

Геологія, розвідка та геофізика нафтових і газових свердловин

УДК 550.832

DOI: 10.31471/1993-9868-2020-2(34)-7-14

ВИДІЛЕННЯ НИЗЬКООМНИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ У ГЕОЛОГІЧНОМУ РОЗРІЗІ ГЕЛЬВЕТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ЛЕТНЯНСЬКОГО РОДОВИЩА

Я. М. Коваль, І. О. Федак

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: geophys@nimg.edu.ua

Основні труднощі, які виникають при виділенні пластів-колекторів у геологічному розрізі геліветських відкладів Більче-Волицької зони, пов'язані із характерними для них низькими значеннями питомого електричного опору. За таких умов дуже часто при інтерпретації даних електричного та електромагнітного каротажу газонасичені породи-колектори характеризуються підвищеним проникненням фільтрату промивальної рідини в пласт, і їх помилково відносять до водонасичених. На основі аналізу результатів лабораторних досліджень кернавого матеріалу та даних геофізичних досліджень свердловин (ГДС) в геологічному розрізі геліветських відкладів Летнянського родовища виділено дві групи порід-колекторів. Перша група порід відноситься до низькоомних, а друга – до типових кварцових пісковиків. Формування груп зумовлено різницею в електричних, радіоактивних та нейтронних властивостях порід-колекторів. За результатами досліджень встановлено, що низькоомність пластів-колекторів геліветських відкладів спричинена електронною провідністю зерен піриту та хлориту, які входять до складу цементуючого матеріалу гірських порід. Низькі значення інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів низькоомних порід пов'язані з високим вмістом зв'язаної води зерен мінералів піриту та хлориту, а підвищена радіоактивність зумовлена як вмістом зерен циркону, так і високими адсорбційними властивостями хлориту та глинистих мас. З метою підвищення достовірності інтерпретації даних електричного та електромагнітного каротажів для розподілу порід-колекторів на типові та низькоомні кварцові пісковики запропоновано використовувати зіставлення кривої бокового каротажу (БК) із нормалізованою за БК кривою нейтронного гамма-каротажу (НГК). Ефективність запропонованого способу розподілу порід-колекторів на групи перевірена на фактичному матеріалі.

Ключові слова: порода-колектор, геліветські відклади, питомий електричний опір, боковий каротаж, нейтронний гамма-каротаж, виділення, нормалізація.

Основные трудности, возникающие при выделении пластов-коллекторов в геологическом разрезе геліветских отложений Бильче-Волицкой зоны, связаны с характерными для них низкими значениями удельного электрического сопротивления. В таких условиях очень часто при интерпретации данных электрического и электромагнитного каротажа газонасыщенные породы-коллекторы характеризуются повышающимся проникновением фильтрата промывочной жидкости в пласт, и их ошибочно относят к водонасыщенным. На основе анализа результатов лабораторных исследований кернавого материала и данных геофизических исследований скважин (ГИС) в геологическом разрезе геліветских отложений Летнянского месторождения выделены две группы пород-коллекторов. Первая группа пород относится к низькоомным, а вторая – к типичным кварцевым песчаникам. Формирование групп обусловлено разницей в электрических, радио-

активних і нейтронних свойствах порід-колекторів. По результатам досліджень встановлено, що низькоомність пластів-колекторів гелівських відкладень викликана електронною провідністю зерен пириту і хлорита, які входять до складу цементуючого матеріалу гірських порід. Низькі значення інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів низькоомних порід пов'язані з високим вмістом зв'язаної води зерен мінералів пириту і хлорита, а підвищена радіоактивність обумовлена як вмістом зерен циркону, так і високими адсорбційними властивостями хлорита і глинистих мас. З метою підвищення достовірності інтерпретації даних електричного і електромагнітного каротажа для розділення порід-колекторів на типові і низькоомні кварцеві піщаники пропонується використовувати співставлення кривої бокового каротажа (БК) з нормалізованою по БК кривою нейтронного гамма-каротажа (НГК). Ефективність запропонованого способу розділення порід-колекторів на групи перевірена на фактичному матеріалі.

Ключевые слова: порода-колектор, гелівські відкладення, удельное електрическое сопротивление, боковой каротаж, нейтронный гамма-каротаж, выделение; нормализация.

The main difficulties that arise in the selection of reservoirs in the geological section of the Helvetian deposits at Bilche-Volytska zone are due to the fact that they are characterized by low values of electrical resistivity. Under such conditions, very often, when interpreting the data of electrical and electromagnetic logging, gas-saturated reservoir rocks are characterized by increasing the penetration of filtrate into the formation and are mistakenly referred to as water-saturated rocks. Based on the analysis results of laboratory studies of the core material and data from geophysical well logging (GWL) in the geological section of Helvetian deposits at Letnianske field, two groups of reservoir rocks were identified. The first group of rocks belongs to the low-resistance, and the second - to the typical quartz sandstones. The formation of groups is due to the difference in electrical, radioactive and neutron attributes of reservoir rocks. According to the results of research it is established that the low resistance of Helvetian reservoir layers is caused by the electronic conductivity of pyrite and chlorite grains, which are part of the cementing material in rocks. Low indications of gamma radiation intensity radiation capture of thermal neutrons for low-resistance rocks are associated with high content of bound water in pyrite and chlorite minerals, and increased radioactivity is due to the content of zircon grains and high adsorption attributes of chlorite and clay masses. In order to increase the reliability of electric and electromagnetic logging data interpretation for the separation of reservoir rocks into typical and low-resistance quartz sandstones, it is proposed to use the comparison of the lateral logging curve (LL) with the normalized neutron gamma-ray logging (NGL) curve. The efficiency of proposed method for dividing reservoir rocks into groups was tested on actual material.

