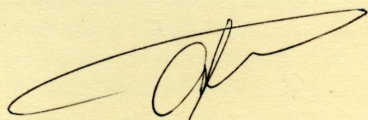


550.832(043)  
Ф32

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

**ФЕДАК ІГОР ОРЕСТОВИЧ**



УДК 550.832+553.98.061.4(470.111)

**МЕТОДИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ПРОЦЕСУ  
ОБВОДНЕННЯ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ  
ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
(на прикладі Семенівського нафтового родовища)**

04.00.22 – Геофізика

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Івано-Франківськ – 2009



Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу

**Науковий керівник:**

- кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент **Старостін Віктор Андрійович**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Міністерство освіти і науки України, доцент кафедри геофізичних досліджень свердловин, м. Івано-Франківськ.

**Офіційні опоненти:**

- доктор геологічних наук, професор **Вижва Сергій Андрійович**, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, декан геологічного факультету, м. Київ.

- кандидат геологічних наук **Прокопів Володимир Йосипович**, ВАТ «Укрнафта», заступник Голови правління з геології, головний геолог, м. Київ.

Захист в  
спеціалізованій  
технічній у  
Карпатська, 1

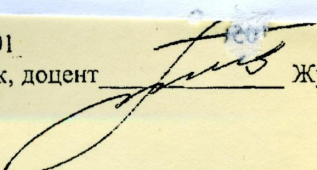
на засіданні  
національному  
Івано-Франківськ, вул.

З дисертації  
Івано-Франківського  
Івано-Франківського

Івано-Франківського  
(76019, м.

Автореферат

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради К 20.052.01  
кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент

  
Жученко Г.О.



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На початку нового тисячоліття людство чітко усвідомило проблему обмеженості запасів вуглеводнів на Землі. Перед науковцями постало важливе завдання підвищення ефективності вилучення нафти і газу на уже розвіданих родовищах.

Більшість розвіданих родовищ нафти і газу на Україні перебувають на середній та пізній стадіях розроблення. На цих стадіях вилучення вуглеводнів існує ймовірність випереджуючого обводнення продуктивних пластів, що знижує коефіцієнт їх віддачі, тому проблема контролю процесу обводнення нафтогазових родовищ та його прогнозування є актуальною.

Вирішення цієї проблеми лежить у площині інформаційного геофізичного забезпечення. Геофізичні дослідження успішно розв'язують багатомірні завдання розроблення, проте існують стереотипи, що перешкоджають використанню у повній мірі усієї наявної інформації у ході проведення інтерпретації геофізичних матеріалів. Поглиблений аналіз даних геофізичних досліджень свердловин, вироблення нових підходів до їх оцінки дасть змогу ефективніше проводити контроль і прогнозувати процеси обводнення продуктивних горизонтів.

На ефективність геофізичних досліджень істотно впливають промислово-геологічні особливості родовища, такі як низька мінералізація пластової води і малі дебіти експлуатаційних свердловин. Вказані чинники знижують інформативність геофізичних методів, тому вирішення проблеми можливе шляхом удосконалення існуючих методик застосування геофізичних методів для контролю за обводненням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Науковий напрямок даної роботи тісно пов'язаний з виробничими планами та завданнями ДАТ “Чорноморнафтогаз” та НАК “Нафтогаз України”, науково-дослідними роботами кафедри геофізичних досліджень свердловин ІФНТУНГ з ДАТ “Чорноморнафтогаз” та ДП “Науканафтогаз” НАК “Нафтогаз України”.

Окремі результати, які увійшли до положень, що захищаються, одержані у ході виконання тем: “Проект розроблення Семенівського нафтового родовища” (затверджено протоколом №50 від 24.12.2008р. Центральної комісії з питань розроблення газових, газоконденсатних, нафтових родовищ та експлуатації підземних сховищ газу (ЦКР) Міністерства палива та енергетики України); “Удосконалення методики визначення характеру насичення порід-колекторів за даними нейтронних і електричних методів” (державний реєстраційний номер 0108U010040); “Визначення нафтогазоперспективних ділянок в межах другого тектонічного поверху Бориславсько-Покутської зони, створення петрофізичних моделей, визначення колекторських властивостей і насичення карбонатів в Карпатській НГП та побудова комплексних моделей ділянок перспективних на нафту і газ в межах південно-східної частини Волино-Поділля” (державний реєстраційний номер 01 U005076).

**Мета і завдання досліджень.** Головною метою роботи є розроблення методичних основ використання геофізичної інформації для побудови детальної геолого-фільтраційної моделі, адаптованої до існуючих геологічних умов

родовища, з метою прогнозування випереджуючого обводнення продуктивних пластів-колекторів. Створення методичних основ для виділення обводнених інтервалів продуктивних пластів за даними геофізичних досліджень свердловин у складних промислово-геологічних умовах.

Для досягнення мети в роботі необхідно було розв'язати такі завдання:

- дослідити особливості відображення структурно-літологічних неоднорідностей пластів-колекторів Семенівського нафтового родовища в полі їх природної гамма-активності;
- провести класифікацію аномалій геофізичних кривих, зареєстрованих у продуктивному комплексі Семенівського нафтового родовища, та на їх основі побудувати схеми розташування зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсного матеріалу продуктивних горизонтів;
- дослідити можливість використання даних геофізичних досліджень свердловин для оцінки фільтраційних властивостей пластів-колекторів шляхом виявлення кореляційних зв'язків товщини пливки зв'язаної води з параметрами геофізичної характеристики гірських порід;
- розробити теоретичні основи використання даних геофізичних досліджень свердловин для ідентифікації порід-колекторів Семенівського нафтового родовища за літолого-структурними ознаками при визначенні коефіцієнтів проникності;
- побудувати детальну просторову фільтраційну модель Семенівського нафтового родовища з використанням схем розміщення зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсного матеріалу продуктивних горизонтів;
- обґрунтувати можливість використання радонового індикаторного методу для виділення обводнених продуктивних пластів-колекторів, насичених в'язкою нафтою;
- обґрунтувати можливість використання термоактиваційного каротажу для виділення обводнених інтервалів продуктивних пластів-колекторів у геологічних розрізах свердловин з низькими дебітами.

**Об'єкт досліджень.** Нижньоміоценові продуктивні відклади Семенівського нафтового родовища.

**Предмет досліджень.** Процес обводнення продуктивних пластів Семенівського нафтового родовища

**Методи дослідження.** Статистичне оброблення результатів лабораторних досліджень керна і свердловинних геофізичних досліджень продуктивних інтервалів. Аналіз теоретичних і експериментальних моделей петрофізичних характеристик продуктивних комплексів. Геофізичні дослідження у свердловині методом термоактиваційного каротажу.

