

УДК 54

В. О. РУЧКО, науковий співробітник (УкрДГРІ), Київ, Україна, kvo243@ukr.net,**К. О. РУЧКО**, аспірантка (ННІ "Інститут геології" КНУ імені Тараса Шевченка), Київ, Україна, Pirofillon@i.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ НАСИЧЕННЯ НИЗЬКООМНИХ КОЛЕКТОРІВ ЗА ДАНИМИ ІМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОН-НЕЙТРОННОГО МЕТОДУ

Підвищення ефективності інтерпретації матеріалів геофізичних досліджень свердловин у геологічних розрізах зі складною будовою є актуальним завданням. На користь цього напрямку свідчать отримані припливи нафти й газу зі складнобудованих колекторів, серед яких важливе місце посідають колектори з низьким електричним опором. Одержання припливів вуглеводнів з низькоомних пластів-колекторів нарівні з високоомними стало приводом для їхнього поглибленого вивчення. Під час інтерпретації геолого-геофізичних досліджень у низькоомних пластах-колекторах виникають труднощі з розв'язанням таких важливих геологічних завдань, як виділення колекторів, оцінка характеру їхнього насичення й визначення розрахункових параметрів. У цій роботі розглянуто можливості вирішення вищезазначених завдань за даними імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу (ІННК) у системі "Геопішук".

Ключові слова: низькоомність, характер насичення, імпульсний нейтрон-нейтронний каротаж.

V. O. Ruchko, Ukrainian state geological research institute, Kyiv, Ukraine, kvo243@ukr.net, **K. O. Ruchko**, National Taras Shevchenko University of Kyiv "Institute of Geology", Kyiv, Ukraine, Pirofillon@i.ua

SELECTION OF LOW-RESISTIVITY RESERVOIRS AND DETERMINATION THE NATURE OF SATURATION ACCORDING TO THE DATA OF PULSED NEUTRON-NEUTRON LOGGING METHOD

An actual problem is improved material interpretation of geophysical studies of wells in geological sections with a complex structure. In support of this line of evidence obtained by the inflow of oil and gas reservoirs with complicated structure, among which the most important are reservoirs with low electrical resistance. A large amount of hydrocarbons from low-resistivity layers are the reason for their in-depth study. In the interpretation of geological and geophysical studies in low-reservoir have difficulty with solving such important geological problems as the selection of collectors, their determination the nature of saturation and definition of saturation parameters. In this paper we consider the possibility of solving these problems above according netron pulsed-neutron logging (INNK) using the system of "Geopoisik".

Keywords: low resistance, the nature of saturation, pulse neutron-neutron logging.

Нині увага фахівців нафтогазової промисловості все більше прикута до ресурсів нафти й газу, зосереджених у складних з геологічного погляду об'єктах. До таких об'єктів, наприклад, зараховують карбонатні й теригенні породи складної будови, породи-колектори фундаменту, що глибоко залягають, поклади з аномальними пластовими тисками та ін. Кількість об'єктів, характерною ознакою яких була витриманість за розрізом і площею фільтраційно-ємнісних властивостей колекторів, велика товщина і, як наслідок, чітко виражена геофізична характеристика, у загальній кількості розвіданих родовищ неухильно скорочується. При цьому нововиявлені поклади вуглеводнів нерідко пов'язують зі складнобудованими теригенними колекторами, які вирізняються неабиякою неоднорідністю, малими потужностями в 1,5–2 м, складною структурою порового простору і, як наслідок, значною варіацією фільтраційно-ємнісних властивостей, що неминуче призводить до зниження інформативності геофізичних досліджень свердловин. Промислове освоєння таких покладів потребує попередньої детальної геологічної та геофізичної вивченості. У цій роботі основну увагу приділено продуктивним низькоомним породам-колекторам.

Низькі значення питомого електричного опору порід-колекторів створюють труднощі під час розчленування розрізу за літологією, визначення характеру насичення, коефіцієнтів нафтогазонасичення, ефективних товщин і встановлення положення флюїдальних контактів, що може призвести до серйозних помилок у створенні геологічної моделі досліджуваного об'єкта й під час підрахунку запасів.