Key words: reservoir rock, Helvetian deposits, electrical resistivity, lateral logging, neutron gamma logging, selection, normalization.

Вступ

На сьогоднішній день Україна не в змозі забезпечити в повному обсязі енергетичний ринок власною вуглеводневою сировиною. Одним з напрямів збільшення об'ємів видобутку нафти, газу та газоконденсату є відкриття нових покладів вуглеводнів та дорозвідка родовищ, які тривалий час перебувають у розробці. Відкриття нових та дорозвідка старих родовищ вуглеводнів можливі за умови збільшення інформативності методів та методик вивчення геологічних розрізів свердловин, а також порід, що їх виповнюють. Геофізичні методи дослідження свердловин є базовими для вирішення задач пошуку та розвідки покладів нафти і газу. Однак складні геолого-технологічні умови проведення геофізичних вимірів у свердловинах та недостатня їх інформативність не завжди дозволяють достовірно виділити пластиколектори та безпомилково встановити характер їх насичення.

Особливо значні труднощі виникають при вивченні складнопобудованих порід-колекторів. Так, наприклад, гелівські відклади Більче-Волицької зони характеризуються низьким пи-

томим електричним опором, що значно ускладнює їх вивчення методами електричного та електромагнітного каротажу. Значення питомого електричного опору та електропровідності часто не відповідають характеру насичення низькоомних порід-колекторів. Дуже часто на виробництві за результатами інтерпретації даних (ГДС) у відкритому стовбурі низькоомні пластиколектори ідентифікують як водоносні, а в результаті їх випробування отримують значний приплив газу або газоконденсату.

Отже, задача вивчення низькоомних порід-колекторів та їх виділення в геологічному розрізі свердловин є на сьогоднішній день актуальною.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій. Дослідженням низькоомних порід-колекторів присвячено багато наукових праць [1-7]. Так, авторами роботи [1] встановлено, що основними причинами низькоомності порід-колекторів є тонкошарувата будова геологічного розрізу, піритизація, глинистість і, як наслідок, підвищений вміст зв'язаної води у порах пласта-колектора.

В роботі [2] встановлено, що наявність в породі глинистого матеріалу різного мінерального складу обумовлюють різні типи зв'язаної води, яка у певних геологічних умовах може проявляти себе як електрична звивистість, замикаючи силові лінії електричного поля та змінюючи електропровідність середовища. Проведений авторами аналіз мінерального складу глинистої фракції низькоомних порід-колекторів дозволив виявити ряд критеріїв, за якими можна безпомилково відокремити нафтогазонасичені та водонасичені пласти-колектори. Одним із основних критеріїв розподілу є коефіцієнт залишкового водонасичення. В основі виділення продуктивних низькоомних порід-колекторів за цим критерієм лежить принцип зіставлення розрахункового значення досліджуваного коефіцієнту залишкового водонасичення породи із коефіцієнтом залишкового водонасичення цієї породи, визначеним на зразках керну [2].

За результатами досліджень авторами роботи [5] встановлено, що породи з полімінеральним скелетом, де присутні мінерали польового шпату, при діагенезі здатні пелітизуватися, що, у свою чергу, призводить до збільшення кількості зв'язаної води. Додатковий об'єм зв'язаної води в мікропорах за однакових коефіцієнтів ефективної пористості та газонасичення спричиняє зниження електричного опору таких пластів. З метою підвищення достовірності виділення та однозначності оцінки характеру насичення низькоомних продуктивних порід-колекторів, у роботі [5] запропоновано використовувати взаємну кореляцію даних методів бокового (БК) та індукційного (ІК) каротажу.

В роботі [6] запропоновано методику виявлення низькоомних продуктивних колекторів на основі переінтерпретації стандартних матеріалів геофізичних досліджень свердловин і кореляційного аналізу. Зіставлення результатів переінтерпретації із результатами структурно-тектонічного аналізу сейсмічних даних та випробувань пластів дозволило визначити критерії локалізації низькоомних продуктивних інтервалів, а також виявити їх зв'язок з тріщинуватістю порід і відповідними вторинними геохімічними процесами в гірських породах.

Автором роботи [7] пропонується новий методичний підхід для виділення низькоомних порід-колекторів, що ґрунтується на визначенні питомого електричного опору пласта і порівняльного «відносного опору» залежно від особливостей геологічного розрізу свердловин з урахуванням анізотропії.

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Наведений вище аналіз наукових праць показав, що основна увага при вивченні низькоомних порід-колекторів приділялась встановленню причин їх низького питомого електричного опору. Набагато менше уваги приділялось методам та методикам виділення низькоомних порід-колекторів в геологічному розрізі. Однак кожен з типів геологічного розрізу потребує індивідуального підходу до вивчення питання низькоомності та встановлення критеріїв для їх виділення в розрізі свердловин. У такому випадку для пошуку дієвого способу виділення низькоомних порід-колекторів у геологічному розрізі гелльветських відкладів необхідно додатково вивчити вплив фізико-літологічних властивостей гірських порід на результати каротажу.

