

# ГЕОЛОГІЯ ТА РОЗВІДКА НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

УДК 550.832

## ВИВЧЕННЯ ПОРОВОГО ПРОСТОРУ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ МІОЦЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ЗА ДАНИМИ РТУТНОЇ ПОРОМЕТРІЇ ТА ОПИСУ ШЛІФІВ

Д.Д.Федоришин, Я.М.Коваль

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42056,  
e-mail: geophys@nuing.edu.ua

*Информация о геологическом строении пород-коллекторов дает возможность произвести количественную оценку их емкостно-фильтрационных свойств. Для изучения порового пространства миоценовых отложений Бильче-Волицкой зоны авторами используется комплексный подход, в основе которого лежит метод ртутной порометрии. Одновременно используются результаты исследований других методов. По результатам исследований установлены главные факторы, понижающие коллекторские свойства миоценовых отложений.*

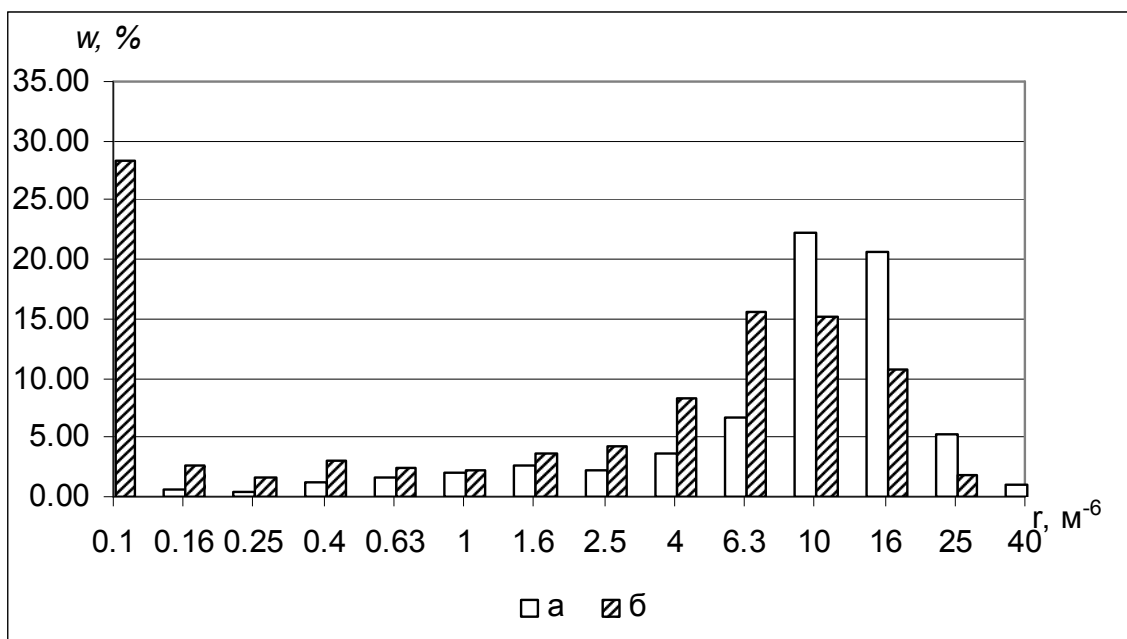
*Information about the geological structure of breeds-collectors enables to conduct quantitative estimation of their filtration-capacity properties. At this article by authors for the study of geological structure of miocen sediments of the Bilche-Volitscoi area complex approach the method of mercury porometrii lies in the basis of which is taken. Simultaneously, they use the result of researches of other methods. As a result of researches main factors which understate collectorsci properties of miocen deposits are set.*

Встановлення особливостей будови потенційних порід-колекторів на нафту і газ є гострою проблемою, яка постає на етапі пошуку, розвідки та експлуатації родовищ корисних копалин. Детальне вивчення структури порового простору та ємнісно-фільтраційних властивостей порід (К<sub>п</sub>, К<sub>гл</sub>, К<sub>пр</sub>, К<sub>нг</sub> та ін.) дає змогу зробити однозначний висновок про перспективність пошукових площ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, в межах якої знаходяться газоконденсатні родовища. Розрізи цих родовищ виповнені літолого-стратиграфічним комплексом порід, які на сьогоднішній день є достатньо вивчені. Однак в процесі пошуково-розвідувальних робіт, особливо в геологічних розрізах із тонкошаровою будовою, виникають проблеми при інтерпретації результатів ГДС, що призводить до зниження ефективності геофізичних досліджень, і, як наслідок, до пропускання продуктивних пластів.