Продуктивні розрізи низки родовищ Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) (Прилуцького, Малодівицького, Ярошівського, Великобубнівського та ін.) мають невластиві для нафтогазонасичених порід низькі значення питомого електричного опору.

Під час вивчення природи низьких питомих опорів продуктивних колекторів указаних родовищ було проведено аналіз літологічних особливостей низькоомних порід-колекторів та аналіз ефективності методів електричного каротажу (БК, ІК, БКЗ) для визначення електричного опору продуктивних низькоомних пластів-колекторів.

Ці дослідження дали змогу авторам [5] виділити основні чинники, що обумовлюють низькоомність порід, і дійти таких висновків:

– серед чинників, які обумовлюють низькоомність досліджуваних порід, є: тонкошаруватість, піритизація, глинистість;

– унаслідок інтерпретації даних БКЗ, БК, ІК нафтонасичені й водонасичені колектори мають підвищувальну проникність ($\rho_c > \rho_v, \rho_{зп} > \rho_{п,}$), що ускладнює виділення та даліше вивчення продуктивних пластів;

– кількісна інтерпретація даних БКЗ (оцінка питомого електричного опору $\rho_{п}$) і розрахунків параметра насичення (коефіцієнта збільшення опору $\rho_{н}$) для заздалегідь водо- і нафтонасичених колекторів засвідчили, що цей головний показник визначення характеру насичення порід не є ефективним у цих геолого-геофізичних умовах. Для водонасичених і нафтонасичених пластів його значення майже перекриваються, що не дає змоги однозначно визначити коефіцієнт нафтогазонасичення ($K_{нф}$).

Отже, у складних геоелектричних умовах (перевага пластів середньої й малої потужності, чергування пластів з високим і низьким опором, висока мінералізація бурового розчину, наявність низькоомних продуктивних колекторів та ін.) потрібно використовувати комплекс додаткових методів, що дасть змогу підвищити достовірність визначення характеру й ступеня насичення пласта.

Уникнути неоднозначної оцінки характеру насичення й величини коефіцієнта нафтогазонасичення в таких геолого-геофізичних умовах дозволяє метод імпульсного нейтронного каротажу.

У цій роботі автори досліджують можливості виділення низькоомних порід-колекторів і визначення характеру флюїду, що насичує пласт, за даними імпульсного нейтронного каротажу. Обробку й геолого-геофізичну інтерпретацію матеріалів ГДС проводили за матеріалами геофізичних досліджень свердловин у низькоомних продуктивних колекторах на Малодівицькому та Прилуцькому нафтових родовищах ДДЗ з допомогою комп'ютеризованої технології інтерпретації ГДС "Геопшук".

Як відомо, суть методу ІННК полягає у вивченні нестаціонарних нейтронних полів, які створює генератор нейтронів. Пласти, які розкрито свердловиною, опромінюються імпульсами нейтронів тривалістю ΔT , що прямують один за одним через певні проміжки часу T . Після закінчення часу t_3 (часу затримки) протягом часу Δt (вікно часового аналізатора) вимірюється щільність нейтронів або часове згасання нейтронів, що залежить від уповільнювальних та поглинальних властивостей середовища. Змінюючи час умикання вимірювальної апаратури (часу затримки t_3) та вимірюючи щільність нейтронів протягом відрізка часу Δt , вивчають процеси взаємодії опромінення з речовиною, характерні для цього часу життя нейтронів.

Удосконалення реєструвальної апаратури й розвиток комп'ютеризованих технологій суттєво розширюють можливості імпульсного нейтронного каротажу. Насамперед це стосується цифрових реєстраторів, що дозволяють докладно реєструвати швидкоплинні процеси й простежувати історію життя нейтронів, які випромінює генератор нейтронів у свердловині.

Із застосуванням у практиці геофізичних досліджень свердловин апаратури швидкісної реєстрації, що дає змогу одержувати серії вимірів з різними рівнями часової затримки, було закладено основи створення технології темпорального зондування [4]. Суть цієї нової технології полягає в детальному вивченні радіальної неоднорідності навколо свердловинного простору через вивчення зміни щільності теплових нейтронів у часі.