**Фактичний матеріал.** Результати геофізичних і гідродинамічних досліджень та аналізу ядерного матеріалу, що отримані в процесі вивчення геологічних розрізів свердловин Семенівського нафтового родовища; результати випробувань продуктивних відкладів; фондові та опубліковані матеріали науково-дослідних, а також проекти пошуково-розвідувальних і експлуатаційних робіт.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Проведення теоретичних і практичних досліджень уможливило отримання таких наукових і практичних результатів:

– уперше на прикладі Семенівського нафтового родовища використання седиментаційно-каротажного аналізу дало змогу скласти класифікацію кривих природного гамма-поля, що лягла в основу побудови схем розташування зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсної фракції у продуктивних відкладах;

– доведено, що запропонований нормований параметр водонасичення глинистої фракції порід-колекторів нижньоміоценових відкладів Семенівського нафтового родовища дає змогу проводити їх ідентифікацію, а використання встановленого зв'язку цього параметру з товщиною плівки зв'язаної води удосконалює методику визначення коефіцієнтів проникності гірських порід під час моделювання їх фільтраційних властивостей;

– уперше доведено на прикладі Семенівського нафтового родовища, що використання ідентифікації порід-колекторів за літолого-структурними ознаками при визначенні коефіцієнта проникності та схем розташування зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсної фракції у продуктивних горизонтах дає змогу деталізувати геолого-фільтраційну модель і підвищити її інформативність;

– теоретично обґрунтовано, що за рахунок різниці між фазовими проникностями високов'язкої нафти і пластової води, радоновий індикатор, при закачуванні у пласти-колектори, проникає у водоносні інтервали значно швидше ніж у нафтоносні, що відображується на кривій гамма-каротажу аномаліями підвищеної гамма-активності, вказуючи на місця обводнення продуктивних пачок;

– доведено, що використання динамічного режиму вимірювання теплопровідності гірських порід у свердловині дає змогу виділяти обводнені інтервали пластів-колекторів продуктивної товщі.

**Практичне значення одержаних результатів.** Детальна геолого-фільтраційна модель Семенівського нафтового родовища, побудована з використанням розроблених за геофізичною інформацією схем розташування зон продуктивних відкладів із різною динамікою накопичення дрібнодисперсної фракції та ідентифікації гірських порід за літолого-структурними ознаками, застосовується ДАТ «Чорноморнафтогаз» для оптимізації і удосконалення системи його розроблення, а також прогнозування обводнення продуктивних інтервалів. Запропоновані способи виділення обводнених інтервалів продуктивних пластів-колекторів з використанням радонового індикаторного та термоактиваційного методів в умовах прісних пластових вод та високов'язкої нафти уможливають проведення ефективного контролю за процесом обводнення родовища.

**Особистий внесок здобувача.** Протягом своєї професійної діяльності автор дисертації науково обґрунтував застосування окремих геофізичних методів і методик з метою підвищення ефективності геофізичних досліджень. Ним здійснено аналіз результатів дослідження керна, побудовано графіки і розраховано низку залежностей між колекторськими та геофізичними

параметрами порід нижньоміоценових відкладів Семенівського нафтового родовища. На базі геофізичної інформації автором побудовано схеми розташування зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсної фракції продуктивних відкладів Семенівського родовища та розроблено спосіб ідентифікації гірських порід за літолого-структурними ознаками. Винайдено два нові способи виділення обводнених інтервалів продуктивних пластів-колекторів в умовах прісних пластових вод та високов'язкої нафти.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень, викладених у дисертації, доповідались на наукових і науково-технічних конференціях, а саме: Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові дослідження – теорія та експеримент '2005» (Полтава, 2005); Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток наукових досліджень '2005» (Полтава, 2005); Міжнародній науковій конференції до 100-річчя від дня народження члена-кореспондента НАН України Миколи Романовича Ладженського та 55-річчя Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 2006); VII Міжнародній конференції «Крым-2007. Геодинамика, тектоника и флюидодинамика нефтегазоносных регионов Украины» (Сімферополь, 2007).

**Публікації.** За темою дисертації автором опубліковано 11 праць, з них: наукових статей - 7, тез доповідей - 4, одноосібних статей – 1, тез доповідей без співавторів - 1. За темою дисертації опубліковано у фахових журналах, рекомендованих ВАК України, 6 статей.

**Обсяг і структура роботи.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації – 206 сторінок друкованого тексту, ілюстрованого 29 таблицями, 42 рисунками; до списку використаних джерел входить 97 найменувань.

Автор вважає своїм обов'язком висловити щиру подяку науковому керівникові кандидату геолого-мінералогічних наук, доценту В.А. Старостіну за керівництво і постійну підтримку у процесі виконання дисертаційної роботи.

Автор висловлює подяку за цінні поради докторові геологічних наук, професору Д.Д. Федоришину, докторові технічних наук, професору В.С. Бойку, докторові геолого-мінералогічних наук, професору Б.Й. Маєвському, кандидатів геолого-мінералогічних наук, професору В.П. Степанюку, докторові фізико-математичних наук, старшому науковому співробітнику О.П. Петровському, кандидатів геолого-мінералогічних наук, доценту Г.О. Жученко.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

### **АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ХАРАКТЕРУ ОБВОДНЕННЯ НАФТОВИХ ПЛАСТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН**

Оцінка характеру обводнення нафтових пластів є одним із найважливіших завдань, що вирішується під час аналізу ефективності системи розроблення нафтового родовища. Вирішення такої задачі на основі тільки промислової інформації неможливе. Це пов'язано з тим, що технологічні показники розроблення здебільшого залежать від геолого-фізичних характеристик нафтового

покладу, тому першим етапом геолого-промислового аналізу є аналіз саме геологічної інформації.

Одним з головних чинників, що має вплив на обводнення, є неоднорідність пластів за товщиною і вздовж простягання, що викликає нерівномірне обводнення по площі покладу. Нерівномірність обводнювання підсилюється за рахунок великої різниці між фазовими проникностями води і високою в'язкої нафти. Отже, вивчення особливостей геологічної будови пласта, виявлення слабко- або зовсім непроникних прошарків невеликої товщини, характеру чергування слабкопроникних і добре проникних прошарків у розрізі експлуатаційних свердловин має велике практичне значення.

Під час пошарової кореляції розрізів свердловин необхідно знати і враховувати всі внутріформаційні розмиви, що відбулися в період накопичення осадів продуктивного горизонту. Інформацію для цього отримують за допомогою методів літології і петрографії, а також інших досліджень керна матеріалу. Однак, мало уваги приділяється аналізу морфології геофізичних кривих, які відображують динаміку процесів накопичення осадів.

Результати геофізичних досліджень свердловин використовуються як джерело інформації про особливості геологічної будови продуктивних горизонтів і рух флюїдів на нафтових родовищах. Контроль за положенням водонафтових контактів у свердловинах проводиться на всіх етапах розроблення родовища. Основними методами такого контролю є методи електричного, електромагнітного та радіоактивного каротажів. Однак, зважаючи на те, що більшість нафтових родовищ, зокрема Семенівське нафтове родовище, перебувають на завершальній стадії розроблення, використання методів електричного і електромагнітного каротажу обмежене через відсутність не обсаджених свердловин.