чинається малопотужними пісковиками і мергелями бадену, які вище поступаються місцем вапнистим глинам та мергелям барановських шарів (до 80 м). Над ними залягають гіпсоангідритова тираська (до 80 м) і глинисто-піщана косівська (до 1200 м) свити бадену. Перша з них слугує опорним відбиваючим горизонтом при сейсмічних дослідженнях і разом з другою є регіональною покривною для покладів вуглеводнів у підстилаючих утвореннях. Косівська свита містить серед глин чимало лінз та пластів пісковиків, з якими пов'язані пласти із скупченнями газу. Сарматський ярус представлений товщею дашавської свити (до 3500 м), в якій серед глин-флюдоупорів виділяється понад 30 піщано-глинистих горизонтів.

У геологічній будові Більче-Волицької зони беруть участь відклади рифейської, кембрійської, силурійської, девонської, юрської крейдової та неогенової систем. Найбільш перспективними щодо вуглеводнів є відклади неогенової системи. У геологічній будові неогенової системи Більче-Волицької зони беруть участь насунуті породи стебницької і балицької свит та сарматського ярусів. Загалом міоцен розпо-

Для детального вивчення порового простору та ємнісно-фільтраційних властивостей нафтогазоносних порід-колекторів Більче-Волицької зони, нами було здійснено цілеспрямований відбір керна матеріалу із пошукових газових свердловин Грудівського, Ретичинського, Вижомлянського, Вишнянського, Нікловицького та Летнянського родовищ. На основі відібраних зразків керна було проведено комплекс лабораторних досліджень. В цей комплекс досліджень входив метод ртутної порометрії та мінералогічний аналіз зразків керна і опис шліфів. За даними ртутної порометрії встанов-



a)  $K_n=18.39\%$ ;  $K_{np}=456.231 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ;  $Re\phi=9.46 \text{ мкм}$   
 б)  $K_n=11.52\%$ ;  $K_{np}=101.308 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ;  $Re\phi=6.83 \text{ мкм}$

**Рисунок 1 – Гістограма розподілу часток порових каналів відповідних груп радіусів пор (%) у св. Грудівська-1 (інт. 1077-1093 м)**

лено, що в міоценових відкладах радіус звужень порових каналів змінюється в широких межах від 0.1 мкм до 6.64 мкм [1]. Розрахунок співставлення пустот різного розміру показав, що найбільший відсоток порового простору, в середньому 50-60%, складають пори радіусом менш 0.1 мкм. Якщо порівняти гістограми розподілу відповідних груп радіусів пор від їхнього процентного вмісту (рис. 1), то із впевненістю можна сказати, що дані пори не впливають на величину відкритої пористості ( $K_{п.в}$ ). Одночасно можна простежити, як із збільшенням процентного вмісту пустот з радіусом 6,3 мкм і більше  $K_{п.в}$  зростає. При  $K_{п.в}=25\%$  доля даної групи радіусів пор в середньому становить 20-25%. Так наприклад, при однаковому відсотковому вмісті пор радіусом менше 0,1 мкм, збільшення пор радіусом більше 6,3 мкм на 7-8%,  $K_{п.в}$  може збільшуватись на 5-6%. Однак при цьому не слід нехтувати процентним вмістом інших груп пор, радіус яких коливається в межах від 0,1 до 6,3 мкм, які в сукупності теж вносять певний вклад у величину  $K_{п.в}$ .

За результатами ртутної порометрії, найкращими колекторськими властивостями характеризуються пісковики нижнього сармату, а також глинисті пісковики гелльвету, сцементовані глинистим цементом контактово-порового типу. Глинисті пісковики гелльвету у досліджуваній колекції зразків керна характеризуються відкритою пористістю 3-13%, проникністю –  $(0,002-0,9) \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ . Карбонатна складова цементу складена кальцитом і доломітом. Глинисті мінерали представлені гідрослюдою і хлоритом. До складу цементуючої частини пісковиків нижньосарматських відкладів входять

гідрослюда і доломіт, а гелльветських – хлорит та кальцит.

