

## ПЕТРОФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЛІМІКТОВИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ДДЗ

О.М. Трубенко, С.Д. Федоришин, В.В. Федорів, Я.М. Коваль, А.П. Олійник

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727180,  
e-mail: geotom@nuing.edu.ua

Розглядаються результати вивчення фільтраційно-ємнісних параметрів поліміктових порід-колекторів візейських відкладів Дніпровсько-Донецької западини. Основними методами досліджень є експериментальні лабораторні вимірювання електричних петрофізичних параметрів порід-колекторів на представницьких колекціях керну, відібраного з продуктивних горизонтів. Наведено результати визначення ємнісних петрофізичних параметрів порід-колекторів візейських відкладів родовищ Дніпровсько-Донецької западини. Викладена характеристика порід-колекторів та показана модель електропровідності поліміктових пісковиків візейських відкладів нафтогазових родовищ Дніпровсько-Донецької западини, обумовлена комплексними чинниками, що ґрунтуються, в основному, на мінералогічній будові матриці породи та розподілу радіуса пор різного розміру.

Ключові слова: колектор, мінеральний склад, залишкова водонасиченість, структура порового простору

Рассматриваются результаты изучения фильтрационно-емкостных параметров полимиктовых пород-коллекторов визейских отложений Днепровско-Донецкой впадины. Основными методами исследований являются экспериментальные лабораторные измерения электрических петрофизических параметров пород-коллекторов на представительских коллекциях керна, отобранного из продуктивных горизонтов. Приведены результаты определения емкостных петрофизических параметров пород-коллекторов визейских отложений месторождений Днепровско-Донецкой впадины. Изложена характеристика пород-коллекторов и показана модель электропроводности полимиктовых песчаников визейских отложений нефтегазовых месторождений Днепровско-Донецкой впадины, обусловленная комплексными факторами, которые основываются, в основном, на минералогическом строении матрицы породы и распределении радиуса пор разного размера.

Ключевые слова: коллектор, минеральный состав, остаточная водонасыщенность, структура порового пространства

The results of the study of polymictic reservoir rocks filtration and capacitive parameters of Visean deposits in the Dnieper-Donetsk depression are considered. The main research methods are experimental laboratory measurements of electrical petrophysical parameters of reservoir rocks on the presented collections of core samples withdrawn from the productive horizons. The results of determining the capacitive petrophysical parameters of Visean reservoir rocks in the Dnieper-Donetsk depression deposits are given. The characteristics of reservoir rocks are presented and the electrical conductivity model of Visean polymictic sandstone deposits of the Dnieper-Donetsk depression oil and gas fields is shown which is caused by complex factors mainly based on the mineralogical structure of the rock matrix and the distribution of pore radius of different sizes.

Keywords: reservoir rock, mineral composition, residual water saturation, the structure of pore space

**Актуальність.** Вивчення фільтраційно-ємнісних параметрів продуктивних порід-колекторів є невід'ємною складовою процесу встановлення промислової цінності родовищ нафти і газу, розроблення і вдосконалення методів кількісної оцінки прогнозних ресурсів, обґрунтування геологічних основ розробки покладів вуглеводнів.

Суттєвими особливостями реальних геологічних тіл є неоднорідність їх будови. Достовірну оцінку впливу неоднорідності геологічного об'єкта на його властивості (петрофізичні, геофізичні та інші) можливо виконати за умови побудови фільтраційно-ємнісної моделі родовища. Однією із складових цієї побудови є петрофізичне моделювання, яке дозволяє підвищити інформативність результатів геофізичних досліджень складнопобудованих геологічних розрізів, що представлені тонким перешаруванням пісковиків, глин і алевролітів, а також наявністю у відкладах поліміктових пісковиків.

Враховуючи те, що в більшості випадків електричні методи є базовими для оцінки характеру насичення порід-колекторів, нами проводились дослідження основних чинників, які визначають тип електропровідності поліміктових пісковиків та вплив поліміктової основи матриці породи на її питомий електричний опір та її зв'язок з геологічною будовою.

**Аналіз опублікованих праць.** Моделювання петрофізичних взаємозв'язків між параметрами, що визначають колекторські властивості порід є завданням актуальним як у процесі пошуків та обґрунтування параметрів для підрахунку запасів вуглеводнів, так і при виконанні проектів на їх вилучення. Методичні основи петрофізичних досліджень порід-колекторів викладені у працях Г.М. Авчяна, А.А. Матвеєнка, З.Б. Стефанкевича, Ф.І. Котяхова, Л.М. Марморштейна, В.І. Горояна, В.М. Добриніна, Б.Ю. Вендельштейна, Д.А. Кожевникова,

Тиаб Дж., Доналдсон Ерл Ч [1-6], а також у нормативних документах [7-10]. Не зважаючи на те, що основні емпіричні закономірності між фізичними та петрофізичними параметрами були встановлені В.М. Дахновим, Г. Арчі, Ф.І. Котяховим, В.М. Добриніним та іншими. Значна кількість науковців у своїх працях розкривають особливості петрофізичних взаємозв'язків, які охарактеризовують окремі групи літотипів, насичених вуглеводнями з аномальними електричними параметрами. Проблема побудови петрофізичної моделі для конкретних геологічних розрізів є першочерговою задачею. Однак в свій час ці роботи не отримали дієвого розвитку в силу недостатнього інформативного апаратурного забезпечення свердловинних та лабораторних досліджень.