Показання ІННК визначаються нейтронними характеристиками середовища й геометрією вимірів. Отже, за цими даними можна оцінити нейтронні параметри гірських порід. А знаючи нейтронні характеристики гірських порід, можна

встановити зв'язки між показниками ІННК і властивостями досліджувальних середовищ.

Величина одного з найважливіших параметрів гірських порід – часу життя теплових нейтронів – визначається мікроскопічним перерізом захоплення теплових нейтронів ядрами хімічних елементів, що входять до складу мінералів, котрі утворюють скелет породи, і до складу флюїдів, що насичують поровий простір.

Гірські породи зазвичай являють собою середовища складної хімічної будови. Знання часу життя теплових нейтронів т дозволяє оцінити вміст елементів, які поглинають нейтрони.

На нафтових і газових родовищах найбільший внесок у переріз поглинання нейтронів робить хлор, що є в пластових водах, бор, залізо й калій у складі глинистих відкладів, а також водень пластових флюїдів. Серед більшості породотворюючих елементів водень виділяється великою уповільнювальною здатністю.

За умови $\tau_2 > \tau_1$ (де τ_2 і τ_1 – час життя теплових нейтронів у пласті й свердловині) кількість нейтронів N у свердловині з достатньо великим часом t від моменту посилення імпульсу швидких нейтронів зменшується за експоненціальним законом:

$$N = N_0 \exp(-t/\tau_n),$$

де τ_n – час життя теплових нейтронів у пласті.

Отже, отримані по свердловині криві ІННК характеризуватимуть розріз свердловини за часом життя теплових нейтронів у пластах.

Дослідження розрізів свердловин методом ІННК задля літологічного розчленування засвідчили, що первинні криві ІННК дуже добре диференційовані: вони різко реагують на межі пластів, узгоджуються з результатами досліджень інших промислово-геофізичних методів і тому на підставі ознак, виявлених на діаграмах різних методів, їх може бути використано для проведення оцінки літологічних характеристик виділених однорідних інтервалів. Так, наприклад, труднощі під час інтерпретації промислово-геофізичних досліджень у теригенних відкладах виникають у тонкошаруватих розрізах. Перешарування пластів завтовшки менш як 1 м (мікрошаруваті) спричиняє суттєве зниження диференціації методів каротажу завдяки анізотропії й інерційності апаратури. На практиці мікрошаруваті пласти інколи інтерпретують як глинисті, оскільки на кривих електрометрії для них характерні низькі значення опору (2–5 Ом·м), а на кривих гамма-каротажу їм властива підвищена (6–9у) природна радіоактивність (рис. 1).

Розчленування розрізу свердловини за даними ІННК здійснюється переважно згідно із часом існування теплових нейтронів (τ). У пористих породах більшість теплових нейтронів захоплюється атомами водню та хлору. Зі збільшенням водневого вмісту (пористості) щільність теплових нейтронів падає, що приводить до зменшення показників ІННК, зі зменшенням водневого вмісту область поширення теплових нейтронів зростає й показники ІННК збільшуються. Тобто між даними ІННК і вмістом водню в середовищі існує обернено пропорційний зв'язок. Згідно із цим маємо відповідні показники кривих ІННК – найбільші в ущільнених породах, дещо менші – у нафтонасичених колекторах, і ще менші – у колекторах водонасичених. Найменші показники кривих ІННК узгоджуються з глинистими породами, бо вони мають найбільшу загальну пористість і насичені водами високої мінералізації, що приводить до великого поглинання теплових нейтронів ядрами хлору (рис. 2–3). Саме через уміст хлору значення даних ІННК для водонасичених колекторів і глинистих порід малочим відрізняються між собою [2]. Диференційованість діаграм

