

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 552.52:551.735.1(477.5)

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.95.09>О. Тунік^{1,2}, асп., геофізик-інтерпретатор,
E-mail: alyonatunick1@gmail.com,¹ТОВ "Укрспецгеологія", вул. В. Тютюнника, 37/1, м. Київ, 03150, Україна,²Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

ІНІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОРИННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ГЛИНИСТИХ ПОРІД НИЖНЬОГО КАРБОНУ
ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.М. Карпенком)

Описано основні результати дослідження впливу вторинних перетворень на нижньокам'яновугільні глинисті породи на глибинах, що перевищують 3 тис. метрів. За допомогою силікатного, енергодисперсійного рентгено-флюорисцентного аналізу та електронно-мікроскопічних досліджень було вивчено структуру глинистих порід та визначено основні породотвірні компоненти в зразках керну. Дослідження показало наявність як фонових, так і накладених епігенетичних змін у вивчених зразках. Інтенсивність та різноманітність проявлених вторинних перетворень збільшується з глибиною. Підтверджено, що ущільнення глинистих порід зменшує їх пористість та покращує екранувальну здатність. При цьому наявність розсіяного алевроитового матеріалу не впливає на значення пористості. Її зростання та, відповідно, погіршення якості глинистих покришок може зумовлюватись накладеним процесом каолінізації. За складом мінеральних парагенезисів встановлено, що досліджені глинисті породи перебувають на стадії мезокатагенезу. Окреслено подальший розвиток досліджень з метою апроксимації мікроскопічних та геохімічних даних за допомогою розширеного комплексу ГДС.

Ключові слова: глинисті породи, епігенез, екранувальна здатність, нижній карбон, Дніпровсько-Донецька западина

Постановка проблеми. За сучасними оцінками близько половини осадових утворень різного генезису та віку складають глинисті породи (Осипов *и др.*, 2001). Вони є обов'язковим елементом більшості нафтогазових систем, формуючи регіональні, зональні та локальні покришки. За наявності органічної речовини глинисті породи здатні генерувати вуглеводні (ВВ), які внаслідок міграції формують традиційні поклади вуглеводнів, а також вміщують сингенетичні поклади сланцевих нафти і газу в різних регіонах світу.

У розвитку седиментаційних басейнів у процесі літогенезу глинисті породи зазнають епігенетичних перетворень, які можуть призводити як до зростання їх екранувальної здатності, так і до її повної втрати і перетворення глинистих порід у колектори (Клубова, 1988; Осипов *и др.*, 2001). Детальні лабораторні дослідження збагачених органічною речовиною глинистих порід, що вміщують сланцеві ВВ, демонструють суттєвий вплив епігенетичних перетворень на їх колекторські властивості (Josh *et al.*, 2012). Тому вивчення вторинних змін глинистих порід у седиментаційних басейнах має важливе значення для прогнозування нафтогазоносності останніх.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Порівняльно-історичний підхід до вивчення осадових товщ започаткований М.М. Страховим. У роботі, що стала класичною, "Основы теории литогенеза" він узагальнив весь осадовий процес та поклав початок розвитку генетичної літології (Страхов, 1960). Пізніше процеси літогенезу та епігенетичних перетворень осадових порід вивчала низка дослідників (Л.В. Пустовалов, А.В. Копелович, А.Г. Косовська, М.В. Логвиненко, М.Б. Вассоевич *и др.*), що привело до становлення порівняльно-історичного методу стадіального аналізу в літології (Япаскурт, 1995). Багато дослідників відмічають зв'язок між ступенем перетворення породи та генерацією ВВ, визначають термобаричні показники, літологічні маркери, що вказують на ступінь катагенетичних перетворень. При цьому переважна кількість робіт концентрується навколо перетворень у породах-колекторах, водночас вивченню вторинних змін у глинистих породах і глинистих покришках приділяється набагато менше уваги.

Епігенетичні зміни глинистих мінералів вивчали А.Г. Косовська, В.Д. Шутов (1976), І.Д. Зхус (1979), М.В. Логвиненко (1987), Ж. Милло (1964). Було показано, що в процесі епігенезу різні глинисті мінерали по-різному пристосовуються до умов постійного підвищення температур та тисків.

Значущий внесок у розвиток розуміння процесів, що відбуваються в осадових басейнах різних типів, вніс В.М. Холодов. У контексті нафтогазоносності на прикладі Східнопередкавказького елізійного басейну він показав важливість розуміння процесів, що відбуваються з породою від її утворення до метаморфізації (Холодов, 1983). Для ДДЗ, яка також належить до елізійного типу осадових басейнів, нафтогазоносність, на думку цього дослідника, пов'язана з перерозподілом газоводяних флюїдів, що відтискаються з глинистих порід у пісковики та тектонічні тріщини. Це супроводжується реакціями, що відбуваються на межі різних геохімічних середовищ, з утворенням різноманітних аутигенних мінералів. При цьому значно змінюється хіміко-мінералогічний склад як порід-колекторів, так і глинистих покришок. Водночас В.М. Холодов вважає, що основним джерелом вторинних накладених перетворень у глибоких горизонтах ДДЗ є розчини, що формувались у девонській соленосній формації (Холодов, 2013).

Вплив вторинних процесів на глинисті породи детально вивчався і для інших осадових басейнів світу, зокрема для басейнів Мексиканської затоки (Burst, 1966, 1969), Туреччини (Bozkaya and Yalchin, 2004), Північного моря (Nadeau *et al.*, 2005), північно-східної Канади (Edwards *et al.*, 2014) та інших басейнів (Segonzac, 1970). У результаті встановлено, що за інтенсивного занурення глинисті породи піддаються інтенсивному ущільненню, та при відтісненні елізійних вод відбуваються метасоматичні перетворення у вигляді карбонатизації, каолінізації, слюдизації та піритизації.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. У процесі літогенезу змінюється склад та структура глин, їх фізичні та механічні властивості, відбувається поступова трансформація осадів у глинисті породи, а останні в аргіліти та глинисті сланці. Ці перетворення супроводжуються змінами екранувальних властивостей глинистих товщ. Зрозуміло, що при

© Тунік О., 2021

прогнозуванні покладів ВВ необхідно враховувати закономірності змін екранувальних властивостей потенційних глинистих покришок з глибиною.