**Мета даної статті** – дослідити та встановити зв'язки фільтраційно-ємнісних параметрів поліміктових пісковиків візейських відкладів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) з геологічною будовою та структурою порового простору гірських порід. Провести петрофізичне моделювання взаємозв'язків колекторських параметрів неоднорідних порід-колекторів візейських відкладів ДДЗ та побудувати петрографічно-математичну модель геологічного розрізу.

**Методи дослідження.** Основними методами досліджень є експериментальні лабораторні вимірювання електричних петрофізичних параметрів порід-колекторів на представницьких колекціях керну, відбраного з продуктивних горизонтів кам'яновугільних відкладів Дніпровсько-Донецької западини. Отримані результати оброблялись методом математичної статистики.

Породи-колектори візейських відкладів Дніпровсько-Донецької западини не завжди можна однозначно виділити за типовим комплексом методів геофізичних досліджень свердловин. Це стосується, насамперед, поліміктових пісковиків, які на даному родовищі і є колекторами вуглеводнів. Особливість геологічної будови такого типу колекторів відбивається на параметрах геофізичних полів, які реєструються комплексом свердловинних методів та є основою оцінки колекторських властивостей гірських порід.

В окремих випадках у кам'яновугільних відкладах ДДЗ багатокомпонентний склад матриці породи нівелює істинне значення геофізичного параметра, що призводить до помилкових висновків про породу-колектор, характер насичення та глибину залягання.

Отже необхідно дослідити та встановити багатомірні взаємозв'язки фільтраційно-ємнісних та геофізичних параметрів для порід-колекторів геологічних розрізів, де має місце поліміктовість і складна будова структури порового простору.

Для досягнення поставленої мети було відбрано керновий матеріал із візейських та турнейських відкладів ДДЗ, представлених здебі-

льшого поліміктовими пісковиками. В основу досліджень було поставлено те, що петрофізична модель різного типу порід-колекторів базується на будові матриці породи, мінералогічному складі цементу та структурі порового простору [11, 12, 13, 14].

Петрографічна характеристика порід-колекторів візейських відкладів, з яких відібрано керн, доволі різноманітна: від дрібно-середньозернистих алевритистих до різно-, крупнозернистих гравелітових різновидів. За мінеральним складом матриці, пісковики мономіктові і поліміктові, рідше вапнисті. Кластичний матеріал представлений кварцом, вміст якого змінюється від 40-45% до 75-80%, польовими шпатами, уламками кварцитів, кремнію, діабазів, ортоклазу, олігоклазу. Зустрічаються також уламки апатиту, біотиту, мусковіту і поодинокі зерна акцесорних мінералів гранату і циркону. Уламковий матеріал кутуватий і напівокатаний, частково кородований. Відсортованість уламків різноманітна – від хорошої до середньої і поганої; цемент за складом полімінеральний, переважно глинисто-карбонатний, карбонатно-глинистий, рідше карбонатний. Глиниста складова цементу представлена частіше всього каолінітом, рідше гідрослюдою. Розподіл цементу нерівномірний, поровий, плівково-поровий, нерівномірно-згустковий і базально-поровий. У відкладах верхнього карбону спостерігаються пори різної форми: трикутної, трициноподібної, звивистої розміром від 0,02 до 0,25 мм. За літолого-фізичними властивостями колектори відносяться до гранулярно-порового типу. Характер їх будови на кожному часовому циклі обумовлений, в основному, палеообставинами накопичення осадів. Велике значення при цьому мала динаміка формування соляного тіла, яка є основною причиною макро- і мікронеоднорідності продуктивних порід-колекторів пошукових горизонтів. Макронеоднорідність порід вище вказаних горизонтів проявляється у зміні літологічного складу і ємнісно-фільтраційних властивостей порід як по площі, так і по розрізу (рис. 1). Макронеоднорідність також відображається і у мінливості самого пористого середовища, яке в результаті структурних та текстурних змін, впливає як на колекторські властивості, так і на характер петрофізичних зв'язків між окремими параметрами. Відкрита пористість порід може змінюватися в межах від 2,5% до 24,5%, проникність від  $0,02 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $1100 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, залишкове водонасичення від 5% до 80,5%, глинистість від 2% до 40% і карбонатність від 1,5% до 16%.

Результати описування шліфів, виготовлених із зразків керну, відбраного із поліміктових пісковиків візейських відкладів Розпашнівського, Перекопівського, Яблунівського родовищ, показали, що матриця цього типу породи складається на 80-85% із уламкового матеріалу, такого складу: 25-55% – кварц, до 30% - калієві і натрієві польові шпати, до (5-10)% складає глинисто-кремнистий кварцит, кварц-серицит та серицито-хлорит. Окрім цього, в поліміктових пісковиках зустрічаються мінерали муско-