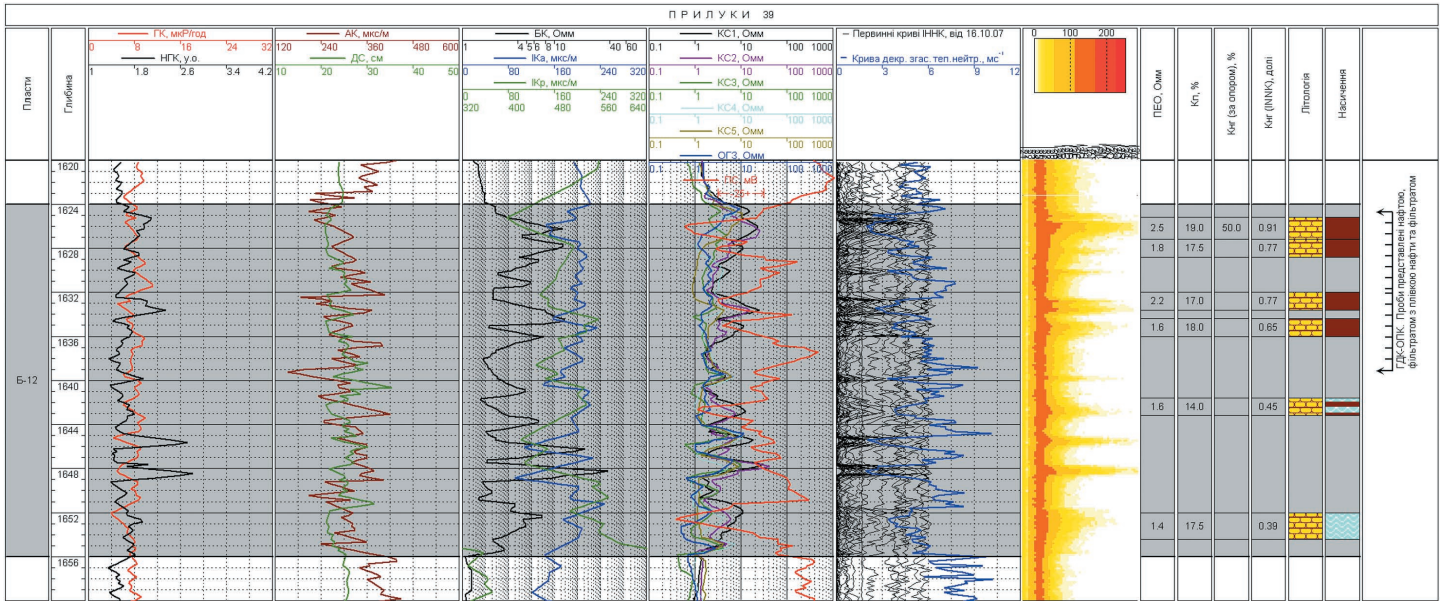


Рис. 1. Геолого-геофізична характеристика Прилуцького нафтового родовища (свердловина № 39)