Глинисті мінерали найбільш складні для вивчення, що визначається їхньою значною дисперсністю, схожістю оптичних ознак складових породи, змінним хімічним складом. Вивчення палеозойських глинистих порід Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) проводились лише фрагментарно (Лукин, 1977). Територія наших досліджень розміщується у Центральній частині ДДЗ, де поклади ВВ приурочені до нижнього карбону. Систематичне вивчення вторинних перетворень глинистих порід цього віку тут не проводились, що й зумовлює актуальність теми досліджень. Крім оцінки впливу таких перетворень на екранувальну здатність глинистих покришок,

вивчення поетапних змін глинистих порід дозволяє виділити індикатори стадій літогенезу та прогнозувати можливі умови формування аномально високих пластових тисків (АВПТ).

Мета дослідження – виявлення основних вторинних (фонових та накладених) епігенетичних змін у глинистих породах нижнього карбону Центральної частини ДДЗ та оцінка їхнього впливу на екранувальні властивості глинистих покришок.

Матеріали і методика досліджень. Об'єктом дослідження є нижньокам'яновугільні глинисті породи (аргіліти) Березівсько-Котелевського та Солохівсько-Диканського валів: Березівське, Більське, Західносолохівське, Коломацьке, Котелевське, Солохівське та Степове родовища (рис. 1).

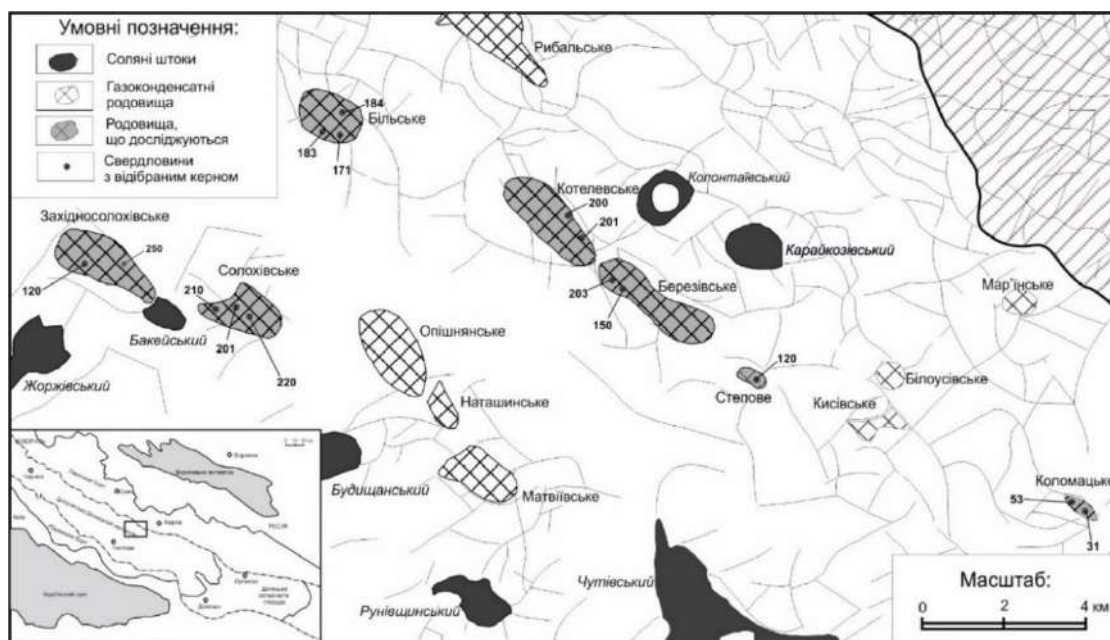


Рис. 1. Оглядова карта району досліджень

Предметом дослідження були зразки керна матеріалу з інтервалу глибин від 3470,3 м (Солохівська 201) до 5817,5 м (Березівська 150) з продуктивних горизонтів від С-4 до В-25–26. Виготовлено 29 прозорих петрографічних шліфів, 9 аншліфів та 26 геохімічних проб, що були вивчені петрографо-мікроскопічними, геохімічними та методами електронної мікроскопії. Дослідження було проведено в науково-дослідній лабораторії мінералого-геохімічних досліджень ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Першим їх етапом була спроба вивчення глинистих порід у прозорих шліфах під поляризаційним мікроскопом, що не дало істотних результатів через тонкодисперсність матеріалу. Тому в подальшому застосовувалися методи геохімічних досліджень та електронної мікроскопії.

Силікатний аналіз (аналіз на основні породотвірні компоненти) проводився на хвильоводисперсійному рентгено-флюорисцентному спектрометрі СРМ-25 для 26 проб. Мікроелементний склад визначався за допомогою рентгеновського спектрометра СЕР, Elvax. Енергодисперсійний рентгено-флюорисцентний аналіз зразків гірських порід з кількісним визначенням вмісту важких елементів (рідкісноземельних металів) було виконано на рентгеновському спектрометрі РФС-РД. Додатково із зразків порід, проби яких було підготовлено для геохімічних досліджень, виготовлено 9 аншліфів, які вивчено із застосуванням

локального рентгеноспектрального елементного аналізу під растровим електронним мікроскопом-мікроналізатором РЕММА-202М з використанням енергодисперсійного спектрометра LinkSystem. Це дозволило вивчити мікроструктуру та уточнити хімічний склад глинистих порід. На основі визначених концентрацій хімічних елементів було розраховано співвідношення глинистих мінералів у зразках/пробах, що дозволило діагностувати вторинні зміни фонових та накладених катагенезу.

Розрахунок відсоткового вмісту основних глинистих компонентів (мінералів) включав у себе комбінацію даних силікатного аналізу та результатів дослідження аншліфів під електронним мікроскопом з використанням енергодисперсійного спектрометра. Було розраховано загальний склад геохімічних проб з врахуванням вмісту води та втрати при прожарюванні.

Для здійснення всіх розрахунків виключно для сухого залишку із загального складу було вилучено воду, а вміст кожного елементного оксиду був нормалізований до загального вмісту речовини 99,6 %.

Наступним етапом було вирахування вмісту сульфідного заліза, що могло бути зв'язано сульфідами або сульфатами (сульфід заліза – пірит). Після вирахування вмісту сульфідного заліза та сірки вмісти всіх залишкових компонентів, що були пов'язані із глинами, знову були нормалізовані до загального вмісту компонентів

99,6 % для розрахунку відсоткового вмісту основних глинистих компонентів.

Значення вмісту СаО є низькі і тому не включені до розрахунків. Вони свідчать про відсутність істотної карбонатизації, отже досліджені породи є безкарбонатними або слабокарбонатними.

