

УДК 553.98.061.4

Д. Д. ФЕДОРИШИН, О. М. ТРУБЕНКО, С. Д. ФЕДОРИШИН, Я. М. ФТЕМОВ,
Я. М. КОВАЛЬ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15, м. Івано-Франківськ,
Україна, 76019, тел. +38(034)2727180, ел.пошта geotom@nung.edu.ua

ПЕРСПЕКТИВИ ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПІД ЧАС ВИДІЛЕННЯ ГАЗОНАСИЧЕНИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ НЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ

Мета. Метою роботи є встановлення особливостей геологічної будови складно побудованих порід-колекторів, створення петрофізичної основи інтерпретації даних комплексних геофізичних досліджень з урахуванням результатів впроваджених новітніх інформативних ядерно-фізичних методів. **Методика.** Методика досліджень полягає у визначенні розподілу радіоактивних ізотопів U(Ra), Th, K⁴⁰ у породах-колекторах неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину для літологічного розчленування тонкошаруватих розрізів та оцінках природи та характеру підвищеної радіоактивності порід. **Результати.** За даними геофізичних досліджень, петрографії та гамма-спектрометрії на зразках керну, відібраного із неогенових відкладів, встановлено граничні значення інтенсивності гамма-поля продуктивних порід-колекторів та розраховано коефіцієнт їх піщаності по розрізу сарматських та гельветських ярусів, обґрунтовано ефективність застосування гамма-спектрального методу для оцінювання природної радіоактивності, побудовано петрофізичні взаємозв'язки та кореляційну схему поширення газонасиченості порід нижньодашавської світи сарматського ярусу. **Наукова новизна.** Розроблено методику оцінювання природи підвищеної радіоактивності неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Предкарпатського прогину, суть якої полягає в тому, що для гірських порід неогенових відкладів, які характеризуються підвищеною радіоактивністю, розраховується співвідношення концентрацій урану і торію до калію у складі породи. Враховано те, що кількісна величина вмісту калію в породі зумовлена величиною об'ємної глинистості та органічною речовиною. Зважаючи на той факт, що вміст радіоактивного калію у відкладах геологічного розрізу неогенової системи розподілено нерівномірно у гельветському, баденському та сарматських ярусах, ми розраховували співвідношення урану плюс торію до калію для кожного з цих ярусів (показник "А"). **Практична значущість.** Удосконалена методика оброблення результатів гамма-каротажу підвищує ефективність комплексних геофізичних досліджень складнопобудованих геологічних розрізів. Її використання разом з результатами комплексу ядерно-фізичних методів дає можливість надійніше виявляти продуктивні газонасичені горизонти. Результати досліджень дали змогу обґрунтувати мінералогічну будову матриці породи-колектора та встановити граничні значення коефіцієнтів залишкового водонасичення.

Ключові слова: гамма-спектрометрія керну; радіоактивний ізотоп; інтенсивність гамма поля.

Вступ

Зниження видобутку вуглеводнів на нафтогазових родовищах України зумовлено недостатнім фінансуванням пошукових геологорозвідувальних робіт, недосконалістю технологічних процесів розкриття геологічних розрізів, а також, в окремих випадках, невисокою інформативністю геофізичних методів досліджень свердловин [Федоришин Д., 2013; Фецишин В., 2002; Coates G. et al., 1999; Dunn K.-I. et al., 2002]. Враховуючи зазначене, набуває актуальності вирішення вказаних питань за допомогою удосконалення технологічних процесів проведення геофізичних досліджень свердловин, а також розробленням нових методологічних прийомів оброблення та інтерпретації геолого-геофізичної інформації, зокрема, стосовно різних каротажних даних.

Мета

Мета досліджень полягає у встановленні особливостей геологічної будови складнопобудованих порід-

колекторів, створенні петрофізичної основи інтерпретації даних комплексних геофізичних досліджень за рахунок впровадження новітніх, інформативних ядерно-фізичних методів.

Методика

Щоб реалізувати сформульовану мету, ми провели експериментальні лабораторні та свердловинні дослідження неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину [Федоришин Д., 2002; 2003]. Характерною ознакою геологічних розрізів газових родовищ цієї зони є тонкошарувата будова продуктивних неогенових відкладів, значна заглизованість та неоднорідність матриці породи. Відклади, що виповнюють неогеновий літолого-стратиграфічний комплекс, відображаються неоднозначними характеристиками у геофізичних полях. Так, газонасичені породи-колектори гельветських відкладів характеризуються низькими питомими електричними опорами, які змінюються в межах

від 1,5 до 3,0 Ом·м, тоді як у сарматських газонасичених пісковиках опори змінюються від 10 до 30 Ом·м [Федоришин Д., 2003, 2012].

За результатами резистометрії питомий опір промивної рідини, яка використовується під час буріння, становить 0,5–2,5 Ом·м. Так, інтерпретуючи результати електрометричних досліджень гелльветських газонасичені пласти виділяються як водонасичені. Такий неправильний висновок ускладнюється результатами радіоактивного гамма-каротажу (ГК), який ідентифікує ці породи як глинисті, за рахунок підвищеної інтенсивності радіоактивного поля ($\Delta J_\gamma = 0,5\text{--}0,7$), що відповідає коефіцієнту об'ємної глинистості ($K_{гн}$), який змінюється від 20 % до 37 %.

На кривих мікроелектричних методів такий геологічний розріз виділяється як неоднорідний, виповнений прошарками від 0,1 до 0,3 м, а в окремих випадках до 1,5–2 м.

Дослідження причин підвищеної радіоактивності продуктивних пластів гелльветського ярусу виконувалися з використанням даних методів петрографії та гамма-спектрометрії керну, відібраного у бурінні пошукових свердловин.

За результатами описування шліфів, виготовлених із зразків керну, видно, що до складу

присутнього в породі глинистого матеріалу входять мінерали, котрі містять калій, а саме: мусковіт, гідролуди, глауконіт, монтморилоніт, які суттєво підвищують загальну інтенсивність гамма-поля.

