівномірність дозрілості органічної речовини по території ДДЗ, що обумовлює необхідність постановки більш детальних досліджень з картування потенційно перспективних ділянок можливої газогенерації.

Ключові слова: вітриніт, органічна речовина, вуглеводні, Дніпровсько-Донецька западина.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших показників умов генерації вуглеводнів в осадових товщах є ступінь діагенезу останніх та рівень термічного перетворення органічної речовини (ОР), розсіяної в них [3, 12]. Формування вуглеводнів пов'язують з розкладом ОР впродовж занурення басейнів седиментації. Це супроводжується поступовим ростом рівня дозрілості ОР, що можна прослідкувати шляхом дослідження ряду біомаркерів. Вивчення дозрілості ОР у порівнянні з тектонічними подіями, які впливали на зміну структурної будови басейну, дає можливість порівняти час утворення вуглеводнів стосовно періодів формування нафтогазоносних структур. Це зумовлює можливість прогнозувати найбільш перспективні щодо нафтогазоносності стратиграфічні рівні й прицільно охоплювати перспективні райони для здійснення пошуково-розвідувального буріння. Окрім того, при зануренні осадових товщ й досягненні температурних умов, які відповідають "газовому вікну", материнські товщі, збагачені на органіку, самі можуть генерувати газ і ставати джерелом так званого нетрадиційного газу.

Аналіз попередніх досліджень і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Питання наявності нетрадиційних покладів вуглеводнів в осадових басейнах України жваво обговорюється останніми роками [1, 2, 4–7, 9–11]. Ступінь термального перетворення відкладів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) (разом із іншими важливими характеристиками, зокрема, вмістом $C_{орг.}$) вивчалася в 1997–1998 рр [8], коли з ряду площ ДДЗ були відібрані зразки керну, переважно аргіліти, проаналізовані в лабораторії геологічної служби США (м. Денвер) методом "Рок-Евал", [8]. Всього було проаналізовано 166 зразків порід з 36 свердловин на 27 площах західної і південної прибортової зони ДДЗ: середній карбон – 2 (Скоробагатьківська площа на заході ДДЗ), серпухів – 5 (Новомиколаївська площа в південній частині Руденківсько-Пролетарського району), верхній візе – 118 (Талалаївсько-Рибальський, Глинсько-Солохівський, Руденківсько-Пролетарський нафтогазові райони – НГР), нижній візе-турне – 18 (Глинсько-Солохівський, Руденківсько-Пролетарський НГР), девон – 23 зразка (Чернігівсько-Брагінський, Монастирищенсько-Софіївський і Глинсько-Солохівський НГР). Було встановлено, що термальна зрілість більшості проаналізованих зразків знаходиться не нижче початкової стадії ГЗН (головна зона нафтогенерації) (430^{o}С), а для половини з них – ГЗГ (головна зона газогенерації) (більше 460^{o}С), де нафти є вже перезрілими і формуються переважно газоподібні вуглеводні [8]. Однак, більшість із зразків, відібраних на той час, характеризують традиційні колектори. Нами у 2010–2013 рр були вивчені сланцеві товщі ДДЗ, відібрані понад 100 зразків ущільнених порід, вивчені їх геохімічні, мінералого-петрографічні особливості і проведений аналіз термічної зрілості порід на основі вивчення відбивної здатності вітриніту (близько 2000 замірів). Подібне цілеспрямоване вивчення потенційно нафтогазоносних ущільнених порід раніше не проводилося.

Формулювання цілей статті. Метою цієї роботи було оцінити рівень дозрілості органічної речовини в палеозойських відкладах ДДЗ у зв'язку з потенціалом генерації вуглеводнів палеозойського поверху осадового чохла западини та його потенціалу в якості джерела нетрадиційного газу.

Теоретичні передумови. Оптичні методи визначення рівня дозрівання ОР ґрунтуються на вивченні відбиття вітриніту, флюоресценції ліптиніту та кольору і прозорості керогену [13]. Відбиття вітриніту є одним з найбільш досліджуваних (хоча й не найбільш точним) біомаркерів, який дає змогу прослідити зміну дозрілості ОР з глибиною і виконати картування її регіональної дозрілості в осадових верствах. Вітриніт складається з целюлози, лігніну та танінів і повсюдно зустрічається в осадових породах. В породах девону і старших вітриніт зустрічається рідше через відсутність решток вищих рослин. Відбиття вітриніту (R_o) залежить від коефіцієн-

© Михайлов В., Ємець О., 2014

тів заломлення (μ) та поглинання (k) вітринітом світла відповідно до загальновідомого рівняння Біра:

$$R_0 = \frac{(\mu - \mu_0)^2 + \mu k^2}{(\mu - \mu_0)^2 + \mu^2 k^2},$$

де μ_o є коефіцієнтом заломлення імерсійної рідини.