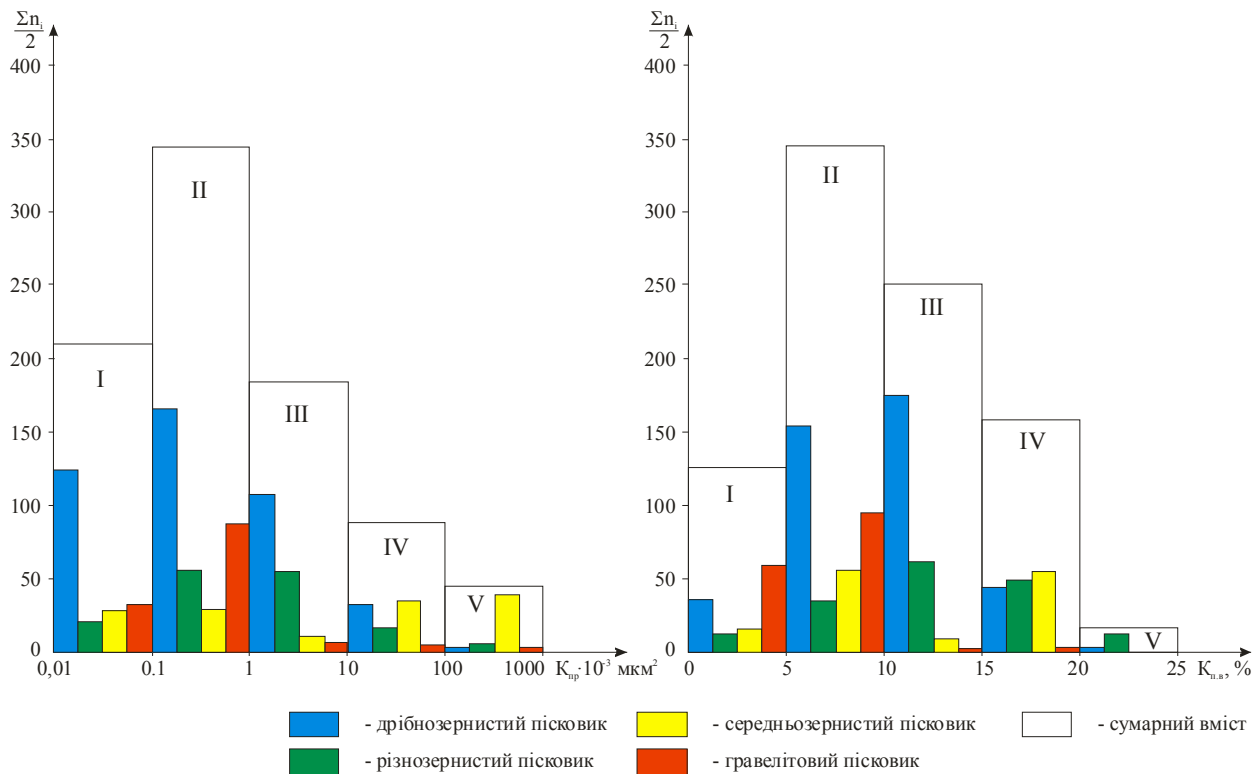


Рисунок 1 – Гістограма розподілу  $K_{n,e}$  і  $K_{np}$  для колекторів кам’яновугільних відкладів Розпашнівського родовища

віт, біотит, хлорит, ортоклаз, олігоклаз, одиничні зерна гранату, циркону. Максимальний вміст слюд у поліміктових пісковиках сягає 10%.

Польові шпати представлені у вигляді ізоморфних сумішей алюмо-кремнистих солей калію і натрію. Такий мінералогічний склад і особливості будови матриці породи характерний для візейських відкладів нафтогазових родовищ ДДЗ, в той час, як турнейські відклади в більшості випадків представлені кварцовими і олігоміктовими пісковиками. У матриці олігоміктових пісковиків вміст обломків кварцу змінюється в межах від 5% до 25%. За петрофізичними ознаками їх можна віднести до кварцових мономінеральних.

Нами відмічено, що у поліміктових пісковиках візейських відкладів спостерігається наявність порожот, обумовлених вторинними процесами. Під дією гідротермальних розчинів, процесів вивітрювання та пелітизації, калієві польові шпати руйнуються і перетворюються на каолінит, галуазит, серицит, гібт. Вторинні зміни при цьому в пісковиках характеризуються ступенем пелітизації, кількісним співвідношенням глинистих мінералів різної структури (впорядкованої і невпорядкованої), а також співвідношенням між об’ємами цементу породи та уламків, які входять до нього. Дослідження складу цементу поліміктових пісковиків візейських відкладів показали, що компоненти, які його представляють, такі ж як і у кварцових мономіктових пісковиках, а саме: тип - глинистий, карбонатний, залістий, силікатний з переважанням того чи іншого компонента, в

окремих випадках з домішками хлориту, кварцу, бариту і інших мінералів. Із перерахованого розмаїття мінерального складу та типів цементу, значний інтерес викликає глинисто-залістий цемент, оскільки він володіє адсорбційною здатністю і ступенем дисперсності, що суттєво впливає на формування колекторських і електричних властивостей породи.

Дослідження складу глинистого матеріалу цементу за даними термічного і рентгеноструктурного аналізу показали, що 90-95% його маси складає каолінит, інколи його кількість збільшується до 100% [13]. Структура глинистого цементу достатньо пориста, що пов’язано з високою упорядкованістю кристалів у процесі катагенезу. У деяких породах кількість каолініту знижується до (70-80)%, а гідрослюди - збільшуються до (20-30)% (табл. 1). Такі породи характеризуються меншою порівняно із цементованими каолінітами, ефективною пористістю при однакових кількостях глинистого цементу, тож, відповідно, і різною їх водонасиченістю.