Для визначення вмісту радіоактивних ізотопів урану U(Ra), торію Th^{232} , калію K^{40} на вказаних зразках порід виконували як лабораторні, так і свердловинні гамма-спектрометричні дослідження. Аналіз отриманих результатів дав змогу встановити, що розподіл вказаних іонізуючих елементів у неогенових відкладах різний і відповідно становить: для порід сарматського ярусу – U(Ra) – $3,0 \cdot 10^{-4}$ %, Th^{232} – $5,2 \cdot 10^{-4}$ %, K^{40} – 1,8 %; для порід баденського ярусу – U(Ra) – $4,9 \cdot 10^{-4}$ %, Th^{232} – $8,1 \cdot 10^{-4}$ %, K^{40} – 2,8 %; для порід гелльветського ярусу – U(Ra) – $1,4 \cdot 10^{-4}$ %, Th^{232} – $1,8 \cdot 10^{-4}$ %, K^{40} – 0,3 % [Федоришин, 2008].

Такий розподіл іонізувальних радіоактивних елементів зумовив необхідність встановити вміст урану, торію та калію у матриці породи, а також розрахувати інтенсивності гамма-поля для різних літотипів, що виповнюють неогенові відклади газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони (табл. 1).

Таблиця

Середні значення вмісту U(Ra), Th^{232} , K^{40} та інтенсивність гамма-поля у літотипах неогену [Федоришин, 1999].

Table

Average values of U(Ra), Th^{232} , K^{40} content and intensity of gamma-field in the Neogene lithotypes [Fedoryshyn, 1999]

Літологія	Середні значення параметрів			J_γ	ΔJ_γ
	U(Ra)·10 ⁻⁴	Th ²³² ·10 ⁻⁴	K ⁴⁰	(%)	мкР/год
Чисті глини	4,1	9,7	3,0	12,1	0,84
Чисті алевроліти	4,9	6,6	2,2	7,2	0,37
Чисті пісковики	2,8	5,4	2,2	5,0	0,13
Пісковики з органічною речовиною	3,3	7,1	2,2	6,5	0,35
Пісковики з прошарками глин	3,5	10,1	2,0	6,7	0,44
Органічна речовина	4,8	11,2	3,3	13,1	0,87

Із представлених у таблиці результатів видно, що органічна речовина не може бути основним чинником, який визначає загальну радіоактивність неогенових відкладів. Це пояснюється тим, що склад органічної речовини в літолого-стратиграфічних товщах гелльвету, бадену та сармату переважно представлений рослинними залишками, в яких немає радіоактивних елементів уранового і торієвого рядів. Однак органічна речовина, що помітна в алевролітах та глинах сарматського та баденського ярусів, збагачена таким радіоактивним ізотопом як калій-40 (K^{40}),

що певною мірою пояснює підвищену загальну інтенсивність гамма-поля окремих літотипів. Враховуючи той факт, що розподіл концентрації калію у відкладах гелльвету, бадену та сармату практично однаковий і в середньому становить 2,2 %, ми провели додаткові комплексні дослідження ядерного матеріалу на предмет компонентного складу та структурної будови порід, а саме: петрофізичні, рентгено-структурні, петрографічні, гранулометричні, ємність катіонного обміну. Такий підхід дав змогу встановити мінералогічну та структурну будову пісковиків, алевролітів,

аргілітів, глин та глинистих порід неогенових відкладів.

Аналіз результатів

Аналіз результатів вказаного комплексу досліджень також показав, що розподіл радіоактивних ізотопів у неогенових відкладах зумовлений як аутигенними утвореннями, які характеризують басейн осадоагромадження, так і алотогенними уламковими елементами, які утворились в області розмиву літологічних одиниць [Крупский Ю., 2001].

Для встановлення впливу величини глинистості на інтенсивність радіоактивного поля як аутигенних, так алотогенних уламкових елементів неогенових осадових товщ ми провели лабораторні та свердловинні дослідження, результати яких дали змогу побудувати петрофізичні взаємозв'язки цього параметра з подвійним різницевим параметром (ΔJ_γ) та виконати літологічне розчленування тонкошаруватих сарматських, баденських та гельветських відкладів (рис. 1).

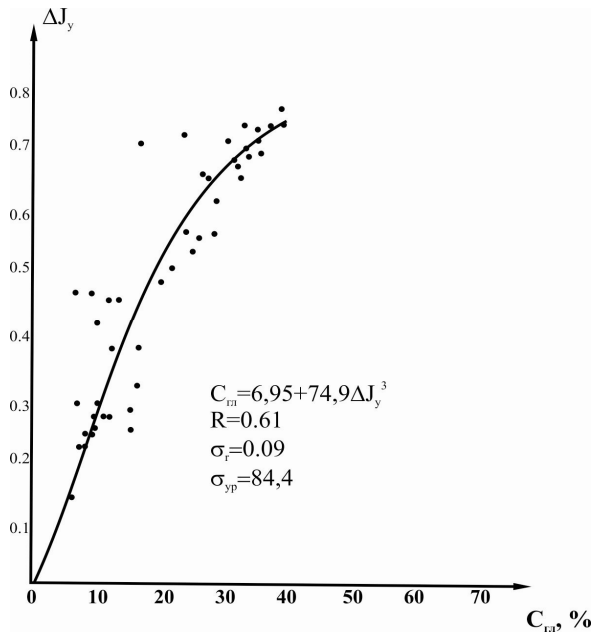


Рис. 1. Зв'язок інтегральної гамма-активності сарматських відкладів з глинистістю [Федоришин, 1999]

Fig. 1. Relationship of integrated gamma activity of the Sarmatian deposits with clayiness [Fedoryshyn, 1999]

Із рис. 1 помітно, що між геофізичним параметром ΔJ_γ та глинистістю є недостатньо тісний взаємозв'язок ($R = 0,61$) із значним відхиленням експериментальних даних від нормального закону розподілу випадкових величин. Пояснюється це тим, що кількісний вміст радіоактивних ізотопів уранового і торієвого рядів, їх співвідношення, а також наявність органічної речовини у літотипах сарматського, баденського, гельветського ярусів

формують різну величину інтенсивності гамма-поля у літолого-стратиграфічних товщах неогену. Такий нелінійний зв'язок інтенсивності інтегрального гамма-поля, зокрема подвійного різницевого параметра із величиною глинистості характерний для піщано-глинистих товщ геологічного розрізу неогенової системи Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

У зв'язку з цим виникає необхідність кількісно оцінити вміст урану, торію та калію в матриці пісковиків, алевролітів та глин, і розробити методологію оцінювання природи радіоактивності як порід колекторів, так і вміщуючих порід для тонкошаруватого заглинизованого геологічного розрізу неогенової системи.