Мета та завдання досліджень. Метою даної роботи є створення методологічних основ для виділення низькоомних порід-колекторів у геологічному розрізі гелльветських відкладів Летнянського родовища з використанням методу нормалізації геофізичних кривих.

Для реалізації даної мети необхідно встановити чинники, що спричиняють низькі значення питомого електричного опору продуктивних товщ гелльветських відкладів, дослідити відображення низькоомних порід-колекторів на кривих комплексу методів ГДС. На фактичному матеріалі показати можливість використання методу нормалізації даних ГДС для виділення в геологічному розрізі низькоомних порід-колекторів.

Висвітлення основного матеріалу дослідження. За результатами геолого-геофізичних досліджень встановлено, що гелльветські відклади Летнянського газоконденсатного родовища складені моласовими утвореннями, представленими монотонним чергуванням пісковиків, алевролітів і глин, рідше конгломератами, солями, ангідритами [8]. Загальна товщина піщано-алевролітової пачки становить 6-50 м. Пісковики кварцові та глауконітові, сірі із зеленуватим і буруватим відтінками, середньо- і дрібнозернисті з карбонатно-глинистим цементом. Алевроліти кварцові, сірі, темно сірі з буруватим або зеленуватим відтінком. В гелльветських відкладах зустрічаються прошарки мергелів, сірих із зеленуватим відтінком. Пов'язані із гелльветськими піщаними породами скупчення газу утворюють єдині масивні поклади із газонакопиченнями в мезозойських відкладах.

Ефективна газонасичена товщина гелльветських відкладів коливається від 7,8 м до 24,4 м.

Пористість за результатами лабораторних досліджень зразків керну змінюється за площею від 11,3 % до 18,3 %. Проникність перебуває в межах $40,2 \cdot 10^{-3}$ мкм² – $166,2 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Фізичні властивості гірських порід гелльветського ярусу знаходять своє відображення на кривих ГДС. Геофізична характеристика набуває особливо чітких рис на фоні залягаючих гіпсів і ангідритів тираської світи, однорідних глин, так званих баранівських шарів, і залягаючих нижче вапняків мезозойського комплексу. Особливістю геофізичної характеристики гелльветських відкладів є аномально низький питомий електричний опір, в тому числі і газонасичених пластів, та підвищені (у порівнянні з чистими пісковиками сеноманського ярусу верхньої крейди) значення природної гамма-активності, незважаючи на низький вміст пелітового матеріалу. За результатами лабораторних досліджень кернового матеріалу встановлено, що підвищена радіоактивність порід гелльветського ярусу зумовлена як вмістом зерен циркону, так і високими адсорбційними властивостями хлориту та глинистих мас.

Основна складність при виділенні низькоомних продуктивних порід-колекторів та визначенні їх характеру насичення пов'язана із тим, що за даними ГДС вони себе характеризують як водонасичені. Так, використовуючи автоматизовану систему обробки та інтерпретації даних ГДС "Геопошук", нами було проведено комплексну обробку результатів дослідження гелльветських відкладів по св. №3-Летня методами бокового каротажного зондування (БКЗ), бокового каротажу (БК) та індукційного каротажу (ІК). За результатами обробки встановлено, що пласт в інтервалі глибин 1485,6-1588,6 м (рис. 1 а) характеризується понижуючим проникненням фільтрату промивальної рідини в пласт ($\rho_{п}^{БКЗ}=13,71$ Омм, $\rho_{п}^{БК}=10,88$ Омм, $\rho_{п}^{ІК}=7,23$ Омм, $\rho_{зп}=5,91$ Омм); пласти в інтервалі глибин 1489,6-1491,2 м ($\rho_{п}^{БКЗ}=1,82$ Омм, $\rho_{п}^{БК}=2,15$ Омм, $\rho_{п}^{ІК}=1,71$ Омм, $\rho_{зп}=2,96$ Омм), 1491,2-1494,4 м та 1494,4-1499,6 м характеризуються практично нейтральним проникненням фільтрату промивальної рідини в пласт, де $\rho_{зп} \approx \rho_{п}$ (рис. 1 б, в, г). Отримані результати комплексної обробки даних БКЗ, БК та ІК вказують на те, що перший пласт є газонасиченим, а характер насичення інших трьох встановити однозначно не вдалось, хоча після перфорації з останніх отримали приплив газу. Отримані результати інтерпретації вказують на низьку інформативність даних електричного та електромагнітного каротажу при дослідженні гелльветських відкладів.