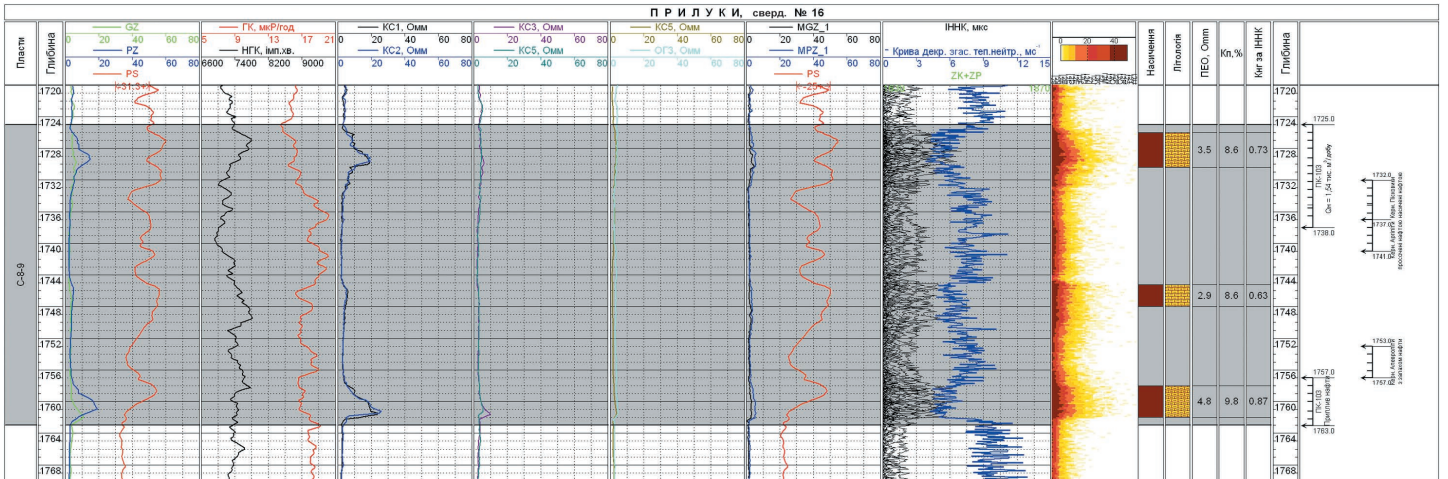


Рис. 2. Геолого-геофізична характеристика Прилуцького нафтового родовища (свердловина № 16), глибина 1700–1770 м

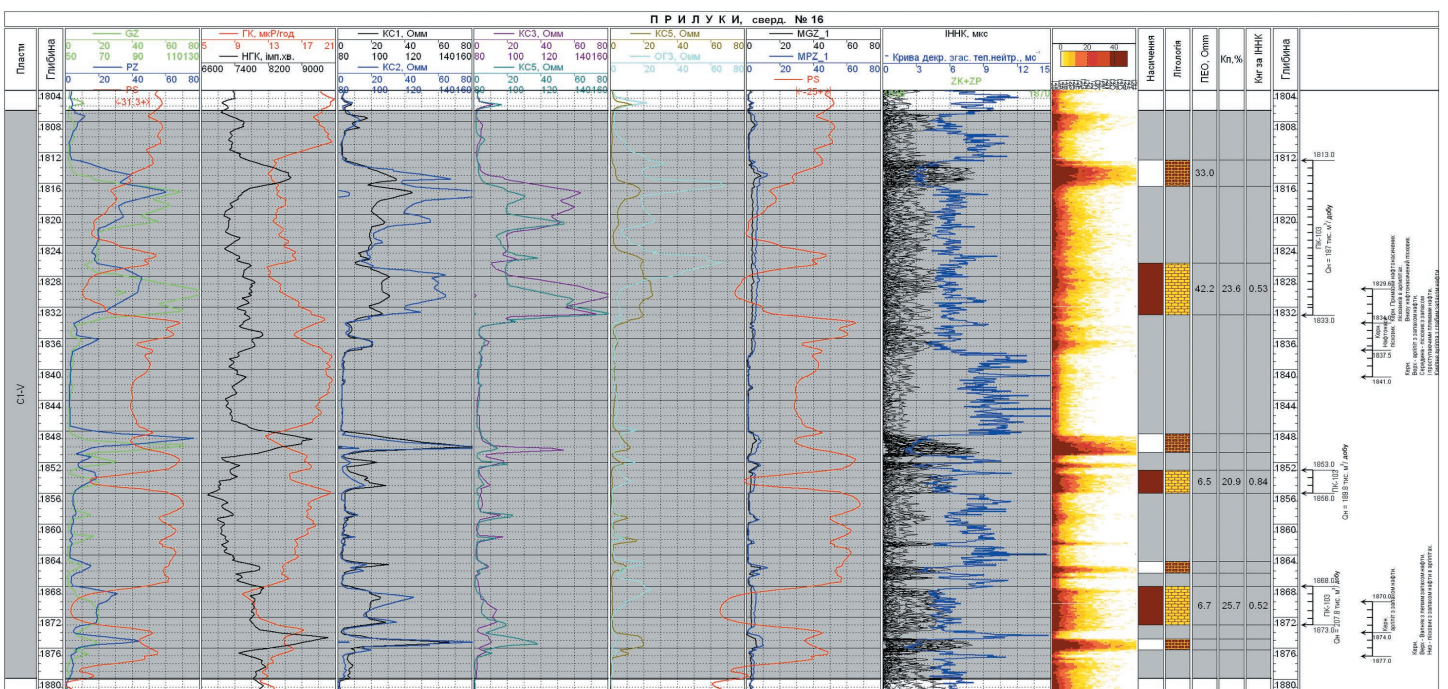


Рис. 3. Геолого-геофізична характеристика Прилуцького нафтового родовища (свердловина № 16), 1800–1900 м