Особливо актуальною є розв'язок цієї задачі для підвищення ефективності оброблення та інтерпретації результатів досліджень порід сарматського та гельветського ярусів газових родовищ Більче-Волицької зони методом гамма-каротажу (ГК). Треба зауважити, що газонасичені породи в цій літолого-стратиграфічній товщі відображаються на кривих ГК позитивними значеннями ΔJ_γ . Неоднозначна морфологія кривих ГК у класичному розумінні здебільшого характерна для глинистих та заглинизованих алевролітів [Ларионов В., 1969].

Вирішити задачу однозначності оцінювання природи підвищеної радіоактивності породи-колектора можна за допомогою методу гамма-спектрометрії, проведеного у розрізі свердловини, з використанням проведених лабораторних експериментальних вимірів $U(Ra)$, Th^{232} , K^{40} на ядерному матеріалі. Окрім цих радіоактивних досліджень, необхідно виконати петрографічний опис шліфів керну, рентгенометричні вимірювання шламу та порошоків гірських порід.

Проведений аналіз та узагальнення даних комплексних геолого-геофізичних досліджень з урахуванням результатів лабораторних вимірювань дав змогу розробити методику оцінювання природи підвищеної радіоактивності неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Предкарпатського прогину.

Суть методики полягає в тому, що для гірських порід неогенових відкладів, які характеризуються підвищеною радіоактивністю, розраховується співвідношення концентрацій урану, торію до калію у складі породи [Федак І., 2007]. У так цьому разі враховано те, що кількісна величина вмісту калію в породі зумовлена величиною об'ємної глинистості та органічною речовиною. Враховуючи той факт, що вміст радіоактивного калію у відкладах геологічного розрізу неогенової системи розподілено по-різному у гельветському, баденському та сарматському ярусах, ми розраховували співвідношення урану плюс торію до калію для кожного з цих ярусів (показник "А"). Для гельветського ярусу значення "А" дорівнює -19,2; для сарматського ярусу "А" = -12,7; для

баденського "А" = -14,8. У такий спосіб для кожного ярусу встановлено значення "А" та побудовано статистичну залежність "А" = f(C_{гл.}) (рис. 2). З використанням побудованої залежності визначено граничні значення параметра "А", які характеризують визначаючу частку вмісту урану, торію і калію у сумарній інтегральній радіоактивності гірської породи.

Враховуючи встановлену залежність (рис. 2) для порід гелветського ярусу за коефіцієнта об'ємної глинистості K_{гл.} (8–10) % визначено параметр "А", який становив 3,8. Встановлене значення величини коефіцієнта "А_{кр}" характеризує границю радіактивності, починаючи з якої збільшення його значення показує, що радіоактивна аномалія зумовлена ізотопами урану та торію, зменшення цього параметра вказує на зростання глинистої компоненти.

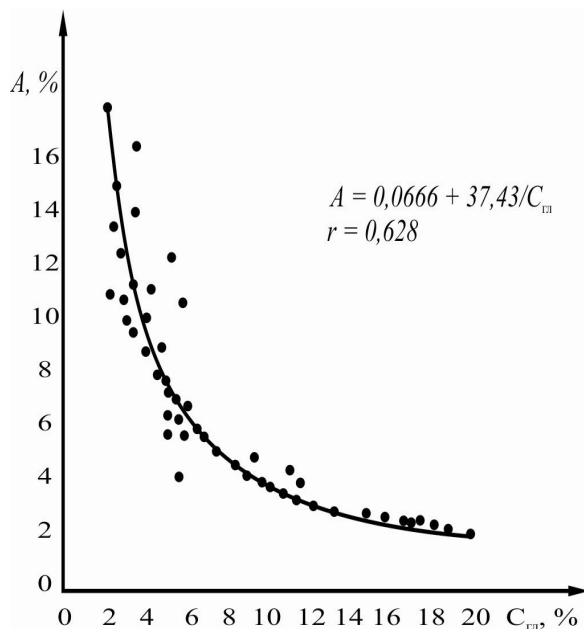


Рис. 2. Зв'язок співвідношення Е.Р.Є. $A=(U+Th)/K$ гелветських відкладів з глинистістю [Федоришин, 1999]

Fig. 2. Relationship of the E.R.Ye. ratio $A=(U+Th)/K$ of the Helvet deposits with clayiness [Fedoryshyn, 1999]

Проведені дослідження розподілу радіоактивних ізотопів урану, торію та калію у породах неогенової системи дали змогу також зробити висновок, що основний внесок у загальну радіоактивність гелветських відкладів роблять ізотопи уранового і торієвого рядів, і тільки в окремих випадках (інтервал 1586–1589,5 м св. № 5-Летня) переважає глиниста компонента, збагачена мінералами, що містять калій (глауконіт, сільвін, карналіт, гідромусковіт, мусковіт та інші). У геологічних розрізах баденського та сарматського ярусів підвищена радіоактивність, здебільшого параметр "А" становить 0,7–5, що

вказує на значну заглинизованість відкладів цих ярусів.

Для такого типу гірських порід і $J_{\gamma}^{гран}$ становить (6–7) мкр/год, тоді як для порід із кларковим вмістом радіоактивних ізотопів U(Ra), Th, K і J_{γ} становить 3–4 мкр/год [Федоришин Д., 2008, 2012, 2014].