Хлорити	Каолініти	Іліти (гідрослюди)
$Al_2O_3/Fe_2O_3=0,66$ $SiO_2/Fe_2O_3=1,00$	$SiO_2/Al_2O_3=1,28$	$SiO_2/K_2O=5,16$ $Al_2O_3/K_2O=3,47$

*при розрахунку коефіцієнтів співвідношень хімічний склад мінералів розраховано на суху речовину (без вмісту води) із загальним вмістом 99,6 %.

Останнім кроком у розрахунках було застосування вищезазначених коефіцієнтів для розрахунку вмісту кожного окремо глинистого мінералу у відсотках.

Для розрахунків було прийнято, що все "залишкове" залізо (після вирахування "сульфідного заліза") зв'язано з хлоритами, калій – з гідрослюдами, залишковий алюміній після всіх урахувань – з каолінітом. "Залишковий" кремнезем після всіх урахувань відповідно був зв'язаний з вмістом алевроліту. Отже, відсотковий вміст глинистих компонентів обчислювався в такому порядку: хлорити – іліти – каолініти – "залишковий" SiO_2 .

Отримані результати з вивчення мінерального складу алевро-глинистих порід порівнювались із даними лабораторних досліджень фільтраційно-ємнісних властивостей (ФЕВ) (пористість+проникність), що були надані Українським науково-дослідницьким інститутом газу (УкрНДІГаз), м. Харків.

Для інтерпретації отриманих результатів використовувались елементи стадіального аналізу та загальновідомі закономірності еволюції глинистої речовини в літогенезі, що були продемонстровані в роботах М.В. Логвиненка (1987), В.И. Осипова (2001), В.М. Холодова (1983,2013), О.В. Япаскурта (1995).

Результати досліджень. Аргіліти, відібрані із свердловин Березівсько-Котелевського валу, – темно-сірі до чорних, з дрібним слюдистим матеріалом та стягненнями піриту на поверхнях нашарування. Іноді пірит заповнює тріщини або утворює окремі прошарки. Зрідка трапляються вуглисті різновиди (Березівська 203). Часто аргіліти містять алевритову домішку, а деякі зразки мають карбонатну складову (Котелевська 201, Більська 171, 183, 184) та реагують з HCl. Аргіліти міцні, не розмокають у воді (Котелевська 201). Трапляються рештки органіки. У зразках із свердловин Солохівсько-Диканського валу аргіліти темно-сірі та чорні, що переважно не розмокають у воді та не реагують з HCl. Місцями відмічається розсіяний алевритовий матеріал. Породи нечітко шаруваті з тонкими прошарками та лінзами, що збагачені кристалічним піритом. Іноді трапляються включення темно-коричневого

На основі вивчення зразків під електронним мікроскопом було виділено та проаналізовано хімічний склад окремих мінеральних агрегатів, що належали до різних типів глинистих мінералів, та встановлено розрахункові коефіцієнти співвідношень основних породотвірних елементів для груп мінералів: хлориту, каолініту та іліту (гідрослюди)*.

сидериту. У зразках аргілітів з Солохівського родовища відмічається вапнистість і вони реагують з HCl.

Значення пористості та мінеральний склад проаналізованих за допомогою хвильоводисперсійного рентгенофлюорисцентного спектрометра геохімічних проб наведено в табл. 1 (пористість, проникність та розбивку за продуктивними горизонтами наведено за даними УкрНДІГаз) та проілюстровано на графіку (рис. 2).

З наведених даних видно, що найбільші значення пористості 4,4 та 4,8 % зафіксовано в зразках №№ 41504 та 45086, що були відібрані із Солохівського та Західносоловівського родовищ з глибин 4178,6 та 5076,3 м відповідно. Для цих зразків характерні майже однакові частки кожного з глинистих мінералів та алевритового компонента. У цілому наведений графік демонструє прогнозовану тенденцію зменшення пористості глинистих порід з глибиною. На цьому фоні чітко виділяється зразок № 42573 з глибини 5360,1 м Західносоловівського родовища з переважанням у його складі каолініту. Його пористість досягає 2,8 %.

Відзначимо, що пористість вивчених зразків не залежить від значень вмісту розсіяних алевритових компонентів у їх складі. Так, у зразку № 40845 з глибини 3550,5 м Солохівського родовища вміст кварцу сягає 25,66 %, а пористість становить 2,8 %. Водночас у зразку № 49021 з глибини 5917,5 м Березівського родовища з максимальними значеннями вмісту кварцу понад 52 % – значення пористості майже нульові.

Для підтвердження компонентного складу вивчених зразків також було застосовано додатковий метод визначення складу глинистих порід – аналіз співвідношення вмісту калію та торію. Зазвичай геофізики його використовують при проведенні спектрометричного гамма-каротажу з метою визначення типу глинистої компоненти в розрізах, але він має дуже високу кореляцію з результатами досліджень зразків у лабораторіях (Alskari, 2018). Дані вмісту урану і торію, що використовуються для аналізу на крос-плоті (рис. 3), було отримано при визначенні рідкісних елементів за допомогою рентгенівського спектрометра CPM-25.

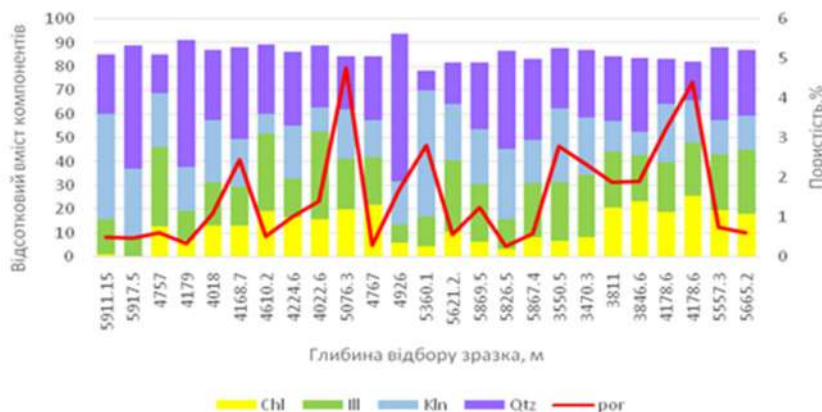


Рис. 2. Компонентний склад глинистих порід та їхня пористість (Chl-хлорит, Ill-іліт, Kln-каолініт, Qtz-кварц)