З підвищенням рівня діагенезу та ароматизацією ОР відбиття вітриніту збільшуються від 0,15% (мінімальне значення) до більш ніж 5,5% при ступені перетворень, яка відповідає зеленосланцевому метаморфізму. З посиленням діагенезу вітриніт стає дедалі більш анізотропним і через це стандартні відхилення відбиття розширюються [13, 14]. Середні значення довільного відбиття (R_r), які було заміряно впродовж виконаних досліджень, згідно з статистичними даними, добре корелюють з величинами максимального відбиття і практично не відрізняються при низьких рівнях дозрілості [14].

При замірах відбиття вітриніту, однак, необхідно враховувати ряд факторів, які спотворюють оцінку термальної дозрілості ОР осадових верств:

1. різний за походженням вітриніт може показувати відмінне відбиття за однакового рівня дозрівання;
2. неправильне визначення типу мацерал;
3. перевідкладення давнього вітриніту з більшим відбиттям в молодших верствах;
4. окиснення вітриніту;
5. статистичні похибки, які зростають з підвищенням дозрілості вітриніту й зростанням його оптичної анізотропії;
6. погана поліровка вітриніту.

Методи досліджень. В процесі виконання роботи досліджено органічну речовину з керну свердловин ряду площ ДДЗ. Всього було проаналізовано 92 зразка з різних площ східного (свердловини Артемівська-1, Дробишівська-4, 10, Святогірська-10, Аннівська-674, Євгенівська-1, 4, 8, 20, Дружелюбівська-104, Гашинівська-3, Куличихінська-30, Юліївська-34, Західно-Шебелинська-702, Південно-Коломацька-32, Західно-Вергунівська, Зачепилівська-90, 100, Лівенська-1, 7, Багатойська-25, Західно-Левенцівська-1, 2, Керносівська-2, Личківська-64, Ульянівська-18) і західного (свердловини Ніжинська-338, Щурівська-10, Артюхівська-13, Рудівська-3, Хорольська-338, Південно-Афанасієвська-5, 10, 11, Ушнянська-1, Борківська-15) борту ДДЗ, проведені заміри відбивної здатності близько 2000 уламків вітриніту (табл. 1, 2).

Для виконання задач дослідження, з відібраних зразків сланців, аргілітів, алевролітів і пісковиків було виготовлено аншліфи, які досліджувалися макро- та мікроскопічно для визначення текстурно-структурних і мінералогічних характеристик порід, а також для виявлення і типізації органічної речовини. Довільна відбивна здатність вітриніту була заміряна в цих аншліфах з використанням мікроскопу вертикального металографічного МИМ-7 в імерсійній рідині (μ_o=1,515) у світлі лампи розжарювання λ = 546 нм за збільшення у 700 разів. Для більшості зразків виконано понад 20 замірів виділень ОР, що вважається достатнім для характеристики відбивної здатності вітриніту в породі. Згідно зі статистичними даними з дослідження ОР, результати замірів були осереднені й порівняні з тими, що характеризують окремі уламки ОР.

Виклад основного матеріалу. Згідно з результатами досліджень, вітриніт у палеозойських відкладах ДДЗ представлений здебільшого мацералами вітродетриніту – тонкофрагментованими вітринітизованими рослинними рештками, які зустрічаються окремо чи зцементовані аморфним вітринітовим матеріалом [16]. Менш розповсюджені мацерали колотелініту, коловітриніту, колодетриніту, вітриніту, фюзеніту, детриніту, зовсім зрідка – теловітриніту і геловітриніту (рис. 1, а–к).

Загалом, середнє довільне відбиття вітриніту в заміряних зразках коливається в широких межах – від 0,5%, що відповідає недозрілій органіці, до 7,0 %, що характеризує "мертвий" вуглець перезрілої органічної речовини (табл. 1, 2).

а - Вітродетриніт. Аншліф 81-БК, св. Борківська-15, інт. 3016-3021, D_3fm, аргіліт

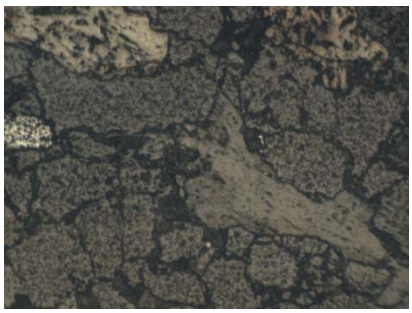
б - Вітродетриніт. Аншліф 84-БК, св. Борківська-15, інт. 2787,0-2797, 3, D_3fm, аргіліт

