

550.835
Ф 33

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

ФЕДОРІВ ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 550.835

ВИДІЛЕННЯ ПОЛІМІКТОВИХ ПІСКОВИКІВ У
КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ТА ПЕРМСЬКИХ НАФТОГАЗОНОСНИХ
ВІДКЛАДАХ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРОВСЬКО-
ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ЗА ДАНИМИ ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ

11/11/16

Спеціальність 04.00.22 — Геофізика

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Федорів

Івано-Франківськ — 2000

Дисертація є рукописом

Дисертація виконана в Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

-доктор геологічних наук, доцент Федоришин Дмитро Дмитрович, Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри геофізичних досліджень свердловин

Офіційні опоненти:

-доктор геолого-мінералогічних наук Курганський Валерій Микитович, професор кафедри геофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України

-кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник Куровець Ігор Михайлович, завідувач відділу проблем нафтогазової геофізики Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України

Провідна установа:

Львівське відділення Українського державного геологорозвідувального інституту Міністерства екології та природних ресурсів України

Захист дисертації відбудеться “ ” 200 р. о ___ год. на засіданні спеціалізованої ради К 20.052.01 при Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України (вул. Карпатська, 15, м.Івано-Франківськ, Україна, 76019).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу Міністерства освіти і науки України (вул. Карпатська, 15, м.Івано-Франківськ, Україна, 76019).

Автореферат розісланий “ ” 200 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат геолого-мінералогічних наук

Г.О.Жученко

Мех

210

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми зумовлена нагальною потребою забезпечення пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ достовірним прогнозом продуктивності відкладів складних геологічних розрізів. В умовах центральної частини Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) геологічні розрізи кам'яновугільних та пермських перспективних відкладів характеризуються складним літологічним складом, що обумовлено наявністю в них порід-колекторів поліміктового типу.

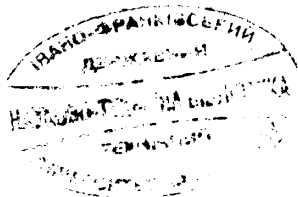
Для даного типу колекторів інформативність геофізичних методів досліджень, які традиційно застосовуються, недостатня. Методики виділення порід-колекторів та визначення колекторських властивостей пластів, що успішно використовуються в інших регіонах, через неоднорідність мінерального складу порід кам'яновугільних і пермських відкладів, мають низьку ефективність. Враховуючи вищенаведене, при вирішенні геолого-геофізичних задач, зокрема, при виділенні порід-колекторів поліміктового типу, оцінці їх ємнісно-фільтраційних властивостей та проведенні літолого-стратиграфічного розчленування геологічного розрізу, необхідно розробити нові більш інформативні методики, які дадуть змогу вирішити поставлені задачі та підвищити ефективність пошуково-розвідувальних робіт.

Одним із перспективних напрямків вивчення такого типу геологічних розрізів є ядерно-фізичні дослідження. В даній роботі на основі даних про розподіл природних радіоактивних елементів (ПРЕ) урану(радію) (U(Ra)), торію (Th) та калію (K⁴⁰) у кам'яновугільних та пермських відкладах ДДЗ розроблено методики, за допомогою яких можна достовірно провести літолого-стратиграфічне розчленування геологічного розрізу, а також оцінити природу підвищеної гамма-активності порід-колекторів.

Надзвичайно актуальною є проблема інтерпретації результатів геофізичних досліджень геологічних розрізів, які вмщують породи-колектори поліміктового типу. Для її вирішення необхідно враховувати вплив мінерального складу порід на результати геофізичних досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Результати наукових досліджень, які наведені в дисертаційній роботі, отримані під час виконання держбюджетних науково-дослідних робіт, що проводились у Галузевій науково-дослідній лабораторії (ГНДЛ-6) Інституту нафтогазових технологій Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу відповідно до Державної програми "Нафта і Газ України". Темі фундаментальних досліджень, відповідають пріоритетним напрямкам розвитку науки та затверджені наказами Нафтогазової Академії України.



Мета і задачі роботи.

Мета роботи: У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми, що виявляється у розробці експериментальних основ і методик виділення та діагностики порід-колекторів поліміктового типу кам'яновугільних та пермських відкладів центральної частини ДДЗ на основі результатів гамма-спектрометрії з використанням стандартного комплексу геофізичних досліджень свердловин (ГДС).

Об'єкт дослідження: породи-колектори поліміктового типу кам'яновугільних та пермських відкладів центральної частини Дніпровсько-Донецької западини.

Методи дослідження: теоретичне моделювання, експериментальні лабораторні ядерно-фізичні дослідження, математична обробка даних та методи промислової геофізики.

Основні задачі досліджень:

1. Вивчити літологічні особливості порід-колекторів кам'яновугільних і пермських відкладів центральної частини ДДЗ та можливості їх літолого-стратиграфічного розчленування з використанням сучасних ядерно-фізичних методів.

2. Виявити наявність природних радіоактивних елементів та дослідити зв'язок із особливостями мінералогічного складу порід-колекторів.

3. Встановити закономірності розподілу природних радіоактивних елементів у кам'яновугільних і пермських відкладах з метою виділення порід-колекторів, які представлені поліміктовими пісковиками.

4. Розробити методики визначення ємнісно-фільтраційних параметрів порід-колекторів поліміктового типу з використанням даних ядерно-фізичних досліджень.

