

УДК 553.98:551.735 (477.5)

Ю.М. Зеленко, О.М. Карпенко

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, Київ 03022,
Україна, e-mail: zelenko.yuri@gmail.com, alexbrig@inbox.ru*

ПРОСТОРОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ГАЗОГЕНЕРУЮЧИХ ТОВЩ У ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКІЙ ЗАПАДИНІ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ ВІДБИВНОЇ ЗДАТНОСТІ ВІТРИНІТУ

Попит України на енергоносії на цей час значною мірою задовольняється за рахунок імпорту за світовими цінами нафти, газу і навіть вугілля. У зв'язку з високими темпами росту попиту та цін на газ все більше уваги приділяють пошукам нетрадиційних джерел газу та залученню у пошуковий процес територій, які раніше вважали безперспективними або малоперспективними. Тематика дорозвідки вже відомих покладів вуглеводнів і пошуків нових покладів традиційних і нетрадиційних джерел вуглеводнів є актуальним питанням у сфері нафтогазової геології і не тільки. Проблематика полягає у визначенні найперспективніших товщ порід із підвищеним вмістом органічної речовини, їх латерального і просторового поширення, дослідженні та відокремленні основних критеріїв зрілості нафто- і газогенеруючих товщ на основі оцінки розподілу показника – відбивної здатності вітриніту (R_0).

Ключові слова: Дніпровсько-Донецька западина, кероген, прогнозування, відбивна здатність вітриніту.

Вступ. Проблема енергонезалежності України станом на 2015 р. постає гостро, і насамперед це підтверджується курсом розвитку держави до 2025 р., де викладено основні напрями розвитку мінерально-сировинної бази, в тому числі обсяги видобутку нафти та газу. Для досягнення цих цілей поширюються пошуки альтернативних і нетрадиційних джерел вуглеводнів, налагоджується зв'язок з іноземними компаніями (Shell, Chevron тощо) для досягнення поставленої мети. Найбільші перспективи пов'язують зі Східним нафтогазоносним регіоном, а саме з товщами карбонівського віку. Ретельне дослідження цих відкладів є одними із прерогатив у зазначеному секторі.

Кероген – геохімічно перетворений залишок органічної речовини, органічна частина горючих сланців. Частина розсіяної органічної речовини осадових гірських порід (низьких стадій перетворення) нерозчинна

в органічних розчинниках; асоціація неоднорідних детритних і тонкодисперсних органічних залишків, перетворених головним чином в анаеробних умовах [1, 5]. Вміст керогену в горючих сланцях сягає 60 %, найчастіше становить 15–35 %. У земній корі є близько 650 трлн т керогену горючих сланців, тоді як запаси нафти дорівнюють лише 2 трлн т.

Мета статті. Проблематика полягає у визначенні найперспективніших товщ порід, їх латерального і просторового поширення, дослідження і виділення основних критеріїв зрілості нафто- і газогенеруючих товщ на підставі оцінки розподілу показника відбивної здатності вітриніту (R_0).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згадану проблематику досліджували багато вітчизняних та іноземних учених, а саме Н.Б. Вассоєвич (1976), Г.Л. Беляєва (2004), А.В. Белоконь (2004), С.Г. Неручев (1976), Є.С. Сіанісян (1999), Е.С. Ларська (1993), Т.Ю. Пентіна (1993), Дж. Хант (1863), Б. Дюранд (1980), Г. Юнтген (1968) та інші. Аналіз останніх досліджень і публікацій дав змогу дійти висновку, що проблема використання відбивної здатності вітриніту як одного з основних показників визначення перспективних товщ не є достатньо висвітленою і потребує додаткового розвитку.

Виклад основного матеріалу. В статті на основі результатів лабораторних досліджень кернавого матеріалу з розрізів глибоких свердловин, пробурених в останні роки, зроблено спробу вивести просторові закономірності існування нафто- та газогенеруючих товщ у центральній та східній частинах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Для розрахунків було використано матеріали по 14 родовищах, районованих на 2 зони (рис. 1, 2). Найпріоритетнішою є зона II.

Вихідними даними є значення відбивної здатності вітриніту (R_0). Породи відбирали у кернахосовищі, ознакою відбору слугували темно-сірий до чорного колір переважно глинистих порід, збагачених органічною речовиною (керогеном).

