

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, УкраїнаО. 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 середні значення відбиття на локальних ділянках підвищуються 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 S_{org}) 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 прибережної зони ДДЗ: середній карбон – 2 (Скоробагачківська площа на заході ДДЗ), серпуків – 5 (Новомиколаївська площа в південній частині Руденківсько-Пролетарського району), верхній візе – 118 (Талалаївсько-Рибальський, Глинсь-

ко-Солохівський, Руденківсько-Пролетарський нафтогазові райони – НГР), нижній візе-турне – 18 (Глинсько-Солохівський, Руденківсько-Пролетарський НГР), девон – 23 зразка (Чернігівсько-Брагинський, Монастирищенсько-Софіївський і Глинсько-Солохівський НГР). Було встановлено, що термальна зрілість більшості проаналізованих зразків знаходиться не нижче початкової стадії ГЗН (головна зона нафтогенерації) (430°C), а для половини з них – ГЗГ (головна зона газогенерації) (більше 460°C), 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, мінералогічно-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 ліпнітину 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_0) залежить від коефіцієн-

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_0 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_0), 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, Дробішівська-4, 10, Святогірська-10, Аннівська-674, Євгенівська-1, 4, 8, 20, Дружелюбівська-104, Гашинівська-3, Куличинська-30, Юліївська-34, Західно-Шебелинська-702, Південно-Коломацька-32, Західно-Вергунівська, Зачепа-

лівська-90, 100, Лівенська-1, 7, Багатойська-25, Західно-Левенцівська-1, 2, Керносівська-2, Личківська-64, Ульяновська-18) і західного (свердловини Ніжинська-338, Шурівська-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).

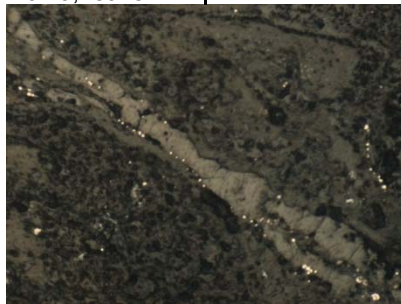
Для виконання задач дослідження, з відібраних зразків сланців, аргілітів, алевролітів і пісковиків було виготовлено аншлифи, які досліджувалися макро- та мікроскопічно для визначення текстурно-структурних і мінералогічних характеристик порід, а також для виявлення і типізації органічної речовини. Довільна відбивна здатність вітриніту була заміряна в цих аншлифах з використанням мікроскопу вертикального металографічного МИМ-7 в імерсійній рідині ($\mu_0=1,515$) у світлі лампи розжарювання $\lambda = 546$ 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. Аншлиф 81-БК, св. Борківська-15, інт. 3016-3021, D₃fm, аргіліт



б - Вітродетриніт. Аншлиф 84-БК, св. Борківська-15, інт. 2787,0-2797, 3, D₃fm, аргіліт



в - Колотеленіт. Аншлиф 103-АТ, св. Артемівська-1, інт. 3724 м, C₂m, аргіліт



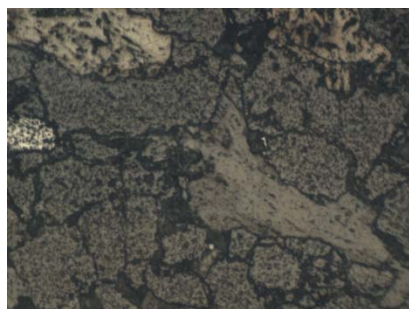
г - Колотелініт. Ашлиф 142-Дж, св. Дружелюбівська-104, інт. 2855, C₁s, аргіліт



