



УДК 550.832

FEATURES OF DETERMIN MATERNAL OIL AND GAS ROCKS BY GEOPHYSICAL WELL LOGGING ОСОБЛИВОСТІ ВИДІЛЕННЯ НАФТОГАЗМАТЕРИНСЬКИХ ПОРІД ЗА ДАНИМИ ГДС

Zelenko Y. M. / Зеленко Ю.М.

Doctoral Student / Аспірант

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,
03022, Kyiv, Vasylkovska Street, 90Київський національний університет імені Тараса Шевченка ННІ «Інститут геології», м.
Київ вул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна

Анотація. Для прогнозування нафтогазоматеринських порід успішно використовують інформацію з відбивної здатності вітриніту, але підвищення достовірності виділення можливо за рахунок додаткової інформації, якою є результати геофізичних досліджень в свердловинах. В роботі розглянуті труднощі аналізу та використання результатів вимірів природної радіоактивності для оцінки розсіяної органічної речовини (керогену) і пропонуються шляхи удосконалення розв'язання цієї задачі.

Ключові слова: Дніпровсько-Донецька западина, кероген, відбивна здатність вітриніту, катагенез, нафтогазоматеринські породи, природна радіоактивність, геофізичні методи, моделювання.

Вступ. Виділення нафтогазоматеринських порід щільно пов'язано з оцінкою розсіяної органічної речовини (ОР), тобто з пошуком джерела утворення вуглеводнів з високою концентрацією ОР, що обумовлює вірогідність наявності промислових запасів газу. Особливу увагу необхідно приділити пошуку альтернативних та нетрадиційних джерел вуглеводнів. Традиційні погляди на утворення вуглеводневої сировини пов'язують її з материнськими породами, які і вивчалися для відстеження шляхів міграції. А у випадку нетрадиційних порід-колекторів ми маємо справу із утворенням вуглеводневих сполук безпосередньо в поріді-колекторі.

Геохімічно перетворений залишок розсіяної органічної речовини осадових гірських порід і нерозчинний в органічних розчинниках є кероген, перетворений головним чином в анаеробних умовах [1, 2]. У земній корі є близько 650 трлн т керогену, тоді як запаси нафти становлять лише 2 трлн т.

Однією з головних ознак, що визначає вірогідність існування промислових запасів сланцевого газу є високий вміст розсіяного органічного вуглецю. Присутність органічного вуглецю обумовлює сприятливі умови, що кероген міг утворити велику кількість вуглеводневих сполук в нетрадиційних породах-колекторах. Основний шлях дослідження керогену є аналітичні та статистичні дослідження на основі обробки даних аналізу кернового матеріалу. Відбір кернового матеріалу в останні роки суттєво зменшився, що обумовлює необхідність використання матеріалу геофізичних досліджень свердловин.

Огляд літератури. Питаннями оцінки потенціалу нафтогазоматеринських порід, типізації керогенів та їхніх поширень на всій території ДДЗ, а також температурної зрілості розсіяної ОР займалось чимало провідних спеціалістів в галузі нафтогазової геології. Перш за все слід згадати наукові праці вітчизняних



науковців Лукіна О. Ю. [3], Вакарчука С. Г. [4, 5], Михайлова В. А. [4, 5], Кабишева Ю. Б. [5], Башкірова Г. Л. [5], Амурського Г. І. [6] та ін.

Авторами робіт Зеленком Ю. М., Карпенком О. М. [7] встановлені за результатами оцінки відбивної здатності вітриніту попередні оцінки катагенетичної зрілості органічної речовини (керогену) щодо генерації та акумуляції вуглеводнів, зокрема сланцевого газу. Проблема перспектив пошуку нових родовищ та джерел вуглеводнів ДДЗ полягає в прогнозуванні. Розв'язання задачі прогнозування обумовлює необхідність отримання великої кількості додаткової інформації. Такою інформацією може стати геофізичні методи досліджень.

Методики визначення вмісту органічного вуглецю (ОВ) в породі за даними геофізичних методів базуються на петрофізичних властивостях ОВ і відображення їх в геофізичних полях. Петрофізичні параметри органічного вуглецю відрізняються від параметрів породи-колектора, який утримує кероген, і на основі цих відмінностей здійснюють його діагностику.