в - Колотеленіт. Аншліф 103-АТ, св. Артемівська-1, інт. 3724 м, C_2m, аргіліт

г - Колотелініт. Ашліф 142-Дж, св. Дружелюбівська-104, інт. 2855, C_1s, аргіліт

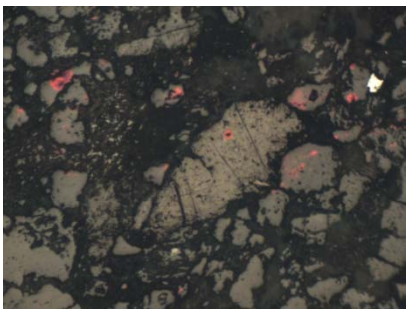
д - Коловітриніт. Аншліф 110-ДР, св. Дробишивська-4, інт. 3222 м, C_2m, пісковик

е - Коловітриніт Аншліф 130-ЄВ, св. Євгенівська-1, інт. 2232-2240, C_1s

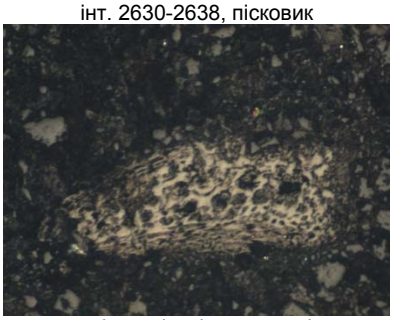


є - Колодетриніт, фюзеніт. Аншліф ЛИЧ-1, св. Личківська-64, інт. 2630-2638, пісковик

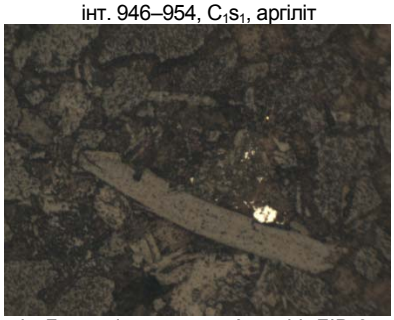
ж - Колодетриніт, вітродетриніт. Аншліф ЗЛ-1, св. Західно-Левенцівська-1, інт. 946–954, C_1s_1, аргіліт



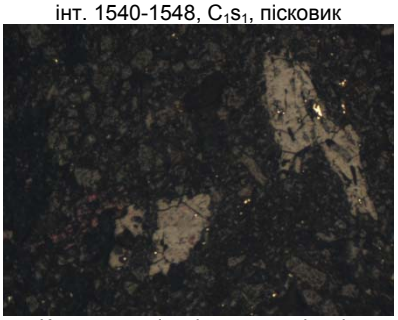
з - Вітриніт, пірит. Аншліф. ЗЛ-2, св. Західно-Левенцівська-1, інт. 1540-1548, C_1s_1, пісковик



и - Фюзеніт, вітродетриніт. Аншліф. ЗЛ-5, св. Західно-Левенцівська-2, інт. 1420-1428, C_1s_1, аргіліт



і - Детриніт, гематит. Аншліф ЛІВ-8, св. Ливенська-1, інт. 1720-1728, C_1v_1, пісковик



к - Колодетриніт, вітродетриніт, пірит. Аншліф Ул-1, св. Ульянівська-18, інт. 2325-2340, C_1s_1, аргіліт

Рис. 1. Органічна речовина у палеозойських відкладах ДДЗ

Таблиця 1

Результати виміру відбивної здатності вітриніту порід східного сектору ДДЗ

Район	Свердловина	Проба	Інтервал	Індекс	Порода	Кількість замірів	Середнє
Східні фланги	Артемівська-1	105АТ	3559–3566	C_2m	Аргіліт	1	2,60
		102АТ	3661	C_2m	Пісковик	6	1,51
		104АТ	3663	C_2m	Пісковик	3	1,14
		103АТ	3724	C_2m	Аргіліт	13	1,20
		109АТ	4020	C_2m	Аргіліт	11	2,02
	Дробишивська-4	111ДР	3218	C_2m	Аргіліт	1	1,00
		110ДР	3222	C_2m	Пісковик	17	1,98
		113ДР	3737–3746	C_2m	Аргіліт	16	1,43
		112ДР	3885–3890	C_2b	Аргіліт	16	1,43
	Дробишівська-10	127ДР	3861–3871	C_2m	Пісковик	13	1,32
		126ДР	4157–4165	C_2b	Аргіліт	7	1,62
	Святогірська-10	118СВ	3751–3759	C_3	Аргіліт	1	1,20
		117СВ	3767–3769	C_3	Аргіліт	9	1,02
		115 СВ	3848–3856	C_2m	Пісковик	8	1,12
		116СВ	3988–3996	C_2m	Аргіліт	3	1,47
Північний борт	Аннівська-674	2-АН	970–977	C_2b	Алевроліт	13	0,59
		4-АН	977–990	C_2b	Аргіліт	4	0,60
		6-АН	"	C_2b	Аргіліт	5	0,51
	Євгенівська-1	8-Єв	1411–1419	C_2b	Алевроліт	20	0,85
		9-Єв	2224–2232	C_1s_2	Аргіліт	11	1,49
		10-Єв	"	C_1s_2	Аргіліт	25	0,92
		130ЄВ	2232–2240	C_1s_2	Сланець	19	1,02
		11-Єв	2676–2684	C_1v	Аргіліт	14	1,04
		129ЄВ	2676–2684	C_1v	Сланець	17	0,84
	Євгенівська-4	122ЄВ	2482–2490	C_1s_2	Аргіліт	20	1,26
		124ЄВ	3056–3062	C_1v_1	Сланець	3	1,08
	Євгенівська-8	15-ЄВ	1112–1120	C_2m	Сланець	25	0,84
		16-ЄВ	1761–1769	C_2^1	Аргіліт	18	0,86
		17-ЄВ	2232–2239	C_1s_2	Аргіліт	2	1,30
	Євгенівська-20	121ЄВ	1101–1109	C_2m	Аргіліт	1	2,40
	Дружелюбівська-104	141ДЖ	2852	C_1s	**	25	1,30
		142ДЖ	2855	C_1s	Аргіліт	12	0,68
		143ДЖ	2857	C_1s	Аргіліт	25	1,21
	Гашинівська-3	136ГШ	3398–3404	D_3fr	Пісковик	1	2,10
		7-1-ГА	3544–3553	D_3fr	Аргіліт	16	1,30
Прибортова зона	Куличихинська-30	28-КУ	3097–3107	C_1	Алевроліт	29	0,76
	Юліївська-34	37-ЮЛ	3088–3096	C_1v	Чорний сланець	21	0,91
Приосьова зона	Західно-Шебелинська-702	18-ЗШ	4486–4494	C_2	Пісковик	19	0,82
		19-ЗШ	4494–4502	C_2	Алевроліт	17	0,78