Для методів радіоактивного каротажу, які найчастіше застосовуються для контролю за розробленням нафтових родовищ, стальна обсадна колона не є перешкодою. Над теорією таких досліджень в лабораторії ядерної геофізики в МІНХ і ГП ім. І.М. Губкіна у свій час працював колектив вчених під керівництвом В.Н. Дахнова і А.І. Холіна. Результатом їх роботи стала розробка декількох модифікацій радіоактивних методів, геологічна достовірність і ефективність яких для контролю за розробкою нафтогазових родовищ була доведена на основі всебічного геолого-промислового аналізу матеріалів свердловинних досліджень.

У другій половині 60-х років минулого століття М.Х. Хуснулліним була розроблена теорія і запропонований радіогеохімічний метод дослідження свердловин, що полягає у використанні ефекту аномального підвищення природної радіоактивності. Проте, у випадку Семенівського нафтового родовища, аналіз результатів гамма-каротажу свердловин показав відсутність аномального ефекту навпроти обводнених пластів, що не дає змоги використати радіогеохімічний метод для контролю за обводненням пластів.

Методи стаціонарного нейтронного каротажу є ефективними на родовищах, водоносні горизонти яких насичені високомінералізованою пластовою водою, проте пластові води Семенівського нафтового родовища характеризуються як

низькомінералізовані. Рівень мінералізації тут низький настільки, що навіть методи імпульсного нейтронного каротажу, для яких обмеження щодо мінералізації пластової води не таке жорстке як для стаціонарних методів, виявляються неефективними.

Одним з ефективних способів оцінки характеру обводнення продуктивних пластів є застосування методу радіоактивних ізотопів. Збагачення води, яка закачується у нагнітальну свердловину, радіоактивними ізотопами і визначення їх вмісту у воді експлуатаційних свердловин дає підстави робити висновки про характер обводнення продуктивного інтервалу. Враховуючи, що робота з радіоактивними ізотопами небезпечна, особливо на етапі закачування з поверхні, то їх застосовують тільки у випадку, якщо жоден інший метод не буде ефективним.

Існують приклади визначення водонафтового контакту в умовах прісних підшовних вод за методом ІННК що полягає у порівнянні вмісту газу в нафтоносній і водоносній частинах пласта (вміст газу у нафті збільшує середній час життя теплових нейтронів). Проте, на пізній стадії розроблення Семенівського нафтового родовища пластові тиски є малими, тому нафта у пластах дегазована, що вказує на неефективність даної методики у нашому випадку.

Також відомий спосіб розділення водоносних та нафтоносних пластів за даними широкосмугового акустичного методу дослідження обсаджених свердловин. Фізичні принципи вирішення цього завдання на основі аналізу хвильових сигналів АК розроблені професором О.Л. Кузнецовим, а потім розвинуті іншими вітчизняними і закордонними дослідниками. Єдиною умовою успішності застосування такої методики є хороша якість цементування обсадної колони та зчеплення цементу з гірською породою. Однак цей метод втрачає свою ефективність у тріщинуватих колекторах (якими є колектори Семенівського нафтового родовища) через сильне згасання акустичного сигналу в скелеті породи.

У наш час найефективнішим методом з визначення характеру обводнення продуктивних пластів є метод вуглецево-кисневого каротажу (С/О-каротаж), на результати якого не впливає мінералізація пластових вод. Теоретичне обґрунтування методу було зроблено ще у середині минулого століття, проте цей метод вимагає застосування складної свердловинної апаратури і висококваліфікованих операторів та інтерпретаторів, що є проблемою для вітчизняних геологорозвідувальних підприємств через відсутність згаданої апаратури. Окрім цього, необхідно зауважити, що через великий діаметр свердловинного приладу обмежується оперативність досліджень, особливо у діючих свердловинах.

Ефективність вирішення завдань контролю розроблення діючих свердловин з перфорованими пластами підвищується при доповненні комплексу досліджень методами, що базуються на вимірюванні різних фізичних властивостей рідини, що надходить з пласта (резистивіметрії, вологометрії і гамма-гамма-густинометрії), однак низькі дебіти свердловин Семенівського нафтового родовища різко знижують ефективність цих методів.



Отже, проблема поставлена у дисертаційній роботі на сьогодні залишається актуальною. Прогнозування обводнення продуктивних пластів і контролювання цього процесу вимагають комплексного підходу із застосуванням геологічного моделювання на основі геолого-геофізичної інформації. Розв'язання цієї проблеми слід розпочати з дослідження особливостей існуючих на родовищі геологічних умов.

## **ЛОКАЛІЗАЦІЯ ЛІТОЛОГІЧНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ЗА ДАНИМИ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН**

Семенівське нафтове родовище, на прикладі якого виконана робота, характеризується складною геологічною будовою і перебуває на пізній стадії розроблення. У процесі буріння на родовищі свердловинами розкриті відклади тортонського ярусу, який включає чокакський, караганський, конкський горизонти і відклади верхньої частини майкопської серії. За літологічним описом продуктивні відклади Семенівського нафтового родовища представлені: пісковиками дрібнозернистими, олігомітковими, з присутністю уламків ооліту, мікрофауни та вапняками органогенними, оолітовими, детритовими, різної ступені щільності і кавернозності з домішками пісковикової фракції. Така кількість різновидів у матриці гірської породи зумовлює неоднорідність будови порового простору пластів-колекторів, що підтверджують результати аналізу петрофізичних характеристик порід. Існуюча літолого-структурна характеристика гірських порід Семенівського нафтового родовища значно ускладнює геофізичний контроль за пересуванням флюїдів пластами-колекторами, що перешкоджає ефективному вилученню нафти з продуктивних горизонтів.

Оцінити структуру родовища, встановити зони літологічного заміщення порід, неоднорідностей фільтраційних характеристик можливо за допомогою побудови фаціальних схем продуктивних покладів за ознакою дисперсності. Дисперсність визначає ємнісні і фільтраційні властивості продуктивних порід та петрофізичні залежності, що використовуються під час інтерпретації геофізичних досліджень. За просторовим розподілом дрібнодисперсних частинок у гірській породі можна відтворити зміну умов накопичення осадів. Такі фаціальні схеми будуються на основі геологічної інформації.

Для складання фаціальних схем зміни дисперсності продуктивних відкладів Семенівського нафтового родовища автором пропонується використовувати геофізичну інформацію, отриману за методами радіоактивного каротажу. При складанні фаціальних схем на основі геофізичної інформації використовується узгоджена інформація про характеристики продуктивних відкладів за параметрами різних фізичних полів. Геофізична інформація методів радіоактивного каротажу відображує не тільки фільтраційно-ємнісні властивості пластів-колекторів, але й ритмічність процесу накопичення осадів, характер залягання відкладів, швидкість накопичення осадів тощо.