Використання отриманих результатів гамма-спектрометрії та врахування комплексних даних ядерно-фізичних методів дало змогу виконати переінтерпретацію матеріалів геофізичних досліджень неогенових відкладів у свердловинах Летня-39, Летня-16 (рис. 3 та 4). Під час інтерпретації виділено в горизонтах нижньодашавської світи НД-12 та НД-14 низку газонасичених пісковиків. Під час випробування виділених порід-колекторів відібрано kern за допомогою свердловинних керновідбірників, визначено його пористість та глинистість, які відповідно становили $K_p = 15,1$ %, $K_{гл} = 4,8$ %. Під час випробування отримано приплив газу дебітом 31 тис. м³/добу. Аналіз узагальнення результатів наведених вище досліджень дав змогу побудувати кореляційну схему поширення продуктивних газонасичених порід-колекторів неогенових відкладів у межах Летнянського газоконденсатного родовища (рис. 5).

Наукова новизна

Розроблено методику оцінювання природи підвищеної радіоактивності неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Предкарпатського прогину, суть якої полягає в тому, що для гірських порід неогенових відкладів, які характеризуються підвищеною радіоактивністю, розраховується співвідношення концентрацій урану і торію до калію у складі породи. У такому разі враховуємо те, що кількісна величина вмісту калію в породі зумовлена величиною об'ємної глинистості та органічною речовиною. Враховуючи той факт, що вміст радіоактивного калію у відкладах геологічного розрізу неогенової системи розподілено нерівномірно у гелветському, баденському та сарматських ярусах, ми розраховували співвідношення урану плюс торію до калію для кожного з цих ярусів (показник "А").

Практична значущість

Удосконалена методика опрацювання результатів гамма-каротажу підвищує ефективність комплексних геофізичних досліджень складнопобудованих геологічних розрізів. Її використання разом з результатами комплексу ядерно-фізичних методів дає можливість надійніше виявляти продуктивні газонасичені горизонти. Результати досліджень дали змогу обґрунтувати мінералогічну будову матриці породи-колектора та встановити граничні значення коефіцієнтів залишкового водонасичення.

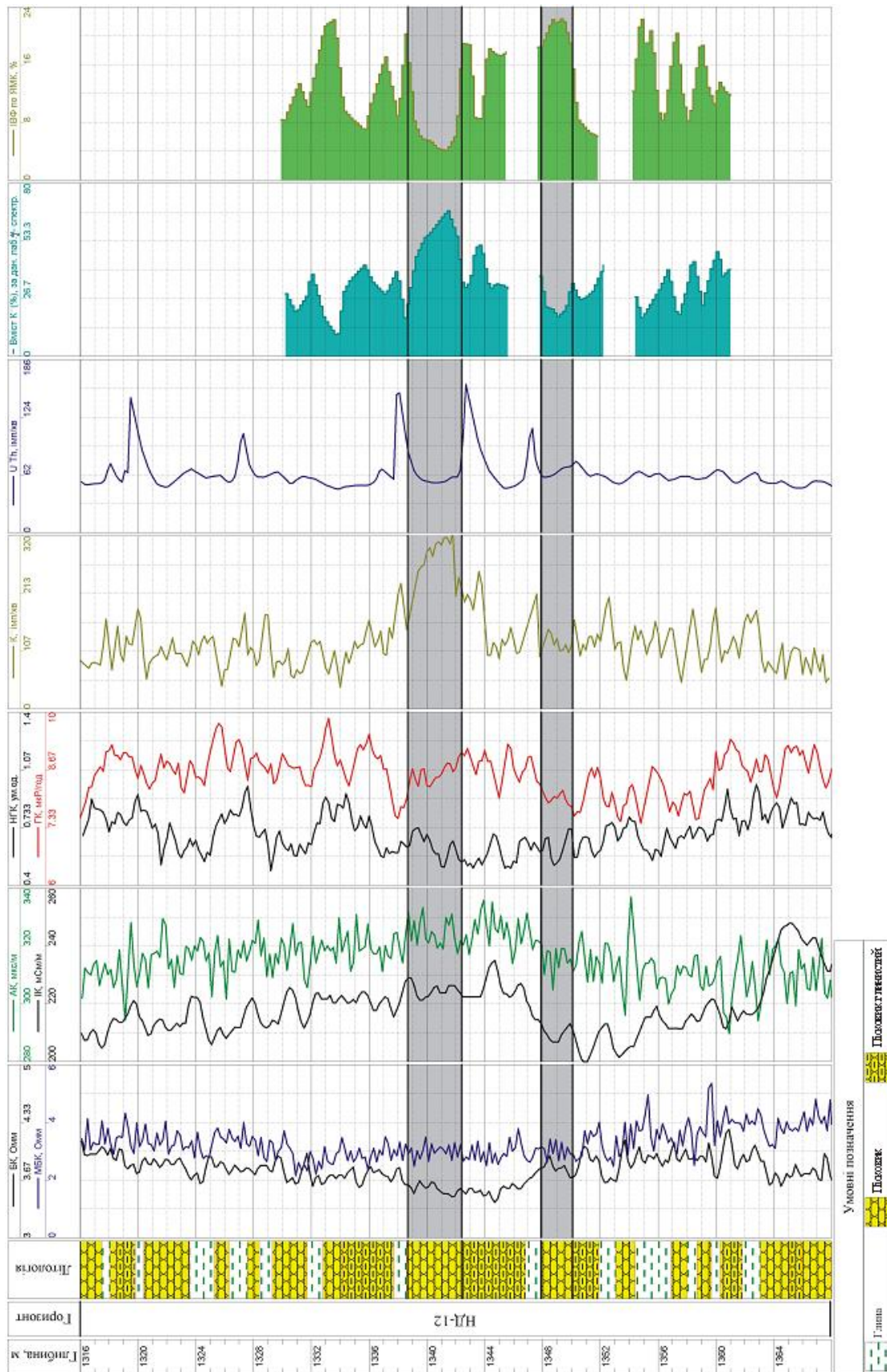


Рис. 3. Використання методів гамма-спектрометрії і ЯМР для літологічного розчленування сарматських відкладів св. № 39-Летня
Fig. 3. Use of gamma spectrometry and NMR techniques for lithological division of the Sarmatian deposits in well no. 39-Letnya well.