В роботі Дж. Д. Мендельсона [8], на основі аналізу фізичних властивостей органічного вуглецю запропонована методика інтерпретації геофізичних досліджень в свердловинах таких як: природна радіоактивність, густина, швидкість проходження пружної хвилі, вторинне гамма-випромінювання, електропровідність порід. На підставі аналізу емпіричних рівнянь Дж. Д. Мендельсоном [8] встановлено узагальнене рівняння:

$$G = -0.068\Delta T - 0.24K_n^{HGK} - 7.19d + 0.028J_g + 0.45Th + 0.08U(Ra) - 1.36K + 26.8. \quad (1)$$

G – вміст органічного вуглецю; K_n^{HGK} – загальна пористість визначена за нейтронним-гамма каротажем, у.о.; δ – загальна густина породи за даними гамма-гамма густинного каротажу, г/см³; ΔT – інтервальний час проходження акустичної хвилі за даними акустичного каротажу, мкс/м; J_g – радіоактивність за даними гамма-каротажу, мкР/год; Th – вміст торію, д.о.; $U(Ra)$ – вміст урану (радію), д.о.; K – вміст калію сорок, д.о..

Запропонована модель оцінки органічного вуглецю враховує основні параметри фізичних полів, які відображають властивості керогену. Але цю модель можна розглядати як локальне рівняння для певного геологічного простору. Розглянемо особливості застосування геофізичних методів.

Виклад основного матеріалу. Перспективні відклади на скупчення органічного матеріалу відносяться до глинисто-алевритових порід. Мінеральний склад глинистих відкладів різноманітний. Природа радіоактивності глинистих порід обумовлена адсорбційними властивостями глинистих мінералів, за рахунок їх дисперсності та вмісту органічного матеріалу. Величина інтенсивності гамма-випромінювання залежить від умов накопичення осадів, які обумовлені джерелами руйнування інтрузивних і ефузивних порід, в основному кислого складу. Ці породи володіють високою радіоактивністю. Глини, що утворилися в результаті перевідкладення осадових порід, будуть мати радіоактивність, що відповідає дисперсності (ємності катіонного обміну) глинистого мінералу, а глини з високою концентрацією органічної речовини, в зв'язку з підвищеною їх адсорбційною властивістю



здатні також накопичувати солі радіоактивних ізотопів. Таким чином модель природної радіоактивності необхідно розглядати як адитивну з складовими інтенсивністю гамма-квантів обумовлена мінеральним складом глини (J_{γ}^M), та інтенсивністю гамма-квантів обумовлена органічною речовиною (J_{γ}^{op}), тобто $J_{\gamma}^{\Sigma} = J_{\gamma}^M + J_{\gamma}^{op}$. Крім того на величину інтегральної радіоактивності впливає також співвідношення концентрацій радіоактивних елементів торію, урану(радію) та калію. В цьому випадку вміст радіоактивних елементів не буде відповідати вмісту пелітової фракції. Дослідженню зв'язку інтенсивності гамма-випромінювання з вмістом дисперсної фракції надається значна увага в роботах Ф. А. Алексеева, Р. П. Готтіх [9] та інших. Загальна функція зв'язку за даними В. В. Ларіонова [10] приймає нелінійний характер $J_{\gamma} = AC_{\Gamma}^n$, але при дослідженні обмеженого інтервалу показник степені може дорівнювати одиниці. Однією із причин зміни питомої радіоактивності для ступеневої функції є збільшення адсорбційних властивостей порід із зменшенням розмірів пелітової фракції (від 0,01 до 0,001 мм), тобто мінерального складу глини. Ємність катіонного обміну глинистих мінералів каолініту складає 4,6 мг.екв/100 г, гідрослюди – 58 мг.екв/100 г, монтморилоніту – 80 мг.екв/100 г. Така суттєва розбіжність обумовлена дисперсними властивостями глин. Проведені дослідження глинистої фракції порід Розпашнівського родовища наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення ємності катіонного обміну для глинистої фракції

| Свердловина | Інтервал відбору, м | Ємність катіонного обміну, мг.екв/100 г |
|-----------------------------|---------------------|---|
| Глиниста фракція пісковиків | | |
| Розпашнівська-16 | 4275-4285 | 3,4 |
| Розпашнівська-14 | 6171-6187 | 2,7 |
| Глиниста фракція аргілітів | | |
| Розпашнівська-16 | 4325-4335 | 6,7 |
| Розпашнівська-16 | 4285-4291 | 6,3 |

Із таблиці 1 випливає, що ємність катіонного обміну для пісковиків і аргілітів Розпашнівського родовища відрізняється майже в два рази. Модель зв'язку інтенсивності гамма-поля з дисперсною фракцією буде залежить від співвідношення глинистих мінералів. Різні адсорбційні властивості обумовлюють різний вклад радіоактивних елементів в природну радіоактивність навіть при однакових фаціальних умовах у басейні накопичення осаду. Показник ступеневої функції зв'язку інтенсивності гамма-випромінювання з вмістом дисперсної фракції обумовлює різницю в умовах формування гірських порід. Лінійний характер моделі можливо представляти тільки в обмежених границях зміни глинистості і при наявності цементу з глинистою основою одного мінерального складу.