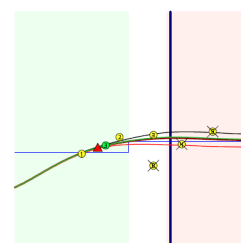
Прошарок №1 h=3.0 м (1485.6–1488.6 м) Dc=0.193 м Rc=0.600 Омм

Мя	L1/2	Відк Ry	Rnp	Leb Rn	Зонд	%Ry/(Rnp)	
KC1	0.45	5.522	5.968	0.45	10.32	AD-AM0.1N	4% 0%
KC2	1.05	12.8	9.159	1.05	12.24	A1M0.1N	5% 4%
KC3	2.25	14.21	10.2	2.25	13.71	A2M0.5N	7% 2%
KC4	4.25	8.927	8.034	4.25	8.927	AM0.5N	
KC5	8.5	16.85	15.8	8.5	16.85	ABMN	
OK2	2.25	3.943	3.937	2.25	3.976	NO-SMDA	
IK	1.2	7.184	8.406	1.45	10.88	БК-3	8% 3%
БК	1.2	137	7.159	2.187	7.01	БК1	5% 9%

РЕЗУЛЬТАТИ ОБРОБКИ:
Відносн. діаметр зони Dap/Dc: 6.7
Питомий опір зони Rsp: 5.91 Омм
Питомий опір прошарку Rn: 10.30 Омм
Питомий опір прошарку за ІК: 7.23 Омм
Питомий опір прошарку за БК: 10.88 Омм
Питомий опір прошарку за БКЗ: 13.71 Омм
Середня відносна похибка: 7%

Розраховано методом прив. кривих

а)



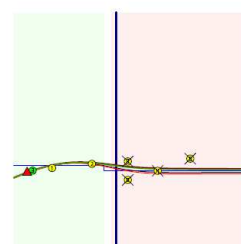
Прошарок №2 h=1.6 м (1489.6–1491.2 м) Dc=0.207 м Rc=0.600 Омм

Мя	L1/2	Відк Ry	Rnp	Leb Rn	Зонд	%Ry/(Rnp)		
KC1	0.45	2.552	2.501	0.45	1.821	AD-AM0.1N	16% 14%	
KC2	1.05	3.156	3.156	1.05	1.821	A1M0.1N	6% 0%	
KC3	2.25	3.507	3.507	2.25	3.567	A2M0.5N	3% 0%	
KC4	4.25	2.215	2.215	2.17	4.25	AM0.5N		
KC5	8.5	4.126	4.073	8.5	4.126	ABMN		
OK2	2.25	1.388	1.388	1.35	2.25	NO-SMDA		
IK	1.2	2.181	2.242	2.534	1.4	1.71	БК-3	1% 3%
БК	1.2	410	2.026	2.026	2.983	1.707	БК1	0% 20%

РЕЗУЛЬТАТИ ОБРОБКИ:
Відносн. діаметр зони Dap/Dc: 6.6
Питомий опір зони Rsp: 2.96 Омм
Питомий опір прошарку Rn: 2.25 Омм
Питомий опір прошарку за ІК: 1.71 Омм
Питомий опір прошарку за БК: 2.15 Омм
Питомий опір прошарку за БКЗ: 1.82 Омм
Середня відносна похибка: 6%

Розраховано методом прив. кривих

б)



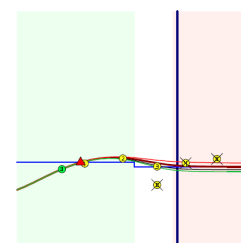
Прошарок №3 h=3.2 м (1491.2–1494.4 м) Dc=0.189 м Rc=0.600 Омм

Мя	L1/2	Відк Ry	Rnp	Leb Rn	Зонд	%Ry/(Rnp)		
KC1	0.45	3.503	3.503	0.45	2.401	AD-AM0.1N	7% 6%	
KC2	1.05	4.489	4.489	1.05	2.401	A1M0.1N	3% 0%	
KC3	2.25	3.016	3.016	2.791	2.25	A2M0.5N	8% 3%	
KC4	4.25	3.578	3.578	3.461	4.25	AM0.5N		
KC5	8.5	4.372	4.372	4.322	8.5	4.372	ABMN	
OK2	2.25	1.197	1.197	1.178	2.25	NO-SMDA		
IK	1.2	2.55	2.628	2.931	1.4	2.138	БК-3	4% 7%
БК	1.2	237	3.701	3.701	2.853	3.414	БК1	1% 7%

РЕЗУЛЬТАТИ ОБРОБКИ:
Відносн. діаметр зони Dap/Dc: 7.2
Питомий опір зони Rsp: 3.74 Омм
Питомий опір прошарку Rn: 2.96 Омм
Питомий опір прошарку за ІК: 3.41 Омм
Питомий опір прошарку за БК: 2.14 Омм
Питомий опір прошарку за БКЗ: 2.40 Омм
Середня відносна похибка: 6%

Розраховано методом прив. кривих

в)



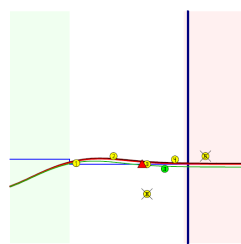
Прошарок №4 h=5.2 м (1494.4–1499.6 м) Dc=0.193 м Rc=0.600 Омм

Мя	L1/2	Відк Ry	Rnp	Leb Rn	Зонд	%Ry/(Rnp)		
KC1	0.45	2.978	2.978	2.854	0.45	2.829	AD-AM0.1N	13% 12%
KC2	1.05	4.286	4.286	3.421	1.05	2.829	A1M0.1N	13% 14%
KC3	2.25	2.92	2.92	2.822	2.25	2.829	A2M0.5N	13% 9%
KC4	4.25	3.29	3.612	3.188	4.25	2.829	AM0.5N	7% 11%
KC5	8.5	4.288	4.288	4.219	8.5	4.288	ABMN	
OK2	2.25	0.917	0.917	0.918	2.25	NO-SMDA		
IK	1.2	2.17	2.235	2.488	1.4	2.251	БК-3	9% 11%
БК	1.2	302	2.703	2.703	3.082	2.703	БК1	12% 5%