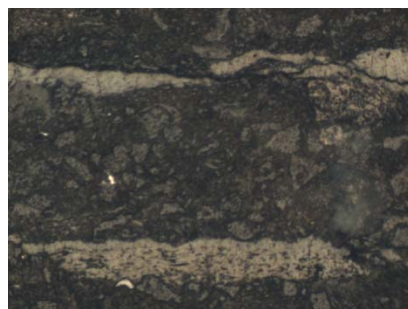
д - Коловітриніт. Аншлиф 110-ДР, св. Дробішівська-4, інт. 3222 м, C₂m, пісковик



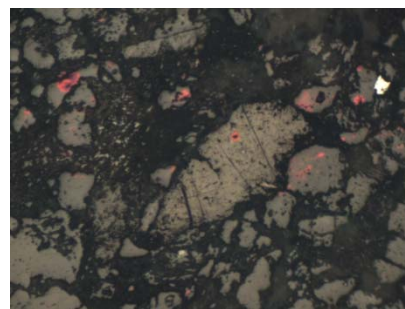
е - Коловітриніт Аншлиф 130-ЄВ, св. Євгенівська-1, інт. 2232-2240, C₁s



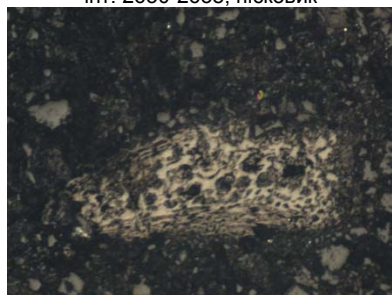
е - Колодетриніт, фюзеніт.
Аншліф ЛИЧ-1, св. Личківська-64,
інт. 2630-2638, пісковик



ж - Колодетриніт, вітротетриніт.
Аншліф ЗЛ-1, св. Західно-Левенцівська-1,
інт. 946-954, C₁s₁, аргіліт



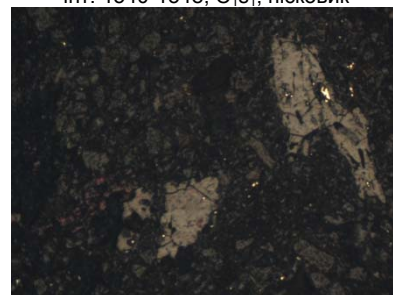
з - Вітриніт, пірит. Аншліф. ЗЛ-2,
св. Західно-Левенцівська-1,
інт. 1540-1548, C₁s₁, пісковик



и - Фюзеніт, вітротетриніт.
Аншліф. ЗЛ-5, св. Західно-Левенцівська-2,
інт. 1420-1428, C₁s₁, аргіліт



і - Детриніт, гематит. Аншліф ЛІВ-8,
св. Ливенська-1, інт. 1720-1728, C₁v₁,
пісковик