Район	Свердловина	Проба	Інтервал	Індекс	Порода	Кількість замірів	Середнє
		20-ЗШ	5077–5080	C_2m	Алевроліт	14	1,14
		21-ЗШ	5585–5593	C_2	Аргіліт	24	1,06
	Південно-Коломацька-32	32-ПК	5308–5316	C_1s_2	Аргіліт	14	1,58
		32-1-ПК	5601–5607	C_1s_2	Аргіліт	11	1,04
	Південно-Коломацька-33	33-ПК	5476–5484	C_1s_2	Аргіліт	12	1,29
		34-ПК	5591	C_1s_2	Аргіліт	33	1,19
		35-ПК	5592–5588.5	C_1s_2	Аргіліт	19	0,78
	Західно-Вергунська	36-ЗВ	2632–2640	?	Чорний сланець	17	0,96
Південний борт	Зачепилівська-90	132 ЗЧ	971–975	C_1s	Сланець	17	0,68
		131 ЗЧ	983–979	C_1s	Сланець	5	0,47
	Зачепилівська-100	133 ЗЧ	1270–1278	C_1s_1	Аргіліт	8	0,61
		134 ЗЧ	1435–1443	C_1v	Аргіліт	7	0,75
		23-ЗА	1680–1688	C_1t	Алевроліт	14	1,10
		24-ЗА	1688–1695	C_1t	Алевроліт	12	1,74
		25-ЗА	1750–1758	C_1t	**	7	1,29
	Лівенська-7	ЛІВ-7	3120	C_1v_1	Аргіліт	21	0,7
	Лівенська-1	ЛІВ-8	1720–1728	C_1v_1	Пісковик	30	0,5
		ЛІВ-10	1999–2008	D_3fm_2	Пісковик	17	0,5
	Багатойська-25	БАГ-6	3708–3716	C_1s_2	Аргіліт	24	1,2
		БАГ-3	3981–3989	C_1s_1	Аргіліт	34	1,2
		БАГ-8	4335–4342	C_1v_2	Аргіліт	33	1,4
	Західно-Левенцівська-1	З-Л-1	946–954		Аргіліт	35	0,7
		З-Л-2	1540–1548	C_1s_1	Пісковик	39	0,8
	Західно-Левенцівська-2	З-Л-5	1420–1428	C_1s_1	Аргіліт	33	0,8
	Керносівська-2	КЕР-4	1779–1786	C_1s_2	Алевроліт	20	0,9
		КЕР-5	2153–2158	C_1s_1	Аргіліт	59	1,1
	Личківська-64	ЛИЧ-1	2630–2638	C_1s_1	Пісковик	26	0,8
		ЛИЧ-2	2885–2892	C_1v	Алевроліт	32	0,9
	Ульянівська-18	УЛ-1	2325–2340	C_1s_1	Аргіліт	38	0,6
		УЛ-7	2544–2557	C_1s_1	Алевроліт	31	0,8
		УЛ-6	2715–2723	C_1v_2	Аргіліт	49	1,2