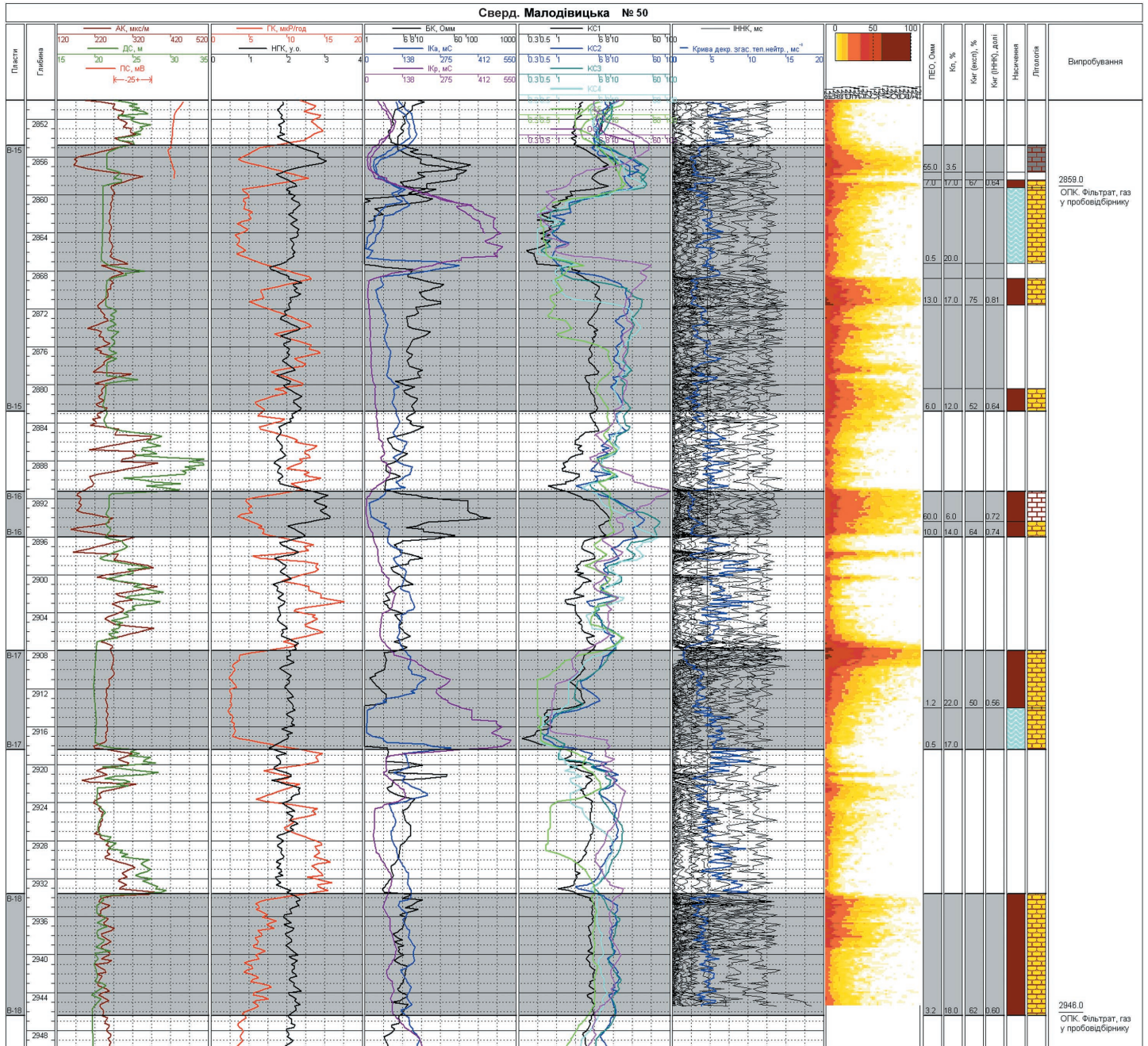


Рис. 4. Геолого-геофізична характеристика Мало́дівського нафтового родовища (свердловина № 50)

ІННК дає змогу узгоджувати криві ІННК з діаграмами інших методів, визначати межі й потужності окремих пластів.