Таблиця 1

Назва свердловини	№ зразка	Глибина відбору, м	Проникність, 10^{-15} м^2	Пористість, %	ПГ	Розрахункові співвідношення глин. компонентів Хлорит/Іліт/Каолініт/Кварц
Березівська 150	49017	5911,15	не прон.	0,5	В-25-26	0,94/14,46/44,58/25,02
Березівська 150	49021*	5917,5	не визн.	0,5	В-25-26	0,00/8,09/28,96/52,08
Березівська 203	45085	4757	зруйн.	0,6	С-5	12,53/33,38/23,09/16,09
Березівська 203	45085-II	4757	зруйн.	0,6	С-5	г/х аналіз не проводився
Більська 171	29885*	4179	зруйн.	0,3	C_1V_2	6,80/12,34/18,34/53,87
Більська 183	41778	4018	зруйн.	1,1	В-15	12,86/18,36/26,17/29,58
Більська 184	36064*	4168,7	зруйн.	2,4	C_1V_2	13,06/16,20/20,13/38,88
Більська 171	29880	4174	зруйн.	0,2	C_1V_2	г/х аналіз не проводився
Більська 184	36197	4610,2	зруйн.	0,5	В-21-23	19,10/32,64/8,45/28,99
Більська 171	29884	4178	0,06 тр.	2,8	C_1V_2	г/х аналіз не проводився
Більська 171	30051*	4224,6	зруйн.	1,0	В-16н	16,51/16,32/22,41/30,95
Більська 184	36198	4610,7	1,08	9,3	В-21-23	г/х аналіз не проводився
Більська 184	35632	4022,6	зруйн.	1,4	C_1V_2	15,47/36,88/10,50/25,99
Західносолохівська 250	41504	5076,3	0,03 тр.	4,8	В-22 н/В-23	19,61/21,54/20,99/22,23
Західносолохівська 120	44715	4767	зруйн.	0,3	В-19а	21,60/20,14/15,81/26,86
Західносолохівська 250	41502	4926	<0,01	1,7	В-22 в	5,63/7,55/18,23/62,53
Зхідносолохівська 250 (2й ствол)	42573	5360,1	зруйн.	2,8	В-24/В25	4,22/12,64/53,05/8,50
Коломацька 31	34600	5362	зруйн.	0,7	С-4	г/х аналіз не проводився
Коломацька 31	34586	5291	зруйн.	0,6	C_1S_2	г/х аналіз не проводився
Коломацька 53	40484	5554,7	зруйн.	2,5	С-5	г/х аналіз не проводився
Котелевська 200	33411	5621,2	зруйн.	0,6	?	10,34/29,86/24,03/17,44
Котелевська 200	33293	5507,5	зруйн.	0,9	В-16	г/х аналіз не проводився
Котелевська 201	43170*	5869,5	зруйн.	1,2	В-24	6,12/24,42/23,07/28,30
Котелевська 201	43144*	5826,5	<0,01^	0,3	В-23	3,01/12,73/29,61/41,49
Котелевська 201	43167	5867,4	зруйн.	0,6	В-24	8,09/22,77/18,21/34,35
Солохівська 201	40845*	3550,5	зруйн.	2,8	В-16	6,41/24,72/31,05/25,66
Солохівська 201	40840*	3470,3	зруйн.	2,3	В-16	7,97/26,27/24,43/28,40
Солохівська 201	40852*	3811	<0,01 ^	1,9	В-16	20,68/23,46/12,77/27,6
Солохівська 210	42591	3846,6	зруйн.	1,9	C_1V_2	23,34/19,24/9,75/31,23
Солохівська 220	45088	4178,6	зруйн.	3,2	В-22в	18,78/20,73/24,91/18,96
Солохівська 220	45086	4178,6	зруйн.	4,4	В-22в	25,65/22,31/17,73/16,39
Степова 120	47996	5557,3	<0,01тр.	0,7	В-14	19,35/23,73/14,28/30,94
Степова 120	48311	5665,2	<0,01тр.	0,6	—	17,76/26,97/14,68/27,67

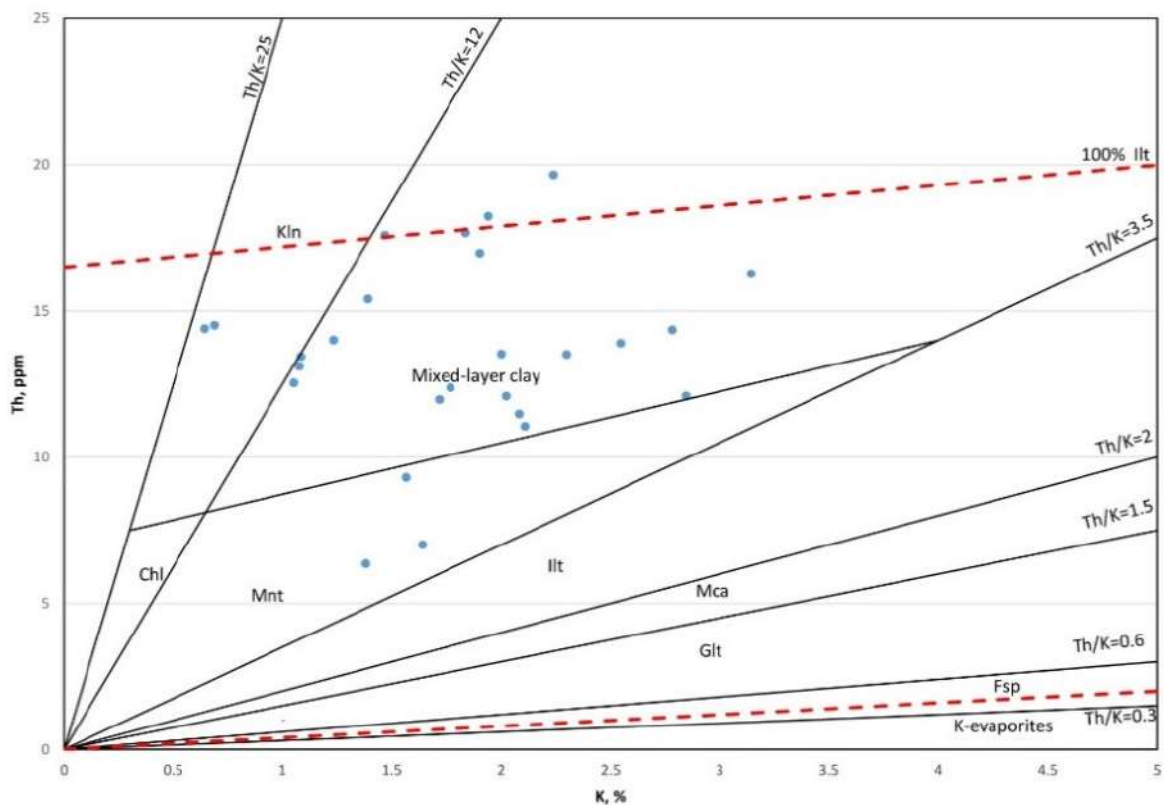


Рис. 3. Крос-плот співвідношення торію до калію (досліджені проби позначено синім кольором)