** – Перешарування чорних аргілітів, алевролітів і дрібнозернистих пісковиків

Таблиця 2

Результати виміру відбивної здатності вітриніту порід західного сектору ДДЗ

Зона	Свердловина	Проба	Інтервал	Індекс	Порода	Кількість замірів	Середнє
Центральна	Ніжинська-338	60НЖ	2807–2815	C_1s	Чорні аргіліти	13	1,98
		65НЖ	3138	C_1v_2	Аргіліт	23	1,15
	Щурівська-10	76ЩР	3173–3179	C_1v	Аргіліт	23	1,15
		75ЩР	3179–3186	C_1v	Пісковик	13	1,10
	Артюхівська-13	78АР	4268–4270	C_1v_2	Аргіліт	10	1,70
		77АР	4302–4309	C_1v_2	Аргіліт	16	0,95
	Рудівська-3	101РД	5042–5044	C_1v	Аргіліт	37	1,47
Північний борт і прибортова зона	Хорольська-338	92ХР	2430–2444	C_1s	Аргіліт	27	1,46
		90ХР	2641–2657	C_1v	Аргіліт	33	0,70
	Південно-Афанасієвська-5	94АФ	2939–2947	C_1s	Аргіліт	32	1,00
		95АФ	3098–3106	C_1v	Аргіліт	31	1,08
		93АФ	3310–3313	C_1v	Аргіліт	29	1,21
	Південно-Афанасієвська-10	98АФ	2797–2809	C_1s	Аргіліт	34	0,95
		96АФ	3056–3068	C_1v	Аргіліт	43	1,05
		97АФ	3068–3080	C_1v	Аргіліт	46	1,03
	Південно-Афанасієвська-11	99АФ	2889–2900	C_1s	Аргіліт	37	1,08
		100АФ	3175–3180	C_1v	Аргіліт	46	1,06
Північно-західний борт	Ушнянська-1	89УШ	2177–2192	D_3fm	Алевроліт	51	0,80
	Борківська-15	84БК	2787–2797,3	D_3fm	Аргіліт	30	0,76
		83БК	2827,6–2838	D_3fm	Аргіліт	21	1,07
		81БК	3016–3021	D_3fm	Аргіліт	25	1,11
		85БК	3756–3767	D_3fm	Аргіліт	4	1,10

Більшість зразків, однак, в сукупності формує похилий тренд (рис. 2), який демонструє закономірне зростання відбиття вітриніту з глибиною незалежно від територіального положення площі. Це є наслідком більш-менш подібних процесів спокійного (платформного) тектонічного розвитку території ДДЗ з рівномірними періодами занурення чи здіймання осадових верств різних стратиграфічних рівнів, що спричинило подібність дозрівання ОР у товщі палеозойських відкладів западини, що контролювалося, здебільшого, глибиною занурення (температурою) осадової товщі.

На рис. 2, досить добре видно інтервали глибин, на яких збагачені органікою породи здатні генерувати нафту – від 900 до 3100 м, жирний газ з конденсатом – від 2100 до 4000 м і сухий газ – від 2300 до глибше 4000 м.

У кількох свердловинах на порівняно невеликих глибинах (1600–3000 м) на рівні девонських (св. Ушнянська-1), і нижньокам'яновугільних (св. Хорольська-338, Ніжинська-338, Зачепилівська-100) відкладів зустрічається занадто дозрілий вітриніт (Rr ~ 1,3 – >5,0) для таких незначних глибин. Такі знахідки дозволяють прогнозувати ділянки, які характеризують зростання дозрі-

лості ОР внаслідок специфіки тектонічних процесів, або ж локального підвищення термального потоку (магматична чи гідротермальна діяльність). Окрім того, в межах приосьової частини ДДЗ у свердловинах Західно-Шебелинської та Південно-Коломацької площ на глибинах понад 4000 м зафіксовано аномально низькі величини відбиття вітриніту, що, вірогідно, є результатом впливу перерахованих вище факторів, які спотворюють реальну картину рівня дозрілості ОР.