У поліміктових пісковиках глинисту фракцію матриці породи поділяють на наступні типи: структурну, розсіяну і глинистість пелітизованих зерен польових шпатів.

Структурна глинистість – це макроскопічне скупчення глинистого матеріалу у вигляді лінз і шарів, а також окремих включень заглинизованих уламків у складі матриці.

Розсіяна глинистість заповнює частину порового простору і входить в склад цементу.

Глинистість пелітизованих зерен польового шпату утворилась у результаті вторинних процесів при яких відбулися часткові або повні

Таблиця 1 – Результати рентгеноструктурного аналізу глинистої фракції гірських порід Яблунівського родовища

№ св.	№ зразка	Інтервал, м	Каолініт, %	Гідрослюда, %	Q <sub>100</sub> , глинистої фракції, мг-екв/100
4	9639	5151-5155	15-20	85-80	–
4	9640	5161-5168	>98	<2	2,16
8	9646	4910-4919	>98	<2	2,67
8	9647	4910-4919	>98	<2	2,48
8	9652	4910-4919	80-85	20-15	5,21
8	9653	4919-4932	98	2	2,95
9	9658	4863-4871	85	5	4,03
9	9661	4863-4871	80-85	20-15	5,06
10	9150	4990-4997	98	2	–
10	9157	5009-5016	70-75	30-25	11,84
10	9165	5042-5050	85-90	15-10	3,75
10	9168	5050-5056	70-80	30-20	7,47
10	9173	5858-5905	60-70	40-30	8,6
10	9178	5065-5072	70-80	30-20	7,81

Таблиця 2 – Результати аналізу шліфів турнейських відкладів по св. №3 Яблунівського родовища

Інтервал, м	ΔT <sub>п</sub> , мкс/м	I <sub>γ</sub> , мкР/год	K <sub>п</sub> <sup>AK</sup> , %	K <sub>п</sub> <sup>кern</sup> /п	Степінь регенерації
4975,6-4979,8	212	4,2	8,6	8,9/20	Слабка
4966,6-4970	212	4,1	8,6	10,3/14	Сильна
4959,6-4962,2	210	4,2	8,1	10,7/20	Сильна

перетворення зерен польових шпатів з переходом їх у каолініт та інші глинисті матеріали.

Узагальнення результатів петрографічних і свердловинних досліджень показали, що пористість поліміктових пісковиків може бути представлена, як сума порового простору між твердими частинками, які входять до складу матриці, пористості розсіяної глинистості, яка входить до складу цементу, пористості глин структурного типу і пористості пелітизованих зерен:

$$K_n = [(K_{n.ck} - K_{cp}) + K_{cp} \cdot K_{n.sp}] \times \times [(1 - K_{zc}) + K_{zc} \cdot K_{n.zc} + K_{nz} \cdot K_{n.zn}], \quad (1)$$

де  $K_{n.ck}$  – частка порового простору гірської породи, за винятком зерен скелета породи;

$K_{cp}$  – частка об'єму, який займає розсіяна глинистість;

$K_{n.sp}$  – частка порового простору у розсіяній глинистісті;

$K_{zn}$  – частка об'єму, занята пелітизованими частинками;

$K_{n.zn}$  – частка порового простору пелітизованих частинок;

$K_{zc}$  – частка об'єму, яку займає структурна глинистість;

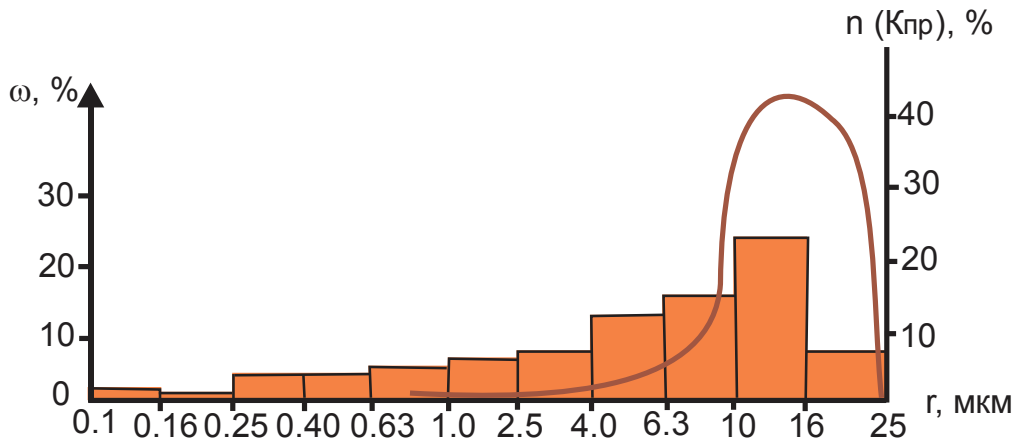
$K_{n.zc}$  – частка порового простору у структурній глинистісті.