5. Розробити методичні рекомендації для літологічного розчленування розрізів свердловин та виділення поліміктових колекторів з використанням результатів гамма-спектрометричних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено закономірності розподілу природних радіоактивних елементів у кам'яновугільних і пермських відкладах нафтогазових родовищ центральної частини ДДЗ;
- з'ясовано природу підвищеної радіоактивності порід-колекторів поліміктового типу;
- розроблено методику виділення поліміктових пісковиків у геологічному розрізі кам'яновугільних та пермських відкладах центральної частини ДДЗ;
- на основі результатів ядерно-фізичних досліджень розроблено

методичні рекомендації для літолого-стратиграфічного розчленування розрізів кам'яновугільних і пермських відкладів нафтогазових родовищ центральної частини ДДЗ;

- експериментально доведена достовірність виділення поліміктових пісковиків за даними гамма-спектрометричного методу;
- на основі лабораторних досліджень показана висока ефективність ядерно-фізичних методів при вивченні літолого-петрофізичної характеристики порід-колекторів кам'яновугільних і пермських відкладів центральної частини ДДЗ.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені ядерно-фізичні дослідження порід-колекторів поліміктового типу кам'яновугільних і пермських відкладів дозволяють більш обґрунтовано планувати пошукові роботи на нафту і газ у центральній частині ДДЗ. Розроблені петрофізичні моделі поліміктових пісковиків використовуються виробничими організаціями ДГП “Укргеофізика”, Карпатським управлінням геофізичних робіт та Управлінням геологічних робіт (м.Полтава) з метою визначення емісійно-фільтраційних параметрів нафтогазонасичених пластів.

Викладений в роботі теоретичний матеріал і розроблені методики використовуються також в навчальному процесі студентів геологорозвідувального факультету Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу.

Фактичним матеріалом послужили результати лабораторних досліджень на 600 зразках керна отриманого із продуктивних розрізів свердловин Розпашнівської, Яблунівської, Софіївської та Тутівської площ, які виконані автором у Галузевій науково-дослідній лабораторії (ГНДЛ-6) Інституту нафтогазових технологій Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу, а також дані петрофізичної лабораторії ДГП “Західукргеологія”, лабораторії фізики пласта ЦНДЛ, ВАТ “Укрнафта”, геолого-геофізичні матеріали ДГП “Укргеофізика” та Управління геологічних робіт (м. Полтава).

Особистий внесок здобувача. Особисто здобувачем до наукових праць, які опубліковані у співавторстві, виконано лабораторні дослідження ядерного матеріалу, відібраного із кам'яновугільних і пермських відкладів центральної частини ДДЗ; зроблено математичне моделювання по розподілу природних радіоактивних елементів; побудовано петрофізичні моделі для порід-колекторів поліміктового типу; розроблено методику виділення порід-колекторів поліміктового типу за даними гамма-спектрометричних досліджень; на базі розробленої методики виділено пісковики поліміктового типу та проведено літологічне розчленування розрізу на Розпашнівській та Софіївській площах.

Основні положення, які захищаються.

1. Встановлений характер розподілу радіоактивних ізотопів урану, торію та калію та їх співвідношення в породах візейських і турнейських відкладів є діагностичним критерієм при виділенні порід-колекторів поліміктового типу.

2. Уповільнюючі нейтронні властивості турнейських та візейських відкладів зумовлюються розподілом у них радіоактивного ізотопу калію.

3. Характер розподілу радіоактивних ізотопів урану, торію та калію в гірських породах зумовлений мінеральним складом, що дозволяє за даними гамма-спектрометрії уточнити їх літологічну належність.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційних досліджень доповідалися на 5-ій Міжнародній конференції “Нафта – Газ України-98” (м. Полтава 1998р.), Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу університету (м. Івано-Франківськ 1998р.), Науково-технічних радах підприємств: ВАТ “Укрнафта”, ДГП “Укргеофізика” та Управління геологічних робіт (м. Полтава), а також Наукових семінарах кафедри геофізичних досліджень свердловин ІФДТУНГ.

Публікації. Автором опубліковано сім праць за темою дисертації, із них п'ять статей (в тому числі одна одноосібна) в журналах, рекомендованих ВАК України, та дві основні тези в збірниках наукових праць науково-технічних конференцій.

Об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків і списку використаних джерел. Текст викладено на 161 сторінках машинного тексту і включає 26 рисунки та 20 таблиць. Список літератури містить 98 найменувань.

Дисертація виконувалась на кафедрі “Геофізичних досліджень свердловин” ІФДТУНГ в 1996-2000 рр. під керівництвом завідувача кафедри геофізичних досліджень свердловин, доктора геологічних наук Федоришина Дмитра Дмитровича.

Висловлюю свою щирю подяку завідувачу кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ, доктору геол.-мін. наук, професору Масєвському Б.Й., доктору геол.-мін. наук, професору Гуньці Н.Н., доценту кафедри геофізичних досліджень свердловин, канд. геол.-мін. наук Старостіну В.А., доценту кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ, канд. геол. наук Омельченку В.Г., завідувачу відділом ядерно-фізичних методів фізико-механічного інституту НАН України кандидату технічних наук Федоріву Р.Ф.

ОСНОВНА ЧАСТИНА СТАН ВИВЧЕНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ПОЛІМІКТОВОГО ТИПУ

Проблемою виділення та вивчення петрофізичних характеристик порід-колекторів поліміктового типу займалось багато вчених, зокрема Алексеев Ф.А., Аксельрод С.М., Кожевников Д.А., Кадісов Е.М., Дмитрієв Є.Є., Тихомірова Н.Л. Дослідження, здебільшого, проводились в Татарії, Нижньому Поволжі, Тімано-Печорському регіоні та частково у північно-західній частині Дніпровсько-Донецької западини.

Складність при виділенні і вивченні петрофізичних характеристик порід-колекторів поліміктового типу полягає в тому, що в скелеті породи містяться мінерали груп польових шпатів і слюд, які призводять до підвищення інтегральної радіоактивності пластів-колекторів, що спричинює помилкове визначення їх коефіцієнтів пористості та коефіцієнтів нафтогазонасиченості за даними геофізичних методів.