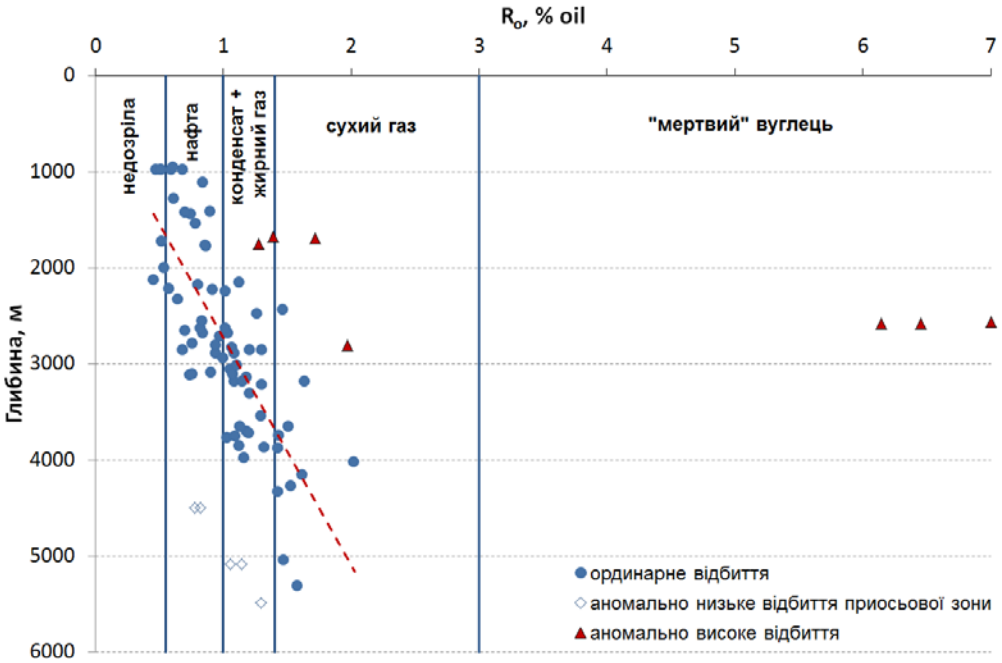


Рис. 2. Відбиття вітриніту палеозойських відкладів ДДЗ в залежності від глибини. Поля вуглеводнів нанесені згідно з [15]

Обговорення результатів. "Нетрадиційним" називають природний газ, який накопичений в ущільнених пісковиках/алевролітах, сланцях-аргілітах, а також у вугільних пластах. Через збідніння традиційних вуглеводневих родовищ у пісковиках/пісках та вапняках і, як наслідок, подорожчання вуглеводневої продукції, родовища "нетрадиційного" газу почали успішно розробляти. Якщо утилізація вугільного газу з корисною метою є досить поширеною і тепер добре розробленою технологією, то видобування газу з ущільнених пісковиків і сланців почато порівняно недавно, і досвід таких робіт накопичено насамперед у США, де сланцевий газ становить близько 25% об'єму всього газу, який там видобувають. Серед критеріїв, що дозволяють успішно проводити технологічні операції, які забезпечують рентабельність газових свердловин – достатня потужність цільових горизонтів сланців (більш як 40 м), високий вміст $C_{орг.}$ (понад 2%), глибини залягання цільових горизонтів – до 3500 м, а також дозрілість органічної речовини на рівні "газового вікна" (тобто відбиття вітриніту в ідеалі має перевищувати R > ~1,4 %). Рівень дозрівання органічної речовини визначають шляхом аналізу комплексу перерахунків результатів піролізу Rock-Eval, також базуючись на результатах заміру відбиття вітриніту, однак останні не завжди показують достовірний результат. Окрім того, усі сланці в минулому являли собою мул, в якому газ генерувався ще під час накопичення й початкового захоронення в результаті діяльності метаногенеруючих бактерій на стадії раннього діагенезу, а впродовж літифікації та деструкції органічної речовини починають насичуватись газом з досягненням рівня дозрілості органічної речовини, який відповідає "нафтовому" піку, який, в свою чергу, відповідає відбиттю вітриніту ~0,8% [13, 15]. Однак, при наявності в сланцях значної кількості рідких вуглеводнів, рідка фаза знижує дебіти свердловин, а тому високий рівень дозрілості сланців є одним з головних критеріїв, які зменшують ризики видобування "нетрадиційного" газу.

Висновки. Згідно з проведеними дослідженнями, територія ДДЗ є перспективною щодо проведення геолого-розвідувальних робіт для пошуку родовищ "нетрадиційного" газу, які можна прогнозувати на глибинах понад 2300 м, де залягають поклади, рівень дозрілості яких відповідає "газовому вікну" чи полю сухого газу на рис. 2. Суттєву перспективу, також, мають відклади в інтервалі 2100-4000 м, які відповідають полю конденсату та жирного газу. Для уточнення рівня дозрілості ОР рекомендується провести аналізи піролізу Rock Eval з визначенням загальної кількості органічного вуглецю в породах, параметрів T_{max} (температура максимального виділення вуглеводнів під час піролізу) та HI (водневий індекс), які використовуються для визначення не тільки рівня дозрілості органічної речовини, а й типу керогену. Велике значення при бурінні на "нетрадиційний" газ має глибина цільових горизонтів. Наприклад, свердловини на "нетрадиційний" газ у США – не глибші 3500 м. Отже, доцільно провести виділення ділянок для буріння на "нетрадиційний" газ. Для цього необхідно виконати прицільне картування горизонтів з підвищеною кількості органічної речовини з кореляцією їх між свердловинами, використовуючи діаграми гамма-каротажу у комплексі з дослідженнями рівня дозрілості органічної речовини.

Список використаних джерел:

1. Лукин А.Е., (2010). Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США). Геол. журн., 3, 17–33.

Lukin A.E., (2010). Slantsevyi gas i percpectivy ego dobythchy v Ukraine. Statja 1. Sovremennoe sostojanie problem slantsevogo gasa (v svete opyta osvoenija ego resursov v SHA). *Geol. Zhurn*., 3, 17–33 (In Russian).