Із формули (1) видно, що поровий простір поліміктових пісковиків може бути заповнений як рухомих флюїдом, так і залишковою водою. Враховуючи те, що коефіцієнт залишкової водонасиченості обумовлює величину коефіцієн-

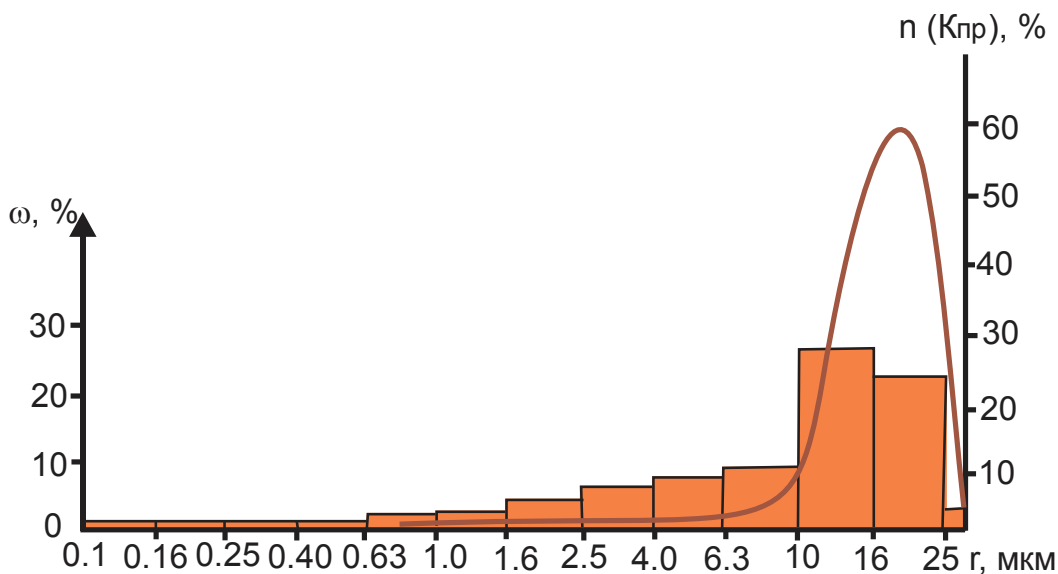
та ефективної пористості породи-колектора та розподіл її у загальній структурі пустотного простору, виникає необхідність у дослідженні умов формування кількісної величини цього параметра. У поліміктових пісковиках залишкова вода представлена у вигляді адсорбованої води на поверхні твердої частинки (фізично зв'язана вода), та рухомої води, яка знаходиться у капілярах пор і утримується капілярними силами. Фізично зв'язана вода міститься у глинистому матеріалі пелітизованих зерен скелета породи та розсіяній структурній глинистісті. Щодо рухомої води, то вона спостерігається як у глинистій компоненті складу породи, так і у капілярах зерен її скелетної фракції. Аналіз вищенаведених результатів дослідження структури порового простору порід-колекторів поліміктового типу показав, що за рахунок впливу глибоководних гідротермальних розчинів відбувається процес регенерації зерен окремих мінералів, окрема кварцу, який супроводжується підвищеною мікротріщинуватістю. Як правило, такі тріщини "заліковані". Відмічено також, що процесом регенерації охоплено до 2/3 уламкових зерен, які на границях між собою створюють ділянки із регенераційною структурою (табл. 2) [13]. Зміни, які відбуваються в процесі регенерації уламків і зерен мінералів матриці породи, обумовлюють відповідні величини фізичних параметрів гірських порід.

Ущільнення міжзернових контактів та збільшення ступеня цементованості матриці породи обумовлює суттєві зміни акустичних

а)



б)



а) порода із високим ступенем регенерації, з інтервалу (4966,6-4970) м

б) порода із низьким ступенем регенерації, з інтервалу (4975,6-4979,8) м

**Рисунок 2 – Результати ртутної порометрії зразків керна, відібраного із порід поліміктового типу візейських відкладів Яблунівського родовища**

параметрів, зокрема інтервального часу пробігу поздовжньої ультразвукової хвилі ( $\Delta T$ ) по породі. У такому випадку покази свердловинних акустичних приладів не будуть адекватними до значень параметрів, замряних на керновому матеріалі (табл. 2) [13]. Те, як процес регенерації призводить до зміни структури порового простору, видно із гістограми розподілу порових каналів за їх розміром у поліміктових пісковиках візейських відкладів (рис. 2). Як бачимо, для слаборегенованого пісковика кількість порот із розміром 10-16 мкм складає 24%, а з розміром 16-25 мкм – 7%. Кількість порових каналів, які приймають участь у фільтрації, складає 42%.