З наведеного крос-плоту видно, що переважна кількість вивчених зразків має змішаношаровий, а окремі зразки – каолінітовий або монтморилонітовий склад. Варто зазначити, що використання цього методу розраховане на великий масив даних, які звичайно отримують при проведенні каротажу, тому у нашому випадку може збільшуватись похибка через обмежену кількість даних. Разом з тим, на нашу думку, загальна закономірність та напрям трансформації глинистих мінералів проявляється достатньо однозначно: глинисті мінерали перебувають на етапі перетворення у змішано-шаровий модифікації з подальшою каолінітизацією та ілітизацією.

Під час дослідження зразків під електронним мікроскопом було більш детально вивчено структуру, текстуру та мінеральний склад глинистих порід з різних температурних зон:

- вище ізотерми 110 °С;
- в межах температурного інтервалу 110–120 °С;
- нижче ізотерми 120 °С.

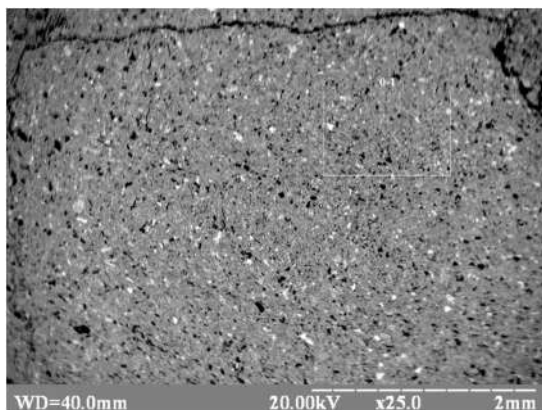
За концепцією дослідників УкрНДІгазу (Зарицький та ін. 2007) температурний інтервал 110–120 °С відповідає гіпотетичному термогеохімічному бар'єру, що зумовлює появу гіпотетичного вторинного катагенетичного флюїдотриву та можливого формування зон АВПТ.

На рис. 4а, б представлено мікрофото аргілітів, на яких видно, що у зразках зі свердловини Солохівська 201, відібраних вище ізотерми 110 °С, відмічається

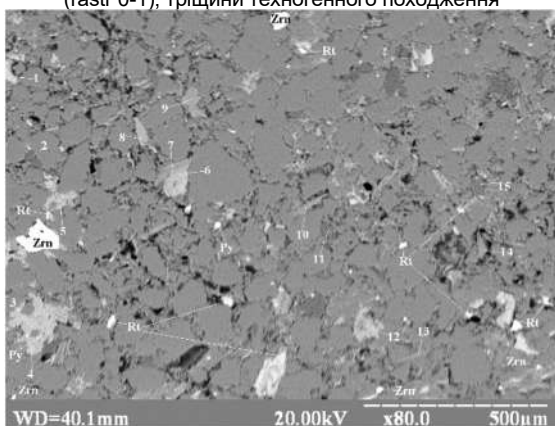
значна мікропористість, у складі переважають змішаношарові модифікації глинистих мінералів та гідрослюди. Також обмежено проявлена піритизація та трапляються поодинокі алотигенні мікрозерна циркону і рутилу. Виділяються дві генерації слюд. Для першої генерації характерна спотворена форма лусок (первинні), що зазнавали впливу тиску, температури та флюїдів, інша генерація має більш досконалу форму, луски орієнтовані по площинам нашарування.

На основі всього вищенаведеного можна зробити висновок, що зразки, які знаходяться вище ізотерми 110 °С, є умовно недоуцільненими, оскільки мають проявлену мікропористість, а їх склад свідчить про процеси, що відбуваються під час фонових літогенезу в результаті поступового занурення товщі. Розрахунковий склад на основі силікатного аналізу (рис. 2) свідчить про помірно перетворену і помірно уцільнену глинисту товщу.

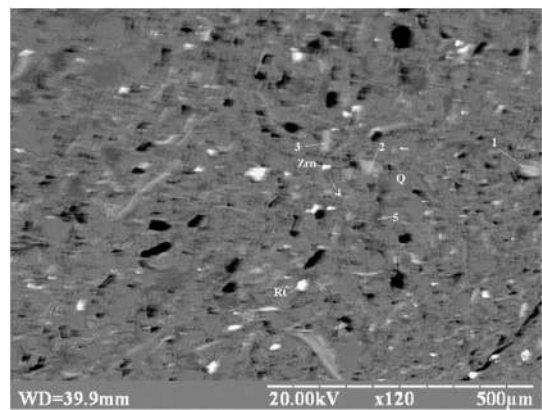
Інші зразки зі свердловин Більська 184 та 171 (рис. 4в, г, д), що були відібрані в зоні температурного інтервалу 110–120 °С, мають строкатіший склад, переважно кварцово-змішано-шаровий, та незначну мікропористість. Такий склад також свідчить про вплив фонових літогенезу на перетворення глинистих порід. Водночас наявність окремих зерен каолініту вказує на їх низькотемпературну метасоматичну каолінізацію. Відмічаються залізисто-карбонатні агрегати, що можуть бути сидеритом (рис. 4е), та піритизація, подекуди з утворенням суцільних прошарків (рис. 4д, ж).



