Дослідження та методи аналізу

УДК 553.98.061.4

ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНІ ЧИННИКИ НИЗЬКООМНОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ НЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРІЗІВ РОДОВИЩ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Д.Д. Федоришин, О.М. Трубенко, Я.М. Фтемов, Я.С. Витвицький, С.Д. Федоришин, В.В. Федорів

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 40155, e-mail: geotom@nung.edu.ua

Розглядаються результати вивчення електропровідності продуктивних газонасичених порід-колекторів неогенових відкладів газових та газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Наведено літолого-мінералогічну та літологічно-геофізичну моделі порід-колекторів неогенових відкладів Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Встановленно чинники, які є визначальними при формуванні електричних полів та утворенні їх ємнісних та фільтраційних параметрів. Виявлено та обгрунтовано особливості геологічної будови неогенових відкладів. Наведено приклади їх впливу на покази геофізичних досліджень свердловин.

Ключові слова: порода-колектор, мінеральний склад, питомий електричний опір, електропровідність, структура порового простору.

Рассматриваются результаты изучения электропроводимости продуктивных газонасыщенных пород-коллекторов неогеновых отложений газовых и газоконденсатных месторождений Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба. Приведена литолого-минералогическая и литологическо-геофизическая модели пород-коллекторов неогеновых отложений Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба. Встановленно факторы, которые являются определяющими при формировании электрических полей и образовании их емкостных и фильтрационных параметров. Выявлены и обоснованы особенности геологического строения неогеновых отложений. Приведены примеры их влияния на значения геофизических исследований скважин.

Ключевые слова: порода-коллектор, минеральный состав, удельное электрическое сопротивление, электропроводимость, структура порового пространства.

The article deals with the study results of electrical conductivity of the productive gas-saturated reservoir rocks of the Neogene deposits of the gas and gas-condensate fields of the Bilche-Volytska zone of the Precarpathian foredeep. The lithological-mineralogical and lithological-geophysical model of the reservoir rocks of the Neogene deposits of the Bilche-Volytska zone of the Precarpathian foredeep is shown. The factors that are crucial when forming electric fields and their capacitive and filtration parameters are determined. The features of the geological structure of the Neogene deposits of the Bilche-Volytska zone of the Precarpathian foredeep are discovered and proved. The examples of their influence on the well logging data are shown.

Key words: reservoir rock, mineral composition, specific electrical resistance, electrical conductivity, pore space structure.

Актуальність. Значна частина невилучених вуглеводнів на нафтогазових родовищах України пов'язана з породами складної будови, які проблематично виділяти у геологічних розрізах пошукових площ. Найчастіше така проблема спостерігається при інтерпретації результатів геофізичних досліджень тонкошаруватих неогенових розрізів газових та газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Як свідчить практика геолого-пошукових робіт, значні скупчення вуглеводнів приурочені до порід із складною мінералогічною будовою матриці та наявністю в них різних типів пористості (гранулярна, ка-

вернозна, тріщинувата). Вивчення таких порід-колекторів геофізичними методами досліджень свердловин (ГДС) є не достатньо інформативним. Зокрема, це відноситься до інтерпретації показів електричних методів, які не відповідають дійсним електричним параметрам пластів, що вивчаються. Встановлення впливу складу матриці породи, типу насичуючого флюїду, зв'язаної води та інших чинників на величину електропровідності породи-колектора дозволить підвищити ефективність та достовірність інтерпритації результатів електричних методів. Підвищення інформативності результатів комплексних геофізичних досліджень складнопобудованих порід-колекторів буде сприяти виявленню додаткових об'єктів скупчення вуглеводнів, що дасть змогу прирощувати їх запаси та збільшити коефіцієнти газовилучення.

Аналіз опублікованих праць. В основі всіх електричних методів лежить здатність гірських порід чинити опір проходженню електричного струму, проводити електричний струм та впливати на електричні параметри природних і визваних полів. Враховуючи те, що методи електричного опору є базовими для оцінки водонасиченості, а відповідно коефіцієнтів нафтонасиченості або газонасиченості, значна кількість вчених працювала над встановленням чинників та причин змін електропровідності продуктивних порід-колекторів [1, 2]. Проблема побудови моделі електропровідності для конкретних геологічних розрізів є першочерговою задачею. Однак свого часу ці роботи не отримали розвитку через недостатнє інформативне апаратурне забезпечення свердловинних та лабораторних досліджень.