Можливість практичного використання результатів вимірювання природної радіоактивності для вивчення геологічної будови розрізів нафтогазових родовищ була показана Кіріковим А.П., Горшковим Г.В., Курбатовим Л.М. та ін. Значний внесок у розвиток теорії і методики проведення та інтерпретації даних гамма-методу внесли Блюменцев А.М., Булмасов В.А., Готтіх Р.П., Курба Л.М., Виноградов А.П., Роковий А.В., Баранов В.І., та ін.

Незначні за обсягом визначення концентрацій урану, торію та калію проведені за допомогою хімічних методів в лабораторних умовах. У зв'язку з тим, що хімічні методи є трудомісткі, потребують великих витрат і значної кількості хімічно чистих реактивів, вони не отримали широкого застосування при нафтогазогеологічних дослідженнях. Необхідність роздільного визначення окремих радіоактивних елементів у великих обсягах примусило дослідників шукати методи, які б відрізнялись від стандартних методів експресністю, високою чутливістю і могли б використовуватись як в лабораторних, так і в польових умовах. Цим вимогам відповідають методи гамма-спектрометрії гірських порід.

Вивчаючи стан використання ядерно-фізичних досліджень для виділення порід-колекторів поліміктового типу, встановлено, що гамма-спектрометричні дослідження розрізів свердловин можуть бути успішно використані для вирішення цілої низки геологічних задач: літолого-фаціального розчленування розрізу, стратиграфічного розчленування розрізу, кореляції розрізів за вмістом природних радіоактивних елементів, кількісної оцінки глинистості колекторів, виділення границь незгідності

заягання візейських та турнейських відкладів, виділення зон вторинної доломітизації, виділення бітумінозних порід, збагачених ураном, виявлення фосфоритових горизонтів та виділення порід-колекторів поліміктового типу.

ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ НИЖНЬОГО КАРБОНУ ТА ПЕРМІ

Ефективність виділення та розкриття продуктивних пластів, а також інтерпретація результатів геофізичних досліджень свердловин (ГДС) значною мірою залежить від вивченості літолого-петрофізичних характеристик порід-колекторів, фізико-хімічних властивостей флюїдів, технічних умов буріння, достовірності стратиграфічного розчленування розрізів, які досліджуються.

Як відомо, породи-колектори, які є перспективними на нафту чи газ на території центральної частини Дніпровсько-Донецької западини, відносяться переважно до кам'яновугільних та пермських відкладів. Основні труднощі, які виникають в процесі вивчення цих відкладів, пов'язані з наявністю в їх складі порід поліміктового типу.

З метою вивчення геолого-геофізичної характеристики порід відкладів нижнього карбону та пермі, нами проведені комплексні дослідження кернавого матеріалу, відібраного з пошукових свердловин центральної частини ДДЗ. Результати цих досліджень дали змогу розробити градацію порід-колекторів, визначити їх геофізичні та петрофізичні характеристики.

За результатами літолого-петрографічних та геофізичних досліджень у відкладах візейського та турнейського ярусів виділені різні літотипи порід-колекторів. В таблиці 1, як приклад, наведено геофізичну характеристику порід-колекторів візейського ярусу.

Таблиця 1 – Геофізичні параметри порід-колекторів відкладів візейського ярусу центральної частини ДДЗ ($C_{пл}=8 \div 12\%$)

Літотип	ΔT , мкс/м	J_{γ} , мкр/год	$J_{\text{пл}}$, ум.од	K^{40} , %	U, 10 ⁻⁴ ,%	Th, 10 ⁻⁴ ,%
Конгломерат	240-260	2,1-2,8	2,0-2,6	0,2-1,0	1,6-2,1	2,8-18,0
Гравеліти кварцові	255-265	2,2-2,9	1,9-2,4	0,2-0,5	1,5-1,9	2,6-12,2
Гравеліти поліміктові	260-270	4,8-5,9	1,9-2,6	2,1-2,6	0,5-1,3	2,8-11,4
Гравійні пісковики кварцові	240-250	2,7-3,1	1,7-2,3	0,3-0,6	1,1-1,7	3,8-7,2
Гравійні пісковики поліміктові	245-255	12-20	1,7-2,2	2,0-2,7	2,3-2,8	4,2-9,8
Пісковики кварцові	250-265	2,5-3,0	1,8-2,2	0,2-0,5	1,2-1,7	4,8-10,2
Пісковики поліміктові	265-275	12-18	1,7-2,1	2,2-3,0	2,6-3,0	5,6-7,1

ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРІЗІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДДЗ

Вивчення продуктивних горизонтів нафтогазових родовищ центральної частини ДДЗ за даними ГДС ускладнюється труднощами, які обумовлені різноманітністю мінерального складу порід. Проведеними дослідженнями встановлено, що породи, які містять мінерали таких груп як польові шпати та слюди, характеризуються підвищеною радіоактивністю, на відміну від мономіктових; заниженими значеннями питомого електричного опору та збільшенням інтервального часу пробігу пружних хвиль. Вплив скелету порід поліміктового типу на результати геофізичних досліджень призводить до недостовірного визначення коефіцієнтів глинистості, пористості, нафтогазонасиченості та інших петрофізичних параметрів за даними радіоактивних, акустичних та електричних методів.

З метою усунення труднощів, які виникають при інтерпретації даних ГДС за загальноприйнятною методикою, а також врахування впливу мінерального складу породи на її фізичні властивості пропонується використовувати гамма-спектрометричні дослідження.

