

550.83:553.98

С77

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

СТАРОСТІН АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ

УДК 553.982.04 : 550.83

ГЕОФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ З МЕТОЮ КОНТРОЛЮ ВИЛУЧЕННЯ
ВУГЛЕВОДНІВ У ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ ПРОДУКТИВНИХ ПОРІД-
КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ БУДОВИ
(на прикладі родовищ ДДЗ)

04.00.22 – Геофізика



АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Івано-Франківськ – 2009

Дисертацією є рукопис.



Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

– доктор геологічних наук, професор **Федоришин Дмитро Дмитрович**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри геофізичних досліджень свердловин, м. Івано-Франківськ.

Офіційні опоненти:

– доктор геолого-мінералогічних наук **Лизун Степан Олексійович**, Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, заступник міністра, м. Київ.

– кандидат геологічних наук **Кашуба Григорій Олексійович**, ЗАТ „Укрпромгеофізика”, головний геолог, м. Київ.

Захист відбудеться 22 травня 2009 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 20.052.01 в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 1).

З дисертації вченою радою спеціалізованої вченої ради К 20.052.01 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Міністерства освіти і науки України, м. Івано-Франківськ, 2009 р.

Автореферат

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради кандидат геологічних наук

Г.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Головним завданням економічного розвитку України є забезпечення збільшення видобутку вуглеводнів та підвищення ефективності зберігання природного газу в ПСГ. Пріоритетним напрямком розв'язання цього завдання є використання геофізичних методів з метою контролю вилучення вуглеводнів і оптимізації процесу їх розробки.

Продуктивні відклади багатьох газових і газоконденсатних родовищ України представлені породами складної будови, що характеризуються значною диференціацією колекторських і фізичних властивостей. Петрофізичні моделі таких порід відносяться до багатопараметричних, що, відповідно, знижує достовірність визначення петрофізичних параметрів за результатами геофізичних досліджень свердловин (ГДС). Проблема підвищення ефективності контролю вилучення вуглеводнів із порід-колекторів складної будови пов'язана з удосконаленням системи інтерпретації геофізичної інформації. Незважаючи на різноманітність методик інтерпретації ГДС, наведена вище проблема є актуальною особливо для продуктивних відкладів складної будови.

Використання сучасних геофізичних комплексів досліджень і впровадження комп'ютерної обробки геофізичних даних розширює можливості застосування просторових моделей розподілу геологічних та геофізичних параметрів для визначення поточних значень насиченості і фільтраційних властивостей порід-колекторів складної будови, що, в свою чергу, підвищує достовірність геофізичного контролю розробки родовищ вуглеводнів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Науковий напрямок дисертаційної роботи безпосередньо пов'язаний з виробничими планами ДП "Полтавське управління геофізичних робіт" з контролю розробки газонафтових родовищ та експлуатації газосховищ, а також спільними науково-дослідними роботами кафедри геофізичних досліджень свердловин ІФНТУНГ і ДП "Науканафтогаз" (НДР за темою: "Методичне забезпечення промислово-геофізичних досліджень складно-побудованих колекторів" (державний реєстраційний № 0104U009219)) та НАК "Нафтогаз України" (НДР за темою: "Удосконалення методики визначення характеру насичення порід-колекторів за даними нейтронних і електричних методів" (державний реєстраційний № 0108U010040)).

Мета і завдання дослідження. Головною метою дослідження є науково обґрунтоване моделювання фільтраційних і нейтронних властивостей порід-колекторів складної будови, визначення фільтраційних властивостей і поточного коефіцієнта насичення продуктивних пластів з метою контролю вилучення вуглеводнів у процесі розробки родовищ.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз методик визначення коефіцієнта проникності порід-колекторів за інформацією геофізичних досліджень свердловин;
- дослідити вплив структури пологового простору на характеристику зв'язку параметрів геофізичних п