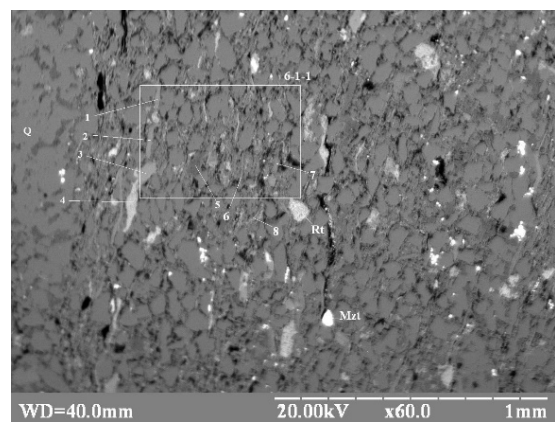
а) Аргіліт, св. Солохівська 201, гл. 3811 м. Мікропористість, каолініт-гідрослюди́стий склад з обмеженою піритизацією (rastr 0-1), тріщини техногенного походження



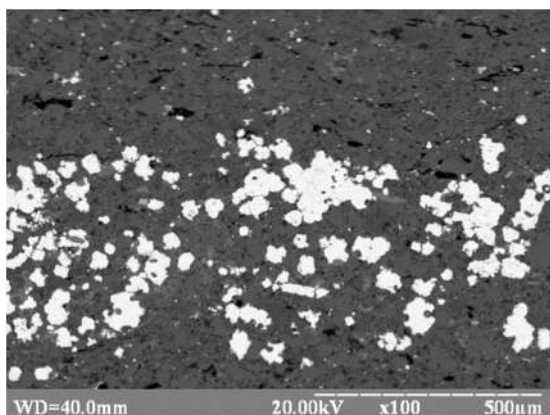
в) Аргіліт алевритистий, св. Більська 171, гл. 4179 м. Т.1; 3;4;5;12 – залізисто-карбонатний агрегат; 2;11;15 – зерна каолініту; 6 – хлорит; 7-10;13;14 – мусковіти



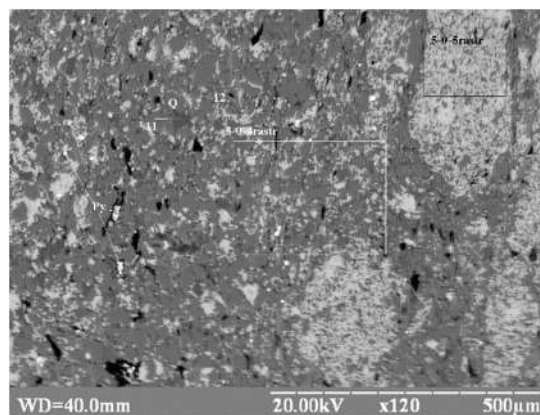
б) Аргіліт, св. Солохівська 201, гл. 3550,5 м. Т. 2; 3 – мусковіт; 4;5 – каолініт



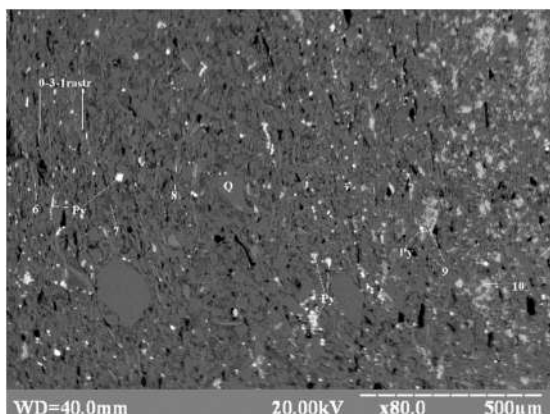
г) Аргіліт алевритистий, св. Більська 184, гл. 4168,7 м. Т. 1;2;6;7 – мусковіт; 3 – калієвий польовий шпат; 4 – залізисто-карбонатний агрегат; 5 – каолініт; 8 – хлоритизований біотит



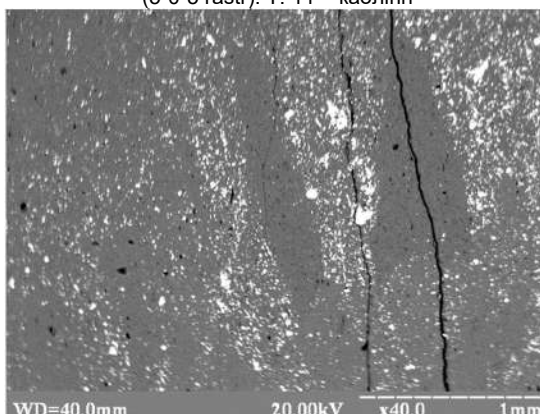
д) Аргіліт алевритистий, св. Більська 171, гл. 4224,6 м. Інтенсивна піритизація (біле)



е) Аргіліт алевритистий, св. Котелевська 201, гл. 5825,5 м. Карбонатизація у вигляді залізисто-карбонатних агрегатів (5-0-5 rastr). Т. 11 – каолінит



є) Аргіліт алевритистий, св. Котелевська 201, гл. 5825,5 м (інший прошарок). Гідрослюдистий, змішано-шаровий та каолінітовий склад (0-3-1 rastr). Т. 6;8 – мусковіт; 7 – каолінит; 9;10 – залізо-карбонатний агрегат



ж) Аргіліт алевритистий, св. Березівська 150, гл. 5917,5 м. Інтенсивна піритизація (біле). Тріщини мають техногенне походження

Рис. 4. Мікрофото аншліфів глинистих порід (Rt-рутил, Py-пірит, Q-кварц, Mzt-монацит, Zrn-циркон)

Фонові перетворення проявляються в ущільненні та дегідратації набухаючих компонентів типу монтморилоніта, який визначався в окремих пробах, і появи змішано-шарових фаз та гідрослюд. Накладені вторинні перетворення фіксуються у вигляді карбонатизації залізисто-карбонатною речовиною (сидеритом), піритизації, каолінізації калієвих польових шпатів та первинних слюд. Процес гідрослюдизації монтморилонітів добре вивчений Д.Ф. Берстом, В.Д. Шутовим та ін. (Холодов, 1983). Важливою ознакою перетворення монтморилоніту в гідрослюду є збільшення вмісту калію (Мілло, 1968). Дійсно, при проведенні геохімічного аналізу нами встановлено, що вміст K_2O у фракціях зростає з глибиною; відповідно вміст Na_2O зменшується, що підтверджує наявність процесів гідрослюдизації на досліджених глибинах.

Процеси сидеритизації та піритизації відбуваються у близьких умовах. Сидерит є одним з головних мінералів-маркерів, який свідчить про вторинні зміни порід у слабковідновлювальній обстановці за наявності в порових розчинах окисненого заліза в кислому або нейтральному середовищі. Не встановлено впливу цих процесів на зміну пористості вивчених порід.