Мета статті. Встановити чинники, які впливають на величину електропровідності продуктивних газонасичених порід-колекторів тонкошаруватих неогенових розрізів газових та газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

Методи дослідження. Основними методами досліджень є експериментальні лабораторні вимірювання електричних параметрів порід-колекторів на представницьких колекціях керну, відібраного з продуктивних горизонтів неогенових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Для досягнення мети нами відбирався керновий матеріал із низькоомних об'єктів, на основі якого формувалися колекції зразків для комплексних лабораторних експериментальних досліджень. Слід відмітити, що експериментальні дослідження зміни фізичних та петрофізичних параметрів, в залежності від тих чи інших чинників, проводились в умовах, наближених до пластових. Для встановлення мінералогічної будови порід-колекторів, які характеризуються низькими питомими електричними опорами, проводились петрографічні і рентгенорадіометричні дослідження.

Детальний опис виготовлених шліфів та макроскопічний аналіз зразків керну дозволив встановити, що пісковики, які досліджувались, формувалися у відносно спокійній гідродинамічній обстановці, більшість із них охарактеризовані значною гранулярною пористістю і практично відсутністю вторинної пористості, які за класифікацією А.А. Ханіна відносяться до першої і другої групи [3]. Пісковики першої і другої групи в своїй більшості відрізняються між собою співвідношенням уламкових компонентів та складом цементу. У пісковиках першої групи відмічається різний гранулометричний склад, не зважаючи на подібність уламків кварцу, однакову незначну кількість таких мінералів, як циркон, ставроліт, рутил, турмалін, іліт, лімоніти. У деяких шліфах відмічено уламки алевролітів, алевритистих аргілітів та вапняків.

У пісковиках другої групи відмічено, окрім вище перерахованих мінералів, наявність хлориту (3-5%), глауконіту (0,5%), згустків фосфоритів з уламками халцедону, зерна піриту, ставроліту та шамозиту (таблиця 1). Цемент, який досліджувався у пісковиках наведених вище груп, має відмінності за величиною співвідношення головних та другорядних аутигенних мінералів.

Головними в цементах обох груп пісковиків є кварц, гідрослюди, іліт, монтморилоніт у вигляді фракцій розміром 0,1 мм і менше. Другорядними мінералами в цементі породи є каолініт, хлорит глауконіт, пірит, рідко халцедон, фосфорит.

Аналіз геологічної будови та результатів експериментальних досліджень зразків порід неогенових відкладів Більче-Волицької зони, дозволив нам класифікувати окремі літотипи за їх фізичними та геофізичними параметрами. Результати аналізу дали змогу встановити, що в неогенових відкладах основними породами колекторами є пісковики першої, другої і третьої груп. Окрім них, відмічається наявність вуглеводнів у алевролітах, які виповнюють сарматські та баденські відклади Летнянського, Бережницького, Вишнянського, Гуцулівського та інших родовищ. Низькоомні продуктивні породи-колектори спостерігаються у літологічних відкладах першої і другої групи.

Аналіз результатів геолого-геофізичних досліджень (таблиця 2) свідчить, що співвідношення в цементі породи головних та другорядних мінералів визначають, окрім фільтраційно-ємнісних параметрів, ще і геофізичні параметри, зокрема питомий електричний опір гірської породи, її інтегральну радіоактивність та акустичний імпульс. Так, наприклад, керн, відібраний із інтервалу 1580-1600 м у св. 5-Летнянська, представлений хлорито-глауконітовим, глинистим цементом складається із кутастих напівкруглих уламків кварцу-65%, які дотикаються один до одного. Частинки мінералів розміром 0,3-0,5 мм складають (10-15)%, а 0,3-0,1 мм – (15-25)%, розподіл уламків хаотичний. В основній масі глинистої речовини переважає глауконіт, гідрослюди, каолініт, хлорит та іліт, монтморилоніт у вигляді фракцій 0,01 мм (пілітова фракція – 15-25%).