Смнісно-фільтраційні властивості досліджуваних порід-колекторів знаходяться у тісному зв'язку із ефективним радіусом та кількістю середніх та великих фільтруючих порових каналів (рис. 2). Із даної залежності видно, що зі збільшенням величини ефективного радіуса порових каналів коефіцієнт проникності збільшується. При цьому прослідковується дуже слабкий зв'язок між коефіцієнтом відкритої пористості та ефективним радіусом пор. Відомо [2], що практично не беруть участь у проникності породи, пори радіусом менше 0,1 мкм. Однак із збільшенням процентного вмісту порових каналів радіусом пор більше 1,6 мкм проникність зростає.

Отже, найбільш фільтруючими частинками є пори, радіус яких становить більше 1,6 мкм.

Ефективний радіус порових каналів у породах із хорошими колекторськими властивостями складає 3-15,8 мкм, кількість ефективних порових каналів складає 40-60%. У глинистих пісковиках гелльвету ефективний радіус порових каналів зменшується до 10-25%.

Ефективна пористість, яка розрахована за даними ртутної порометрії без врахування порових каналів радіусом менше 0,5 мкм, в основному залежить від коефіцієнта ущільнення порід. На основі лабораторних досліджень кернавого матеріалу нами встановлено, що ефективна пористість зникає у пісковиків із коефіцієнтом ущільнення рівним 0,9 і більше. У таких породах відкрита пористість складає 1,4-8,7%, а розрахована проникність –  $(0,002-0,23) \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$  при середньому значенні  $0,036 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ .

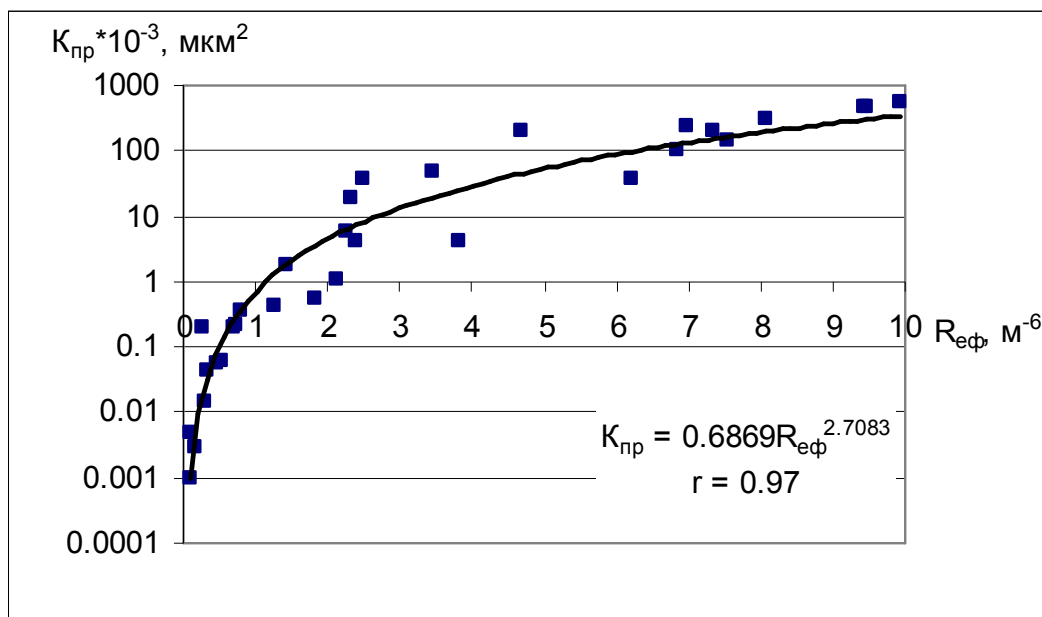
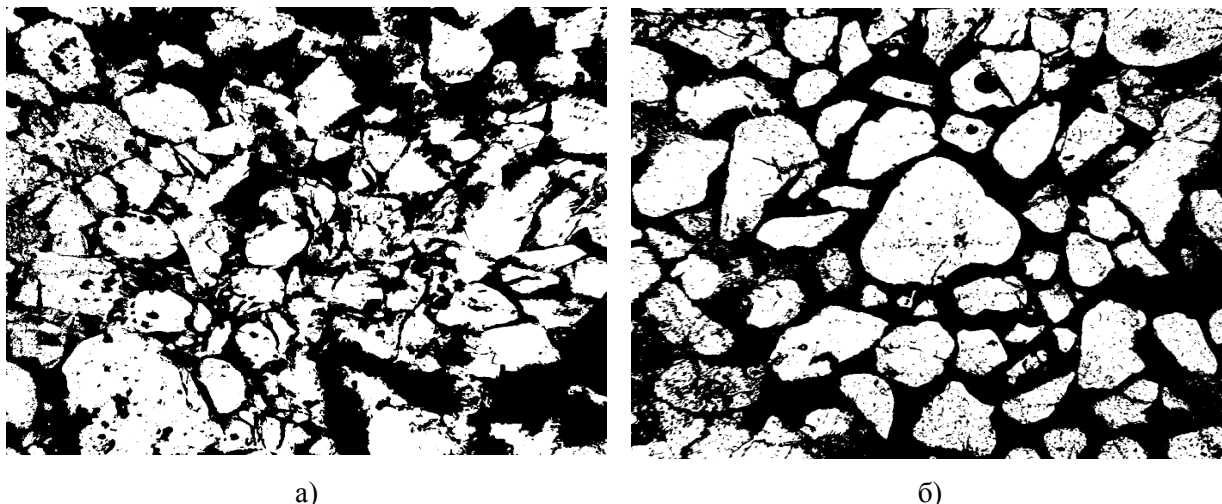