Для встановлення закономірності просторового розподілу необхідно провести інтерполяцію та екстраполяцію даних таким чином, щоб створена математична модель давала змогу оцінити ступінь зрілості органічної речовини по вертикалі (зрізи) і латералі території досліджень.

Для вирішення завдання використано дані табл. 1, а саме рівняння регресії та градієнти зміни коефіцієнта відбивної здатності вітриніту з глибиною (R_0).

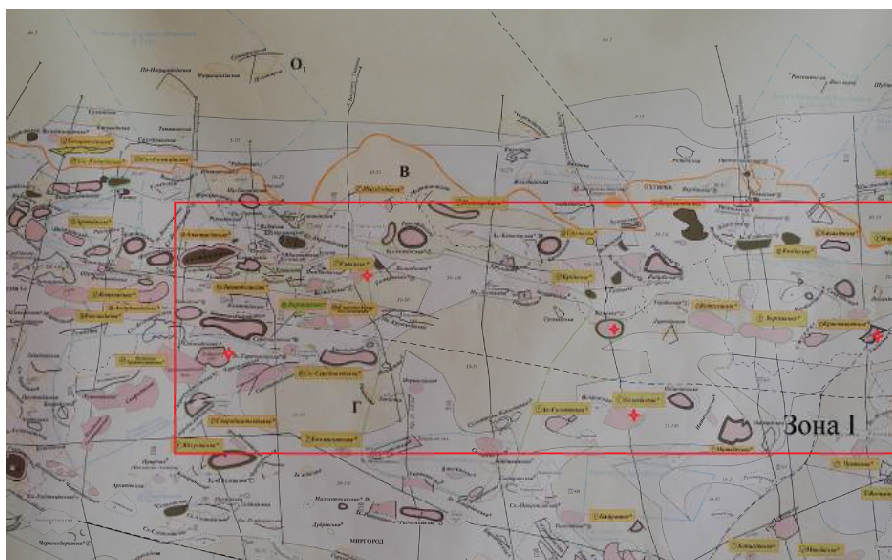


Рис. 1. Зона досліджень I

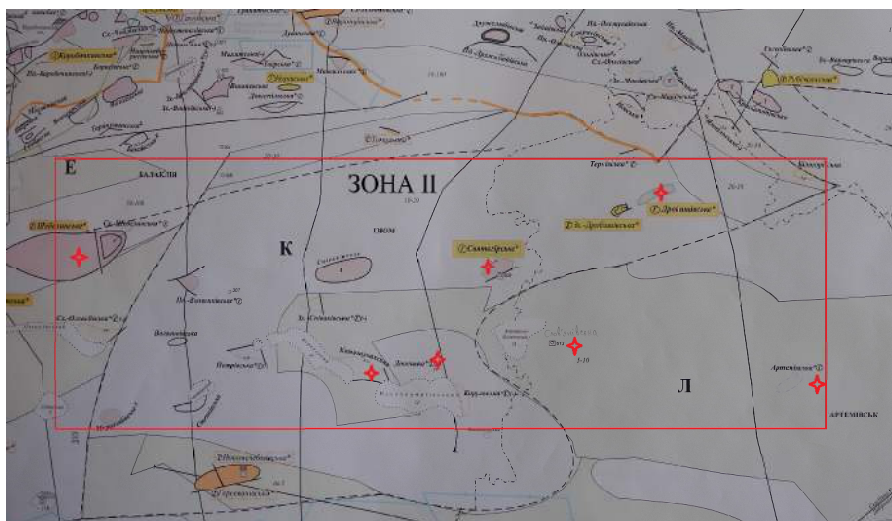


Рис. 2. Зона досліджень II

Таблиця 1. Рівняння залежностей відбивної здатності вітриніту та градієнта з глибиною