ISSN 1993–9973 print
ISSN 2415–332X online

Таблиця 1 – Літолого-мінералогічна характеристика порід-колекторів неогенових відкладів газових і газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину

№ з/п	Номер зразка інтервал відбору (м)	Літологічна характеристика, текстура	Відношення розміру зерен до просвітності пор мм/λ	Склад уламкової частини				Характеристика цементу літотипу	Вторинні зміни
				Головні мінерали		Другорядні мінерали			
				гідрослюди монтмореланіт	іліт кварц	фасферит каолініт-глауконіт	хлорит пірит., халцедон		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бережницьке родовище									
1.	1116,0-1122,4	Пісковик крупнозернистий, слабкоалевритистий, неупорядкована	1,874 0,0180	- -	-	± +	± +	Глинисто-глауконітовий, глинистий	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
2.	1024,0-1033,0	Пісковик крупнозернистий, алевритистий, алеврито псамітова	2,178 0,0361	- -	-	± +	± +	Глинисто-глауконітовий, глинистий	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
3.	825,0-827,0	Пісковик середньозернистий, неупорядкована	1,724 0,0574	- +	+	± +	± +	Глинисто-карбонатний контактово-пустотного типу	Тріщинуватість корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
4.	1043,0-1057,2	Пісковик середньозернистий, неупорядкований, алевритопсамітова	1,148 0,0327	± -	+	± +	± +	Глинистий, контактово-пустотного типу	Тріщинуватість корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
Вижомлянське родовище									
5.	1147-1360	Пісковик крупнозернистий, слабоалевритистий, неупорядкована	3,808 0,0458	± -	-	± +	± +	Глинисто-глауконітовий контактово-пустотного типу, глинистий з бурою органічною речовиною	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, корозійність окремих зерен зумовлена вапняком

Продовження таблиці 1

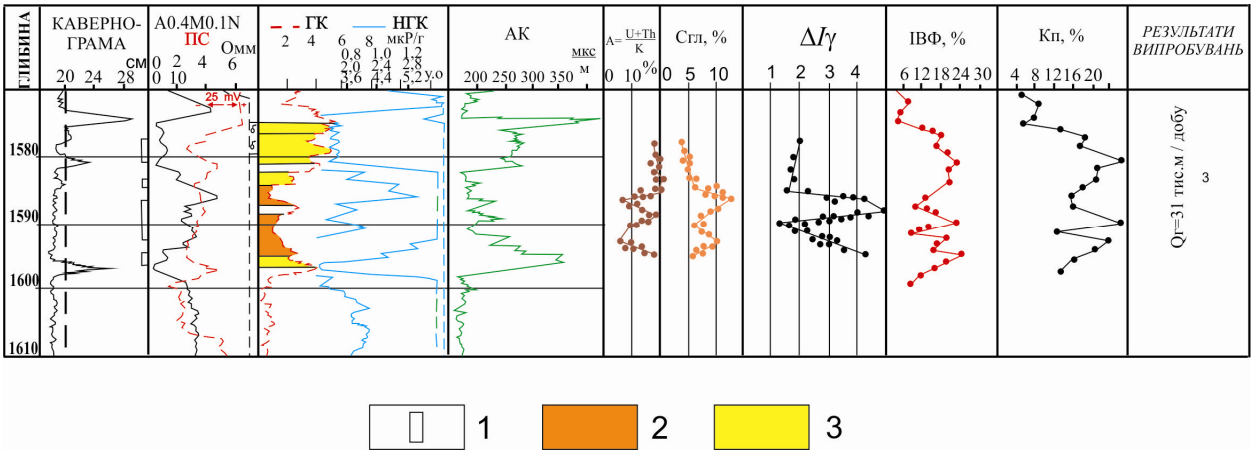
№ з/п	Номер зразка інтервал відбору (м)	Літологічна характеристика, текстура	Відношення розміру зерен до просвітності пор мм/λ	Склад уламкової частини				Характеристика цементу літотипу	Вторинні зміни
				Головні мінерали		Другорядні мінерали			
				гідрослюди монтмореланіт	іліт кварц	фасферит каолініт-глауконіт	хлорит пірит., халцедон		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Летнянське родовище									
6.	1130,0-1136,4	Пісковик крупнозернистий, слабко-алевритистий, неупорядкована	1,837 0,0120	- -	-	± +	± +	Глинисто-глауконітова, контактово-пустотного типу, глинистий	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
7.	1136,4-1141,6	Пісковик крупнозернистий, алевритистий, алеврито псамітова	2,171 0,0341	- -	-	± +	± +	Глинисто-глауконітова, контактово-пустотного типу, глинистий	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
8.	1162,0-1176,0	Пісковик середньозернистий, неупорядкована	1,714 0,0514	- +	+	± +	± +	Глинисто-карбонатний контактово-пустотного типу	Тріщинуватість корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
9.	1177,6-1179,6	Пісковик середньозернистий, неупорядкований, алеврито псамітова	1,145 0,0317	± -	+	± +	± +	Глинистий, контактово-пустотного типу	Тріщинуватість корозійність окремих зерен зумовлена вапняком
10.	1249,2-1268,0	Пісковик крупнозернистий, слабко-алевритистий, неупорядкований	2,241 0,0546	- -	+	± +	± +	Глинисто-глауконітовий, глинистий	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, корозійність окремих зерен зумовлена вапняком