Методика літологічного розчленування розрізу свердловин. Наявність порід поліміктового типу не може бути достовірно вивчена за даними стандартного комплексу ГДС, оскільки поліміктовість, як було сказано вище, в значній мірі впливає на покази радіоактивних, акустичних та електричних методів. За результатами аналізу результатів лабораторних та свердловинних досліджень встановлено, що за значеннями природної гамма-активності поліміктові породи виділити в товщі глини та алевролітів практично неможливо, оскільки за даними ГК вони характеризуються однаковими значеннями інтегральної радіоактивності (12-20 мкР/год). Виникають певні труднощі при їх виділенні і за даними АК та електричних методів, так як вони мають занижене значення інтервального часу пробігу пружних хвиль та електричного опору. Враховуючи фізичні основи та можливості гамма-спектрометричних методів, появляются певні можливості вирішення задач літолого-стратиграфічного розчленування розрізу, виділення порід-колекторів та оцінки природи їх радіоактивності.

Аналіз ядерного матеріалу кам'яновугільних та пермських відкладів Розпашнівської та Софіївської площ, а також результатів гамма-спектрометричних досліджень геологічних розрізів, дозволили диференціювати породи різного літологічного складу за концентрацією в них природних радіоактивних елементів. Гамма-спектрометричні вимірювання концентрації радіоактивних елементів урану (радію), торію та калію в породах візейського та турнейського ярусів Розпашнівської та

Софіївської площ дали змогу визначити діапазон зміни їх процентного вмісту, оцінити середні значення, вивчити закон розподілу природних радіоактивних елементів, а також закономірності розподілу цих елементів в продуктивних геологічних розрізах. В таблиці 2 показані гамма-спектрометричні характеристики основних літологічних різновидів порід кам'яновугільних відкладів.

Таблиця 2 – Середні значення вмісту радіоактивних елементів у гірських породах кам'яновугільних відкладів Розпашнівської та Софіївської площ
($C_{г\lambda}=8\div 12\%$)

Літотип	К-сть зразків	Вміст природних радіоактивних елементів, %							
		Розпашнівська площа				Софіївська площа			
		К	U(Ra) · 10 ⁻⁴	Th · 10 ⁻⁴	Th/K · 10 ⁻⁴	К	U(Ra) · 10 ⁻⁴	Th · 10 ⁻⁴	Th/K · 10 ⁻⁴
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аргіліт	48	3,13	4,37	11,55	3,67	2,5	4,4	10,1	4,04
Алевроліти	47	2,5	5,7	9,1	3,64	1,9	4,5	8,7	4,58
Пісковик мономіктовий	56	0,3	1,99	5,65	7,74	0,5	1,3	4,2	8,4
Пісковик поліміктовий	61	2,46	3,75	5,68	2,3	2,11	3,62	5,47	2,59
Гравеліт мономіктовий	59	0,65	1,27	4,12	6,34	0,5	1,9	3,6	7,2
Гравеліт поліміктовий	57	1,85	2,28	2,66	1,44	2,1	0,5	2,3	0,86
Вапняк	49	0,91	3,73	1,8	1,98	0,7	5,0	1,4	2,0

Враховуючи відносний параметр – Th/K та вміст кожного із радіоактивних ізотопів в гірських породах, гамма-спектрометричні дослідження в комплексі з іншими геофізичними методами можна успішно використовувати для розв'язування задачі літологічного розчленування розрізу відкладів центральної частини ДДЗ.

ВИДЛЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ В ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРІЗАХ ПОЛІМІКТОВОГО ТИПУ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ДДЗ

Методика розділення колекторів на поліміктові і кварцові пісковики за залишковою водонасиченістю. В поліміктових пісковиках, як було сказано вище, містяться мінерали груп польових шпатів та слюд, що призводить до підвищення коефіцієнта залишкової водонасиченості. Пов'язано це з тим, що в поліміктових породах, відбувається процес пелітизації, який впливає на структуру порового простору, а відповідно, і на величину коефіцієнта

залишкової водонасиченості.

В основу розділення порід-колекторів на поліміктові і кварцові пісковики, використовуючи інформацію про залишкову водонасиченість, покладено такий принцип. Для однорідних, добре відсортованих пісковиків має місце тісний зв'язок коефіцієнта проникності ($K_{пр}$) від коефіцієнтів пористості ($K_{п}$) і залишкової водонасиченості ($K_{зв}$), використання якого дозволяє визначити $K_{зв}$ розрахунковим шляхом ($K_{зв}^P$). Порівняння цього параметра $K_{зв}^P$ із фізично вимірним значенням залишкової водонасиченості ($K_{зв}^{\Phi}$) в породах-колекторах дозволяє, за величиною різниці цих значень ($H_{в} = K_{зв}^P - K_{зв}^{\Phi}$) віднести породи-колектор до одного із типів (поліміктового або кварцового пісковика).

Для ідеалізованої форми порових каналів чистих пісковиків, в яких протікання рідини підпорядковується закону Пуазейля, використовуючи рівняння Козені-Кармана коефіцієнт залишкової водонасиченості розраховується за формулою

$$K_{зв}^P = 35 \cdot \tau_{в} \cdot \sqrt{\frac{K_{п}}{K_{пр}}},$$

де $\tau_{в}$ – умовна товщина шару залишкової води, яка розраховується за формулою

$$\tau_{в} = \sqrt{\frac{K_{пр} \cdot f \cdot P_{п}}{(1 - P_{п}^{-1/n})^3 \cdot P_{п}^{n/2}}},$$

де $P_{п}$ – параметр насичення, $P_{п}$ – параметр пористості, $K_{пр}$ – коефіцієнт проникності, який визначений на керні, n – показник змочуваності колектора, f – коефіцієнт, який враховує форму порових каналів.