Рисунок 2 – Графік залежності  $K_{пр}=f(R_{эф})$  для міоценових відкладів Більче-Волицької зони



а) сильно ущільнений пісковик, інт. гл. 1620-1630 м, св. Летня-20;  
б) крупно-середньозернистий слабоуцільнений пісковик, інт. гл. 1661-1670 м, св. Летня-6

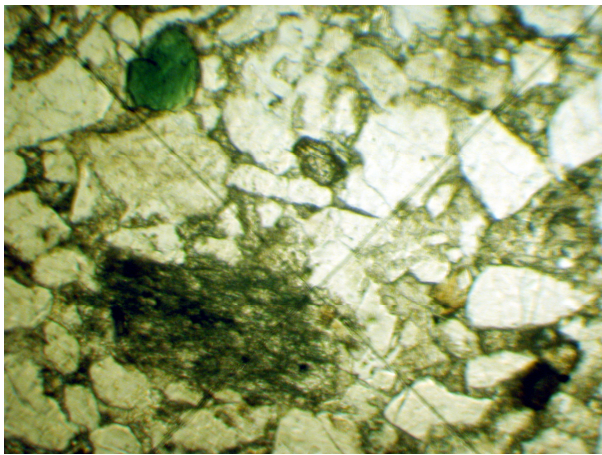
Рисунок 3 – Системи дрібних та крупних пор у слабо- і сильносполучених порах із нерівномірно-поровим глинистим цементом:

Дослідження шліфів під мікроскопом показало, що сильно ущільнені різновидності, у яких відбувалися процеси регенерації мінеральних зерен, характеризуються плямистим розподілом ділянок із відкритими порами в полі зерен шліфа (рис. 3, а). Відкриті пори дрібні. Нерівномірний розподіл відкритих пор спостерігається також у різнозернистих пісковиках із значною добавкою алевритової фракції. У менш ущільнених різновидностях крупно-середньозернистих пісковиках спостерігаються ланцюги або системи крупних, добре сполучених між собою пор (рис. 3, б). Ці пори первинні, седиментаційні. Вторинні пори розвинуті у пісковиках із карбонатним типом цементу (тортон, гельвет). Це дрібні поодинокі пори або

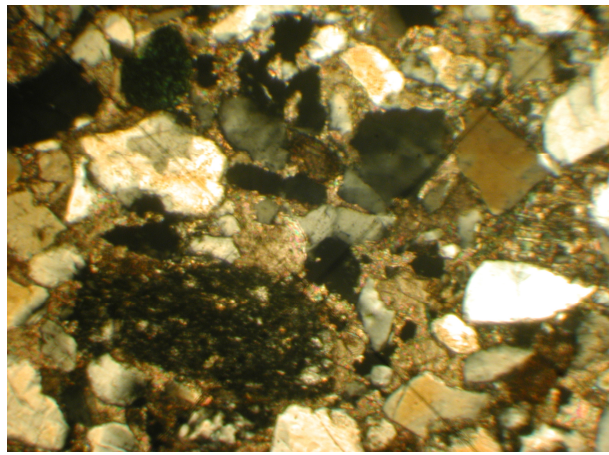
ланцюги пор, що локалізуються безпосередньо навколо уламкових зерен. Для цих порід характерні також дуже дрібні внутрішньоцементні пори, що утворились в результаті перекристалізації карбонатної речовини цементу [3].