РЕЗУЛЬТАТИ ОБРОБКИ:
Відносн. діаметр зони Dap/Dc: 2.0
Питомий опір зони Rsp: 3.65 Омм
Питомий опір прошарку Rn: 2.83 Омм
Питомий опір прошарку за ІК: 2.70 Омм
Питомий опір прошарку за БК: 2.25 Омм
Питомий опір прошарку за БКЗ: 2.83 Омм
Середня відносна похибка: 11%

Розраховано методом мінімізації

г)



а – кварцовий пісковик із понижуючим проникненням фільтрату промивальної рідини в пласт;

б, в, г – низькоомний кварцовий пісковик із підвищуючим проникненням фільтрату промивальної рідини в пласт

Рисунок 1 – Результати комплексної інтерпретації даних БКЗ, БК та ІК (св.№3-Летня)

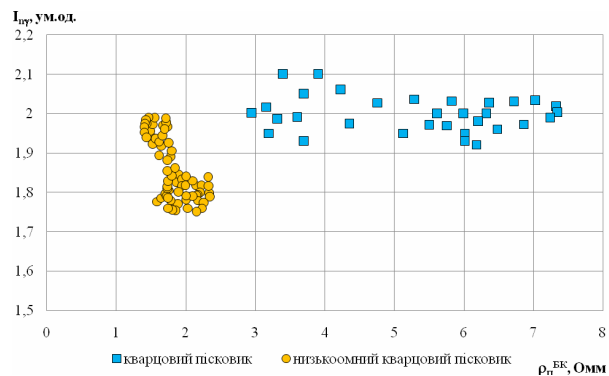
З метою дослідження відображення низькоомних продуктивних порід-колекторів в інших фізичних полях нами проведено аналіз взаємозв'язку даних методів НГК та БК (рис. 2 а), НГК та ГК (рис. 2 б), ГК та БК (рис. 2 в). Результати досліджень показали, що в геологічному розрізі гельветських відкладів виділяються дві групи порід: типовий кварцовий пісковик ($\rho_n^{BK}=2,95\div 7,35$ Омм; $I_\gamma=4,18\div 6,06$ мкР/год; $I_{\text{пн}}=1,92\div 2,1$ ум.од.) та низькоомний кварцовий пісковик ($\rho_n^{BK}=1,4\div 2,35$ Омм; $I_\gamma=3,34\div 5,21$ мкР/год; $I_{\text{пн}}=1,75\div 1,99$ ум.од.). Такий поділ порід на групи зумовлений аномальними електричними та нейтронними властивостями зерен піриту та хлориту в цементі породи, вміст яких встановлений за результатами рентгенівського аналізу зразків керну відібраного із продуктивних товщ гельветських відкладів Летнянського родовища [8].

Отже, визначальним чинником, що призводить до низького питомого електричного опору гельветських порід, є вміст зерен піриту та хлориту в цементуючому матеріалі, які спричиняють електронну провідність [9]. Отримані безводні припливи газу та газоконденсату із низькоомних пластів-колекторів гельветського ярусу спростовують факт припущення про вплив високого залишкового водонасичення на питомий електричний опір порід. Малі значення інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів $I_{\text{пн}}$ низькоомних порід-колекторів теж зумовлені вмістом зерен піриту та хлориту за рахунок високого вмісту зв'язаної води в останніх [9, 10].

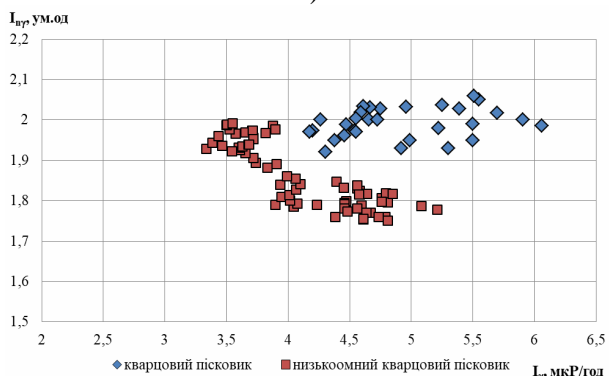
Для нормалізації геофізичних кривих необхідно виконати дві умови: по-перше, нормалізовані криві повинні залежати від одного і того ж літолого-петрофізичного параметра (перша властивість); по-друге, властивість, яку необхідно виявити у результаті нормалізації, повинна впливати на обидві нормалізовані криві іншим чином, ніж перша властивість. Результати дослідження гельветських відкладів Летнянського родовища методами БК та НГК повністю відповідають усім вимогам нормалізації.