Свердловина	Глибина, м			Кількість вимірів R_0	$R_0 = f(H)$, %	grad $(R_0/H) \cdot 10^3$	r
	min	max	Середня				
Артемівська-1	2015	4486,3	3250,7	12	$R_0 = 0,4968 - 9,163 \cdot 10^{-5}x + 7,8567 \cdot 10^{-8}x^2$	0,4	0,97
Більська-403	2313,5	2890,9	2602,2	6	$R_0 = 1,1543 - 0,0002x$	0,2	0,96
Гадяцька-487	3756,4	4525	4140,7	20	$R_0 = -0,0969 + 0,0002x + 5,4304 \cdot 10^{-9}x^2$	0,2	0,84
Донецька-1	4581,8	5228,6	4905,2	7	$R_0 = -1,6106 + 0,0008x$	0,8	0,82
Дробишівська-637	2666,4	4585	3625,7	17	$R_0 = -4,0197 + 0,0024x - 2,5513 \cdot 10^{-7}x^2$	0,6	0,93
Кісівська-491	4493,5	6092	5292,8	11	$R_0 = 0,116 - 0,0001x + 4,9752 \cdot 10^{-8}x^2$	0,4	0,99
Комишуваська-4	1450,9	4325,4	2888,2	11	$R_0 = 0,3197 + 0,0002x + 9,1213 \cdot 10^{-8}x^2$	0,7	0,97
Мачуська-500	3318,7	5511	4414,9	12	$R_0 = 0,8988 - 0,0004x + 9,3965 \cdot 10^{-8}x^2$	0,4	0,95
Рудівська-2	4251	4872	4561,5	7	$R_0 = -2,848 + 0,0008x$	0,8	0,96
Святогірська-609	2852	4764	3808	12	$R_0 = -0,9927 + 0,0006x - 2,1961 \cdot 10^{-8}x^2$	0,5	0,97
Слов'янська-613	2696	4929	3812,5	15	$R_0 = -1,0522 + 0,0008x - 4,0157 \cdot 10^{-8}x^2$	0,5	0,96
Солохівська-205	3209,5	4312,1	3760,8	10	$R_0 = 1,3244 - 0,0007x + 1,338 \cdot 10^{-7}x^2$	0,3	0,91
Ульянівська-19	1443	3040	2241,5	8	$R_0 = 0,2451 + 0,0001x$	0,1	0,92
Шебелинська-800	4214,2	6057	5135,6	21	$R_0 = -2,1878 + 0,0007x$	0,7	0,97

Примітки. r – ступінь детермінованості варіації критеріальної змінної предикторами; R_0 – коефіцієнт відбивної здатності вітриніту; $\text{grad}(R_0/H)$ – градієнт зміни коефіцієнта відбивної здатності вітриніту з глибиною.

Рівняння регресії виведено на основі попередньо побудованих графіків залежності R_0 з глибиною для групи родовищ Дніпровсько-Донецької западини (табл. 1). Перед побудовою графіків попередньо вихідні дані було оброблено з видаленням “ураганних” значень, а також визначено характер залежності – прямолінійний або квадратичний. Слід зазначити, що кожне родовище є унікальним за ступенем вивченості, тому у деяких випадках коефіцієнт достовірності розрахунків є середнім.

За допомогою програмного пакета Statsoft 7 побудовано графіки залежностей відбивної здатності вітриніту з глибиною для 12 родовищ, Східного нафтогазоносного регіону. Їх було районовано на 3 зони. Найцікавішою для вивчення виявилася 1 зона, до якої входять родовища: Артемівське, Донецьке, Дробишівське, Комишуваське, Святогірське, Слов'янське та Шебелинське (рис. 3).

На підставі виведених рівнянь регресії визначено градієнт зміни відбивної здатності вітриніту з глибиною табл. 2, що змогу виявити поведінку коефіцієнта на прикладах родовищ Дніпровсько-Донецької западини з глибиною.

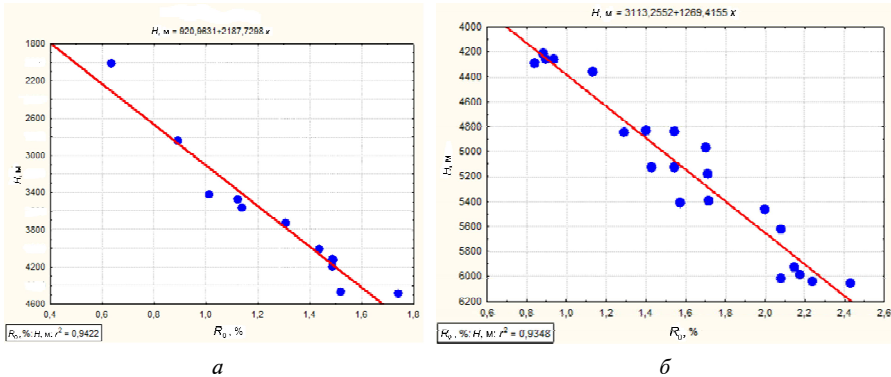


Рис. 3. Залежність відбивної здатності вітриніту з глибиною на прикладі свердловин Артемівська-1 (а) та Шебелинська-800 (б)