к - Колодетриніт, вітротетриніт, пірит.
Аншліф Ул-1, св. Ульяновська-18,
інт. 2325-2340, C₁s₁, 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 ₂ m	Аргіліт	1	2,60
		102АТ	3661	C ₂ m	Пісковик	6	1,51
		104АТ	3663	C ₂ m	Пісковик	3	1,14
		103АТ	3724	C ₂ m	Аргіліт	13	1,20
		109АТ	4020	C ₂ m	Аргіліт	11	2,02
	Дробишівська-4	111ДР	3218	C ₂ m	Аргіліт	1	1,00
		110ДР	3222	C ₂ m	Пісковик	17	1,98
		113ДР	3737-3746	C ₂ m	Аргіліт	16	1,43
		112ДР	3885-3890	C ₂ b	Аргіліт	16	1,43
	Дробишівська-10	127ДР	3861-3871	C ₂ m	Пісковик	13	1,32
		126ДР	4157-4165	C ₂ b	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 ₂ m	Пісковик	8	1,12
		116СВ	3988-3996	C ₂ m	Аргіліт	3	1,47
Північний борт	Аннівська-674	2-АН	970-977	C ₂ b	Алевроліт	13	0,59
		4-АН	977-990	C ₂ b	Аргіліт	4	0,60
		6-АН	"	C ₂ b	Аргіліт	5	0,51
	Євгенівська-1	8-Єв	1411-1419	C ₂ b	Алевроліт	20	0,85
		9-Єв	2224-2232	C ₁ s ₂	Аргіліт	11	1,49
		10-Єв	"	C ₁ s ₂	Аргіліт	25	0,92
		130ЄВ	2232-2240	C ₁ s ₂	Сланець	19	1,02
		11-Єв	2676-2684	C ₁ v	Аргіліт	14	1,04
		129ЄВ	2676-2684	C ₁ v	Сланець	17	0,84
	Євгенівська-4	122ЄВ	2482-2490	C ₁ s ₂	Аргіліт	20	1,26
		124ЄВ	3056-3062	C ₁ v ₁	Сланець	3	1,08
	Євгенівська-8	15-ЄВ	1112-1120	C ₂ m	Сланець	25	0,84
		16-ЄВ	1761-1769	C ₂ ¹	Аргіліт	18	0,86
		17-ЄВ	2232-2239	C ₁ s ₂	Аргіліт	2	1,30
	Євгенівська-20	121ЄВ	1101-1109	C ₂ m	Аргіліт	1	2,40
	Дружелюбівська-104	141ДЖ	2852	C ₁ s	**	25	1,30
		142ДЖ	2855	C ₁ s	Аргіліт	12	0,68
		143ДЖ	2857	C ₁ s	Аргіліт	25	1,21
	Гашинівська-3	136ГШ	3398-3404	D ₃ fr	Пісковик	1	2,10
		7-1-ГА	3544-3553	D ₃ fr	Аргіліт	16	1,30
Прибортова зона	Куличихинська-30	28-КУ	3097-3107	C ₁	Алевроліт	29	0,76
	Юлівська-34	37-ЮЛ	3088-3096	C ₁ v	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
Південно-Коломацька-32		20-3Ш	5077–5080	C ₂ m	Алевроліт	14	1,14
		21-3Ш	5585–5593	C ₂	Аргіліт	24	1,06
		32-ПК	5308–5316	C ₁ s ₂	Аргіліт	14	1,58
		32-1-ПК	5601–5607	C ₁ s ₂	Аргіліт	11	1,04
		33-ПК	5476–5484	C ₁ s ₂	Аргіліт	12	1,29
		34-ПК	5591	C ₁ s ₂	Аргіліт	33	1,19
		35-ПК	5592–5588,5	C ₁ s ₂	Аргіліт	19	0,78
	Західно-Вергунська	36-3В	2632–2640	?	Чорний сланець	17	0,96
	Зачепилівська-90	132 3Ч	971–975	C ₁ s	Сланець	17	0,68
		131 3Ч	983–979	C ₁ s	Сланець	5	0,47