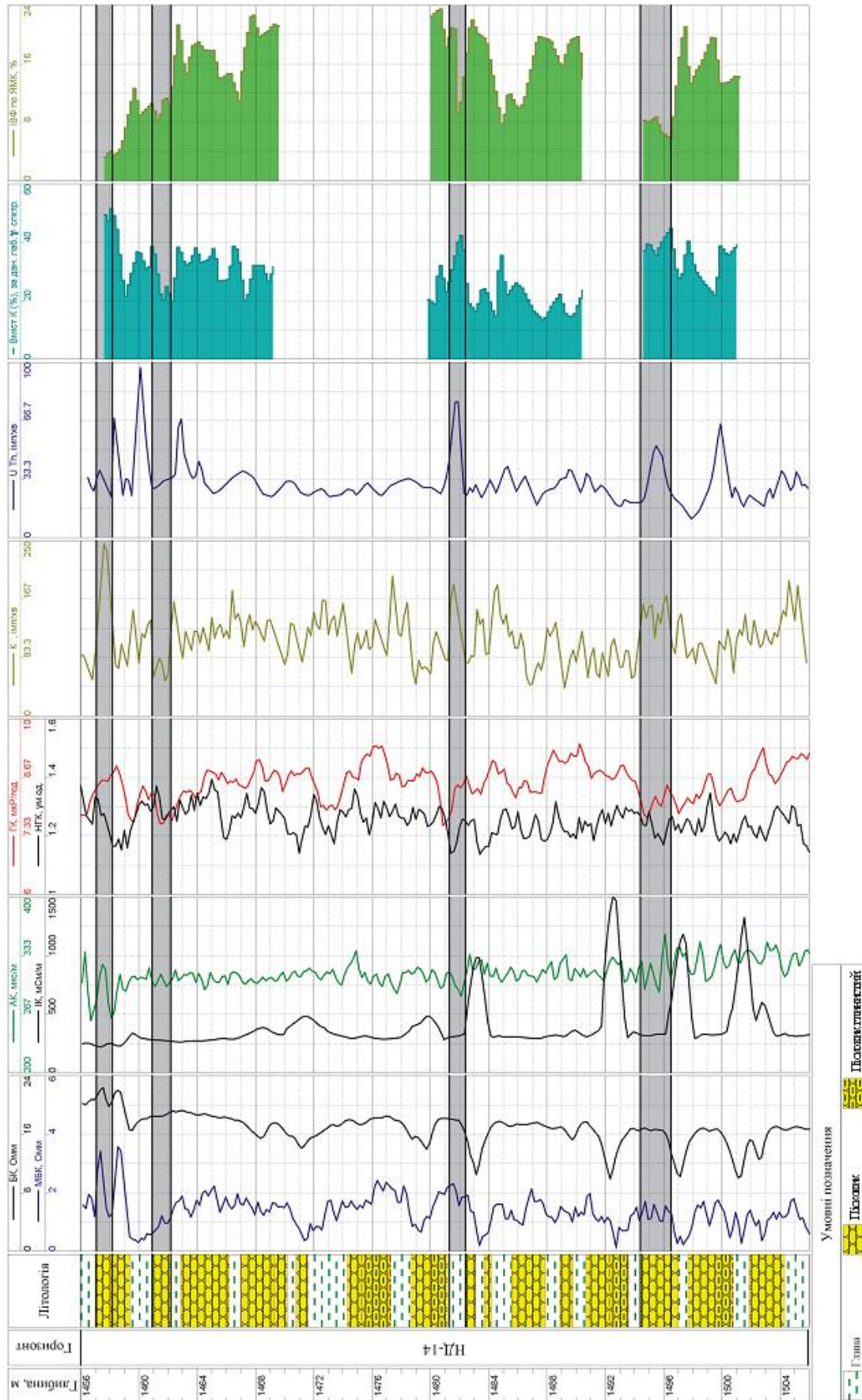


Рис. 4. Використання методів гамма-спектрометрії і ЯМР для літологічного розчленування сарматських відкладів св. № 16-Летня
Fig. 4. Use of gamma spectrometry and NMR techniques for lithological division of the Sarmatian deposits in well no. 16-Letnya well