Нами виконана нормалізація кривої НГК за кривою БК в межах продуктивних відкладів гельветського ярусу за допомогою АС "Геопошук" (рис. 3). Процес нормалізації проведено у два етапи: знаходження рівняння нормалізації між геофізичними кривими та власне проведення нормалізації. Рівняння нормалізації між двома зіставленими геофізичними кривими мало вигляд прямої лінії $y = a + bx$, де y – значення базової кривої, масштаб якої не змінюється; x – значення трансформуючої кривої;

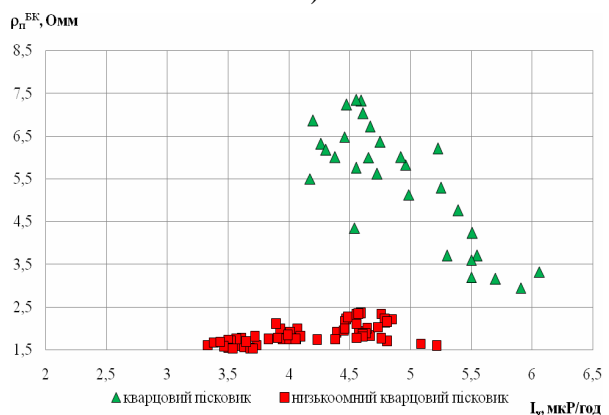
a, b – коефіцієнти рівняння, які означають зміщення нульової лінії між кривими і зміну масштабу нормалізуючої кривої відповідно.



а)



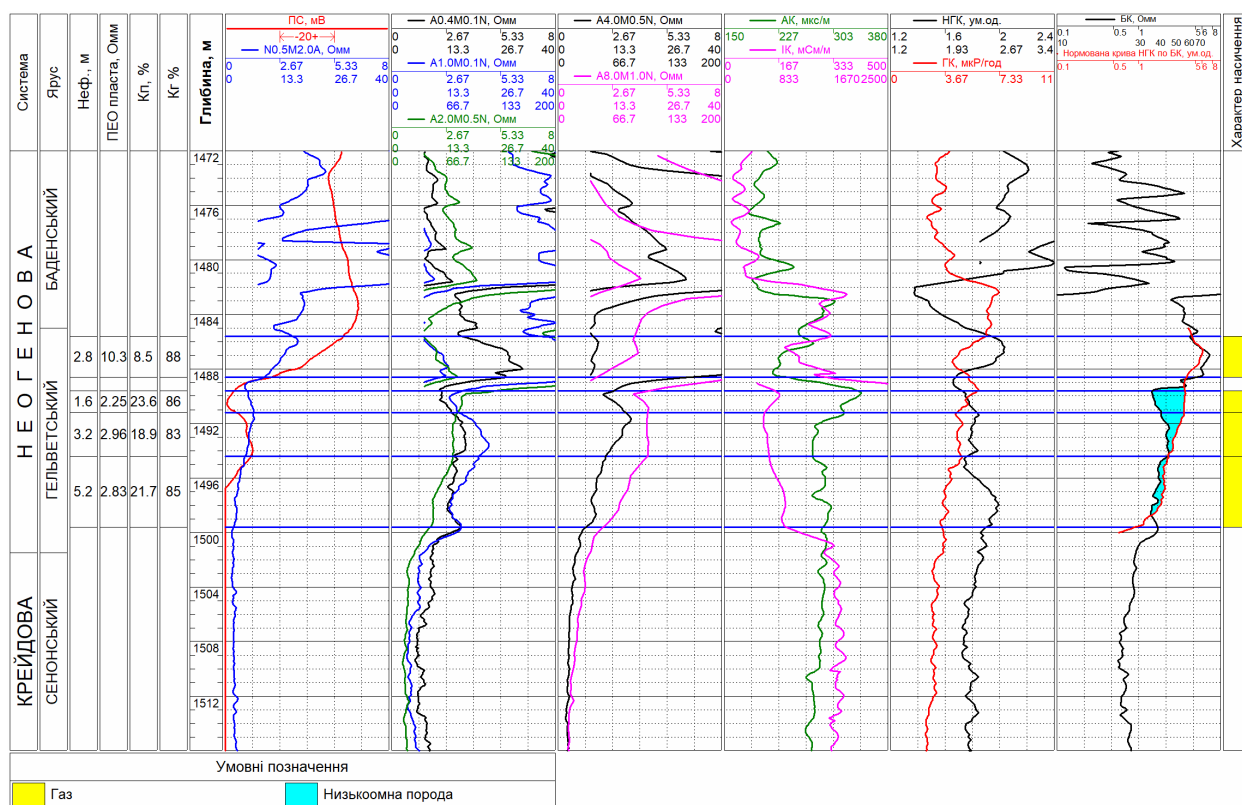
б)