У роботі проведено аналіз можливості оцінки літолого-структурних особливостей продуктивних пачок за ознаками нейтронних і природно-радіоактивних характеристик гірських порід. Так, п'ята продуктивна пачка

Семенівського нафтового родовища характеризується за інформацією ГК диференціацією природної радіоактивності, що пояснюється зміною заглинизованості порід. Згідно з описом кернавого матеріалу зустрічаються вапняки органогенно-детритусові, глинисті, нафтонасичені, які у свердловині №3 (інтервал 238–240 м) характеризуються значеннями  $I_\gamma=7$  мкР/год і  $I_{n\gamma}=1,38$  у.о. Вапняки органогенні, ущільнені характеризуються у свердловині №5 (інтервал 260–265 м) значеннями  $I_\gamma=5$  мкР/год та  $I_{n\gamma}=2,1$  у.о. Вапняк органогенний піщанистий ущільнений нафтонасичений характеризується у свердловині №6 (інтервалі 268–273 м) значеннями  $I_\gamma=5,9+6,0$  мкР/год та  $I_{n\gamma}=1,33$  у.о. Вапняк органогенний, пухкий з включенням крупного сірого піску характеризується у свердловині №7 (інтервал 227–229 м) значеннями  $I_\gamma=7,3$  мкР/год та  $I_{n\gamma}=1,36$  у.о. Вапняк органогенний, високої густини у свердловині №8 (нижня частина інтервалу 261–266 м) характеризується значеннями  $I_\gamma=2,9+3$  мкР/год та  $I_{n\gamma}=1,56$  у.о.

Розглянуто теоретичну модель взаємозв'язку параметрів природного радіоактивного поля гірських порід та інтенсивності гамма-квантів радіаційного захоплення теплових нейтронів. Вибрано модель вапнякового колектора (ооліт, детрит, органогенні залишки) з домішками глинисто-піщаних фракцій.

З аналізу моделі випливає, що збільшення  $I_\gamma$  при  $I_{n\gamma}=\text{const}$  можна пояснити двома причинами. Перша – зумовлена різною природною радіоактивністю гірських порід за постійних колекторських властивостей пластів. Подібна ситуація можлива тільки при різних радіогеохімічних умовах басейну накопичення осадів. Друга причина може існувати у випадку пропорційного збільшення об'єму глинистої фракції у скелеті за умови збереження постійним загального об'єму порового простору глинистої фракції і об'єму порового простору скелету. Така ситуація у реальних умовах накопичення осадів є малоімовірною. Зміна  $I_{n\gamma}$  при  $I_\gamma=\text{const}$  можлива за таких умов. Однакові значення  $I_\gamma$  пов'язані із стабільністю глинистого матеріалу за об'ємом, складом і умовами накопичення осадів. Збільшення або зменшення  $I_{n\gamma}$  пов'язане тільки з об'ємом порового простору. Дослідження гранулярних моделей колектора Козені вказує на те, що подібна ситуація можлива тільки за рахунок зміни діаметра частинок скелету породи. У карбонатних породах ця ситуація ймовірна тільки у вапняках оолітових і вапняках детритових, які можуть характеризуватися зміною діаметра утворення ооліту або уламків детриту. Враховуючи інформацію літологічного опису керна і нейтронно-фізичні дослідження, які вказують на невеликий діапазон зміни колекторських властивостей цих порід, вважаємо, що описана ситуація малоімовірна для колекторів Семенівського нафтового родовища. Ситуація пропорційного збільшення параметрів  $I_\gamma$  і  $I_{n\gamma}$  свідчить про те, що збільшення об'єму глинистого матеріалу в породі призводить до зменшення її водневмісту. Така ситуація для колекторів однорідного класу є неможливою. Співвідношення параметрів  $I_\gamma$  і  $I_{n\gamma}$  за якого збільшення одного з них призводить до зменшення іншого може свідчити про збільшення водневмісту із зростанням глинистості. Для порід вапняково-глинистого складу ситуація є геологічно реальною. Збільшення

водневмісту зумовлено не тільки зростанням кількості глинистої фракції, але і розушільненням вапнякової складової.

Проведений аналіз фактичного геофізичного матеріалу з використанням аналітичного моделювання геологічних ситуацій свідчить, що в умовах Семенівського нафтового родовища, яке містить гірські породи із складними літолого-структурними характеристиками, використання комплексу параметрів природної радіоактивності і нейтронних властивостей гірських порід дає змогу описати характер їх дисперсності та розширює можливості розділення у розрізі свердловин різних літотипів.

Формування гірських порід Семенівського нафтового родовища з тим чи іншим типом неоднорідності відбувалося у залежності від існуючих умов накопичення осадів. Традиційні методики оброблення геолого-геофізичної інформації є малоефективними для вирішення задачі оконтурення зон з подібним типом неоднорідності.

У дисертації показана можливість локалізації літологічних неоднорідностей порід Семенівського нафтового родовища на основі аналізу морфології геофізичних кривих. Дослідження морфології геофізичних кривих уможливило спостереження у латеральному і вертикальному напрямках зміни літологічних характеристик і умов накопичення осадів у різний період їх формування. З цією метою нами проведено класифікацію форм кривих гамма-каротажу, зареєстрованих у інтервалах пластів-колекторів Семенівського нафтового родовища. Вибір для аналізу методу гамма-каротажу пов'язаний з існуванням тісного зв'язку інтенсивності природного гамма-поля і глинистості гірських порід, постійністю величини гамма-поля гірських порід у часі.

Мінливість процесу накопичення осадів спричиняє зміну характеристик продуктивної пачки з глибиною, що, в свою чергу, впливає на покази гамма-каротажу. Виявлення закономірностей у зміні умов накопичення осадів по площі родовища дало можливість змоделювати будову продуктивного покладу і, відповідно, прогнозувати колекторські властивості та характер розповсюдження проникних пропластків.

Проведений аналіз радіоактивної і нейтронної характеристик порід продуктивного комплексу Семенівського нафтового родовища уможливив використання інформації геофізичних методів для побудови фаціальних схем розташування зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсної фази продуктивних пачок. У побудованих схемах продуктивні пачки розділені на зони з однаковою динамікою зміни інтенсивності природної радіоактивності. Виділені зони ідентифікують ділянки продуктивних пачок з однаковими умовами накопичення осадів і характеризують зміну дисперсності осадових порід у часі. Характеристика умов накопичення осадів дала змогу прослідкувати зони тектонічної активності в межах окремих пачок і загалом для Семенівського родовища. Побудовані фаціальні схеми дисперсної характеристики і розподілу неоднорідностей використано для уточнення структурних карт і схем розподілу коефіцієнта проникності продуктивних пачок, які є складовою частиною детальної фільтраційної моделі Семенівського нафтового родовища.

## ФІЛЬТРАЦІЙНА МОДЕЛЬ СЕМЕНІВСЬКОГО НАФТОВОГО РОДОВИЩА

Дослідження фільтраційно-ємнісних властивостей на Семенівському нафтовому родовищі проводились на зразках ядерного матеріалу, що давало тільки узагальнену інформацію про фільтраційні характеристики пластів-колекторів. Однак, на завершальній стадії розроблення важливим питанням є побудова детальної фільтраційної моделі родовища на основі інформації з геофізичних досліджень у свердловинах.