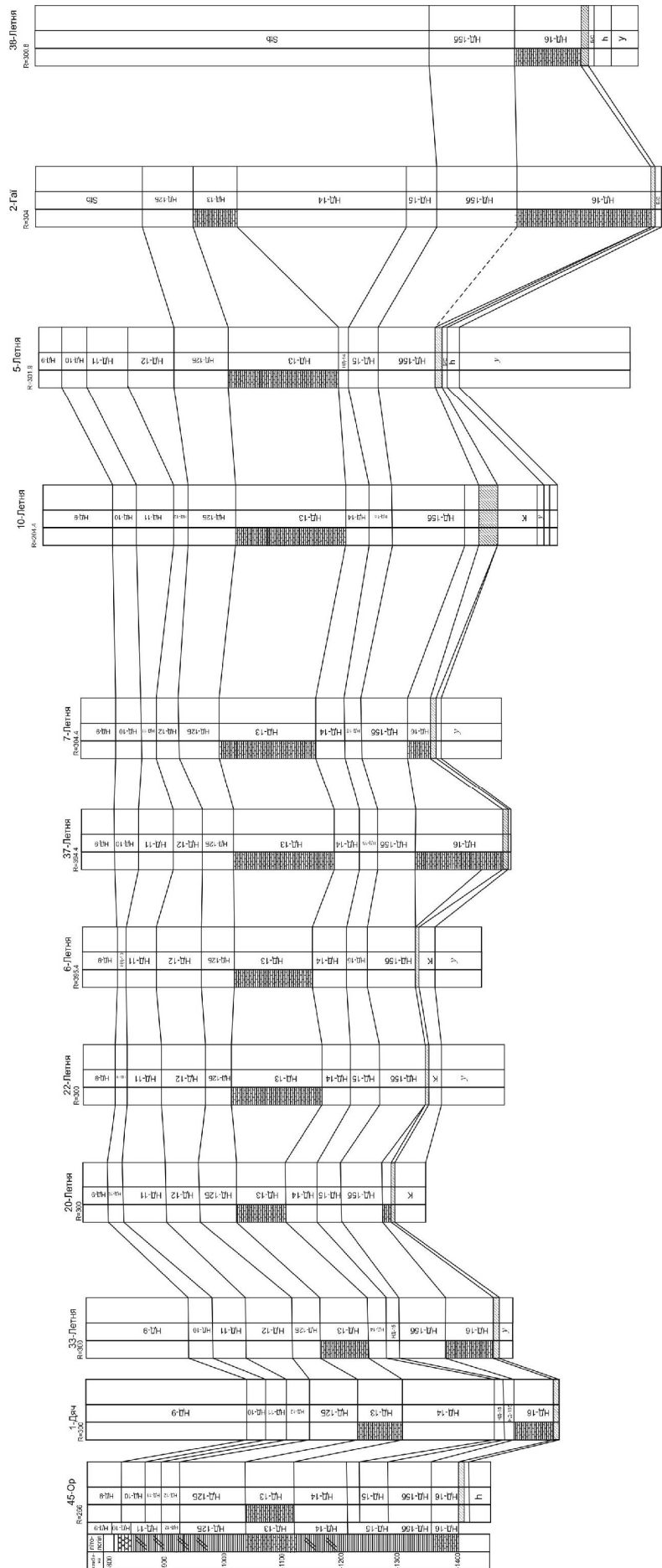


Рис. 5. Схема кореляції літологічних товщ і продуктивних горизонтів неогенових відкладів по свердловинах Летнянського газоконденсатного родовища

Fig. 5. Scheme of correlation of lithological rock masses and productive horizons of the Neogene sediments in wells of Letnya gas condensate field

Висновки

За результатами проведених досліджень вивчено особливості геологічної будови неогенових відкладів, зокрема, неоднозначність їх відображення у фізичних полях, а саме у радіоактивності. Як наслідок отримано такі результати:

– встановлено граничні значення інтенсивності гамма-поля продуктивних порід-колекторів сарматського і гельветського ярусів та розраховано коефіцієнт піщанистості розрізу сарматських та гельветських ярусів;

– обґрунтовано ефективність застосування гамма-спектрального методу для оцінювання природної радіоактивності;

– побудовано петрофізичні взаємозв'язки та кореляційну схему поширення газонасиченості порід нижньодашавської світи сарматського ярусу.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні представлених тут аспектів зв'язку природної радіоактивності порід з їх нафтогазоносністю для інших нафтогазоносних зон та ярусів осадових товщ.

Література

Крупский Ю. З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України / Ю. З. Крупский. – К. : УкрДГРІ, 2001. 144 с.

Ларионов В. В. Радиометрия скважин / В. В. Ларионов. – М. : Недра, 1969. 326 с.

Федак І. О. Використання ядерно-фізичних методів досліджень свердловин для оцінки мікротріщинуватості колекторів карбонатного типу / І. О. Федак, В. А. Старостін // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2007. – № 2(16). – С. 16–23.

Федишин В. О. Фільтраційні ефекти у низькопористих колекторах / В. О. Федишин, М. М. Багнюк, Д. Д. Федоришин // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2002. – № 2(3). – С. 28–31.

Федоришин Д. Д. Выделение низкоомных газоносных пород-колекторов неогеновых отложений Карпатской нефтегазонасной провинции по данным геофизических исследований скважин / Д. Д. Федоришин, А. Н. Трубенко, С. Д. Федоришин // Каротажник. – 2013. – № 7(229). – С. 19–30.

Федоришин Д. Д. Комплексна інтерпретація результатів імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу та параметрів математичної статистики для підвищення видобутку газу з порід-колекторів тонкошаруватих неогенових відкладів / Д. Д. Федоришин, І. О. Пятковська // Нафтогазова енергетика. – 2012. – № 2(18). – С. 7–15.

Федоришин Д. Д. Нові дані про радіоактивність сарматських відкладів газових родовищ Більче-Волицької зони / Д. Д. Федоришин, В. О. Федишин, В. В. Федорів // Геологія і геохімія горючих копалин. – Львів, 2002. – № 4. – С. 71–76.

Федоришин Д. Д. Особливості застосування ІННК в умовах низької мінералізації пластових вод на прикладі сарматських відкладів Більче-Волицької зони / Д. Д. Федоришин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 1(26). – С. 30–37.

Федоришин Д. Д. Оцінка геолого-геофізичних неоднорідностей при дослідженнях складно-побудованих порід-колекторів / Д. Д. Федоришин, В. Й. Прокопів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. – № 2(7). – С. 28–34.

Федоришин Д. Д. Статистична модель тонкошаруватого розрізу свердловини за даними ГДС / Д. Д. Федоришин, О. М. Карпенко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. – № 2(7). – С. 44–49.

Федоришин Д. Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкошаруватих порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносної провінції) : дис. д-ра геол. наук / Д. Д. Федоришин. – Львів, 1999. – 289 с.

Элланский М. М. Петрофизические основы комплексной интерпретации данных геофизических исследований скважин / М. М. Элланский. – М. : ГЕРС, 2001. 229 с.

Coates G. R. NMR Logging Principles and Applications / G. R. Coates, Xiao Lizhi, M. G. Prammer. – Houston : Halliburton Energy Services, 1999. – 235 p.

Dunn K.-J. Nuclear Magnetic Resonance. Petrophysical and Logging Applications / K.-J. Dunn, D. J. Bergman, G. A. LaTorraca. – New York : Pergamon, 2002. – P. 94.

Fedoryshyn D. D. Method of rapid data interpretation geophysical borehole logging involving large-scale effects of higher order in thinlayers sarmatian deposits of the carpathion foredeep / D. D. Fedoryshyn, R. P. Moroshan, I. O. Piatkovska // Scientific bulletin of north university of Baia Mare, 2012. – Vol. XXVI. – no. 2. – P. 85–91.