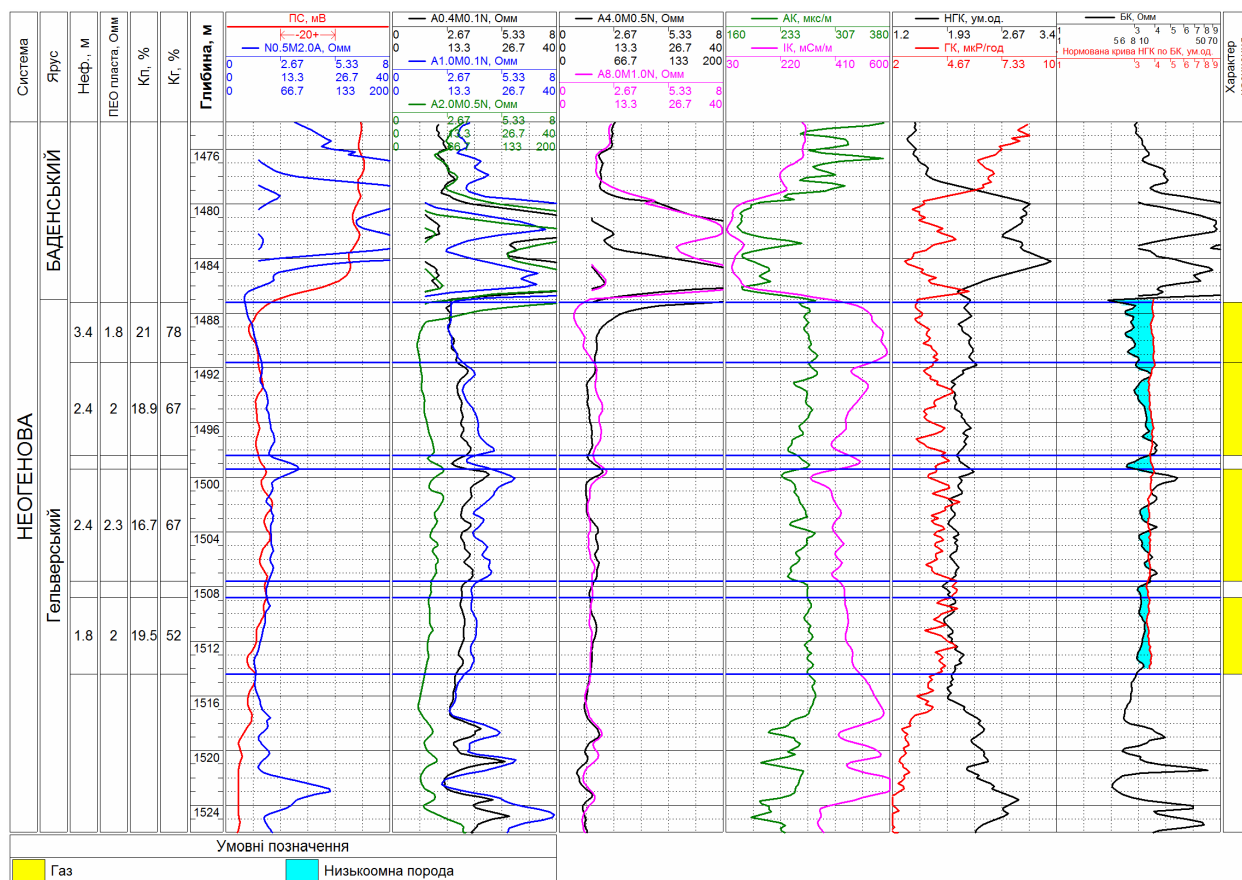
в)

а) зіставлення інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів $I_{\text{пн}}$ з питомим електричним опором ρ_n за БК; б) зіставлення інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів $I_{\text{пн}}$ з інтенсивністю природного гамма-поля I_γ ; в) зіставлення питомого електричного опором ρ_n за БК з інтенсивністю природного гамма-поля I_γ

Рисунок 2 – Зіставлення електричних і радіоактивних характеристик продуктивних пластів-колекторів гельветських відкладів Летнянського родовища



а)



б)

а) св. № 3-Летня; б) св. № 39-Летня

Рисунок 3 – Виділення низькоомних порід-колекторів в геологічному розрізі гельветських відкладів Летнянського родовища шляхом нормалізації кривих НГК і БК

Проведена нормалізація кривої НГК за БК в межах гелльветських відкладів св. №3-Летня (рис. 3 а) дала можливість виділити інтервали продуктивних пластів із низьким питомим електричним опором ($\rho_n^{BK} < 2,4$ Омм). Дієвість використання методу нормалізації геофізичних кривих для виділення продуктивних інтервалів із низьким питомим електричним опором підтверджується відповідним формуванням груп порід на рис. 2 а, де для низькоомного кварцового пісковика ρ_n^{BK} змінюється в межах від 1,4 Омм до 2,35 Омм.

За результатами нормалізації кривих НГК і БК у св. №39 (рис. 3 б) виділено низькоомні продуктивні кварцові пісковики з $\rho_n^{BK} < 3,5$ Омм. Така відмінність за ρ_n^{BK} порівняно із св. №3-Летня пояснюється різними літолого-мінералогічними особливостями порід, що потребує у кожному окремому випадку індивідуального підходу до процедури нормалізації.

Висновки

У ході роботи встановлено, що основними чинниками, які спричиняють низькоомність гелльветських відкладів Летнянського газового родовища, є вміст у цементі породи зерен піриту і хлориту. Крім того, високий вміст зв'язаної води в зернах піриту та хлориту спричиняє малі значення інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів.

Враховуючи особливий характер відображення гелльветських продуктивних відкладів на кривих ГДС, для розподілу порід-колекторів на типові та низькоомні запропоновано використовувати зіставлення кривої БК із нормалізованою кривою НГК за БК.