Для визначення абсолютної проникності використовувались стохастичні рівняння зв'язку геофізичних параметрів з коефіцієнтом абсолютної проникності.

Значення коефіцієнтів стохастичних рівнянь залежать від літолого-структурних особливостей пластів-колекторів. Іншими словами, кожен тип гірських порід, що володіє індивідуальними літолого-структурними особливостями, характеризується конкретними значеннями коефіцієнтів. У межах одного типу гірських порід зв'язок коефіцієнта проникності і пористості характеризується високою щільністю.

У роботі на основі аналізу геофізичних і геологічних параметрів розроблено методичний підхід до ідентифікації порід продуктивного комплексу за ознаками літолого-структурних особливостей. Інформація про геологічні параметри отримана за даними дослідження ядра, але нерівномірність відбору ядра у ході проведення досліджень дає змогу характеризувати поклади тільки за середніми значеннями петрофізичних параметрів, і тому може створювати уявні характеристики під час оцінювання геологічного простору. Особливо, це стосується визначення коефіцієнта проникності. Як бачимо, створення достовірної фільтраційної моделі тільки за результатами лабораторних досліджень неможливе. Для підвищення однозначності визначення коефіцієнтів проникності за геофізичними даними, нами використані також результати гідродинамічних досліджень у свердловинах.

Використання результатів гідродинамічних досліджень і розв'язання функціоналу  $F(X_i) = |Q_i^{\phi} - Q_i^p|^2 \rightarrow \min$  (де  $Q_i^{\phi}$  – фактичний дебіт до зупинки свердловини при проведенні гідродинамічних досліджень з визначеним реальним коефіцієнтом проникності,  $Q_i^p$  – дебіт, розрахований за інтегральним значенням коефіцієнта проникності для прошаркової моделі) дало змогу оптимізувати коефіцієнти стохастичних залежностей за ядром та за гідродинамікою і провести адаптацію рівнянь до геологічних умов Семенівського нафтового родовища. Адаптована модель зв'язку фільтраційних і геофізичних параметрів використана для побудови детальної фільтраційної моделі. Фільтраційна модель побудована за значеннями абсолютної проникності і відображує літолого-структурні особливості продуктивних відкладів.

Для прогнозу інтервалів обводнення окремих пластів-колекторів необхідна також інформація про фазову проникність пластових флюїдів. Визначення фазової проникності за геофізичною інформацією базується на фільтраційній моделі Козені-Кармана для породи-колектора:

$P_n = (0,7 \cdot P_n^{1,075} / (2,013 \cdot 10^5 \cdot \tau_{зв.ср.})^{2,15}) \cdot K_{пр}^{1,075}$ , де  $P_n$  – параметр насичення;  $K_{пр}$  – коефіцієнт проникності;  $P_n$  – параметр пористості;  $\tau_{зв.ср.}$  – середня товщина плівки зв'язаної води. Одним з основних параметрів у цій формулі, який потребує адаптації до конкретних геологічних умов, є товщина плівки зв'язаної води. Для розрахунків було рекомендовано використовувати середнє значення  $\tau_{зв.ср.}$  [Добринін В.М. і Султанов С.А.] або значення, що отримане за встановленою залежністю  $\tau_{зв.ср.} = f(K_n)$  [Старостін В.А. і Карпенко О.М.]

Але кількість зв'язаної води в поріді визначається різними чинниками, в тому числі складом глинистого матеріалу, який може у різних породах характеризуватися різними адсорбційними властивостями. Окрім впливу глинистого цементу, на коефіцієнт залишкового водонасичення також впливає пілітизація зерен скелету породи і наявність вторинної мікропористості. Цей чинник ускладнює можливість кількісного розділення міцнозв'язаної і вільної залишкової води для пластів-колекторів з граничним насиченням.

Глинистість порід, як один з основних параметрів, що визначає товщину плівки зв'язаної води, описується багатопараметричною моделлю. Чинники, які визначають властивості глинистої фракції, залежать від умов накопичення осадів для конкретного родовища, і тому товщину плівки зв'язаної води необхідно визначати індивідуально для району робіт. Аналіз зв'язку природної гамма-активності та інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів атомами гірських порід з їх фільтраційно-ємнісними властивостями і розрахованими значеннями товщини плівки зв'язаної води дав змогу встановити взаємозв'язок цих параметрів. Для характеристики ядерних властивостей порід-колекторів нами введено нормований параметр водонасичення глинистої фракції, що представляється виразом  $D_n = I_\gamma / (I_{n\gamma} \cdot K_n)$ , де  $I_\gamma$  – інтенсивність природного гамма-поля;  $I_{n\gamma}$  – інтенсивність гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів атомами гірських порід;  $K_n$  – коефіцієнт пористості. Запропонований параметр характеризує водонасиченість глинистої фракції породи-колектора і, що найважливіше, відповідає геологічним умовам родовища, оскільки ядерно-фізичні параметри вимірюються у свердловинах безпосередньо.

Використання встановленої залежності товщини плівки зв'язаної води і нормованого параметру водонасичення глинистої фракції порід-колекторів, дало змогу удосконалити методику визначення коефіцієнта фазової проникності у рівнянні Козені-Кармана. Розраховані за цим зв'язком значення  $\tau_{зв}$  підвищують точність визначення  $K_{пр}$ .

Використання запропонованих вище методик визначення абсолютної і фазової проникності пластів-колекторів тісно пов'язано з необхідністю проведення ідентифікації гірських порід за літолого-структурними особливостями. Використання геофізичної інформації для вирішення завдання ідентифікації гірських порід і виділення зон з ідентичними властивостями гірських порід підвищили точність побудови детальної фільтраційної моделі Семенівського нафтового родовища.

Для ідентифікації використані дані гамма-каротажу, нейтронного гамма-каротажу, електрометрії свердловин та літолого-структурний опис гірських порід. Дослідженнями виявлено дві групи гірських порід, одна з яких представлена пісковиками глинисто-вапнякового складу, пісковиками дрібнозернистими карбонатними, вапняками органогенними, міцними, щільними, а друга – вапняками органогенними з включеннями грубозернистого піску, вапняками органогенними пухкими, вапняками органогенними детритовими, кавернозними, вапняками кавернозними закремнілими. Як видно з літологічного опису, поділ на зони обумовлено не мінералогічними особливостями порід, а літолого-структурними особливостями.

На основі удосконаленої методики визначення коефіцієнтів проникності гірських порід та запропонованого способу ідентифікації гірських порід за літолого-структурними особливостями побудовано детальну геолого-фільтраційну модель Семенівського нафтового родовища. Створені профілі розподілу коефіцієнта проникності по розрізу продуктивних пачок та схеми розподілу коефіцієнта проникності по площі родовища є основою для уточнення проекту розроблення родовища та прогнозування ділянок випереджуючого обводнення нафтонасичених пластів. Аналіз створеної моделі і зіставлення параметрів моделі з фактичними даними розроблення родовища вказали на її ефективність для контролю за обводненням продуктивних пластів-колекторів. Використання моделі дало змогу пояснити причини обводнення експлуатаційних свердловин і оптимізувати проект розроблення Семенівського нафтового родовища.