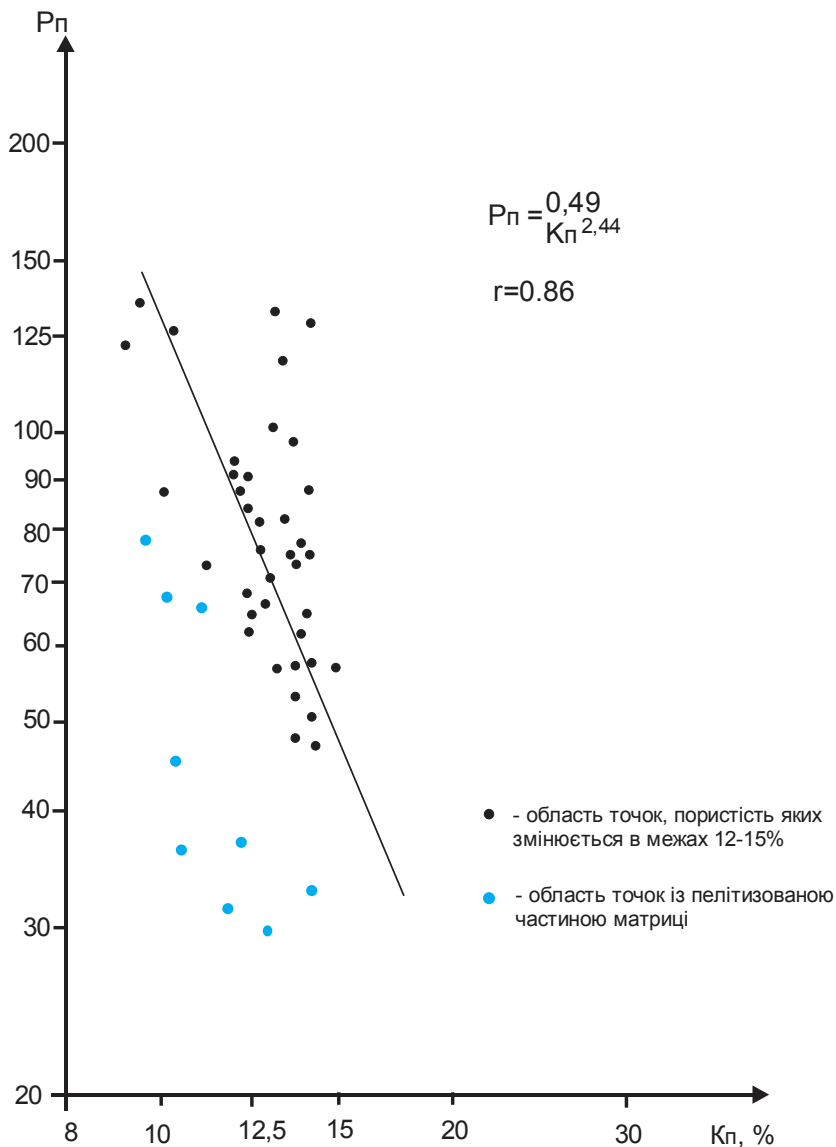
З метою встановлення всебічної літолого-петрофізичної характеристики порід-колекторів із складною будовою, нами проведено детальне макро- і мікро- вивчення зразків керну, відібраного із візейських відкладів розвідувальних

свердловин Перекопівського родовища. Результати досліджень наведені у таблиці 3.

Аналіз наведених у таблиці 3 даних підтверджує попередні висновки досліджень поліміктових пісковиків про те, що уламкова частина значною мірою ущільнена. Порівняно з ущільненою упаковкою ідеальних сферичних зерен, при якій пористість складає 25,88%, умовна пористість між зернами матриці поліміктових пісковиків менша від відкритої на 2,96%. Обумовлено це перегрупуванням зерен їхнім частковим переміщенням і утворенням лінійних і лінійно-вигнутих контактів. Між уламковими зернами у пустотному просторі розміщується мілкоуламкова пелітова фракція, не насичена бакелітом. Радіус пор цієї фракції за даними ртутної порометрії не перевищує 2,5-4,0 мкм. Вміст цієї фракції у поровому просторі поліміктових пісковиків складає 47,7%.

Таблиця 3 – Результати визначення ємнісних петрофізичних параметрів порід-колекторів горизонту В-18, В-19 у св. №1 Перекопського родовища

№ зразка	Інтервал відбору	Коефіцієнт пористості, %					Вміст цементу в об'ємі породи				Коефіцієнт залишкового водонасичення за даними центрифугування %
		умовний гранулярний	за повітрям	за насиченням	за ртуттю	за бакелітом	мінерального %	бітумного %	загальний %		
19671	4414-4417	30,86	21,84	19,3	17,28	16,41	14,06	0,39	14,45	8,8	
19675	4417-4420	25,00	18,49	18,6	16,94	13,67	10,94	0,39	11,33	4,7	
19677	4417-4420	26,56	20,49	19,4	18,02	16,41	9,76	0,39	10,15	8,6	
19688	4428-4429	24,61	20,22	17,5	17,03	15,62	7,43	1,56	8,99	9,1	
19748	4435-4439	22,27	17,26	13,9	12,01	14,45	3,52	4,30	7,82	13,4	
19750	4435-4439	22,66	15,69	13,9	12,14	11,72	6,25	4,69	10,94	12,0	
19976	4414-4417	21,87	16,91	7,2	12,09	11,72	9,76	0,39	10,15	37,9	
19982	4417-4420	24,22	19,02	17,5	13,75	12,50	10,94	0,78	11,72	10,5	
19985	4417-4420	24,22	18,94	18,4	16,25	13,67	10,17	0,38	10,55	10,7	
20021	4439-4446	20,7	15,21	13,82	11,10	10,55	8,98	1,17	10,15	13,8	
20021	4439-4446	19,53	15,21	13,82	11,10	8,20	10,55	0,78	11,72	13,8	
20027	4439-4446	21,09	13,97	11,3	10,37	7,81	11,33	1,97	13,28	17,5	
20035	4439-4446	19,92	12,79	10,8	7,45	2,73	16,02	1,17	17,19	18,7	
20050	4439-4446	21,48	14,82	13,4	10,66	8,59	11,72	1,17	12,89	12,7	
20054	4439-4446	22,27	16,59	13,5	12,22	11,72	7,6	1,17	8,77	13,3	
20062	4452-4460	22,66	12,02	9,4	9,76	4,3	17,97	0,39	18,36	24,6	
20067	4452-4460	2344	13,00	12,6	10,47	7,42	15,24	0,78	16,02	13,9	