ISSN 1993-9973 print
ISSN 2415-332X online

Таблиця 2 – Літологічно-геофізична характеристика порід-колекторів неогенових відкладів Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину

№ з/п	Літологічна група порід	Геофізична характеристика					Тип проникнення за даними БКЗ	Акустичний опір $10^3 \frac{г}{м^2 с}$ $v \cdot \delta_п$	Час повздовжньої релаксації T_1, мс	Мінералогічний склад матриці
		$K_п$ %	$K_{пр}$ $10^{-15}м^2$	$C_{гл}$ %	$\rho_п$ Омм	ΔT мкс/м				
1	Пісковики гравійні з хлорито-кальцитовим і хлорито-глинистим цементом	17	10,05	8,0	17-23	250	підвищений	2,62	350-610	Циркон, хлорит, мусковіт, кальцит, глауконіт <1%, іліт, гідрослюда
2	Пісковики різнозернисті з хлорито-глинистим цементом	22	15,8	4,1	3-18	284	підвищений	2,81	300-657	Хлорит (3-6)%, глауконіт (0,5%), біотит, ставроліт, шамозит, пірит (1-3)%
3	Пісковики середньозернисті з кальцитовим цементом	15	0,8	5,0	17-35	288	понижений	2,04	80-205	Кварцит, кремній кальцит, мусковіт, біотит
4	Пісковики дрібнозернисті з хлорито-глинистим цементом	11	<0,02	12	10-17	227	понижений	2,10	50-140	Кварцит, анатаз, глауконіт, лейкоксен
5	Пісковики алевритисті з глинисто-кальцитовим цементом	8	<0,001	14	16-27	228	понижений	2,15	60-200	Кварцит, кремній, мусковіт, один. зерна циркону, гранату, лейкоксену
6	Алевроліти	10	<0,01	23	30-70	225	понижений	2,23	60-218	Циркон, гранат, хлорит
7	Аргіліти	6	<0,04	25-80	25-51	117	понижений	1,89	47-161	Поодинокі зерна глауконіту, циркону, каолініту, біотиту
8	Вапняки	12	<0,01	-	30-45	249	понижений	2,1	52-155	Поодинокі зерна глауконіту, біотиту, каолініту

ISSN 1993–9973 print
ISSN 2415–332X online



1 – інтервали відбору керну; 2 – пісковики-колектори з низькою гама-активністю; 3 – пісковики-колектори з підвищеним вмістом урану і торію

Рисунок 1 – Ефективність ядерно-фізичних методів при виділенні пластів-колекторів у гельветських відкладах у свердловині 5-Летнянська