## **ВИКОРИСТАННЯ РАДОНОВОГО ІНДИКАТОРНОГО МЕТОДУ ТА ТЕРМОАКТИВАЦІЙНОГО КАРОТАЖУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗА ОБВОДНЕННЯМ ПРОДУКТИВНИХ ПЛАСТІВ-КОЛЕКТОРІВ**

Аналіз застосування геофізичних методів і методик з контролю за обводненням продуктивних пластів та визначення положення водонафтових контактів вказує на їх низьку ефективність в умовах Семенівського нафтового родовища. У даній ситуації існує необхідність подальшого пошуку ефективніших способів визначення інтервалів обводнення.

У дисертації теоретично обґрунтовано застосування двох нових методик, призначених для контролю за обводненням продуктивних пластів Семенівського нафтового родовища.

Особливістю застосування методу радонової індикації, що використовується для розділення водоносної і нафтоносної частин продуктивного пласта, є значна різниця у в'язкості пластової води і нафти. Швидкість переміщення індикатора вглиб пласта залежить від характеру флюїду, що його насичує. Процес закачування радонового індикатора у проникні пласти-колектори з різним характером насичення протягом визначеного інтервалу часу, забезпечить створення у водоносних інтервалах об'ємних джерел підвищеної радіоактивності.

Ефективність цієї методики забезпечується виконанням умови, за якої максимальна глибина проникнення радонового індикатора у пласт не повинна

перевищувати радіус дослідження методу гамма-каротажу. Розрахунки базувались на результатах визначення абсолютної і фазової проникності флюїдів з використанням даних геофізичних досліджень свердловин та були підтвердженні лабораторними дослідженнями на кернавому матеріалі.

Беручи до уваги високу в'язкість нафти ( $\mu=28-34$  мПа·с), що насичує пласти-колектори Семенівського нафтового родовища, швидкість надходження міченої рідини у водоносну частину пласта перевищуватиме швидкість її надходження у нафтоносну частину пласта у 100-300 разів. Тобто, за фіксованого часу закачування об'єм міченої рідини, що надходить у пласт, буде різним для його частин з різним характером насичення. Розрахунки об'єму міченої рідини, що надходить у пласт, проводяться за формулою Дюпюї. Час дії підвищеного тиску визначається геометричними чинниками і фільтраційно-ємнісними властивостями пласта. Після закінчення закачування тиск урівноважується, і проводяться вимірювання аномалій гамма-поля за методом ГК-індикаторного. Інтерпретація матеріалів дослідження вказує на інтервали підвищеної ефективної проникності, тобто на водоносну частину.

Запропонована методика використання радонового індикаторного методу дає реальну можливість чітко розділяти у розрізі свердловин водоносні і нафтоносні пласти (або частини одного пласта). Для Семенівського нафтового родовища ця методика заслуговує особливої уваги як альтернатива іншим геофізичним методам, які є неефективними за умови прісних пластових вод.

Низькі дебіти експлуатаційних свердловин Семенівського нафтового родовища не дають можливості застосовувати для виділення водоносних інтервалів геофізичні методи, які базуються на використанні ефекту Джоуля-Томпсона, або на визначенні властивостей рідини, що поступає у свердловину.

Для вирішення задачі контролю обводнення низькодебітних нафтових свердловин у дисертації теоретично обґрунтовано можливість застосування методики термоактиваційного каротажу. Застосування методики термоактиваційного каротажу для вирішення поставленої задачі базується на використанні різниці у теплопровідності пластів-колекторів з різним характером насичення. Пропонується проводити дослідження теплопровідності  $\lambda$  продуктивних пластів у динамічному режимі, штучно активуючи теплове поле. Спостереження за динамікою вистигання пластів-колекторів після їх нагрівання дає змогу виділити водо- і нафтонасичені інтервали.

Проведений у роботі аналіз параметрів теплофізичних властивостей гірських порід вказав на їх залежність не тільки від характеру насичення, але й від літолого-структурних особливостей пластів. Тому, для дослідження впливу флюїдонасиченості порід-колекторів на теплопровідність продуктивних відкладів необхідно враховувати їх ідентичність за літолого-структурними ознаками. Можливість виділення порід з однаковими теплофізичними властивостями уможливить підвищення достовірності виділення інтервалів пластів, насичених нафтою або водою.

Розглянувши модель утворення теплового поля у свердловині, яке створюється джерелом тепла у вигляді електронагрівача свердловинної суміші,

виведено рівняння, яке використовується при розрахунках прямої задачі розподілу температури під час проведення вимірювань і дає змогу прогнозувати процес протікання теплообміну:

$$T_{\varepsilon}(x, \tau) = G(x, \xi^*, \tau) \int_{\xi^* - \varepsilon}^{\xi^* + \varepsilon} \varphi_{\varepsilon}(\xi) d\xi = G(x, \xi^*, \tau) \frac{W_n}{c\rho}, \quad (1)$$

де  $\xi^*$  - середня точка інтервалу  $(\xi^* - \varepsilon; \xi^* + \varepsilon)$ ;  $G(x, \xi^*, \tau)$  представляє температуру точки  $x$  в момент  $\tau$ , яка виникла під дією точкового джерела потужністю  $W_n$ , розташованого в момент  $\tau = 0$  у точці  $\xi$  з границями  $(0, l)$ .

Теоретичне обґрунтування і аналіз результатів досліджень теплових аномалій та експериментальне моделювання процесу вимірювання теплопровідності гірських порід у свердловині вказують на реальну можливість використання динамічних характеристик теплового поля для визначення інтервалів обводнення свердловин Семенівського та інших подібних родовищ.

## ВИСНОВКИ

Проведені у дисертаційній роботі дослідження уможливили розв'язання актуальної проблеми підвищення ефективності геофізичного контролю обводнення продуктивних пластів-колекторів. Використання нових підходів до інтерпретації каротажних кривих та удосконалення методики визначення коефіцієнтів проникності пластів-колекторів дало змогу побудувати детальну геолого-фільтраційну модель Семенівського нафтового родовища, на основі якої проводиться прогнозування інтервалів випереджуючого обводнення продуктивних пачок. Теоретичне обґрунтування нової технології використання радонового індикаторного методу та теоретичне обґрунтування на основі експериментальних досліджень нової технології термоактиваційного каротажу дало змогу розробити методичні основи використання геофізичних методів для контролю обводнення продуктивних пачок у складних геолого-технологічних умовах.