В таких породах уламковий матеріал складений переважно кварцом (85-90%), поодинокими зернами польових шпатів, глауконіту (рис. 4, а і б), уламків кварцитів та лусочок мусковіту. Із акцесорних мінералів зустрічаються циркон і рутил. Кварц представлений кутасто і кутасто-обкатаними зернами. Розмір зерен уламкового матеріалу змінюється від 0,1 мм до 0,20 мм, в більшості випадків від 0,1 до 0,14 мм.

Уламковий матеріал не відсортований, щільно зцементований дрібнозернистим каль-



а



б

Рисунок 4 – Пісковик кварцовий алевритистий з базально-поровим і поровим карбонатним цементом. Поодинокі зерна глауконіту. Зр. ЗВ, інт. гл. 940-950 м, св. Вишнянська 5, зб. 9x10

Таблиця 1 – Параметри порового простору піщаних порід за даними вивчення шліфів Летнянського родовища

№ зразка	№ св.	Інтервал відбору, м	Максимальний діаметр розширення, мкм	Максимальний діаметр звуження, мкм	Середній діаметр розширення, мкм	Середній діаметр звуження, мкм	Ефективний діаметр порових каналів, мкм	Коефіцієнт розгалуження пор	Коефіцієнт сполучення пор	Кількість тризерових січень пор, %
Нижній сармат										
742	5	1316-1332	60	20	11,8	6,1	1,5	0,47	0,24	78,3
753	9	1178-1188	50	30	24,9	11,6		0,34	0,2	74,3
762		1250-1260	70	40	24,5	9		0,36	0,13	53,8
759		1250-1260	70	30	25,8	9		0,36	0,12	100
5869	37	1334-1348	50	30	20,7	8,3	3,5	0,5	0,20	31,8
5877		1442-1455	70	40	23,7	9	4	0,62	0,23	32
5892		1689-1704	40	20	20,6	8	4	0,65	0,25	29
Гельвет										
75	5	1590	50	20	23,6	9,4	8,4	0,23	0,09	100
8106	9	1482-1492	50	30	20,8	9	3,5	0,54	0,23	36,2
8124	20	1580-1592	70	30	27,7	11,1		0,42	0,17	56,4
8125		1580-1592	80	30	30,5	9,7		0,58	0,18	100

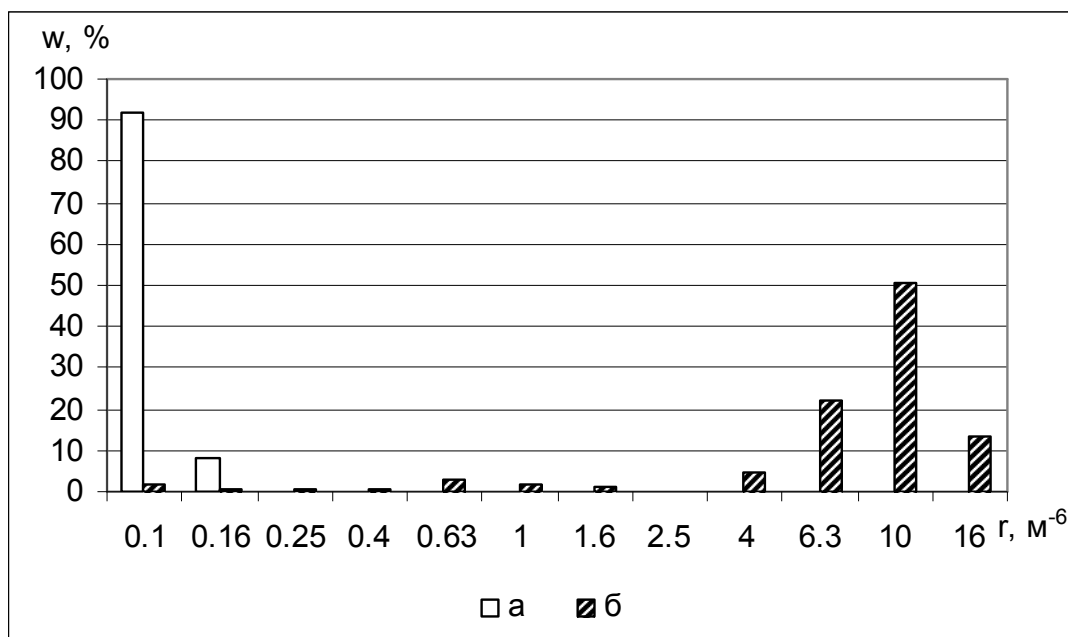
цитом. Вміст цементу в породі складає 30-35%. Він перекристалізований, розвинутий нерівномірно, відноситься до базально-порового і порового типів. Кластичні зерна розташовані в ньому, в більшості випадків, не торкаючись одне одного. Спостерігаються поодинокі рудні мінерали: ільменіт, магнетит та дуже дрібні зерна піриту. Останні нерівномірно розсіяні в породі або спостерігаються у вигляді окремих скупчень, котрі найчастіше пов'язані з органічними залишками.