Таблиця 2. Градієнт зміни відбивної здатності вітриніту з глибиною

Свердловина	$R_0 = f(H)$, %	R_0				
		Глибина, км				
		3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Артемівська-1	$R_0 = 0,4968 - 9,163 \cdot 10^{-3}x + 7,8567 \cdot 10^{-8}x^2$	0,93	1,14	1,39	1,68	2,00
Більська-403	$R_0 = 1,1543 - 0,0002x$	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15
Гадяцька-487	$R_0 = -0,0969 + 0,0002x + 5,4304 \cdot 10^{-9}x^2$	0,55	0,67	0,79	0,91	1,04
Донецька-1	$R_0 = -1,6106 + 0,0008x$	0,79	1,19	1,59	1,99	2,39
Дробишівська-637	$R_0 = -4,0197 + 0,0024x - 2,5513 \cdot 10^{-7}x^2$	0,88	1,25	1,50	1,61	1,60
Кісівська-491	$R_0 = 0,1116 - 0,0001x + 4,9752 \cdot 10^{-8}x^2$	0,26	0,38	0,51	0,67	0,86
Комишуваська-4	$R_0 = 0,3197 + 0,0002x + 9,1213 \cdot 10^{-8}x^2$	1,74	2,14	2,58	3,07	3,60
Мачуська-500	$R_0 = 0,8988 - 0,0004x + 9,3965 \cdot 10^{-8}x^2$	0,54	0,65	0,80	1,00	1,25
Рудівська-2	$R_0 = -2,848 + 0,0008x$	-0,45	-0,05	0,35	0,75	1,15
Святогірська-609	$R_0 = -0,9927 + 0,0006x - 2,1961 \cdot 10^{-8}x^2$	0,61	0,84	1,06	1,26	1,46
Слов'янська-613	$R_0 = -1,0522 + 0,0008x - 4,0157 \cdot 10^{-8}x^2$	0,99	1,26	1,51	1,73	1,94
Солохівська-205	$R_0 = 1,3244 - 0,0007x + 1,338 \cdot 10^{-7}x^2$	0,43	0,51	0,67	0,88	1,17
Ульянівська-19	$R_0 = 0,2451 + 0,0001x$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Шебелинська-800	$R_0 = -2,1878 + 0,0007x$	-0,09	0,26	0,61	0,96	1,31

Примітки: R_0 – коефіцієнт відбивної здатності вітриніту.

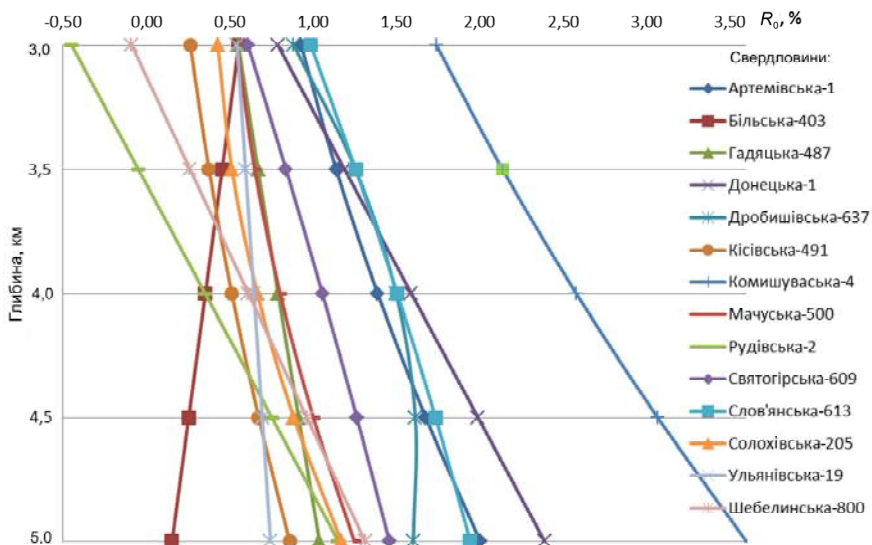


Рис. 4. Узагальнена зміна відбивної здатності вітриніту R_0 з глибиною

За узагальненими розрахунками та на основі рівнянь регресії дані для всіх родовищ зведено до глибин 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 і 5,0 км.