НТБ
ІФНТУНГ



- дослідити зв'язок характеру флюїдонасичення породи з фільтраційно-емнісними властивостями порід-колекторів складної будови;
- удосконалити методику визначення коефіцієнта проникності за даними геофізичних досліджень свердловин;
- провести моделювання нейтронних параметрів продуктивних покладів та дослідити їх зв'язок з об'ємом пор і поточними значеннями коефіцієнта газонасичення для порід складної будови;
- удосконалити методику визначення поточного значення коефіцієнта газонасичення для порід з полімінеральним складом скелета породи за даними імпульсного нейтронного каротажу;
- розробити технологічний підхід спостереження за ефективністю закачування і відбору газу з його природних сховищ;
- дослідити зв'язок швидкості проходження пружних хвиль у порід-колекторі зі щільністю і формою контактів зерен скелета;
- провести ідентифікацію порід за структурою порового простору з використанням геофізичної інформації і побудувати просторові схеми розповсюдження порід з однаковими структурними властивостями;
- розробити методологію побудови диференційованої моделі фільтраційних властивостей продуктивних порід за геофізичною інформацією з метою контролю оптимальної технології вилучення вуглеводнів.

Об'єкт досліджень. Теригенні породи-колектори газових і газоконденсатних родовищ Дніпровсько-Донецької западини (ДЦЗ).

Предмет досліджень. Геофізичні моделі фільтраційних і нейтронних властивостей продуктивних порід та методики визначення параметрів геофізичного контролю вилучення вуглеводнів.

Методи дослідження. Статистичне оброблення результатів лабораторних і свердловинних геофізичних досліджень порід-колекторів, представлених породами з полімінеральним і мономінеральним складом скелета та аналіз теоретичних і експериментальних моделей петрофізичних характеристик продуктивних комплексів.

Фактичний матеріал. Результати геофізичних досліджень свердловин, фондів матеріали з геологічної будови газових і газоконденсатних родовищ ДЦЗ (Пролетарське, Кулічихінське, Розпашнівське, Тимофіївське, Яблунівське), результати геолого-промислових досліджень, лабораторні петрофізичні аналізи кернавого матеріалу.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведені теоретичні і практичні дослідження дали змогу одержати такі наукові і практичні результати:

- уперше доведено, що висока відносна похибка визначення коефіцієнта проникності за геофізичними даними зумовлена використанням інтегральних характеристик порового простору колектора для встановлення емпіричних залежностей. Встановлено, що параметри геометрії пор є домінуючими чинниками, які впливають на диференціацію фільтраційних властивостей порід-колекторів складної будови за умови однакового об'єму пор;

- уперше встановлено, на підставі модельних досліджень, що показники ступеневої функції параметра збільшення електричного опору колектора і коефіцієнта водонасичення залежать від розподілу фільтраційних властивостей порід-колекторів;

- уперше обґрунтовано, що головною умовою для уніфікації методики визначення коефіцієнта проникності за геофізичною інформацією є необхідність проведення ідентифікації порід за параметрами структури порового простору;

- уперше, на підставі досліджень нейтронної моделі порід складної будови, запропоновано розробку просторових схем розподілу часу життя теплових нейтронів у скелеті породи з урахуванням мінералогічної і літологічної характеристики продуктивних порід, на основі яких удосконалено методику визначення поточного коефіцієнта насичення, що дає змогу підвищити ефективність контролю за вилученням вуглеводнів;

- розроблено і науково обґрунтовану нову технологію використання методу нейтронного каротажу для спостереження за ефективністю закачування і відбору газу з природних газових сховищ;

- науково обґрунтовано нову технологію оцінки впливу властивостей цементу та ступеня щільності зерен скелета на інтервальний час проходження пружної хвилі під час визначення коефіцієнта пористості методом акустичного каротажу;

- удосконалено технологію побудови фільтраційної моделі на основі ідентифікації порід за ознакою структури порового простору та седиментаційного каротажного аналізу і результатів визначення коефіцієнта проникності за геофізичною інформацією, що сприяє оптимізації вилучення вуглеводнів з продуктивних пластів.

Зазначені положення виносяться на захист.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена диференційована модель фільтраційних властивостей продуктивних відкладів Пролетарського газоконденсатного родовища дала змогу раціонально підійти до вибору свердловин, які знаходяться у сприятливих умовах, для подальшого вилучення газу з покладів. Запропонована методика побудови фільтраційної моделі родовища на основі седиментаційного каротажного аналізу і результатів визначення коефіцієнта проникності за геофізичною інформацією дасть змогу оптимізувати технологію розробки родовищ.