Скориставшись результатами визначення коефіцієнта залишкової водонасиченості $K_{зв}$, які отримані шляхом розрахунку, а також за даними лабораторних аналізів зразків керна, проведено аналіз зміни величини критерію $H_{в} = K_{зв}^P - K_{зв}^{\Phi} \geq 0$, який вказує на належність взірця до того чи іншого типу пісковика-колектору. Відмінність розрахованого та фактичного значення коефіцієнта залишкової водонасиченості порід-колекторів викликана тим, що в породах поліміктового типу проходить процес пелітизації, який приводить до підвищення вмісту залишкової води. При $H_{в} = 0$, або точніше $H_{в} = 0 \pm \varepsilon$, де ε – середньоквадратична похибка визначення $\tau_{в}$, взірець, що досліджується, слід віднести до чистих колекторів. При $H_{в} > 0$ значення $K_{зв}$ завищене впливом поліміктового складу скелету породи, отже даний взірець слід віднести до порід поліміктового

типу.

Методика виділення поліміктових пісковиків за даними гамма-спектрометрії. Виділення поліміктових пісковиків за результатами геофізичних досліджень свердловин пов'язане з труднощами, які зумовлені недостатньою інформативністю окремих геофізичних методів, а також відсутністю нових ефективних прямих методів. У зв'язку з цим ними проведені роботи по вивченню можливостей використання даних гамма-спектрометрії для виділення поліміктових пісковиків. Важливим моментом при цьому є вивчення природи радіоактивності поліміктових пісковиків. Встановлено, що вміст польових шпатів і слюд, які входять в склад скелету пісковика, найтісніше корелюється із концентрацією калію в гірській породи.

Зв'язок концентрації радіоактивного ізотопу торію із вмістом мінералів, які виповнюють тверду фазу породи, практично відсутній, за виключенням таких порід, які містять акцесорні мінерали (циркон, гранат та ін.). Вказані мінерали характеризуються підвищеною концентрацією торію. За результатами лабораторних досліджень зв'язок урану (радію) із мінералами, які входять в склад скелету поліміктових пісковиків, відсутній.

Нами пропонується один із способів використання інформації про спектральний розподіл радіоактивних ізотопів у гірських породах, яка зареєстрована в калієвому та торієвому каналах, для виділення порід-колекторів поліміктового типу.

За значеннями кількості імпульсів, що реєструються в калієвому і торієвому каналах, визначається величина подвійного різницевого параметра:

$$\Delta J_{\gamma}^K = \frac{J_{\gamma}^K - J_{\gamma \min}^K}{J_{\gamma \max}^K - J_{\gamma \min}^K}, \quad \Delta J_{\gamma}^{Th} = \frac{J_{\gamma}^{Th} - J_{\gamma \min}^{Th}}{J_{\gamma \max}^{Th} - J_{\gamma \min}^{Th}},$$

де $J_{\gamma}^K, J_{\gamma}^{Th}$ — кількість імпульсів в калієвому і торієвому каналах напроти пласта, що досліджується; $J_{\gamma \min}^K, J_{\gamma \min}^{Th}$ — кількість імпульсів в калієвому і торієвому каналах напроти опорного пласта із мінімальними значеннями інтенсивності; $J_{\gamma \max}^K, \Delta J_{\gamma \max}^{Th}$ — кількість імпульсів в калієвому і торієвому каналах напроти опорного пласта із максимальними значеннями інтенсивності у-квантів.

Встановлено, що співвідношення величин ΔJ_{γ}^K і ΔJ_{γ}^{Th} , зареєстрованих в продуктивному пласті, дозволяє віднести його до того чи іншого типу пісковиків (мономіктовий чи поліміктовий) або аргілітів. Доцільність використання даних калієвого і торієвого каналу визначається тим, що значення ΔJ_{γ}^K для аргілітів і поліміктових пісковиків співвимірні, тобто не

інформативні при виділенні поліміктових пісковиків, в той час як дані торієвого каналу несуть основну інформацію про об'єкт. Однак використання даних тільки торієвого каналу дозволяє розділити пісковики на мономіктові та поліміктові. Вапняки, мономіктові пісковики та інші літотипи також характеризуються низьким вмістом торію при низькому вмісті калію. Тому використання даних тільки одного торієвого або одного калієвого каналів понижує достовірність визначення літотипу. Для розділення пісковиків на поліміктові та мономіктові в теригенних породах візейських та турнейських відкладів за даними інформації в калієвому та торієвому каналах побудована залежність $\Delta J_{\gamma}^K = f(\Delta J_{\gamma}^{Th})$:

$$\Delta J_{\gamma}^K = 0,98\Delta_{\gamma}^{Th} + 0,01 \quad \text{при } r = 0,97. \quad (1)$$

За графіком, який побудований за допомогою залежності (1), можна визначити належність порід досліджуваного інтервалу до різних літологічних типів. Здійснюється це таким чином: визначаємо величину подвійного різницевого параметра в калієвому та торієвому каналах за результатами гамма-спектрометричних досліджень навпроти пласта, що досліджується, і наносимо на графік $\Delta J_{\gamma}^K = f(\Delta J_{\gamma}^{Th})$. При попаданні точки в область вищенаведеної залежності (1) дану породу відносимо до поліміктових пісковиків, тобто для даного інтервалу характерно: при високих значеннях вмісту калію низький вміст торію. Попадання точки нижче вказаної залежності пов'язане із присутністю торію в гірській породі, тобто даний інтервал можна віднести до чистих пісковиків.