2. Лукин А.Е., (2010). Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газоносности в Волыно-Подолии и Северо-Западном Причерноморье. Геол. журн., 4, 7–24.

Lukin A.E., (2010). Slantsevyi gas i percpectivy ego dobythchy v Ukraine. Statja 2. Chernoslantsevye komplexy Ukrainy I perspektivy ikh gasonosnosty v Volyno-Podolii I Severo-Zapadnom Prichernomor'e. *Geol. Zhurn*., 4, 7–24 (In Russian).

3. Лукин А.Е., (2011). О природе и перспективах газоносности низкопроницаемых пород осадочной оболочки Земли. Доповіді НАН України, 3, 114–123.

Lukin A.E., (2011). O pryrode I perspektivakh gasonosnosty nizkopronitsaemykh porod osadochnoy obolochky Zemly. *Dopovidy NAN Ukrainy*, 3, 114–123 (In Russian).

4. Лукин А.Е., (2011). Перспективы сланцевой газоносности Днепровско-Донецкого авлакогена. Геол. журн., 1, 21–41.

Lukin A.E., (2011). Perspektivy slantsevoy gasonosnosty Dneprovsko-Donetskogo avlakogena. *Geol. Jurn*., 1, 21–41 (In Russian).

5. Михайлов В.А., Загнітко В.М., Михайлова Л.С., (2011). Перспективи газоносності сланцевих відкладів Болтиської западини. Зб. наук. пр. ін-ту Тутковського. К., 23–29.

Mykhailov V.A., Zagnitko V.M., Mykhailova L.S., (2011). Perspektivy gasonosnosty slantsevykh vidkladiv Boltys'koi zapadyny. *Zb. Nauk. Pr. In-tu Tutkovs'kogo. K*., 23–29 (In Ukrainian).

6. Михайлов В.А., Чепіль П.М., (2012). Перспективи нафтогазоносності імпактних структур Українського щита. Геолог України, 1-2, 72–82.

Mykhailov V.A., Chepil P.M., (2012). Perspektivy naftogasonosnosty impaknykh structur Ukrains'kogo sthyta. *Geolog Ukrainy*, 1–2, 72–82 (In Ukrainian).

7. Михайлов В., Гулій В., Гладун М., (2013). Сланцева нафта і технології її видобутку. Геолог України, 2, 71-81.

Mykhailov V., Guly V., Gladun M. , (2013). Slantseva nafta I tekhnologii ii vydobutku. Geolog Ukrainy, 2, 71–81 (In Ukrainian).

8. Нефтегазогенерационные свойства пород палеозоя ДДВ по данным пиролиза на установке "РОК-ЭВАЛ" / Кабышев Б.П., Кабышев Ю.Б., Кривошеев В.Т. и др., (1999). Доповіді НАН України, 12, 112–117.

Kabyshev B.P., Kabyshev Y.B., Krivosheev V.T. et al., (1999). Neftegasogeneratsionnye svoistva porod paleozoja DDV po dannym piroliza na ustanovke "Pock-Eval". *Dopovidy NAN Ukrainy*, 12, 112–117 (In Russian).

9. Перспективи відкриття в Україні нетрадиційних родовищ нафти, пов'язаних зі сланцевими і флішевими відкладами / Михайлов В.А., Гладун В.В., Зейкан О.Ю., Чепіль П.М., (2012). Нафтогазова промисловість, 1, 55–59.

Mykhailov V.A., Gladun V.V., Zeikan O.Ju., Chepil P.M., (2012). Perspektivy vidkryttja v Ukraini netradytsiynykh rodovysch nafty, pov'jazanykh zi slantsevymy I flishevymy vidkladamy. *Naftogasova promyslovist*, 1, 55–59 (In Ukrainian).

10. Перспективи газоносності сланцевих відкладів Дніпровсько-Донецької западини / Михайлов В.А., Огар В.В., Гладун В.В. та ін., (2011). Геолог України, 2, 51–58.

Mykhailov V.A., Ogar V.V., Gladun V.V. et al., (2011). Perspektivy gasonosnosty slantsevykh vidkladiv Dniprovsko-Donetskoy zapadyny. *Geolog Ukrainy*, 2, 51–58 (In Ukrainian).

11. Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины / Гурский Д.С., Михайлов В.А., Чепиль П.М., Гладун В.В., (2010). Мінеральні ресурси України, 1, 3–8.

Gursky D.S., Mykhailov V.A., Chepil P.M., Gladun V.V., (2010). Slantsevyi gas i problem energoobespechenia Ukrainy. *Mineralni resursy Ukrainy*, 1, 3–8 (In Russian).

12. Baskin D.K. Atomik H.C., (1997). Ratio of Kerogen as an Estimate of Thermal Maturity and Organic Matter Conversion. *Bulletin AAPG*, 9, 1415–1437.