Отже, зразки, відібрані в межах температурного інтервалу 110–120 °С, мають прояви як фонових, так і накладених вторинних перетворень.

Зразки зі свердловин Котелевська 201 та Березівська 150 (рис. 4е, є, ж), що знаходяться нижче ізотерми 120 °С, представлені аргілітами, місцями з алевритовою домішкою змішано-шарового, гідрослюдистого та каолінітового

складу. Відмічаються масивні ділянки карбонатизації залізисто-карбонатною речовиною (сидеритом), а також масивна піритизація та мікропористість.

Загалом проведені дослідження показують, що інтенсивність вторинних фонових і накладених змін збільшується з глибиною, що також відображається залежно від компонентного складу глинистих порід та їх екранувальних властивостей.

Висновки. У результаті проведених досліджень глинистих порід нижнього карбону Центральної частини ДДЗ було вивчено компонентний склад глинистих порід, ідентифіковано найважливіші епігенетичні перетворення та оцінено їх можливий вплив на екранувальні властивості глинистих товщ.

Показано, що вміст розсіяного алевритового матеріалу в глинистих породах не впливав на значення їх пористості.

Встановлено, що вивчені глинисті породи перетворювались під впливом фонових та накладених процесів. Серед фонових ідентифіковано ущільнення порід та гідрослюдизація монтморилоніту через змішано-шарову стадію. До накладених процесів віднесено карбонатизацію (сидеритизацію), каолінітизацію, піритизацію.

Парагенезиси вторинних мінералів свідчать про перебування досліджених порід у зоні мезокатагенезу. Вони не призводять до суттєвого зниження екранувальної здатності глинистих товщ, а також не вказують на можливе формування вторинних метасоматичних флюїдотривів та пов'язаних з ними зон АВПТ на досліджених глибинах.

Серед виявлених вторинних процесів на зміну пористості глинистих порід найбільше впливали фонове ущільнення та накладена метасоматична каолінізація. При цьому ущільнення прогнозовано призводить до зменшення значень пористості. Навпаки, накладена каолінізація збільшує її значення, відповідно зменшуючи екранувальну здатність глинистих порід.

Подальші дослідження планують провести з метою апроксимації отриманих результатів мікроскопічних досліджень через використання спеціального розширеного комплексу геофізичних досліджень, який включає нейтрон-нейтронний, спектрометричний гамма- та нейтронний гамма-каротаж, багатозондову індукцію, літощільнісний каротаж та крос-дипольну акустику.

Роботу виконано на кафедрі геології нафти і газу ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка в рамках кафедральної наукової теми 16КП049-08.

Автор висловлює подяку завідувачу кафедри мінералогії, геохімії та петрографії, доктору геологічних наук С.Є. Шнюкову за допомогу в проведенні досліджень у науково-дослідній лабораторії мінералого-геохімічних досліджень ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка, а також співробітникам УкрНДІгаз за надання керна матеріалу та результатів визначення фільтраційно-ємнісних властивостей глинистих порід.

Список використаних джерел

- Вассоевич, Н. Б., Либрович, В. Л., Логвиненко, Н. В., Марченко, В. И. (1983). Справочник по литологии. Москва: Недра.
- Еремеев, В.В., Осипов, В.И., Соколов, В.Н. (2001). Глинистые покрывки нефтяных и газовых месторождений. Москва: Наука.
- Зарицкий, О.П., Зиненко, И.И., Лизанец, А.В., Бенько, В.М. (2007). *Патент України 21316*. Київ: Міністерство освіти і науки України. Державний департамент інтелектуальної власності.
- Зхус, И.Д., Бахтин, В.В. (1979). Литогенетические преобразования в зонах аномально высоких пластовых давлений. Москва: Наука.
- Клубова, Т.Т. (1988). Глинистые коллекторы нефти и газа. Москва: Недра.
- Логвиненко, Н.В., Орлова, Л.В. (1987). Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане. Ленинград: Недра.
- Лукин, А.Е. (1977). Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины. Москва: Недра.
- Милло, Ж. (1968). Геология глин. Ленинград: Недра.
- Страхов, Н.М. (1960). Основы теории литогенеза. Том 1. Москва: Издательство АН СССР.
- Холодов, В.Н. (1983). Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах. Москва: Наука.
- Холодов, В.Н. (2013). Типы элизионных систем и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*, 3, 5-41.
- Япаскерт, О.В. (1994). Стадиальный анализ литогенеза. Москва: Издательство МГУ.
- Alaskari, G. (2018). XRD Evaluation of Clay Minerals in Shaley Formation and Its Comparison With Cross Plotting of Log Data. *Progress in Petrochemical Science*, 1, 64-70. doi:DOI:10.31031/PPS.2018.01.000513
- Bozkaya, O., Yalcin, H. (2004). Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Paleozoic to early Mesozoic rocks of the Eastern Taurides, Turkey. *Clay Minerals*, 39(4), 481-500. doi:DOI:10.1180/0009855043940149
- Burst, J.F. (1969). Diagenesis of Gulf Coast Clayey Sediments and its possible relation to petroleum migration. *AAPG Bulletin*, 53(1), 73-93. doi:https://doi.org/10.1306/5D25C595-16C1-11D7-8645000102C1865D

- Dunoyer De Segonzac, G. (1970). The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: a review. *Sedimentology*, 15(3-4), 281-346. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1970.tb02190.x
- Edwards, A., Green, S., Connor, S.O., Goodman, W., Emery, A., Heinemann, N. (2014). Shale diagenesis and its impact on pore pressure prediction: A case study along the NE margin of Eastern Canada. *4th Atlantic Conjugate Margins Conference*, 2014, 20-24. St. John's.
- Josh, M., Esteban, L., DellePiane, C., Sarout, J., Dewhurst, D.N., Clennell, M.B. (2012). Laboratory characterisation of shale properties. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 88-89, 107-124. doi:https://doi.org/10.1016/j.petrol.2012.01.023
- Nadeau, P.H., Bjorkum, P.A., Walderhaug, O. (2005). Petroleum system analysis: Impact of shale diagenesis on reservoir fluid pressure, hydrocarbon migration, and biodegradation risks. *Geological Society London Petroleum Geology Conference*, Series 6, 1267-1274. http://dx.doi.org/10.1144/006126