ВИЗНАЧЕННЯ ЄМНІСНО-ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМІКТОВИХ ПІСКОВИКІВ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДДЗ

Визначення глинистості за даними радіоактивного каротажу з врахуванням мінерального складу глинистого матеріалу. Одним із важливих питань дослідження поліміктових пісковиків є визначення їх глинистості, так як мінеральний склад скелету породи впливає на інтегральну гамма-активність, яка в свою чергу характеризує наявність глинистого матеріалу в породі. В даний час залежності між гамма-активністю гірських порід і вмістом глинистого матеріалу встановлюють статистичним шляхом, але наявність польових шпатів і слюд в скелеті породи приводить до помилкового визначення глинистості порід-колекторів. Для встановлення залежності інтегральної гамма-активності від вмісту глинистого матеріалу статистичним шляхом необхідно, щоб усі породи, які беруться для моделювання, повинні мати однаковий мінералогічний склад скелету. Дану задачу можна вирішити використовуючи результати гамма-спектрометрії.

Враховуючи результати гамма-спектрометричних досліджень, нами встановлено залежність $J_\gamma = f(C_{\text{гл}})$ для порід-колекторів поліміктового типу:

$$C_{\text{гл}} = 5,44 + 20,79 \Delta J_\gamma \quad \text{при } r = 0,82,$$

де J_γ – інтенсивність природного гамма-випромінювання, $C_{\text{гл}}$ – коефіцієнт глинистості.

Отже, за результатами гамма-спектрометричних досліджень визначаємо мінеральний склад скелету породи та, використовуючи залежність $J_\gamma = f(C_{\text{гл}})$ для даного типу порід, визначаємо вміст глинистого матеріалу в поліміктових пісковиках.

Методика визначення часу життя теплових нейтронів у скелеті породи з використанням гамма-спектрометричного методу. Інформація про нейтронні властивості гірських порід в більшості випадків дозволяє з високим ступенем точності визначити контакт нафтогазонасиченості. Враховуючи те, що імпульсний нейтрон-нейтронний каротаж (ІННК) можна проводити як у відкритому стволі свердловини, так і в закритому, актуальність впровадження цього методу при дослідженні геологічних розрізів, де має місце поліміктовість, значно зростає.

Розрахунок значення коефіцієнта нафтогазонасиченості порід ($K_{\text{нг}}$) залежить від параметрів: декременту затухання в породі ($\lambda_{\text{п}}$), скелеті породи ($\lambda_{\text{ск}}$), глинистій фракції ($\lambda_{\text{гл}}$), нафті чи газі ($\lambda_{\text{н}}$), коефіцієнта пористості ($K_{\text{п}}$), коефіцієнта глинистості ($K_{\text{гл}}$), з яких тільки $\lambda_{\text{п}}$, $K_{\text{п}}$, $K_{\text{гл}}$ визначаються геофізичними методами. Найскладнішим питанням є визначення декременту затухання теплових нейтронів в скелеті породи і глинистому цементі.

Пісковики поліміктового складу скелету і цементу характеризуються присутністю калійвмісних польових шпатів (ортоклаз) і слюдистих мінералів (мусковіт, флогопіт, біотит), які також вміщують калій. Мінерали мусковіт і флогопіт крім калію вміщують залізо, яке характеризується високим січенням захоплення теплових нейтронів, що також впливає на диференціацію нейтронних властивостей розрізу. Низькими значеннями часу життя теплових нейтронів характеризуються відклади, в яких присутні ортоклаз і біотит. Наприклад, для породи з вмістом кварцу (50%), ортоклазу (20%), час життя теплових нейтронів становить $\tau = 372,1$ мкс.

Проведені лабораторні дослідження на зразках ядра Розпашнівського родовища по визначенню концентрації радіоактивних елементів (K, U(Ra), Th) і мінерального складу за описом шліфів. В інтервалах відібраного ядра розраховано і нейтронні властивості гірських порід і проведено аналіз впливу мінерального складу на величину часу життя теплових нейтронів. Отримано залежність з високим коефіцієнтом

кореляції (0,87) часу життя теплових нейтронів від концентрації калію, який визначався в лабораторних умовах на гамма-спектрометричній установці. Таким чином, за залежністю часу життя теплових нейтронів від концентрації калію, можна визначити параметр τ , що і дозволить підвищити точність визначення газорідних контактів за допомогою ІННК.

Ємнісно-фільтраційна характеристика порід поліміктового типу кам'яновугільних та пермських відкладів центральної частини ДДЗ. Розвідка та розробка нафтогазових родовищ буде ефективнішою, якщо достовірно встановити петрофізичні параметри та характеристики порід і флюїдів, які виповнюють складні геологічні розрізи. В результаті статистичної обробки експериментальних даних, які отримані при вимірюванні петрофізичних та геофізичних параметрів порід-колекторів поліміктового типу, побудовані петрофізичні моделі, що описуються такими рівняннями регресії:

$$J_{\gamma} = 2,33K + 0,55U(Ra) + 1,27Th + 3,55 \quad \text{при } r = 0,91,$$

де J_{γ} – інтенсивність природного гамма-випромінювання, K , $U(Ra)$, Th – відповідно вміст калію, уран(радію) та торію.

$$K_{зв} = 81,158Q_{100}^2 + 3,1438Q_{100} \quad \text{при } r = 0,98,$$

де $K_{зв}$ – коефіцієнт залишкової водонасиченості, Q_{100} – ємність катіонного обміну.

$$\frac{M_z}{M_k} = 0,4361Q_{100}^2 + 0,1002Q_{100} \quad \text{при } r = 0,96,$$

$$\frac{M_z}{M_k} = 0,0001K_{зв}^2 + 0,0031K_{зв} \quad \text{при } r = 0,98.$$

де M_g , M_k – відповідно, вміст гідролюд і каолініту в глинистій фракції.

$$\lg K_{пр} = 0,1665K_{п.в.} - 0,736 \quad \text{при } r = 0,87,$$

де $K_{пр}$ – коефіцієнт проникності, виражений в мілідарсі, а $K_{п.в.}$ – коефіцієнт відкритої пористості, %.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИВЧЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ПОЛІМІКТОВОГО ТИПУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАММА- СПЕКТРОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Новий підхід до вивчення порід, які представлені пісковиками поліміктового типу, на базі використання результату гамма-спектрометричних досліджень дозволив уточнити літологічний склад кам'яновугільних та пермських відкладів ряду родовищ центральної

частини ДДЗ.