Наявність глауконіту дає підстави стверджувати про морські умови їх накопичення в межах зовнішнього шельфу.

За результатами проведених літолого-петрографічних досліджень даний кварцовий олігоміктовий пісковик є типовим представником міоценових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, особливості мінерального складу якого не можуть зумовити аномальність його петрофізичних властивостей, в тому числі й надвисокої електропровідності.

У шліфах під мікроскопом поровий простір характеризується (табл. 1) низькою і середньою ступеню розгалуження і сполучення пор. У нижньосарматських дрібнозернистих пісковиках середній діаметр розширення пор складе 20,6-25,8 мкм, звужень – 8-11,6 мкм. Коефіцієнти





а) св. №9, інтервал 1488,5-1890 м;  $K_{п.рп}=8.1\%$ ;  $K_{п.в}=11.1\%$ ;  $Reф.=3.5$  мкм;  
 $K_{п.рп}=0.023 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>;  $K_{п.ф}=0.001 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>;  $K_{в.з}=85\%$ ;  
 б) св. №5, інтервал 1590-1596 м;  $K_{п.рп}=19.8\%$ ;  $K_{п.в}=20.9\%$ ;  $Reф.=8.42$  мкм;  
 $K_{п.рп}=824.2 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>;  $K_{п.ф}=396 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>;  $K_{в.з}=15\%$

**Рисунок 5 – Розподіл відповідних груп радіусів пор гелветських відкладів Летнянського родовища**

ент розгалуження пор змінюється від 0,34 до 0,65, коефіцієнт сполучення пор – від 0,12 до 0,25. Кількість трьох зернових перерізів пор залежно від ступеня ущільнення порід змінюється від 29 до 100%. Найкращим розгалуженням і сполученням пор володіють пісковики (наприклад св. Летня-37 гл. 1334-1355 м і 1689-1704), у яких коефіцієнт розгалуження становить 0,5-0,65, сполучення – 0,2-0,25 проти 0,35-0,36 і 0,12-0,16 відповідно у аналогічних пісковиках, які розкриті св. Летня-9. Це пояснюється меншою ущільненістю порід у св. Летня-37, що підтверджується кількістю трьох зернових перерізів пор (29-32% проти 74-100% у св. Летня-9) [3].

Лабораторні дослідження цементуючої частини піщаних порід показали, що основними цементуючими мінералами являються гідролюда, хлорит, каолінит, кальцит і доломіт [3]. Наявність монтморилоніту практично відсутня. В той же час у глинах нижнього сармату свердловин Подольська-1 і Залужани-17 поміж наявності гідролюди, каолініту і хлориту виявлено монтморилоніт, який свідчить про те, що пелітові фракції пісковиків і глинистих порід мають різний склад.

За результатами лабораторних досліджень встановлено, що породам-колекторам міоценових відкладів при однаковій загальній пористості характерне різне співвідношення пор великих, середніх і малих радіусів. Саме таке співвідношення розмірів пор призвело до різного вмісту в породах об'ємної глинистості, а відповідно і залишкової води [2]. Зразки керна віді-