Fedoryshyn D. D. Method of determining the coefficient of residual water saturation in polymictic sandstones (an example of Dnieper-Donets basin fields) / D. D. Fedoryshyn, O. M. Trubenko, S. D. Fedoryshyn, O. A. Gromiak, I. O. Piatkovska // Scientific bulletin of north university centre of Baia Mare. – 2014. – Vol. 28. – No. 1, P. 51–59.

Д. Д. ФЕДОРЫШЫН, А. Н. ТРУБЕНКО, С. Д. ФЕДОРЫШЫН, Я. Н. ФТЕМОВ, Я. Н. КОВАЛЬ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, ул. Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, Украина, 76019, тел. +38(034)2727180, эл.почта: geotom@nung.edu.ua

ПЕРСПЕКТИВЫ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ НЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Цель. Целью работы является установление особенностей геологического строения сложнопостроенных пород-коллекторов, создание петрофизической основы интерпретации данных комплексных геофизических исследований с учетом результатов внедренных новейших информативных ядерно-физических методов. **Методика.** Методика исследований заключается в определении распределения радиоактивных изотопов U(Ra), Th, K⁴⁰ в породах-коллекторах неогеновых отложений газоконденсатных месторождений Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба для литологического расчленения тонкослоистых разрезов и оценках природы и характера повышенной радиоактивности пород. **Результаты.** По данным геофизических исследований, петрографии и гамма-спектрометрии на образцах керна, отобранного из неогеновых отложений, установлены предельные значения интенсивности гамма-поля пород-коллекторов и рассчитан коэффициент их песчаности по разрезу сарматских и гельветских ярусов, обоснована эффективность применения гамма-спектрального метода для оценки естественной радиоактивности, построены петрофизические взаимосвязи, и корреляционная схема распространения газонасыщенности пород нижнедашавской свиты сарматского яруса. **Научная новизна.** Разработана методика оценки природы повышенной радиоактивности неогеновых отложений газоконденсатных месторождений Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба, суть которой заключается в том, что для горных пород неогеновых отложений, которые характеризуются повышенной радиоактивностью, рассчитывается соотношение концентраций урана и тория к калию в составе породы. При этом учитывается то, что количественная величина содержания калия в породе обусловлена величиной объемной глинистости и органическим веществом. Учитывая тот факт, что содержание калия в отложениях геологического разреза неогеновой системы распределено неравномерно в гельветском, баденском и сарматском ярусах, нами были рассчитаны соотношения урана плюс тория к калию для каждого из этих ярусов (показатель "А"). **Практическая значимость.** Усовершенствованная методика обработки результатов гамма-каротажа повышает эффективность комплексных геофизических исследований сложнопостроенных геологических разрезов. Ее использование вместе с результатами комплекса ядерно-физических методов дает возможность более надежно выявлять продуктивные газонасыщенные горизонты. Результаты исследований обеспечили обоснование минералогического строения матрицы породы-коллектора и установление предельных значений коэффициентов остаточного водонасыщения.

Ключевые слова: гамма-спектрометрия керна; радиоактивный изотоп; интенсивность гамма-поля.

D. FEDORYSHYN, A. TRUBENKO, S. FEDORYSHYN, Ya. FTEMOV, Ya. KOVAL

Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, 15, Karpatska str., Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, tel. +38(034)2727180, e-mail geotom@nung.edu.ua

PROSPECTS OF NUCLEAR-PHYSICAL METHODS FOR THE DISTINCTION OF GAS-SATURATED RESERVOIR ROCKS IN COMPLICATED NEOGENE SEDIMENTS

Purpose. The purpose of this work is to establish features of geological structure of complicated reservoir rocks, creation the petrophysics interpretation basics of integrated geophysical research for the results of the introduction of new, informative, and nuclear methods. **Methodology.** The methodology of the research is to determine the distribution of radioactive isotopes of U (Ra), Th, K⁴⁰ in the rocks-reservoirs of the Neogene deposits of gas condensate fields in the Bilche-Volisk zone of the Pre-Carpathian depression for lithological division of thin cross sections and to estimate the character and nature of the isotope increased radioactivity. **Results.** As a result of these geophysical methods, petrography and gamma spectrometry on core samples, taken from the Neogene sediments, the following has been set: thresholds of intensity gamma fields for productive reservoir rocks was found, net-to-gross ratio of the Sarmatian and Helvetian stage was calculated; efficiency of gamma spectral method for the assessment of natural radioactivity was justified, petrophysical interrelation and correlation diagram of gas saturation distribution for the Lower Dashavsk series of Sarmatian stage were built. **Originality.** It is developed a methodology for estimating the nature of the increased radioactivity of the Neogene deposits of gas condensate fields in Bilche-Volisk zone of the pre-Carpathian depression, the essence of methodology is follows: concentrated ratio of uranium, thorium and potassium in the composition of rock is calculated for rocks of the Neogene sediments characterized by increased radioactivity. This takes into account the fact that the quantity of potassium content in the rock is caused by the shaliness volume and organic matter. Given the fact that the content of radioactive potassium in the sediments of the geological section of the Neogene system are unevenly distributed in the Helvetica, Badenian and Sarmatian stages, we calculated ratios of uranium plus thorium to potassium for each of these layers (factor A). **Practical significance.** An advanced technique of

processing for gamma logging results and the efficiency of integrated geophysical studies of complex geological sections is presented. The examples of using the results of nuclear-physical methods allows to identify productive gas-saturated horizons. Study results allows to substantiate mineralogical structure of the rock-reservoir matrix and set boundary values of residual water saturation ratios.

Key words: gamma-ray spectrometry of core; a radioactive isotope; the intensity of the gamma field.