Розроблений нами комплексний підхід до геолого-геофізичного вивчення розрізів, які представлені породами поліміктового типу, передбачає застосування тільки таких методів ГДС і методик їх інтерпретації, які дають можливість виділити пласти-колектори, визначити їх підрахункові параметри та оцінити характер насичення. Реалізація цієї задачі здійснюється за наступною схемою досліджень.



Як видно із запропонованої схеми, на першому етапі комплексних геолого-геофізичних досліджень розрізів нафтогазових родовищ, які містять поліміктові пісковики, необхідно виконати лабораторні виміри петрофізичних параметрів порід-колекторів, вивчити їх літолого-петрографічні особливості. На наступному етапі проводяться гамма-спектрометричні дослідження з метою виділення в геологічних розрізах порід-колекторів поліміктового типу. Після виділення пластів-колекторів проводиться інтерпретація отриманих даних геофізичних досліджень у свердловинах з використанням попередніх лабораторних петрофізичних досліджень кернавого матеріалу та результатів гамма-спектрометричних досліджень за спеціально розробленими нами методиками. Такий підхід важливий при визначенні коефіцієнта глинистості за даними радіоактивних методів, коефіцієнта пористості порід за даними акустичних методів та газорідинних контактів за даними імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу.

Звідси можна зробити висновок, що для вирішення задач літолого-стратиграфічного розчленування розрізів, ідентифікації та виділення порід-колекторів поліміктового типу, оцінки їх фільтраційно-ємнісної характеристики, метод гамма-спектрометрії в комплексі з іншими геофізичними методами є достатньо інформативним та ефективним.

ВИСНОВКИ

В результаті експериментальних досліджень та теоретичних обґрунтувань розроблено новий методичний підхід до дослідження кам'яновугільних і пермських відкладів нафтогазових родовищ центральної частини ДДЗ із використанням ядерно-фізичних методів.

Вивчено та встановлено закономірності розподілу природних радіоактивних ізотопів урану, торію та калію в кам'яновугільних і пермських відкладах родовищ центральної частини ДДЗ, виявлено їх взаємозв'язки із глинистістю. Наведено приклади літологічного розчленування даних відкладів, виділення пластів-колекторів, оцінка їх ємнісно-фільтраційних характеристик використовуючи результати гамма-спектрометричних досліджень.

Вперше вивчено та обґрунтовано можливості гамма-спектрометричного методу з метою виділення порід-колекторів поліміктового типу в центральній частині ДДЗ.

При цьому отримані такі основні результати:

1. Вивчено літологічний склад кам'яновугільних і пермських відкладів нафтогазових родовищ центральної частини ДДЗ за даними петрографічних, ядерно-фізичних та геофізичних досліджень. Виявлено, що поряд із вмістом глинистого матеріалу в породах є присутні у значній кількості мінерали із груп польових шпатів та слюд, які містять в собі радіоактивні ізотопи урану (радію), торію та калію. Така літологічна особливість порід нафтогазових родовищ центральної частини ДДЗ утруднює інтерпретацію даних електричних та радіоактивних методів.
2. Наявність в скелеті породи польових шпатів та слюд зумовлює підвищену радіоактивність пісковиків візейських та турнейських відкладів і знижує інформативність геофізичних (радіоактивних, акустичних і електричних) методів.
3. Вплив поліміктового складу порід-колекторів на результати електричних методів зумовлений процесом пелітизації, який відбувається в скелеті породи.
4. Досліджено природу радіоактивності гірських порід в геологічних розрізах кам'яновугільних і пермських відкладах центральної частини ДДЗ та розроблено методику виділення колекторів поліміктового типу за даними гамма-спектрометрії.
5. Вперше розроблено концептуально новий підхід щодо визначення часу життя теплових нейтронів за даними гамма-спектрометрії.
6. Розроблена методика визначення ємнісних параметрів порід-колекторів поліміктового типу нафтогазових родовищ центральної

частини Дніпровсько-Донецької западини, за даними ядерно-фізичних досліджень.

По темі дисертації опубліковані такі роботи:

1. **Федоріс В.В.** Визначення глинистості поліміктових пісковиків Розпашновського родовища за даними радіоактивних методів //Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: Збірник Наукових Праць ІФДТУНГ — Івано-Франківськ. — 1998. — №35. — Том 1. — С. 25 — 29.

2. Федоришин Д.Д., **Федоріс В.В.** Вплив технічних умов вимірювання на покази свердловинного спектрометра //Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: Збірник Наукових Праць ІФДТУНГ — Івано-Франківськ. — 1996. — №33. — С. 27 — 33.

3. Старостін В.А., **Федоріс В.В.**, Старостін А.В. Використання методу гамма-спектрометрії при врахуванні впливу поліміктового складу скелету породи на нейтронні властивості покладів //Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: Збірник Наукових Праць ІФДТУНГ — Івано-Франківськ. — 1997. — №34. — Том 1. — С. 33 — 39.

4. Старостін В.А., Федоришин Д.Д., **Федоріс В.В.**, Старостін А.В. Виділення стратиграфічної границі між візейськими та турнейськими ярусами за даними гамма-спектрометрії //Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: Збірник Наукових Праць ІФДТУНГ — Івано-Франківськ. — 1999. — №36. — Том 1. — С. 152 — 161.

5. Федоришин Д.Д., Старостін В.А., **Федоріс В.В.** Виділення колекторів, які представлені поліміктовими пісковиками, за даними гамма-спектрометрії //Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: Збірник Наукових Праць ІФДТУНГ — Івано-Франківськ. — 1997. — №34. — Том 6. — С. 324 — 329.