Південний борт	Зачепилівська-100	133 3Ч	1270–1278	C ₁ s ₁	Аргіліт	8	0,61
		134 3Ч	1435–1443	C ₁ v	Аргіліт	7	0,75
		23-3А	1680–1688	C ₁ t	Алевроліт	14	1,10
		24-3А	1688–1695	C ₁ t	Алевроліт	12	1,74
		25-3А	1750–1758	C ₁ t	**	7	1,29
		ЛІВ-7	3120	C ₁ v ₁	Аргіліт	21	0,7
	Лівенська-1	ЛІВ-8	1720–1728	C ₁ v ₁	Пісковик	30	0,5
		ЛІВ-10	1999–2008	D ₃ fm ₂	Пісковик	17	0,5
	Багатойська-25	БАГ-6	3708–3716	C ₁ s ₂	Аргіліт	24	1,2
		БАГ-3	3981–3989	C ₁ s ₁	Аргіліт	34	1,2
		БАГ-8	4335–4342	C ₁ v ₂	Аргіліт	33	1,4
	Західно-Левенцівська-1	3-Л-1	946–954		Аргіліт	35	0,7
		3-Л-2	1540–1548	C ₁ s ₁	Пісковик	39	0,8
	Західно-Левенцівська-2	3-Л-5	1420–1428	C ₁ s ₁	Аргіліт	33	0,8
	Керносівська-2	КЕР-4	1779–1786	C ₁ s ₂	Алевроліт	20	0,9
		КЕР-5	2153–2158	C ₁ s ₁	Аргіліт	59	1,1
	Личківська-64	ЛИЧ-1	2630–2638	C ₁ s ₁	Пісковик	26	0,8
		ЛИЧ-2	2885–2892	C ₁ v	Алевроліт	32	0,9
	Ульянівська-18	УЛ-1	2325–2340	C ₁ s ₁	Аргіліт	38	0,6
		УЛ-7	2544–2557	C ₁ s ₁	Алевроліт	31	0,8
		УЛ-6	2715–2723	C ₁ v 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 ₁ s	Чорні аргіліти	13	1,98
		65НЖ	3138	C ₁ v ₂	Аргіліт	23	1,15
	Щурівська-10	76ЩР	3173–3179	C ₁ v	Аргіліт	23	1,15
		75ЩР	3179–3186	C ₁ v	Пісковик	13	1,10
	Артюхівська-13	78АР	4268–4270	C ₁ v ₂	Аргіліт	10	1,70
		77АР	4302–4309	C ₁ v ₂	Аргіліт	16	0,95
	Рудівська-3	101РД	5042–5044	C ₁ v	Аргіліт	37	1,47
Північний борт і прибортова зона	Хорольська-338	92ХР	2430–2444	C ₁ s	Аргіліт	27	1,46
		90ХР	2641–2657	C ₁ v	Аргіліт	33	0,70
	Південно-Афанасієвська-5	94АФ	2939–2947	C ₁ s	Аргіліт	32	1,00
		95АФ	3098–3106	C ₁ v	Аргіліт	31	1,08
		93АФ	3310–3313	C ₁ v	Аргіліт	29	1,21
	Південно-Афанасієвська-10	98АФ	2797–2809	C ₁ s	Аргіліт	34	0,95
		96АФ	3056–3068	C ₁ v	Аргіліт	43	1,05
		97АФ	3068–3080	C ₁ v	Аргіліт	46	1,03
	Південно-Афанасієвська-11	99АФ	2889–2900	C ₁ s	Аргіліт	37	1,08
		100АФ	3175–3180	C ₁ v	Аргіліт	46	1,06
Північно-західний борт	Ушнянська-1	89УШ	2177–2192	D ₃ fm	Алевроліт	51	0,80
	Борківська-15	84БК	2787–2797,3	D ₃ fm	Аргіліт	30	0,76
		83БК	2827,6–2838	D ₃ fm	Аргіліт	21	1,07
		81БК	3016–3021	D ₃ fm	Аргіліт	25	1,11
		85БК	3756–3767	D ₃ fm	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 ($R_r \sim 1,3 - >5,0$) 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 глиби-