Дослідженнями встановлено, що для конкретних геологічних умов коефіцієнт n функції $J_{\gamma} = AC_{\Gamma}^n$, є сталою величиною і може бути визначений як відношення ємності катіонного обміну глинистої фракції в пісковиках до



ємності катіонного обміну глинистої фракції в аргілітах. При встановлені частки інтенсивності гамма-поля, яке обумовлено вмістом органічної речовини (J_{γ}^{OP}) необхідно визначити частку гамма-поля (J_{γ}^M) від дисперсної складової глинистої породи.

Радіоактивність теригенних порід обумовлена групою радіоактивних ізотопів урану (радію), торію та калію. Результати вимірів концентрації радіоактивних елементів методом гамма-спектрометрії вказують на широкий діапазон зміни вмісту калію, торію та урану (радію) глинистої фракції в пісковиках і аргілітах (табл. 2). Для прикладу вибрано Розпашнівське родовище.

Таблиця 2

Значення K, U(Ra), Th в глинистій фракції пісковиків і аргілітів

| № Свердловини | Інтервал, м | Літологія | Концентрація, % | | |
|---------------|-------------|-----------|-----------------|-----------------------|--------------------------|
| | | | K | Th · 10 ⁻⁴ | U(Ra) · 10 ⁻⁴ |
| P-16 | 4335-4341 | Пісковик | 2.1 | 5.6 | 2.3 |
| P-14 | 6171-6187 | Пісковик | 0.8 | 7.5 | 2.2 |
| P-16 | 4275-4285 | Пісковик | 1.3 | 5.2 | 2.8 |
| P-16 | 4295-4308 | Аргіліт | 3.4 | 11.0 | 4.8 |
| P-16 | 4275-4285 | Аргіліт | 2.9 | 14.0 | 4.9 |
| P-14 | 4246-4257 | Аргіліт | 2.8 | 13.2 | 2.4 |

При використанні результатів гамма-каротажу важливим питанням є оцінка вкладу урану (радію), торію та калію в сумарну гамма-активність (J_{γ}^{Σ}) гірських порід, яка реєструється у свердловині. Отже, на тісноту зв'язку природної радіоактивності з глинистою фракцією впливає частка кожного радіоактивного елементу.

Співставленні результати вимірів методу ГК в мкР/год та гамма-спектрометрії в інтервалах з приблизно рівними значеннями природної радіоактивності. У тих же інтервалах визначено вміст калію, урану (радію) і торію та перераховано в г-екв. Ra, що приводить до єдиного еквіваленту дози опромінення гамма-квантів. У результаті обробки даних отримано залежність:

$$J_g = 3.14 + 2.42K + 0.56U(Ra) + 1.17Th. \quad (2)$$

Як видно із рівняння (2) вклад калію в значення гамма-активності перевищує вклад торію і урану (радію). Пояснюється це тим, що K^{40} випромінює гамма-кванти високої монохроматичної енергії – 1,46 МеВ. В гамма-випромінюванні уранового ряду – 46,5 % гамма-квантів із енергією до 0,6 МеВ, 26,2 % – із енергією 0,6 – 1,0 МеВ, ймовірність реєстрації яких дуже низька через послаблення і поглинання їх гірською породою та кожухом свердловинного приладу і випромінюється тільки 27,3 % гамма-квантів із енергією, яка перевищує 1 МеВ. Енергетичний вклад гамма-випромінювання ряду торію складає: до 1 МеВ – 85 % і з більшою енергією 2,62 МеВ – 15 %, тобто поліенергетичне джерело гамма-квантів (гірська порода) може ускладнювати результати вимірів.

Таким чином, в інтегральне гамма-випромінювання, що реєструється в



умовах свердловини, основний вклад вносить гамма-випромінювання від калію і торію, у сумі воно може перевищувати гамма-випромінювання від урану (радію) для моделі гірської породи яка не має завищених значень вкладу розсіяної органічної речовини осадових порід.

Результати. Обговорення і аналіз. Дослідження природи радіоактивності глинистої фракції гірських порід за результатами вимірів методом гамма-каротажу дозволили обґрунтувати адитивну модель радіоактивності з двох складових, інтенсивність гамма-квантів обумовлена мінеральним складом глини (J_{γ}^M), та інтенсивність гамма-квантів обумовлена органічною речовиною (J_{γ}^{op}). Така модель обумовлює необхідність виділення кожної з складових для розв'язання задачі прогнозу інтервалів розрізу з високим вмістом розсіяного органічного вуглецю.