**Рисунок 3 – Залежність параметра пористості від коефіцієнта пористості для поліміктових пісковиків візейських відкладів Розпашнівського родовища**

У всіх зразках продуктивних відкладів візейського ярусу спостерігається твердо-в'язкий, неекстрагований бітум, який локалізується на облямівках цементу, кутах пор і рідко на поверхні зерен вмістом (0,38-4,69) % від об'єму породи, а в поровому просторі між уламками зерен він рівний усередньому 6,05 %. Загальний об'єм вмісту мінерально-бітумного цементу складає 12,29 % від об'єму породи, або 53,6 % від її пустотного простору. Про походження цементу у поровому просторі однозначно не можна говорити, але очевидним є те, що відмічається у нього наявність як седиментаційної частини уламків, так і новоутвореної у процесі літогенезу. Новоутворена частина цементу представлена дрібною фракцією глин, що утворились у наслідок дроблення на контактах зерен кварцу із регенованим кварцом і утвореним у процесі пелітизації польових шпатів каолінітом. Вільний поровий простір у поліміктових пісковиках є залишковою частиною пустот, за винятком ущільненої і зцементованої

породи об'ємом 46,03 %. Відносно пористості за насиченням, поровий простір заповнений бакелітом складає в середньому 75,1 %. Відповідно прогнозний вміст залишкової води, виходячи із вище приведеної структури порового простору, становитиме 24,9 %. За даними методу центрифугування вміст залишкової води у цьому типі пісковиків складає 15,1 %. Розбіжність в 9,8 % між значеннями коефіцієнта залишкового водонасичення, визначеного за різними методами, обумовлена тим, що частина пустотного простору між зернами породи зайнята плівкою зв'язаної води, тому прогнозна величина цього коефіцієнта буде завищена.

З метою дослідження впливу поліміктового складу скелета породи на визначення параметра пористості, а в подальшому і коефіцієнта пористості, нами побудовано залежність параметра пористості  $P_n$  від коефіцієнта пористості  $K_n$  (рис. 3). Як видно із графіку  $P_n=f(K_n)$ , в межах лінії регресії виділяються точки, які суттєво відхиляються від неї. Область точок, яка

Таблиця 4 – Опис окремих шліфів Розпашнівського родовища

№ з/п	№ св.	№ лаб. зразка керна	№ керна	Інтервал відбору, м		Петрографічний опис шліфів (мінеральний склад)
				пок.	під.	
1	13	Д-1414	К-35	3860	3868	Пісковик середньо- і дрібнозернистий, мезоміктовий із карбонатно-глинистим цементом. Сірий середньо- і дрібнозернистий, середньозцементований. Склад уламків: кварц – 66 %, польові шпати – 6 %, слюда і хлорит – 3 %, уламки породи – 25 %: кварцито-вих, кременистих порід, глинистих слюдистих і слюдисто-кварцевих сланців. Уламки кварцу частково регенеровані. Рідше зустрічається лейкоксен, оксиди та гідрооксиди заліза. Цемент (18-20 %) полімінеральний: каолініто-слюдистий, контактово-поровий і карбонатний (20-30 %), крупнокристалічний базально-порового типу.
2	13	Д-1441	К-41	3917	3920	Пісковик тонкозернистий, мезоміктовий з карбонатно-глинистим цементом. Світло-сірий тонкозернистий алевритистий, середньозцементований з тонкою ви-клинюючою шаруватістю під кутом 20-30°. З HCl не реагує. Склад уламків: кварц 69 %, польові шпати 16 %, слюди і хлорит 9 %, уламки кремнистих і глинистих порід 6 %. Рудні мінерали – лейкоксен і пірит. Зустрічається обвуглений детрит. Цемент (10-14 %) полімінеральний: каолініто-гідрослудистий порового типу, карбонатний (25-30 %) крупно- і середньокристалічний базально-порового ти-пу, кородований.
12	13	29830	К-63	4076	4084	Пісковик середньозернистий поліміктовий з карбонат-но-глинистим цементом. Жовтувато-світло-сірий, се-редньозцементований, середньозернистий. З HCl в ре-акцію не вступає. Склад уламків: кварц – 48 %, польові шпати – 14 %, слюда – 17 %, уламки порід – 20 %: кварциту, кремнію, глинистих порід, сланців. Рудні мінерали – лейкоксен, пірит. Акцесорні – циркон, турмалін. Цемент (18-19 %): каолініто-гідрослудистий (12-15 %) і карбонатний (4-5 %) порового типу, ділянками спо-стерігається щільне зчленування уламків. Спостеріга-ються тріщинні повні пори трикутної форми розміром 0,02-0,05 мм.