На підставі отриманих даних побудовано узагальнюючий графік зміни відбивної здатності вітриніту R_0 для всіх 14 родовищ Дніпровсько-Донецької западини щодо глибини 3–5 км (рис. 4).

Для візуалізації даних за допомогою програмного продукту Golden Software Surfer 10 було побудовано прогнозні карти латерального і вертикального поширення коефіцієнта відбивної здатності вітриніту на глибинах 3–5 км (рис. 5). Існує таке поняття, як “нафтове та газове вікно”, яке означає інтервал коефіцієнта відбивної здатності вітриніту. Цей інтервал варіює у межах 0,5–1,2.

Висновки. За результатами просторових побудов розподілу R_0 попередньо оцінено катагенетичну зрілість органічної речовини (керогену) щодо генерації та акумуляції вуглеводнів, зокрема сланцевого газу. На сьогодні етап прогнозування є одним з найперших і найважливіших у процесі пошуків та розвідки родовищ нафти та газу [4, 7]. Проблема пошуку нових родовищ і джерел вуглеводнів у Дніпровсько-Донецькій западині є загостреною. Основні напрями пошуків – це значні глибини та нетрадиційні джерела вуглеводнів. Саме тому основні перспективи розвитку пов’язані з розвитком і зміною основних напрямів пошуків пасток вуглеводнів.

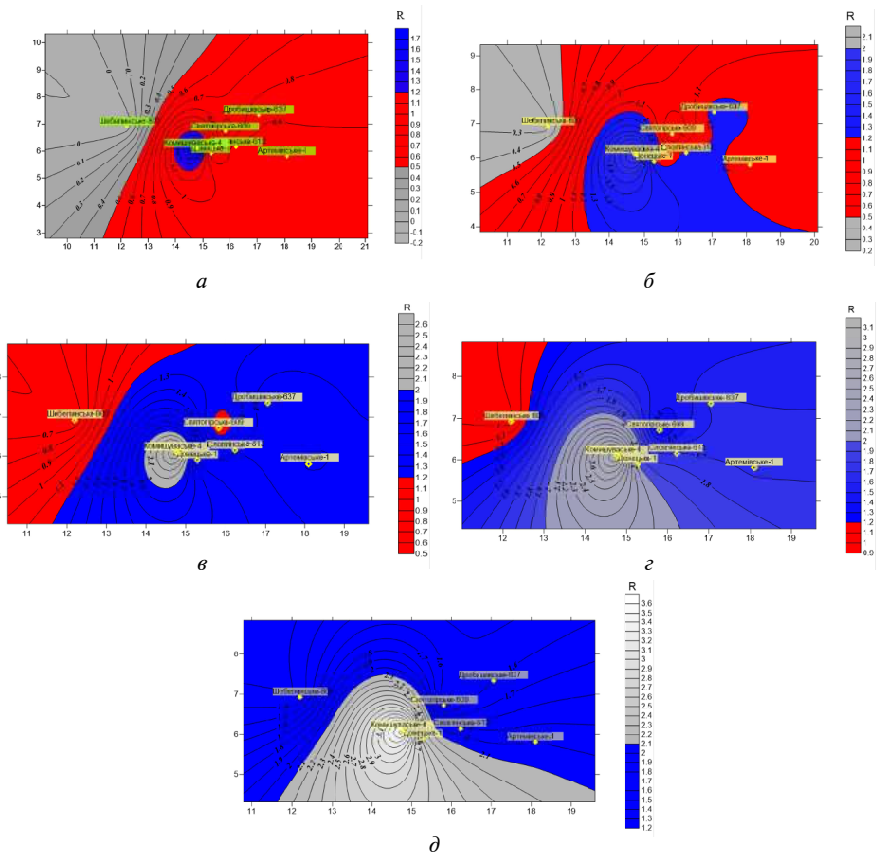


Рис. 5. Прогнозні карти латерального і вертикального поширення коефіцієнта відбивної здатності вітриніту для різних глибин: а – 3 км; б – 3,5 км; в – 4 км; г – 4,5 км; д – 5 км