Питомий електричний опір зразків керну, виміряного у лабораторних умовах, склав 1,5-2 Омм, за даними замірів опору у свердловині півметровим градієнт зондом (А0,4М0,1N) він рівний 1-1,8 Омм. Так, пісковики в інтервалах 1570-1610 м згідно даних електричних методів класифікуються як водонасичені, однак при їх випробуванні отримано припливи газу 31 тис. м^3/добу [4]. Подібна ситуація спостерігається і при дослідженні свердловин Гуцулівського, Летнянського, Вижомлянського, Бережницького та інших родовищ у межах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

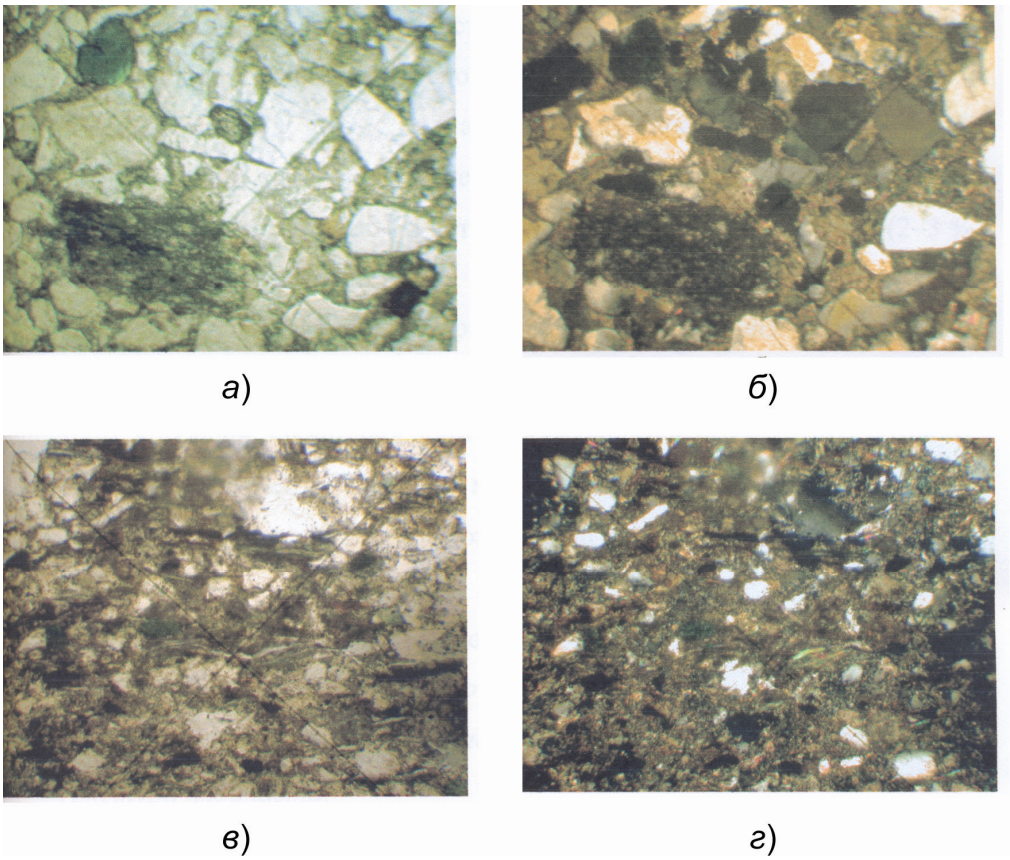
Так, в свердловині 2-Гуцульська Гуцулівського родовища, перспективними у газоносному відношенні є баденські відклади. Породи-колектори у інтервалі 290-522 м виповнені піщано-алевритистими різновидами, пористість яких змінюється у межах (12-18)%, є водонасиченими, з питомим електричним опором 7-8 Омм та опором ЗП рівним $\rho_{зп}$=12-14 Омм. Водночас у інтервалах 741-749 м, 804-827 м пласти № 39, 43, 45, 46 виповнені піщано-алевролітистими різновидами, з пористістю (10-12)% та з пониженими фільтраційно-ємкісними властивостями, які характеризуються питомим електричним опором (3,8-5,5) Омм, і є слабогазонасиченими. При проведені випробувань пластів на трубах в інтервалі 742-805 м отримано слабий приплив газу. У аналогічних за електричними параметрами породах-колекторах неогенових відкладів свердловини 8-Гуцулівська також отримано приплив газу дебітом $Q_г$=600 м^3/д.