Найважливіші наукові та практичні результати дисертаційної роботи такі:

1. Проведено класифікацію за морфологічними ознаками аномалій кривих гамма-каротажу, зареєстрованих у продуктивному комплексі порід Семенівського нафтового родовища, та на її основі побудовано схеми розташування зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсного матеріалу продуктивних горизонтів, на яких локалізовані літологічні неоднорідності гірських порід;
2. Запропоновано нормований параметр водонасичення глинистої фракції порід-колекторів, який розраховується за даними геофізичних досліджень свердловин і дає змогу проводити ідентифікацію порід продуктивного комплексу Семенівського нафтового родовища при визначенні коефіцієнтів проникності пластів-колекторів;
3. Удосконалено методику визначення коефіцієнтів проникності гірських порід за рахунок використання встановленого кореляційного зв'язку товщини півки зв'язаної води та нормованого параметра водонасичення глинистої фракції порід-колекторів на основі моделі Козені-Кармана;



4. Побудовано детальну геолого-фільтраційну модель Семенівського нафтового родовища з використанням схем розташування зон із різною динамікою накопичення дрібнодисперсного матеріалу, яка є основою для проведення контролю та прогнозування обводнення продуктивних горизонтів;

5. На основі теоретичного моделювання процесу проникнення індикаторної рідини у пласти-колектори з різним характером насичення обґрунтовано і створено технологію використання радонового індикаторного методу для виділення обводнених інтервалів продуктивних пачок, насичених високов'язкою нафтою. Нова технологія дає змогу проводити контроль за обводненням продуктивних пластів-колекторів навіть в умовах прісних пластових вод, коли інші геофізичні методи є малоєфективними;

6. Обґрунтовано можливість використання термоактиваційного каротажу для виділення обводнених інтервалів продуктивних пачок на основі теоретичного та експериментального моделювання термодинамічних процесів у свердловині. Ефективність даної технології забезпечується за рахунок використання динамічного режиму проведення каротажу та запропонованого способу урахування впливу літолого-структурних особливостей пластів-колекторів на їх теплофізичні властивості.

Отримані у дисертації наукові і практичні результати є основою комплексного підходу до вирішення проблеми оцінки процесу обводнення нафтогазових родовищ у складних геолого-технологічних умовах. Вони є науково обґрунтованими, базуються на великій кількості фактичного матеріалу і перевірені на прикладі Семенівського нафтового родовища. Окремі результати отримані на основі експериментальних досліджень у свердловині.

Побудовану геолого-фільтраційну модель покладено в основу нового проекту розроблення Семенівського нафтового родовища. Така модель є ключовим елементом прогнозування випереджуючого обводнення продуктивних пачок. Використання моделі дасть змогу підвищити ефективність експлуатації родовища.

Впровадження нових способів застосування радонового індикаторного та термоактиваційного каротажів із використанням наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі, сприятиме значному підвищенню ефективності геофізичного контролю обводнення продуктивних пачок Семенівського нафтового родовища у складних геолого-технологічних умовах.

### **ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Старостін В.А. Можливості ідентифікації колекторів Семенівського родовища за параметрами порового простору / В.А. Старостін, І.О. Федак, А.В. Старостін // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – № 4(13). – С.48 – 52. *(Особистий внесок – запропонував методологію ідентифікації пластів-колекторів родовища за структурою порового простору. Участь автора 45%).*
2. Старостін В.А. Побудова фільтраційної моделі Семенівського нафтового родовища за геофізичною інформацією / В.А. Старостін, Д.Д. Федоришин, І.О. Федак, А.В. Старостін // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. –

2005. – № 3 (16). – С.25 – 29. *(Особистий внесок – проведено обробку результатів геофізичних досліджень свердловин і побудовано фільтраційну модель. Участь автора 40 %).*

3. Старостін В.А. Перспективи радонового індикаторного методу у визначенні обводнених інтервалів продуктивних пластів, насичених в'язкою нафтою (на прикладі Семенівського нафтового родовища) / В.А. Старостін, **І.О. Федак** // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 2 (19). – С.15 –19. *(Особистий внесок – обґрунтовано методику застосування радонового індикаторного методу і побудовано модель виділення обводнених інтервалів. Участь автора 70%).*

4. **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. *(Особистий внесок – встановлено взаємозв'язки між геологічними і ядерно-фізичними параметрами пластів-колекторів. Участь автора 70%).*

5. **Федак І.О.** Оцінка літофасіальної неоднорідності продуктивних відкладів нафтогазових родовищ за результатами геофізичних досліджень свердловин / **І.О. Федак** // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.–2008.– №4(29).– С.28–33.

6. **Федак І.О.** Використання термоактиваційного каротажу під час контролю за обводненням низькодебітних нафтових пластів / **І.О. Федак**, В.А. Старостін // Науковий вісник ІФНТУНГ – 2009. – №3(21). – С.51 – 58. *(Особистий внесок – теоретичне обґрунтування можливості оцінки теплопровідності гірських порід у свердловині. Участь автора 60%).*

7. Старостин В. А. Оценка характера обводнения нефтяных месторождений на основе построения фильтрационной модели по результатам ГИС / В.А. Старостин, Д.Д. Федорышин, **И.О. Федак**, А.В. Старостин // Науч.-техн. вестник Каротажник. – Тверь, 2005. – № 3-4 (130-131). – С.102 – 110. *(Особистий внесок – проведено аналіз зв'язку фільтраційної моделі родовища з результатами випробувань пластів-колекторів продуктивної товщі. Участь автора 40%).*

8. **Федак І.О.** Можливості розділення пластів-колекторів за структурою порового простору / **І.О. Федак** // Наукові дослідження – теорія та експеримент 2005 : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, [Полтава], 16-20 трав.2005р. – Полтава : ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2005. – Т.10. – С.11-13.

9. **Федак І.О.** Застосування методу наведеної активності для дослідження процесу обводнення пластів-колекторів з низькою мінералізацією пластової води / **І.О. Федак** // Розвиток наукових досліджень 2005 : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, [Полтава], 7-9 листоп.2005р. – Полтава : ІнтерГрафіка, 2005. – Т.8. – С.157-159.

10. Старостін В.А. Системний підхід до ідентифікації порід карбонатного розрізу за геофізичними ознаками / В.А. Старостін, **І.О. Федак** // Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат : Тези доп. Міжнар. наук. конф. до 100-річчя від дня народження чл.-кор. НАН України Миколи Романовича Ладиженського та

55-річчя Ін-ту геології і геохімії горюч. копалин НАН України [Львів], 26-28 верес.2006 р. – Львів : ТзОВ Проман - Прес-Експрес-Львів, 2006. – С.212-215. (Особистий внесок – створено систему ідентифікації пластів-колекторів за структурою порового простору. Участь автора 80%).

11. **Федак І.О.** Особливості визначення положення водонафтового контакту в пластах-колекторах карбонатного типу на прикладі Семенівського нафтового родовища / **І.О. Федак** // Геодинамика, тектоника и флюидодинамика нефтегазоносных регионов Украины : Тезисы докл. VII Междунар. Конференции Крым-2007 [Крим, Сімферопольський р-н, с.Ніколаєвка], 10-16 верес.2007р. – Сімферополь, 2007. – С.179-181.

## АНОТАЦІЯ

**Федак І.О.** Методичні та експериментальні основи оцінки процесу обводнення нафтогазових родовищ за результатами геофізичних досліджень (на прикладі Семенівського нафтового родовища). – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – “геофізика”. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, 2010.