Отже, щоб розв'язати проблему виділення низькоомних продуктивних колекторів і визначити характер флюїду, що насичує пласт у низькоомних продуктивних пластах-колекторах, запропоновано скористатися даними імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу. На нафтових і газових родовищах у разі застосування методу ІННК також вирішують завдання з простеження водонафтового й газорідного контактів під час експлуатації продуктивних покладів і визначення або уточнення ВНК і ГВК у розвідувальних свердловинах після обсадки їх колоною (рис. 4).

Висновки

– Метод ІННК чутливіший, ніж інші радіометричні методи, до зміни літологічних характеристик пластів-колекторів і характеру їхнього насичення.

– На кривих щільності теплових нейтронів малопористі неглинисті пласти, нафто- й газонасичені колектори характеризуються максимальними значеннями; глинисті пласти й високопористі колектори, насичені мінералізованою водою, – мінімальними показниками.

– Використання методу ІННК ефективно під час деталізації розчленування розрізу в покладах зі складною геологічною будовою, де низька диференціація каротажних кривих не дає змоги виділити колектори й оцінити їхні властивості.

– У комплексі з іншими методами ГДС дозволяє досить упевнено розділяти пласти-колектори на нафто- й водонасичені.

– Застосування методу ІННК дає змогу надійно розв'язувати завдання з визначення в розрізі водонафтових і газоводних контактів і здійснювати моніторинг зміни положення ВНК у процесі розробки родовища.

– Метод ІННК може бути застосовано для виділення на-

фтогазоносійних об'єктів після обсадки свердловин, а також моніторингу розформування зони проникнення в часі.

– Дані ІННК набувають важливого значення в оцінці ефективності розробки родовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуньовська О. М., Лизун С. О., Чепіль П. М. Низькоомні колектори нафти й газу, умови їх утворення, критерії виділення та характер розповсюдження у розрізах карбону ДДЗ//Нафта й газ. – 2004. – С. 89–90.
2. Заворотько Ю. М. Фізичні основи геофізичних методів дослідження свердловин. – Київ: УкрДГРІ, 2010. – 288 с.
3. Кожевников Д. А. Нейтронные характеристики горных пород и их использование в нефтепромысловой геологии. – М.: Недра, 1974. – 184 с.
4. Кулінкович А. Є., Красножон М. Д., Алексащенко О. А., Кнішман О. Ш. Технологія темпорального зондування в методі імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу//Збірник наукових праць. Теоретичні та практичні проблеми нафтогазової геофізики. – Київ, 2001. – С. 121–129.
5. Курганський В. М., Ручко К. О. Літолого-петрофізичні особливості низькоомних колекторів Прилуцького нафтового родовища//Мінеральні ресурси України. – 2014. – № 4. – С. 20–25.
6. Курганський В. М., Ручко К. О. Результати інтерпретації даних БКЗ-БК-ІК та даних ІННК при вивченні низькоомних порід-колекторів на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини//XII Міжнародна конференція геоінформатики. Теоретичні та практичні аспекти. 12–15 травня 2015. – Київ, Україна.
7. Федоришин Д. Д., Гаранін О. А., Федоришин С. Д. До питання причин мінливості електричних порід-колекторів нафтогазових родовищ України//Каротажник. – 2008. – № 1 (26). – С. 89–93.
8. Шакаров Х. И., Султанов Л. А., Кязимов Р. В., Ганифе-Заде Ч. Д., Абдуллаев А. И. О некоторых причинах низкого сопротивления продуктивных коллекторов//Каротажник. – Тверь, 2007. – № 12. – С. 47.
9. Worthington P. Recognition and evaluation of low-resistivity pay//EAGE. – London, 2000. – № 6. – P. 56.