нах понад 4000 м зафіксовано аномально низькі величини відбиття вітриніту, що, вірогідно, є результатом впливу перерахованих вище факторів, які спотворюють реальну картину рівня дозрілості ОР.

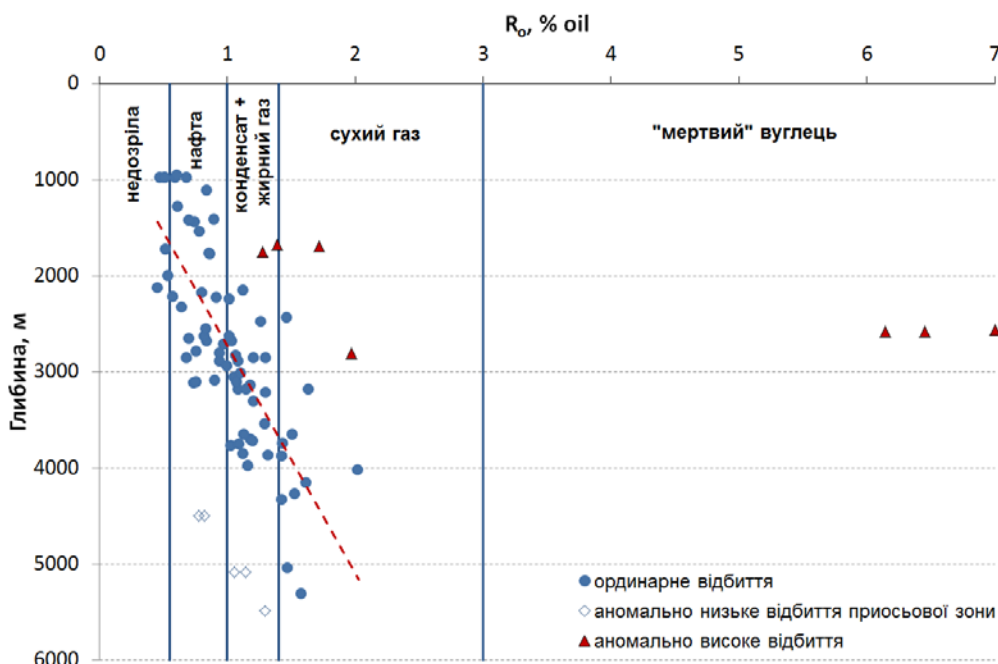


Рис. 2. Відбиття вітриніту палеозойських відкладів ДДЗ в залежності від глибини. Поля вуглеводнів нанесені згідно з [15]

Обговорення результатів. "Нетрадиційним" називають природний газ, який накопичений в ущільнених пісковицях/алевролітах, сланцях-аргілітах, а також у вугільних пластах. Через збідніння традиційних вуглеводневих родовищ у пісковицях/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 пісковиць 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_{org} (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 $R > \sim 1,4$ %). 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 $\sim 0,8\%$ [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 кількістю 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.
2. Лукин А.Е., (2010). Slantsevyi gas i perspektivy ego dobythchy v Ukraini. Statja 1. Sovremennoe sostojanie problem slantseвого gasa (v svete opyta osvoenija ego resursov v SHA). Geol. Zhurn., 3, 17–33 (In Russian).
3. Лукин А.Е., (2010). Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газоносности в Волино-Подоллии и Северо-Западном Причерноморье. Геол. журн., 4, 7–24.
4. Лукин А.Е., (2010). Slantsevyi gas i perspektivy ego dobythchy v Ukraini. Statja 2. Chernoslantsevyi kompleksi Ukrainy i perspektivy ikh gasonosnosti v Volyno-Podollii i Severo-Zapadnom Prichernomor'e. Geol. Zhurn., 4, 7–24 (In Russian).

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

Lukin A.E., (2011). О природе и перспективах газонасности низкопроницаемых пород осадочной оболочки Земли. *Dopovidi NAN Ukrainy*, 3, 114–123 (In Russian).

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

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

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

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

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

Mykhailov V.A., Chepil P.M., (2012). Perspektivy naftogasonosnosti impaknykh struktur Ukrain'skogo 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.

Kabyshv B.P., Kabyshv Y.B., Krivosheev V.T. et al., (1999). Neftegasogeneratsionnye svoystva porod paleozoya DDV po dannym piroliza na ustanovke "Pock-Eval". *Dopovidi 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. *Naftogazova promyslovist*, 1, 55–59 (In Ukrainian).

10. Перспективи газонасності 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 gasonosnosti 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 Shevchenko National University of Kyiv

90, Vasylykivska 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 нефтегазонасности, 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 витродетритин. 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 зрелости органического 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 зрелости 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 зрелости органического вещества по территории ДДВ, что обуславливает необходимость постановки более детальных исследований с картированием потенциально перспективных участков возможной газогенерации.

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