Реалізація запропонованого підходу на фактичному матеріалі показала високу ефективність виділення низькоомних продуктивних пластів-колекторів гелльветських відкладів Летнянського родовища. Використання запропонованого підходу при проведенні оперативної інтерпретації даних ГДС унеможливить пропущення продуктивних пластів-колекторів. Адже, як вище згадувалось у статті, низькоомні газонасичені пласти-колектори зазвичай характеризуються нейтральним проникненням фільтрату промивальної рідини в пласт.

Література

1. Курганський В. М., Ручко К. О. Аналіз результатів інтерпретації даних електричного каротажу при вивченні низькоомних порід-колекторів на прикладі Малодівницького родовища. *Геоінформатика*. 2016. №1. Вип. 57. С. 37-42.
2. Причини низькоомності порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України / Д. Д. Федоришин, С. Д. Федоришин, А. В. Старостін, Я. М. Коваль. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2006. №3(20). С. 35-40.
3. Федоришин Д. Д., Федоришин С. Д., Коваль Я. М. Підвищення ефективності електричних досліджень свердловин низькоомних порід-колекторів нафтогазових родовищ. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2006. №2(14). С. 32-36.
4. Карпенко А. Н. Петрофизическая модель электропроводности тонкослоистой глинисто-песчаной толи. *Геофизический журнал*. 2002. т.24. №1. С. 103-109.
5. Старостін В. А., Коваль Я. М. Критерійний підхід до оцінки характеру насичення поліміктових порід-колекторів. *Сборник научных трудов Sword*. Иваново: Маркова АД, 2014. Выпуск №4(37). Том 33. С. 21-25.
6. Мельник И. А. Геофизические критерии низкоомных интервалов в зонах миграции нефтегазовых флюидов. *НТВ Каротажник*. 2013. № 1(223). С. 39-56.
7. Шакаров Х. И. Критерии выделения низкоомных коллекторов и оценка их продуктивности по данным каротажа. *НТВ Каротажник*. 2020. № 1(301). С. 63-74.
8. Подсчет запасов газа и конденсата Летнянского месторождения (Львовская область Украины) / С. Ф. Мицько и др. Книга 1. Тематическая партия ВГО "Западургеология". Львов. 1988. 243 с.
9. Кобранова В. Н. Физические свойства горных пород (петрофизика). М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горнотопливной литературы. 1962. 490 с.
10. Кожевников Д. А. Нейтронные характеристики горных пород и их использование в нефтепромысловой геологии. М.: Недра, 1974. 184 с.

References

1. Kurhanskyi V. M., Ruchko K. O. Analiz rezultativ interpretatsii danykh elektrychnoho karotazhu pry vyvchenni nyzkoomnykh porid-kolektoriv na prykladi Malodivyt'skoho rodovyshcha. *Heoinformatsiya*. 2016. No 1. Vyp. 57. P. 37-42. [in Ukrainian]
2. Prychyny nyzkoomnosti porid-kolektoriv ta otsinka kharakteru yikh nasychennia v umovakh naftohazovykh rodovyshch Ukrainy / D. D. Fedoryshyn, S. D. Fedoryshyn, A. V. Starostin, Ya. M. Koval. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 2006. No 3(20). P. 35-40. [in Ukrainian]
3. Fedoryshyn D. D., Fedoryshyn S. D., Koval Ya. M. Pidvyshchennia efektyvnosti elektrychnykh doslidzhen sverdlovin nyzkoomnykh porid-kolektoriv naftohazovykh rodovyshch. *Naukovyi visnyk IFNTUNH*. 2006. No 2(14). P. 32-36. [in Ukrainian]
4. Karpenko A. N. Petrofizicheskaya model elektroprovodnosti tonkosloistoy glinisto-peschanoy toli. *Geofizicheskii zhurnal*. 2002. Vol.24. No1. P. 103-109. [in Russian]
5. Starostin V. A., Koval Ya. M. Kryteriinyi pidkhid do otsinky kharakteru nasychennia polimiktovykh porid-kolektoriv. *Sbornik nauchnykh trudov Sword*. Ivanovo: Markova AD, 2014 Vol 4(37). issue 33. P. 21-25. [in Ukrainian]
6. Melnik I. A. Geofizicheskie kriterii nizkoomnykh intervalov v zonah migratsii neftegazovykh flyuidov. *NTV Karotazhnik*. 2013. No 1(223). P. 39-56. [in Russian]
7. Shakarov H. I. Kriterii vyideleniya nizkoomnykh kollektorov i otsenka ih produktivnosti po dannyim karotazha. *NTV Karotazhnik*. 2020. No 1(301). P. 63-74. [in Russian]
8. Podschet zapasov gaza i kondensata Letnyanskogo mestorozhdeniya (Lvovskaya oblast Ukrainyi) / S. F. Mitsko i dr. Kniga 1. *Tematicheskaya partiya VGO "Zapadukrgeologiya"*. Lvov. 1988. 243 p. [in Russian]
9. Kobranova V. N. Fizicheskie svoystva gornykh porod (petrofizika). M.: Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatelstvo neftyanoy i gornotoplivnoy literaturyi. 1962. 490 p. [in Russian]
10. Kozhevnikov D. A. Neytronnyie harakteristiki gornykh porod i ih ispolzovanie v neftepromyislovyi geologii. M.: Nedra, 1974. 184 p. [in Russian]