REFERENCES

1. Hunovska O. M., Lyzun S. O., Chepil P. M. Low resistance of oil and gas, the conditions of their formation, selection criteria and the nature of distribution in sections of carbon Dnieper Donets depression//Nafta i haz. – 2004. – P. 89–90. (In Ukrainian).
2. Zavorotko Yu. M. The physical basis of geophysical methods for wells. – Kyiv: UkrDHRI, 2010. – 288 p. (In Ukrainian).
3. Kozhevnikov D. A. Neutron characteristics of rocks and their use in petroleum geology. – Moscow: Nedra, 1974. – 184 p. (In Russian).
4. Kulinkovych A. Ye., Krasnozhan M. D., Aleksashenko O. A., Knishman O. Sh. Technology of temporal sensing method of pulse neutron-neutron logging//Zbirnyk naukovykh prats "Teoretychni ta praktichni problemy naftohazovoi heofizyky. – Kyiv, 2001. – P. 121–129. (In Ukrainian).
5. Kurhanskyi V. M., Ruchko K. O. Lithologic and petrophysical characteristics of low-resistivity reservoirs of Priluky oil field//Mineralni resursy Ukrainy. – 2014. – № 4. – P. 20–25. (In Ukrainian).
6. Kurhanskyi V. M., Ruchko K. O. The results of interpretation data of electrical methods and data of pulse neutron-neutron logging studied at low-reservoir rocks for example deposits Dnieper Donets depression//XII International Conference on Geoinformatics. Theoretical and Applied Aspects. 12–15 May. – 2015. – Kyiv, Ukraine. (In Ukrainian).
7. Fedoryshyn D. D., Haranin O. A., Fedoryshyn S. D. On the question of variability causes electrical reservoir rocks of oil and gas deposits in Ukraine//Karotazhnyk. – 2008. – № 1 (26). – P. 89–93. (In Ukrainian).
8. Shakarov H. I., Sultanov L. A., Kyazimov R. V., Ganife-Zade Ch. D., Abdullaev A. I. Some reasons for low resistance productive reservoirs//Karotazhnyk. – Tver, 2007. – № 12. – P. 47. (In Russian).
9. Worthington P. Recognition and evaluation of low-resistivity pay//EAGE. – London, 2000. – № 6. – P. 56.

Рукопис отримано 9.02.2016.

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Редакція приймає оригінальні, раніше не опубліковані статті геологічної, геолого-мінералогічної та технічної тематик.

Статті слід надсилати в друкованому (два примірники) й електронному вигляді, бажано українською мовою. Електронний варіант приймається на компакт-диску чи електронною поштою.

Обсяг однієї наукової статті – до 12 стор. машинопису через 2 інтервали (разом з табл., фото, рис. та підписами до них, бібліографічним списком, анотацією), оглядової – 6–7 стор., інформаційного повідомлення – 3–4 стор.

До рукопису необхідно додати акт експертизи й такі відомості про автора/авторів: прізвище, ім'я та по батькові (повністю); учене звання й учений ступінь; посада чи професія; місце роботи (назва установи чи організації); адреса місця роботи, номер телефону; адреса місця проживання, номер телефону, електронна адреса.

До кожної статті обов'язково навести: індекс УДК, реферат (мовою оригіналу та англійською), бібліографічний список за алфавітом (оформлений відповідно до сучасних вимог), рисунки, таблиці та підписи до них (окремі файли).

Комп'ютерні макети рисунків приймаються в разі дотримання таких умов.

Растрова графіка: чорно-біле зображення – *.tif чи *.psd (Adobe PhotoShop); повнокольорове зображення – *.tif, *.eps, *.psd-формат, розрізнення 300 dpi. Кольорова модель СМΥК, чорний колір в одному каналі.

Векторна графіка: файли формату *.ai, *.eps (Adobe Illustrator) чи *.cdr (Corel Draw). Використані шрифти мають бути подані окремо або переведені в криві. Растрову графіку до векторного макета не заносити.

- Редколегія може не поділяти думки автора.

- Автори відповідають за точність викладених фактів, даних, цитат, бібліографічних довідок, написання географічних назв, власних імен, геологічних термінів тощо.

Рішення про публікацію статті в журналі приймається на основі незалежної експертизи, що організує редакція журналу.



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
**МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ**

Коллектив журналу
нагадує авторам
і читачам, що продовжується
передплата на журнал
МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ
на I півріччя 2016 р.

Передплатний індекс
за Каталогом
періодичних видань України –
48336