REFERENCES

- Krupskiy Y. Z. *Geodynamichni umovy formuvannya i naftogazonosnist' Karpats'kogo ta Voly'no-Podil's'kogo regioniv Ukrainy* [Geodynamic conditions of formation and oil and gas content in Carpathian and Volyno-Podilsk regions of Ukraine]. Kyiv, UkrDGRI, 2001, 144 p.
- Ellanskyi M. M. *Petrofizicheskie osnovy kompleksnoj interpretacii dannyh geofizicheskikh issledovaniy skvazhin* [Petrophysical basis of complex interpretation well logging data]. Edition GERS, 2001, 229 p.
- Fedoryshyn D. D., Trubenko A. N., Fedoryshyn S. D. *Vydelenija nizkoomnyh gazonosnyh porod-kollektorov neogenovyh otlozhenij Karpatskoj neftegazonosnoj provincii po dannyh geofizicheskikh issledovaniy skvazhin* [Determine the low-resistance gas-bearing reservoir rocks in Neogene deposits of the Carpathian oil and gas province according to well logging] *Karotazhnik – Karotazhnyk*, 2013, no. 7(229), pp.19–30.
- Fedoryshyn D. D., Karpenko O. M. *Statystychna model' tonkosharuvatoho rozrizu sverdlovyny za danymy HDS* [The statistical model of thin-layered well section according to well logging]. *Rozvidka ta rozrobka naftovy'x i gazovy'x rodovy'shh – Exploration and development of oil and gas fields*, 2003, no. 2(7), pp. 44–49.
- Fedoryshyn D. D., Prokopiv V. I. *Ocinka geologo-geofizy'chny'x neodnorodnostej pry' doslidzhennyax skladnopobudovany'x porid-kolektoriv* [Evaluation of geological and geophysical irregularities at studying reservoir rock with the complicated structure]. *Rozvidka ta rozrobka naftovy'x i gazovy'x rodovy'shh – Exploration and development of oil and gas fields*, 2003, no. 2(7), pp. 28–34.
- Fedyshyn V. O., Bagniyk M. M., Fedoryshyn D. D. *Fil'tracijni efekty' u ny'z'kopory'sty'x kolektorax* [Filtration effects in low porous reservoirs] *Rozvidka ta rozrobka naftovy'x i gazovy'x rodovy'shh – Exploration and development of oil and gas fields*, 2002, no. 2(3), pp. 28–31.
- Fedoryshyn D. D., Fedyshyn V. O., Fedoriv V. V. *Novi dani pro radioakty'vnist' sarmats'ky'x vidkladiv gazovy'x rodovy'shh Bil'che-Voly'cz'koyi zony* [New data on radioactivity Sarmatian deposits at gas fields in Bilche-Volytska zone] *Geologiya i geokimiya goryuchy'x kopaly'n – Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 2002, no. 4, pp.71–76.
- Fedoryshyn D. D. *Osobly'vosti zastosuvannya INNK v umovax ny'z'koyi mineralizaciyi plastovy'x vod na pry'kladi sarmats'ky'x vidkladiv Bil'che-Voly'cz'koyi zony* [Features of use INNK in low mineralization formation water on the example of the Sarmatian deposits Bilche-Volytska zone]. *Rozvidka ta rozrobka naftovy'x i gazovy'x rodovy'shh. [Exploration and development of oil and gas fields]*, 2008, no. 1(26), P. 30–37.
- Fedoryshyn D. D., Piatkovska I. O. *Kompleksna interpretaciya rezul'tativ impul'snogo nejtron-nejtronnogo karotazhu ta parametriv matematy'chnoyi staty'styky' dlya pidvy'shhennya vy'dobutku gazu iz porid-kolektoriv tonkosharuvaty'x neogenovy'x vidkladiv* [Comprehensive interpretation of pulsed neutron-neutron logging and parameters of mathematical statistics to improve the extraction gas from thin reservoir rocks of Neogene]. *Naftogazova energety'ka – Oil and gas energy*, 2012, no. 2(18). P. 7–15.
- Fedak I. O., Starostin V. A. *Vy'kory'stannya yaderno-fizy'chny'x metodiv doslidzhen' sverdlovy'n dlya ocinky mikrotrishhy'navosti kolektoriv karbonatnogo ty'pu* [The use of nuclear-physical methods of research wells for evaluation micro fractured in carbonate type of reservoir]. *Naukovy'j visny'k – Scientific Journal*, 2007, no. 2(16), P. 16–23.
- Fedoryshyn D. D. *Teoretyko-eksperymental'ni osnovy petrofizychnoyi ta heofizychnoyi diahnostyky tonkoprosharkovykh porid-kolektoriv nafty i hazu (na pry'kladi Karpat-s'koyi naftogazonosnoyi provintsiyi): Diss. dokt. geol. nauk* [Theoretical and experimental bases of petrophysical and geophysical diagnostics tonkoprosharkovykh species of oil and gas (for example, Carpathian oil and gas province). Dr. geol. sci. diss.] Lviv., 1999, 289 p.
- Larionov V. V. *Radiometrija skvazhin* [Radiometry wells]. Moscow, Nedra, 1969, 326 p.
- Fedoryshyn D. D., Moroshan R. P., Piatkovska I. O. *Method of rapid data interpretation geophysical borehole logging involving large-scale effects of higher order in thinlayers sarmatian deposits of the carpathion foredeep. Scientific bulletin of north university of Baia Mare*, 2012 vol. XXVI, no. 2, P. 85–91.
- Fedoryshyn D. D., Trubenko O. M., Fedoryshyn S. D., Gromiak O. A., Piatkovska I. O. *Method of determining the coefficient of residual water saturation in polymictic sandstones (an example of Dnieper-Donets basin fields). Scientific bulletin of north university centre of Baia Mare*, 2014, vol. 28, no. 1, P. 51–59.
- Coates G. R., Lizhi Xiao, Prammer M. G. *NMR Logging Principles and Applications. Houston: Halliburton Energy Services*, 1999. 235 p.
- Dunn K.-J., Bergman D. J., LaTorraca G. A. *Nuclear Magnetic Resonance. Petrophysical and Logging Applications. New York: Pergamon*, 2002, P. 94.

Надійшла 30.09.2016 p.