У дисертаційній роботі вирішуються актуальні питання геофізичного контролю та прогнозування процесу обводнення продуктивних пластів-колекторів нафтогазових родовищ.

Доведено можливість виділення порід-колекторів із мікропористістю на основі аналізу зв'язку інтенсивності природного гамма-випромінювання та інтенсивності гамма-випромінювання радіаційного захоплення теплових нейтронів.

На основі седиментаційно-каротажного аналізу проведено класифікацію кривих гамма-каротажу за їх формою та створено схеми розподілу зон із різною динамікою розповсюдження дрібнодисперсної фракції, де локалізовані літологічні неоднорідності продуктивних пачок Семенівського нафтового родовища.

Удосконалено методику визначення коефіцієнта проникності пластів-колекторів за результатами геофізичних і петрофізичних досліджень.

Побудовано детальну фільтраційну модель Семенівського нафтового родовища на основі геофізичної інформації, яка дає змогу прогнозувати випереджуюче обводнення продуктивних горизонтів.

Створено методичні основи для нового способу використання радонового індикаторного методу та проведено теоретичне обґрунтування використання термоактиваційного каротажу для виділення в геологічних розрізах експлуатаційних свердловин обводнених інтервалів у складних геолого-технологічних умовах.

**Ключові слова:** фільтраційно-ємнісні властивості, структура порового простору, седиментаційно-каротажний аналіз, радоновий індикаторний метод, термоактиваційний метод, моделювання, обводнення продуктивних горизонтів, фільтраційна модель.

## АННОТАЦИЯ

**Федак И.О. Методические и экспериментальные основы оценки процесса обводнения нефтяных месторождений по результатам геофизических исследований (на примере Семеновского нефтяного месторождения). – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 – “геофизика”. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, г. Ивано-Франковск, 2010.

В диссертационной работе решаются актуальные вопросы геофизического контроля и прогнозирования процесса обводнения продуктивных пластов-коллекторов нефтегазовых месторождений.

Литологическая неоднородность пластов-коллекторов содействует неравномерному передвижению жидкостей с разной фазовой проницаемостью по поровому пространству. Это приводит к трудно прогнозируемому опережающему обводнению продуктивных пачек.

Для учета влияния литологической неоднородности пластов-коллекторов и возможности прогнозирования опережающего обводнения продуктивных пачек в диссертации предложено ряд научных изысканий.

На примере Семеновского нефтяного месторождения доказана возможность выделения пород-коллекторов с микропористостью на основании анализа связи интенсивности естественного гамма-излучения и интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов, что позволило идентифицировать горные породы по литолого-структурным особенностям.

На основании седиментационно-каротажного анализа проведена классификация кривых гамма-каротажа по их форме и созданы схемы распределения зон с разной динамикой распространения мелкодисперсной фракции, где локализованы литологические неоднородности продуктивных пачек Семеновского нефтяного месторождения.

Установленная связь между предложенным в диссертации нормированным параметром водонасыщенности глинистой фракции горных пород и толщиной пленки связанной воды позволила повысить точность расчета проницаемости пластов-коллекторов по формуле Козени-Кармана, что привело к усовершенствованию методики определения коэффициента проницаемости пластов-коллекторов по результатам геофизических и петрофизических исследований.

На основании геофизической информации с использованием вышеупомянутых научных изысканий построена детальная фильтрационная модель Семеновского нефтяного месторождения, позволяющая прогнозировать опережающее обводнение продуктивных горизонтов.

На Семеновском нефтяном месторождении, как и на многих других месторождениях, существуют сложные литолого-технологические условия, при которых стандартные методы каротажа скважин, используемые для контроля обводнения продуктивных пластов, являются неэффективными. В частности,

использование стационарных, а также импульсных методов нейтронного каротажа ограничивается низкой минерализацией пластовых вод. Низкие дебиты эксплуатационных скважин не позволяют использовать для определения обводненных интервалов метод термометрии.

В диссертации предложено решение проблемы использования геофизических методов при контроле обводнения продуктивных пачек в сложных геолого-технологических условиях.

В частности, созданы методические основы для нового способа использования радонового индикаторного метода с целью выделения обводненных интервалов продуктивных пластов-коллекторов. Доказано, что большая разница между фазовой проницаемостью высоковязкой нефти и пластовой воды при закачивании радонового индикатора в обводняющийся пласт-коллектор будет обуславливать быстрое проникновение радонового индикатора в обводненную часть пласта, и медленную – в нефтеносную часть. В результате закачки радонового индикатора со временем водоносная часть пласта увеличит свою гамма-активность больше, чем нефтеносная часть. Регистрация такой разницы методом гамма-каротажа позволит определить обводненную часть продуктивного пласта.

Также проведено теоретическое обоснование использования термоактивационного каротажа для выделения обводненных интервалов в геологических разрезах скважин. Теоретически доказано и экспериментально подтверждено, что использование метода термометрии в динамическом режиме каротажа, после предварительного нагрева исследуемого интервала скважины, позволяет произвести расчленение горных пород по параметру их теплопроводности. Расчеты показали, что характер насыщения пластов-коллекторов существенно влияет на их теплопроводность. Поэтому, используя термоактивационный каротаж, можно выделять обводненные интервалы продуктивных пластов-коллекторов.

**Ключевые слова:** фильтрационно-емкостные свойства, структура порового пространства, седиментационно-каротажный анализ, радоновый индикаторный метод, термоактивационный метод, моделирование, обводнение продуктивных горизонтов, фильтрационная модель.

#### ANNOTATION

**Fedak I.O.** Methodological and experimental basis of the irrigation of oil and gas fields process evaluation on the results of geophysical exploration (on the example of Semenivske oil field): - Manuscript. Candidate's of geological sciences thesis, specialty 04.00.22 – Geophysics. – Ivano-Frankivsk National Technical University of oil and gas, Ivano-Frankivsk, 2010.

In this thesis the pressing problems of geophysical control and prognostication of the productive layers-collectors of the oil and gas fields irrigation process are determined.

The possibility of isolation of the collectors with microporosity on the basis of the interconnection between the intensity of the natural gamma radiation and intensity of gamma radiative capturing of the thermal neutron analysis.

On the basis of sediment and logging analysis the classification of the gamma logging curves due to their shape is established, and the schemes of the distribution of zones with different dynamics of diffusion of fine-dispersed fraction where the lithologic non-uniformity of productive packs of the Semenivske oil field is created.

We have improved the methods of calculation of permeability index of reservoir beds according to the results of geophysical and petrophysical investigations.

We have built detailed filtration model of Semenivske oil field on the basis of the geophysical information which allows to forecast the advancing water invasion of the productive horizons.

We have created methodological grounds of the use of the radon tracer technique and conducted theoretical justification of the thermosetting logging for determination of water-encroached gaps in the geological cross-sections of the production well under complicated geotechnical conditions.

**Key words:** filtration capacitive properties, structure of the pore space, sedimentation logging analysis, radon tracer technique, thermoactivated method, modeling, water flooding of productive horizons, filtration model.