брані із гелветських відкладів св. Летня-5 на глибині 1590-1596 м за лабораторними дослідженнями мають коефіцієнт відкритої пористості 20,9%, а фазову проникність  $396 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> (рис. 5). На нашу думку такі властивості породи-колектора обумовлені особливостями структури порового простору, а саме наявністю великої кількості (40-50%) пор із радіусом більше 2,5 мкм. Такий розподіл пор зумовлює дуже малу величину коефіцієнта об'ємної глинистості 0,2% та залишкової води 15%. Для порівняння, ми взяли для дослідження зразки керна порід-колекторів тих самих відкладів із св. Летня-9, у яких 90,16% пустотного простору займають пори радіусом менше 0,1 мкм. За результатами лабораторних досліджень випливає, що даний розподіл пор призводить до значного погіршення емніо-фільтраційних властивостей. У нашому випадку фазова проникність породи мінімальна  $0.001 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, достатньо велика величина коефіцієнта об'ємної глинистості 11,1%, а відповідно і великої кількості залишкової води, понад 85%.

Тому необхідність визначення об'ємного, масового чи відносного вмісту глинистих частинок у породі викликана високою дисперсністю глинистих мінералів, що обумовлює високий вміст адсорбованої на їх поверхні води й обмінних гідратованих катіонів зв'язаної води. Шари води товщиною  $(2-5) \cdot 10^{-5}$  мм на поверхні і у субкапілярах агрегатів глинистих частинок змінюють електричні і пружні характеристики порід. Радіоактивні елементи, сорбовані (уран, торій) на поверхні частинок які входять у

їхні хімічні сполуки (радіоактивні ізотопи калію –  $K^{40}$ ), різко підвищують природну радіоактивність порід. Сорбована і хімічно зв'язана вода змінює щільність і нейтронні характеристики порід. З підвищенням глинистості різко погіршуються колекторські властивості порід, від чого залежить їхня здатність бути промисловими колекторами. Ще в більшій мірі глинистість впливає на результати визначення коефіцієнтів нафтогазонасичення, що зумовлено шунтуванням непровідної нафтогазонасиченої матриці породи низькоомними глинистими прошарками.

Отже, різне співвідношення великих, малих та дрібних пор обумовлює зміну величини коефіцієнта залишкового водонасичення і об'ємної глинистості при однакових значеннях коефіцієнта загальної пористості. Ця характеристика міоценових відкладів Більче-Волицької зони призводить до зменшення питомого електричного опору, заниження показів інтенсивності вторинного гамма-випромінювання, спотворення показів акустичних методів та ін. Все це призводить до неточності визначення підрахункових параметрів порід-колекторів. Для цього необхідно додатково будувати петрофізичні

моделі типу “кern-кern”, “кern-геофізика” та “геофізика-геофізика”, що дадуть змогу врахувати похибку визначення ємнісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів міоценових відкладів зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

### Література

1 Комплексні лабораторні дослідження низькоомних порід колекторів нафтогазових провінцій України з метою підвищення достовірності оцінки продуктивності: Звіт про НДР / Федоришин Д.Д., Василина Р.М., Гранін О.А., Коваль Я.М. / ІФНТУНГ – Івано-Франківськ, 2005 р. – 78 с.

2 Физические свойства горных пород и полезных ископаемых: Справочник геофизика. – М.: Недра, 1984.

3 Изучение структуры порового пространства и вторичных изменений пород-колекторов на площадях ПГО “ЗапУкргеология” для прогнозирования нефтегазоносности глубоких гризонтот: Отчет НИР / Петренко В.П. и др. ИФИНГ – Івано-Франковск, 1988. – 149 с.

Міжнародна науково-практична конференція

## Еволюція докембрійських гранітоїдів і пов'язаних з ними корисних копалин у зв'язку з енергетикою Землі і етапами її тектоно-магматичної активізації

м. Київ  
(березень 2008 р.)

Оргкомітет конференції

Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка,  
03022, м. Київ, вул. Васильківська, 90

Шабатура Олександр Вікторович  
sand@univ.kiev.ua  
тел. (044) 259 70 23

Основні питання конференції:

- Роль енергетики Землі в еволюції земної кори і формуванні корисних копалин
- ТМА земної кори в докембрії як провідний чинник її гранітизації; її прояви у складі і фізичних властивостях порід
- Металоносність докембрійських гранітоїдів як прояв певних етапів і умов еволюції земної кори, її геодинаміки, характеру і інтенсивності постмагматичних процесів
- Будівельно-декоративні та ізолюючі властивості основних петротипів гранітоїдів УЩ залежно від їх складу, фізичних властивостей, структурно-геологічних і геодинамічних умов формування і основні галузі використання