1. Буряковський Л.А. Моделирование систем нефтегазовой геологии / Л.А. Буряковський, И.С. Джафаров, И.Д. Джеваншир. – М.: Недра, 1990. – 295 с.
2. Лукин А.Е. Концепция главных фаз нефте- и газообразования в свете современных представлений о зональности нафтидообразования // Геол. журн. –2007. – № 4. – С. 17–30.
3. Лукин А.Е. О происхождении нефти и газа (геосинергетическая концепция природных углеводородно-генерирующих систем) // Геол. журн. –1999. – № 1. – С. 30–42.
4. Радзівіл А.А. Напрями та перспективи геологічних досліджень вуглецевих басейнів України / А.Я. Радзівіл // Тектоніка і стратиграфія. – 2009. – Вип. 36. – С. 5–9.
5. Сучасний стан ресурсної бази вуглеводнів у нафтогазоносних регіонах України / М.А. Вуль, В.М. Гаврилко, Б.М. Полухтович [та ін.] // Газ і нафта. – 2006. – № 11. – С. 32–36.

6. Durand B. Kerogen: Insoluble Organic Matter from Sedimentary Rocks. – Paris: Editions TECHNIP, 1980. – 519 p.
7. Juntgen H. Gas release from coal as a function of the rate of heating / H. Juntgen, K.H. van Heek // Fuel. – 1968. – V. 47. – P. 103–117.
8. Wilkins R.W.T. Coal as a source rock for oil: a review / R.W.T. Wilkins, S.C. George // Int. J. Coal Geology. – 2002. – V. 50, iss. 1–4. – P. 317–361.

Пространственное прогнозирование газогенерирующих толщ в Днепровско-Донецкой впадине на основе оценки отражательной способности витринита

Ю.М. Зеленко, А.Н. Карпенко

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, УНИ “Институт геологии”, ул. Васильковская, 90, Киев 03022, Украина, e-mail: zelenko.yuri@gmail.com, alexbrig@inbox.ru

Спрос Украины на энергоносители в настоящее время в значительной степени удовлетворяется за счет импорта по мировым ценам нефти, газа и даже угля. В связи с высокими темпами роста спроса и цен на газ все больше внимания уделяется поискам нетрадиционных источников газа и привлечению в поисковый процесс территорий, которые ранее считались бесперспективными или малоперспективными. Тематика доразведки уже известных залежей углеводородов и поисков новых залежей традиционных и нетрадиционных источников углеводородов – актуальный вопрос в сфере нефтегазовой геологии и не только. Проблематика заключается в определении наиболее перспективных толщ пород с повышенным содержанием органического вещества, их лагерального и пространственного распространения, исследовании и выделении основных критериев зрелости нефте- и газогенерирующих толщ на основе оценки распределения показателя – отражательной способности витринита (R_0).

Ключевые слова: Днепровско-Донецкая впадина, кероген, прогнозирование, отражательная способность витринита.

Spatial prediction of gas-generating sequences in Dnieper-Donetsk basin based on evaluation of vitrinite reflectivity

Yu.M. Zelenko, A.M. Karpenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv 03022, Ukraine, e-mail: zelenko.yuri@gmail.com, alexbrig@inbox.ru

Ukraine energy demand currently met largely by imports at world prices of oil, gas and even coal. Due to the high growth rate of demand and gas prices, more and more attention is paid to the search for alternative sources of gas and involvement in the search process areas that were previously considered unproductive or unpromising. Themes additional exploration of existing hydrocarbon deposits and prospecting of traditional and non-traditional hydrocarbon sources is a key issue in the field of petroleum

geology and more. The issue is to identify the most promising strata of rocks with a high content of organic matter, their lateral and spatial distribution, research and the basic criteria of maturity to separate oil and gas-generating strata based on estimates of the distribution index – vitrinite reflectivity (R_0).

Keywords: Dnieper-Donetsk basin, kerogen, forecasting, vitrinite reflectivity.

Надійшла до редакції 10.06.2015 р.