Встановлено різний вклад радіоактивних ізотопів калію, торію та урану(радію) в виміряне значенні інтенсивності природні радіоактивності, дає перевагу використанню методу гамма-спектрометрії. Для збільшення достовірності виділення інтервалів з високим вмістом розсіяного органічного вуглецю при інтерпретації методу гамма-спектрометрії рекомендується використовувати не тільки інформацію каналу урану (радію), але і відношення торієвого каналу до уранового ((Th/U(Ra))). Для глинистих порід торій змінюється в малому діапазоні ($Th = 16 \div 24 \cdot 10^{-4} \%$), а U(Ra) при порівнянні чистих глин і глин з домішками керогену відрізняється в два, три рази.

Заключення і висновки. Досліджені проблеми використання методу гамма-каротажу для оцінки розподілу вмісту органічної речовини в геологічному розрізі свердловини, та пропонується модель природної радіоактивності, яка дозволить збільшити достовірність застосування методу гамма-каротажу.

Обґрунтована необхідність аналізу дисперсної фракції глинистого матеріалу для виділення зон з підвищеним вмістом органічної речовини з метою розділення дисперсної і органічної складової.

Рекомендовано використання відношення торієвої і уранової складової ((Th/U(Ra))) для інтерпретації результатів методу гамма-спектрометрії при аналізі розподілу органічної речовини.

Література

1. Буряковский Л. А. Моделирование систем нефтегазовой геологии / Л. А. Буряковский, И. С. Джафаров, И. Д. Джеваншир. – М.: Недра, 1990. – 295 с.
2. Вуль М. А. Сучасний стан ресурсної бази вуглеводнів у нафтогазоносних регіонах України / М. А. Вуль, В. М. Гаврилко, Б. М. Полухтович та ін. // Газ і нафта. – 2006. – № 11. – С. 32-36.
3. Лукин А. Е. Генетические типы вторичных преобразований и нефтегазонакопление в авлакогенных бассейнах (Препр. / Ин-т геол. наук АН УССР) / А. Е. Лукин. – Киев, 1989. – 52 с.
4. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: Книг 8. Теоретичне обґрунтування ресурсів нетрадиційних вуглеводнів осадових басейнів України:



Монографія / В. А. Михайлов, С. Г. Вакарчук, О. Ю. Зейкан [та ін.]. – К.: Ніка-Центр, 2014. – 280 с.

5. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга V. Перспективи освоєння ресурсів сланцевого газу та сланцевої нафти Східного нафтогазоносного регіону України: Монографія. / С.Г. Вакарчук, О. Ю. Зейкан, Т. Є. Довжок. – К.: ТОВ «ВТС ПРИНТ», 2013. – 240 с.

6. Амурский Г. И. Концепция геологической юности формирования газовых месторождений "Газ на марше" / Г. И. Амурский // Геология нефти и газа. – 2002. – №4. – С. 11-17.

7. Зеленко Ю. М. Просторове прогнозування газогенеруючих товщ у Дніпровсько-зонецькій западини на основі оцінки відбивної здатності вітриніту / Ю. М. Зеленко, О. М. Карпенко // Збірник наукових праць «Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики». – 2015. – №1. – С. 31-39.

8. Mendelson J. D. Petroleum Source Rock Logging - Massachusetts Institute of Technology – 29618 – с. 96.

9. Алексеев Ф. А. Использование спектрометрии гамма-излучения при изучении нефтегазоносных бассейнов / Ф. А. Алексеев, Р. П. Готтих // Советская геология. – 1978. – №3. – С. 68-81

10. Ларионов В. В. Естественная радиоактивность карбонатных отложений верхнего мела Восточного Предкавказья / В. В. Ларионов, М. Д. Шварцман // Геофизические методы исследования скважин. – М.: Недра. –1966. – Вып. 56. – С. 67-82.

Abstract. *To predict oil and gas rocks successfully use the information on the reflectivity of vitrinite, but increasing the reliability of the allocation is possible due to additional information, what are the results of geophysical studies in wells. The work considers the difficulties of analysis, and the use of the measurements results of natural radioactivity for the evaluation of scattered organic matter (kerogen), and suggests ways to improve the solution of this problem.*

Key words: *Dniprovsko-Donetska foredeep, kerogen, vitrinite reflectance, catagenesis, oil and gas maternal rocks, natural radioactivity, geophysical methods, modeling.*

Науковий керівник: д.геол.наук, проф. Карпенко О. М.

Стаття відправлена: 26.01.2018 р.

© Зеленко Ю. М.