Як видно із таблиці 1, у пісковиках, які за даними електрометрії характеризуються несприятливими пластовими умовами та насиченістю за електричними параметрами (газонасичені пласти $\rho_п$=1,5-7 Омм), переважають у складі матриці та цементі породи, такі мінерали як іліт, кварц, каолініт, пірит, глауконіт, халцедон; зустрічаються зерна анатазу, циркону, лейкоксену. Таке різноманіття мінералів, для яких характерна електронна провідність як у матриці, так і у цементі породи, їх співвідношення та характер розподілу, робить суттєвий внесок у електропровідність породи. Збільшення процентного вмісту піриту та мінералів класу сульфідів у складі другорядних породоутворюючих мінералів обумовлює електронну провідність при їх вмісті 45-50% від об'єму породи та у випадку, коли тонкі ланцюжки піриту замкнені у коло [5, 6]. У продуктивних породах-колекторах міоценових відкладів, які характеризуються низьким питомим електричним опором, випадків електронної провідності нема.

За даними описування шліфів кернового матеріалу міоценових відкладів таких газових і газоконденсатних родовищ, як Грудівське, Вишнянське, Вижомлянське, Бережницьке, Нікловичське, відмічається, що породи-колектори теригенного розрізу, які характеризуються низькими питомими опорами, можна поділити на мономінеральні та поліміктові. Мономінеральні пісковики у більшості випадків виповнюють теригенні розрізи газових і газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони.

Мономінеральні пісковики представлені глинисто-глауконітовим, глауконіто-кварцовим, дрібнозернистим, алевритистим з включеннями карбонатів цементом, структура алевропсамітова, текстура масивна (рис. 2, 3). За результатами вивчення шліфів встановлено, що вміст теригенного уламкового матеріалу змінюється від 40 до 62% (у середньому рівний 58 %) і складений зернами кварцу розміром від 0,02 до 0,3 мм, домінують фракції уламкових мінералів з радіусами 0,07 мм та 0,5 мм. Спостерігаються окремі зерна польових шпатів, циркону. У ролі цементу виступає глауконіт та включення карбонатних мінералів. Вміст глауконіту у окремих випадках складає 10-15%. Міжзерновий простір виповнений глинисто-карбонатним матеріалом (у середньому 40%). У цих породах спостерігаються фрагменти органіки – черепашки, форамініфери, решти водоростей, уламки двостулкових молюсків та

ISSN 1993–9973 print
ISSN 2415–332X online



а), б) - пісковик кварцовий, алевритистий з базально-поровим і поровим карбонатним цементом; в), г) - алевроліт дрібнозернистий, глинистий

Зр. 3В, інт.гл. 940-950 м, св. Вишнянська 5, зб. 9х10. Нік.: а - II; б - X.
Зр. 1В, інт.гл. 883-893 м, св. Вишнянська 1, зб. 9х10. Нік.: а - II; б - X