6. Старостін В.А., **Федоріс В.В.**, Старостін А.В. Методика комплексної інтерпретації імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу та гамма-спектрометричного каротажу. Українська Нафтогазова Академія. Матеріали 5^{ої} Міжнародної конференції “Нафта-Газ України-98”. Том 1, м. Полтава, 15-17 вересня 1998. С. 409-410.

7. Старостін В.А., **Федоріс В.В.**, Старостін А.В. Можливості застосування ІННК при визначенні поточних значень коефіцієнта нафтогазонасичення в відкладах поліміктового типу ДДЗ. ІФДТУНГ. Тези доп. н.-т. конференції проф.-викладацького складу ун-ту. Івано-Франківськ, 1998, С. 139.

Анотація

Федорів В.В. Виділення поліміктових пісковиків у кам'яновугільних та пермських нафтогазоносних відкладах центральної частини Дніпровсько-Донецької западини за даними ядерно-фізичних досліджень.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю: 04.00.22 – Геофізика, Міністерство освіти та науки України, Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2000.

Захищаються результати наукових досліджень, у яких висвітлені основні теоретичні, експериментальні і практичні положення по вирішенню важливої актуальної проблеми – підвищення геолого-геофізичної інформативності діагностики порід-колекторів в геологічних розрізах, які містять породи поліміктового типу. З цією метою розроблено схему комплексного підходу до вивчення порід-колекторів поліміктового типу в розрізах центральної частини Дніпровсько-Донецької западини.

На основі теоретико-експериментальних даних вивчення такого типу колекторів, розроблено блок методик інтерпретації отриманих результатів геолого-геофізичних досліджень в свердловинах із врахуванням гамма-спектрометричних досліджень, встановлено ряд петрофізичних залежностей для порід-колекторів поліміктового типу кам'яновугільних та пермських відкладів центральної частини ДДЗ.

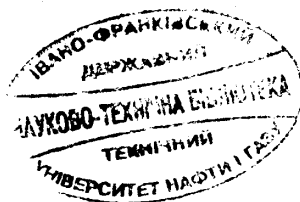
Ключові слова: петрофізичні параметри, пористість, водо-, нафто-, газонасиченість, час життя теплових нейтронів, інтегральна радіоактивність, радіоактивні ізотопи, інтервальний час, поліміктовість...

Annotation

Fedoriv V.V. Extraction of polymict sandstones in (from) coal and perm oil and gas-bearing deposits of the central part of the Dnieper-Donetsk depression according to data of nuclear- and physical research.

Dissertation for candidate of geological science in speciality: 04.00.22 - Geophysics, Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk State Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2000.

Results of scientific investigation, which give main theoretical, experimental and practical aspects of solving the important problem – increase of geological- and geophysical informative diagnostics of rocks-reservoirs in geologic cross section, which contain rocks of polymict type are defended. For this purpose the scheme of complex approach to studying rocks-reservoirs of polymict type in cross-sections of the central part of Dniper-Donets depression has been worked out.



On the basis of theoretical and experimental data, a block of methods has been elaborated to interpret the results of geological- and geophysics research in the wells, taking into account gamma-spectrometric research, a number of petrophysical dependencies on reservoir rocks of polymict type of coal and perm deposits of the central part of Dniper-Donetsk depression has been established.

Key words: petrophysical parameters, porosity, water-, oil- and gas-saturation, durability of heat neutrons, integral radioactivity, radioactive isotopes, interval time, polymicting.

Аннотация

Федорив В.В. *Выделение полимиктовых песчаников каменноугольных та пермских отложений центральной части Днепровско-Донецкой Впадины по данным ядерно-физических исследований.*

Диссертация на соискание учёной степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 - Геофизика, Министерство образования и науки Украины, Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2000.

Защищаются результаты теоретических и экспериментальных исследований по важной научно-технической проблеме – повышение информативности геолого-геофизических исследований пород-коллекторов полимиктового типа каменноугольных и пермских отложений центральной части Днепровско-Донецкой впадины. Неоднородность минералогического состава пород-коллекторов каменноугольных и пермских отложений их полимиктовость, а также недостаточная информативность комплекса методов геофизических исследований скважин затрудняет интерпретацию результатов ГИС, снижает эффективность геолого-геофизических поисковых работ. Наличие в породах-коллекторах полевых шпатов и слюд влияет на их физические свойства, усложняет применение методик выделения полимиктовых песчаников в геологическом разрезе.

Обобщение и анализ результатов лабораторных и скважинных исследований позволили выявить особенности распределения породообразующих и акцессорных минералов в породах-коллекторах полимиктового типа и на их основе разработать петрофизические взаимосвязи типа “кern-кern”, “кern-геофизика”. За данными лабораторных гамма-спектрометрических исследований разработана методика по выделению полимиктовых песчаников, которая основана на использовании информации распределении калия и тория в породах как мономиктового, так и полимиктового типа.

Используя результаты лабораторных гамма-спектрометрических исследований кернового материала, а также данные скважинных

геофизических исследований полимиктовых пород нами разработаны методики литологического расчленения геологического разреза, определения глинистости за данными радиоактивного каротажа и гамма-спектрометрии, способы интерпретации данных импульсного нейтрон-нейтронного каротажа.

В результате проведённых работ разработано схему комплексных геолого-геофизических исследований полимиктовых пород-коллекторов каменноугольных и пермских отложений центральной части ДДЗ, которую можно использовать и в других регионах Украины.

Ключевые слова: петрофизические параметры, пористость, водо-, нефте-, газонасыщенность, время жизни тепловых нейтронов, интегральная радиоактивность, радиоактивные изотопы, интервальное время, полимиктовость.