13. Bustin R.M., Barnes M.A., Barnes W.C., (1990). Determining Levels of Organic Diagenesis in Sediments and Fossil Fuel. *Diagenesis. – Geoscience Canada Reprint Series*, 4, 205–226.

14. England T.D.J., Bustin R.M., (1986). Thermal maturation of the Western Canadian Sedimentary Basin south of the Red Deer River. *Alberta Plains. – Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 34, 71–90.

15. Jarvie D. M., Hill R.J., Pollastro R.M., (2005). Assessment of the gas potential and yields from shales: The Barnett Shale model. In: B. Cardott, ed., Oklahoma Geological Survey Circular 110, 2005: *Unconventional Energy Resources in the Southern Midcontinent*, 37–50.

16. ICCP., (1998). The new vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel*, 77 (5), 349-358.

Надійшла до редакції 03.06.14

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.
E-mail: vladvam@gmail.com
Geological Faculty
Taras Schevchenko National University of Kyiv
90, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine
O. Yemets, Dr. Sci. (Geol.), Leading Researcher
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
National Academy of Sciences of Ukraine
34, Acad. Palladina Ave., Kyiv-142, 03680, Ukraine

ORGANIC MATTER MATURITY LEVEL OF THE DNIEPER-DONETS BASIN DEPOSITS: UNCONVENTIONAL GAS PROSPECTS

The paper provides new findings on vitrinite obtained from well-core samples of the Devonian and Carboniferous sedimentary strata of the oil-gas prospective fields, both in the eastern and western sides of the Dnieper-Donets Depression (DDD), with a focus on unconventional hydrocarbon prospecting. The organic matter was identified microscopically and vitrinite reflectance was systematically measured. In the deposits studied, vitrinite represents different types of organic macerals; disseminated vitrodetrinite being still dominant. Measurements of vitrinite reflectance striking off different DDD surfaces reveal high average dispersion means ranging 0.5 to ~7.0%. This characterizes variable level of the organic matter maturity and its different property to generate hydrocarbons. However, in general, the vitrinite reflectance tends to gradually increase with depth, meaning gradual maturation of the organic matter from the younger beds to older ones, and a temperature rise conditioned by a temperature gradient. Organic matter immature to generate significant amount of gaseous hydrocarbons is deposited in the DDD at the depth of 3000 m. However, down the depth of 2100 – 2300 m, the average vitrinite reflectance increases up to the values sufficient to consider organic matter mature, and to generate wet and dry gas. Thus, it is inferred to be prospective to explore for new shale gas deposits below the hypsometric level.

On the other hand, the irregular dispersion of organic matter maturation in the DDD necessitates further detailed research, namely, into mapping potentially prospective areas of gas generation.

Keywords: vitrinite, organic matter, hydrocarbons, Dnieper-Donets Depression.

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф., vladvam@gmail.com
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина
А. Емец, д-р геол. наук, вед. науч. сотрудник
Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененко НАН Украины,
пр. Палладина, 34, г. Киев-142, Украина, 03680

УРОВЕНЬ ДОЗРЕЛОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОТЛОЖЕНИЙ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВОЙ ОТКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕТРАДИЦИОННОГО ГАЗА

В статье приведены результаты исследования витринита из керна глубоких скважин в осадочных толщах девона и карбона, перспективных в отношении нефтегазоносности, площадей восточной и западной частей Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) в связи с проблемой поисков месторождений углеводородов нетрадиционного типа. Проведены микроскопические исследования по идентификации органического вещества и систематические замеры отражательной способности витринита. Витринит в отложениях впадины представлен различными типами мацерал, однако преобладает рассеянный витродетринит. Замеры отражательной способности витринита с различных площадей ДДВ показывают высокую дисперсию значений среднего отражения – от 0,5 до 7,0%. Она характеризует различный уровень зрелости органического вещества и, соответственно, различную способность генерировать углеводороды. Однако, в целом, наблюдается закономерный тренд роста отражательной способности витринита с глубиной, что отражает постепенное повышение дозрелости органичного вещества от молодых отложений до древних и рост температуры, обусловленный температурным градиентом. Недостаточно созревшее для генерации значительного количества газоподобных углеводородов органическое вещество характерно для отложений ДДВ на глубинах до 3000 м. Однако, уже начиная с глубин 2100–-2300 м среднее значение отражательной способности на локальных участках повышается до значений, которые характеризуют уровень дозрелости органического вещества, достаточный для генерации жирного и сухого газа. Сделан вывод про увеличение перспективности отложений в отношении открытий месторождений сланцевого газа глубже этих гипсометрических отметок. В то же время наблюдается неравномерная степень дозрелости органического вещества по территории ДДВ, что обусловливает необходимость постановки более детальных исследований с картированием потенциально перспективных участков возможной газогенерации.

Ключевые слова: витринит, органическое вещество, угеводороды, Днепровско-Донецкая впадина.