References

- Alaskari, G. (2018). XRD Evaluation of Clay Minerals in Shaley Formation and Its Comparison With Cross Plotting of Log Data. *Progress in Petrochemical Science*, 1, 64-70. doi:DOI:10.31031/PPS.2018.01.000513
- Bozkaya, O., Yalcin, H. (2004). Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Paleozoic to early Mesozoic rocks of the Eastern Taurides, Turkey. *Clay Minerals*, 39(4), 481-500. doi:DOI:10.1180/0009855043940149
- Burst, J.F. (1969). Diagenesis of Gulf Coast Clayey Sediments and its possible relation to petroleum migration. *AAPG Bulletin*, 53(1), 73-93. doi:https://doi.org/10.1306/5D25C595-16C1-11D7-8645000102C1865D
- Dunoyer De Segonzac, G. (1970). The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: a review. *Sedimentology*, 15(3-4), 281-346. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1970.tb02190.x
- Edwards, A., Green, S., Connor, S.O., Goodman, W., Emery, A., Heinemann, N. (2014). Shale diagenesis and its impact on pore pressure prediction: A case study along the NE margin of Eastern Canada. *4th Atlantic Conjugate Margins Conference*, 2014, 20-24. St. John's.
- Josh, M., Esteban, L., DellePiane, C., Sarout, J., Dewhurst, D.N., Clennell, M.B. (2012). Laboratory characterisation of shale properties. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 88-89, 107-124. doi:https://doi.org/10.1016/j.petrol.2012.01.023
- Kholodov, V.N. (1983). Postsedimentation transformations in elisional basins. Moscow: Nauka. [in Russian]
- Kholodov, V.N. (2013). Types of elision systems and mineral deposits related to them. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*, 3, 5-41. [in Russian]
- Klubova, T.T. (1988). Clayey reservoirs of oil and gas. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Logvinenko, N.V., Orlova, L.V. (1987). Occurrence and transformation of terrigenous rocks on the continent and in the ocean. Leningrad: Nedra. [in Russian]
- Lukin, A.Y. (1977). Formation and secondary alterations of Carboniferous sediments within Dnieper-Donets depression. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Millot, J. (1968). Shale geology. Leningrad: Nedra. [in Russian]
- Nadeau, P.H., Bjorkum, P.A., Walderhaug, O. (2005). Petroleum system analysis: Impact of shale diagenesis on reservoir fluid pressure, hydrocarbon migration, and biodegradation risks. *Geological Society London Petroleum Geology Conference*, Series 6, 1267-1274. http://dx.doi.org/10.1144/006126
- Strahov, N.M. (1960). Basics of lithogenesis. Vol. 1. Moscow: Publisher AN USSR. [in Russian]
- Vassoyevich, N.B., Librovich, V.L., Logvinenko, N.V., Marchenko, V.I. (1983). Lithology handbook. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Yapaskurt, O.V. (1994). Multi-stage analysis of lithogenesis. Moscow: Publisher MGU. [in Russian]
- Yeremelev, V.V., Osipov, V.I., Sokolov, V.N. (2001). Shale seals of oil and gas fields. Moscow: Nauka. [in Russian]
- Zarytskiy, O.P., Zinenko, I.I., Lyzanets, A.V., Benko, V.M. (2007). *Patent of Ukraine 21316*. Kyiv: Ministry of Education and Science of Ukraine. StateDepartmentofIntellectualProperty. [in Ukrainian]
- Zhus, I.D., Bahtin, V.V. (1979). Lithogenetic transformations in the abnormally pressured zones. Moscow: Nauka. [in Russian]

Надійшла до редколегії 18.09.21

O. Tunik^{1,2}, PhD student, Petrophysicist,
E-mail: alyonatumik1@gmail.com.

¹Ukrspetsgeologiya LLC,

37/1 V.Tiutunyya Str., Kyiv, 03150, Ukraine

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

INVESTIGATION OF SECONDARY TRANSFORMATIONS WITHIN LOWER CARBONIFEROUS ROCKS OF THE CENTRAL PART OF THE DNEIPER-DONETS DEPRESSION

The article describes the main study results of the secondary transformations effect on the lower Carboniferous shales at depths exceeding 3 000 m. Using silicate, energy-dispersive X-ray fluorescence analysis and electron microscopic studies, the structure and the main rock-forming components in core samples were studied. The study showed the presence of both background and imposed epigenetic changes in the studied core samples. The

intensity and variety of the secondary transformations increase with depth. It has been confirmed that compaction of clay rocks reduces their porosity and improves sealing properties. The presence of scattered siltstone material does not affect the value of porosity. Porosity increases with increasing of kaolinite content which occurred in result of secondary imposed processes. According to the composition of mineral paragenesis, it was found that the studied shales are at the stage of mesocatagenesis. The further research development for the purpose of approximation of microscopic and geochemical data by means of the extended well logging suit was outlined.

Keywords: shales, epigenesis, sealing properties, lower Carboniferous, Dnieper-Donets depression.

О. Туник^{1,2}, асп., геофизик-интерпретатор,

E-mail: alyonatunik1@gmail.com,

¹ООО "Укрспецгеология",

ул. В. Тютюнника, 37/1, Киев, 03150, Украина

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, УНИ "Институт геологии",

ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД НИЖНЕГО КАРБОНА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ

Описаны основные результаты исследования влияния вторичных изменений на нижнекаменноугольные глинистые породы на глубинах, превышающих 3 000 метров. С помощью силикатного, энергодисперсионного рентгено-флуорисцентного анализа и электронно-микроскопических исследований была изучена структура глинистых пород и определены основные породообразующие компоненты в образцах керна. Исследование показало наличие как фоновых, так и наложенных эпигенетических изменений в изученных образцах. Интенсивность и разнообразие проявленных вторичных преобразований увеличивается с глубиной. Подтверждено, что уплотнение глинистых пород уменьшает их пористость и улучшает экранирующую способность. При этом наличие рассеянного алевроитового материала не влияет на значение пористости. Рост пористости и, соответственно, ухудшение качества глинистых покрышек может быть обусловлено наложенным процессом каолинитизации. По составу минеральных парагенезисов установлено, что исследованные глинистые породы находятся на стадии мезокатагенеза. Определено дальнейшее развитие исследований с целью ап-проксимации микроскопических и геохимических данных с помощью расширенного комплекса ГИС.

Ключевые слова: глинистые породы, эпигенез, экранирующая способность, нижний карбон, Днепровско-Донецкая впадина.