знаходиться нижче лінії регресії, характеризується заниженими значеннями параметра пористості, що не відповідає фільтраційно-ємнісним властивостям породи-колектора, зокрема коефіцієнту пористості. Аналіз результатів макроскопічного і мікроскопічного опису керну та шліфів, виготовлених із нього, показав, що у матриці цієї породи, що представлена поліміктовим пісковиком, домінує кварцево-глинистий цемент та окремі скупчення польових шпатів і слюд (табл. 4). Слудисті частинки в більшості випадків горизонтального залягання, вздовж їхнього розміщення відмічено наявність струмопровідних уламків мінералів, утворених у процесі пелітизації польових шпатів. Враховуючи те, що кварцево-глинистий цемент у не-

значній мірі впливає на електропровідність нафтогазонасичених порід, можна припустити, що основний внесок у величину відносного опору ( $P_n$ ) роблять пелітизовані польові шпати і слюдисті частинки. Таке твердження обґрунтовується результатами петрофізичних досліджень вище вказаних зразків. Область точок, яка знаходиться вище лінії регресії, характеризує поліміктові породи однакової пористості (13-15) %, з різною величиною питомого електричного опору. Величина відхилення значення параметра пористості ( $P_n$ ) від значення  $P_n$ , визначеного колекторськими властивостями пласта, оцінюється віддаллю між координатами зразка і лінією пористості чистого мономінерального пісковіку.



Таким чином, за аналізом результатів дослідження впливу складу матриці породи можна оцінити як тип породи-колектора, так і ступінь її поліміктості, що підвищує ефективність інтерпретації даних електричних досліджень свердловин.

**Висновки та завдання подальших досліджень.** За результатами лабораторних експериментальних досліджень на керновому матеріалі особливостей будови складнобудованих колекторів, насичених вуглеводнями, які відображаються на зареєстрованих кривих свердловинних геофізичних досліджень неадекватними характеру насичення пласта параметрами, нами встановлено, що електропровідність поліміктових пісковиків візейських відкладів нафтогазових родовищ ДДЗ обумовлена комплексними чинниками, які ґрунтуються в основному на мінералогічній будові матриці породи та розподілу радіусу пор різного розміру.

Завданням наступних досліджень є встановлення характеристик електричної моделі полімінеральних пісковиків та розробка зведених петрофізичних моделей для такого типу порід-колекторів. Впровадження запропонованих петрофізичних моделей для оцінки підрахункових параметрів порід-колекторів складної будови та їх удосконалення.

### *Література*

1 Авчян Г.М. Петрофізика осадочних порід в глибинних умовах / [Авчян Г.М., Матвеевко А.А., Стефанкевич З.Б.]. — М.: Недра, 1979. — 224 с.

2 Основы физики нефтяного пласта / Ф.И. Котяхов. — М.: Гостоптехиздат, 1956. — 363 с.

3 Марморштейн Л.М. Петрофизические свойства осадочных пород при высоких давлениях и температурах. — М.: Недра, 1985. — 190 с.

4 Методические рекомендации по исследованию пород-коллекторов нефти и газа физическими и петрографическими методами / Под ред. В.И. Горояна. — М.: ВНИГНИ, 1978. — 396 с.

5 Петрофізика (фізика горних порід) / В.М. Добрынин, Б.Ю. Вендельштейн, Д.А. Кожевников. — М.: Изд-во “Нефть и газ” РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. — 368 с. — ISBN 5-7246-0295-4.

6 Тиаб Дж. Петрофізика: теорія і практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов / Тиаб Дж., Доналдсон Эрл Ч.; пер. с англ. — М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2009. — 868 с., ил. — (Промышленный инжиниринг). — ISBN 978-5-903363-12-4.

7 ГОСТ 26450.0-85 Породы горные. Общие требования к отбору и подготовке проб для определения коллекторских свойств. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 4 с.

8 ГОСТ 26450.0-85 Породы горные. Методы определения коллекторских свойств. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 12 с.

9 ГОСТ 26450.1-85 Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщением. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 8 с.

10 ГОСТ 26450.2-85 Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 16 с.

11 Ахияров В.Х. Закономерности изменения физических параметров полимиктовых пород-коллекторов по разрезу Западной Сибири / В.Х. Ахияров // Труды Запсиб НИГНИ. — 1969. — Вып. 89. — С. 24-29.

12 Вендельштейн Б.Ю. Роль минерального состава и адсорбционной способности полимиктовых песчаников и алевролитов в формировании их физических свойств / Б.Ю. Вендельштейн, В.В. Поспелов // Труды МИНХ и ГП. — 1969. — Вып. 89. — С.24-29.

13 Комплексное изучение коллекторов полимиктовых песчаников ДДВ с использованием геофизических и гидродинамических исследований: Отчет НИР/ИФИНГ / Руководитель Старостин В.А. - №12/83. №ГР01830037262. Ивано-Франковск. 1983. — 600 с.

14 Федоришин Д.Д. Причины низкоомности порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України / [Федоришин Д.Д., Федоришин С.Д., Старостин А.В., Коваль Я.М.] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2006. — № 3(20). — С.35-40.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
30.09.13*

*Рекомендована до друку  
професором Федоришином Д.Д.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
канд. геол.-мінерал. наук Штурмаком І.Т.  
(НДП ПАТ «Укрнафта», м. Івано-Франківськ)*