Рисунок 2 – Поодинокі зерна глауконіту зеленого кольору

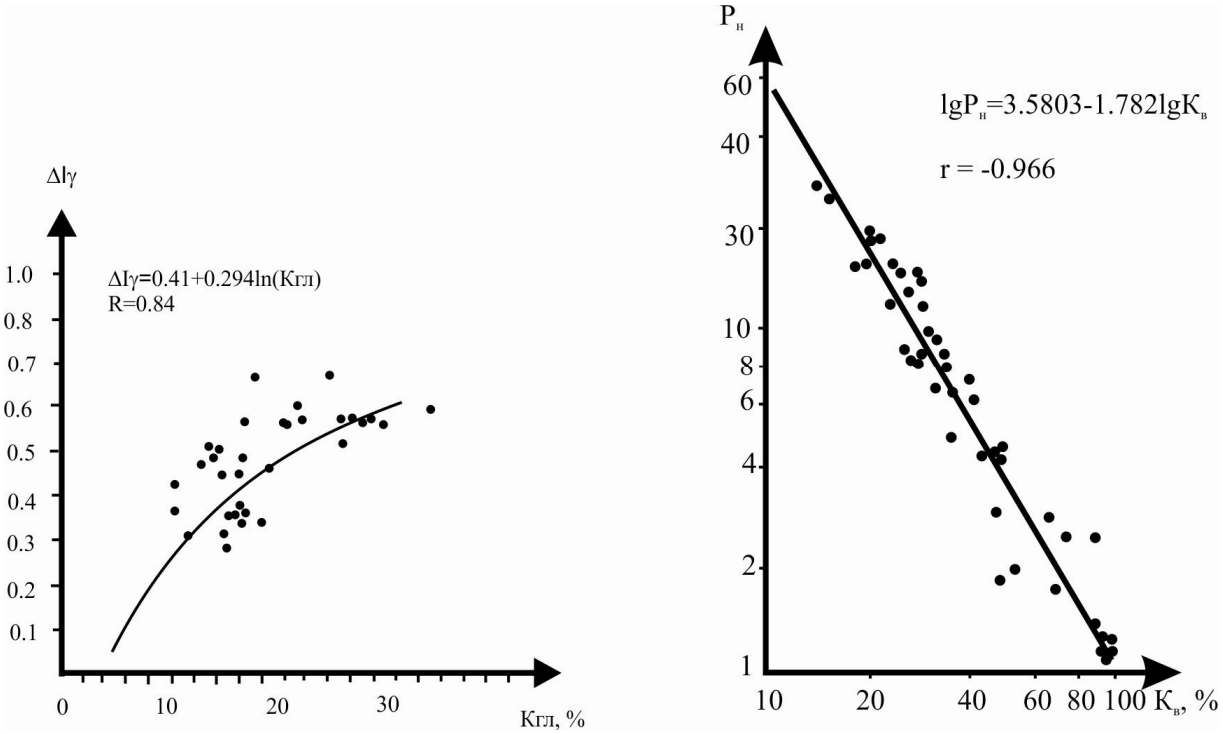


Рисунок 3 – Петрофізична характеристика порід-колекторів неогенових відкладів газових і газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони

моховаток. Карбонатна речовина різною мірою перекристалізована, кородує уламкові зерна, що входять до складу матриці породи.

Висновки та завдання подальших досліджень. За результатами лабораторних експериментальних досліджень на зразках керну встановлено особливості будови складнопобудованих колекторів, які насичені вуглеводнями але відображаються на зареєстрованих кривих свердловинних геофізичних досліджень несприятливими умовами насичення пласта. Нами встановлено, що електропровідність мономінеральних неогенових відкладів газових та газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину обумовлена комплексними чинниками, які ґрунтуються, в основному, на мінералогічному складі, структурі порового середовища та літології порід-колекторів, котрі суттєво впливають на електричні характеристики та утворення їх фільтраційно-ємнісних параметрів.

Завданням подальших досліджень є встановлення характеристик електричної моделі мономінеральних та полімінеральних пісковиків та розроблення 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 Элланский М.М. Петрофизические основы комплексной интерпретации данных геофизических исследований скважин / М.М. Элланский // Методическое пособие. РАЕН. – Изд-во ГЕРС. – 2001. – 229 с.

2 Элланский М.М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики / М.М. Элланский – М.: Недра, 1978. – 215 с.

3 Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и их изучение / А.А. Ханин – М.: Недра. 1976. – 363 с.

4 Федоришин Д.Д. Причини низькоомності порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України / [Федоришин Д.Д., Федоришин С.Д., Старостін А.В., Коваль Я.М.] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 3. – С. 35–40.

5 Петрофизика: Справочник. В трёх книгах. Книга первая. Горные породы и полезные ископаемые / Под редакцией Н.Б. Дортман. – М.: Недра, 1992. – 391 с.

6 Кобранова В.Н. Петрофизика / В.Н. Кобранова – М.: Недра, 1986. – 392 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
04.05.16
Рекомендована до друку
професором ***Кузьменком Е.Д.***
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
д-ром геол. наук ***Лазаруком Я.Г.***
(ІГГГК НАН України, м. Львів)