Розроблена методика визначення поточного коефіцієнта насиченості пластів методом імпульсного нейтронного каротажу для порід-колекторів складної будови впроваджена у ДП “Полтавське управління геофізичних робіт”. Дана методика дає змогу контролювати зміну поточного коефіцієнта насиченості у процесі експлуатації нафтогазових родовищ і природних сховищ газу.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні і практичні результати, що винесені на захист одержані здобувачем особисто. Проведено статистичний аналіз даних лабораторних досліджень ядерного матеріалу, а також результатів геофізичних досліджень свердловин, що дало можливість встановити природу

високої відносної похибки визначення коефіцієнта проникності за геофізичними параметрами. На основі одержаних результатів уніфіковано методику визначення коефіцієнта проникності порід-колекторів і запропоновано новий підхід до створення геолого-фільтраційних моделей на основі використання кількісної і якісної геолого-геофізичної інформації. Проведено моделювання нейтронних характеристик порід-колекторів складної будови ДДЗ і встановлено закономірності впливу мінерального скелета породи на час життя теплових нейтронів. Удосконалено методику використання імпульсного нейтронного каротажу для визначення поточного коефіцієнта насиченості порід складної мінеральної будови скелета.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційних досліджень, викладених у дисертації, доповідались на наукових і науково-технічних конференціях, а саме: на науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, (м. Івано-Франківськ, 1998); на 5-й Міжнародній науково-практичній конференції “Нафта і газ України – 98” (м. Полтава, 1998); на Міжнародній науково-практичній конференції “Наукові дослідження – теорія та експеримент 2005” (м. Полтава, 2005); на Міжнародній науково-практичній конференції, “Розвиток наукових досліджень” (м. Полтава, 2005); на Міжнародній науковій конференції “Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат” НАН України ІГГК, (м. Львів, 2006).

Публікації. Результати дисертації опубліковано у 15 роботах, із них наукових статей – 10, тез доповідей – 5, одноосібних статей – 2, тез доповідей без співавторів – 2. За темою дисертації опубліковано в журналах, рекомендованих ВАК України, 9 статей.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Дисертація містить 144 друкованих сторінок тексту, 12 таблиць, 48 рисунків, 85 найменувань використаних джерел та 7 додатків. Загальний обсяг роботи – 281 сторінка.

Автор вважає своїм обов’язком висловити щирю подяку науковому керівникові доктору геологічних наук, професору Федоришину Д.Д. за допомогу і постійну підтримку в процесі виконання дисертаційної роботи.

Автор висловлює подяку докторові фізико-математичних наук Петровському О.П., докторові геолого-мінералогічних наук, професору Маєвському Б.Й., докторові геологічних наук, професору Карпенку О.М., кандидатові геолого-мінералогічних наук, професору Степанюку В.П., кандидатові геолого-мінералогічних наук, доценту Жученко Г.О., кандидатові геолого-мінералогічних наук, доценту Федоріву В.В., асистентові Федаку І.О., заступникові директора “Харківтрансгаз” Ткачу О.І. і головному геологу Камалову Н.І. За допомогою у повсякденній роботі автор висловлює подяку співробітникам ДП “Полтавське УГР”, начальникові управління Гладуну В.В., головному геофізику Нейдліну Г.С., головному інженерові Волинському О.О., начальникові КІП Трум А.А..

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ КОНТРОЛІ ЗА РОЗРОБКОЮ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ДДЗ ЗІ СКЛАДНОЮ БУДОВОЮ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ

Нафтогазові родовища Дніпровсько-Донецької западини характеризуються різними стадіями розробки і є немала кількість родовищ, продуктивні відклади яких значною мірою обводнені. Розвиток нафтогазової промисловості України зумовлює необхідність підвищення ефективності використання геофізичних методів для контролю за вилученням запасів нафти або газу з продуктивних порід-колекторів. Контроль за вилученням запасів вуглеводнів з порід-колекторів складної будови забезпечує оптимальне регулювання розробки.

Для розширення можливостей контролю за вилученням запасів вуглеводнів важливим питанням є прогнозування цього процесу. Прогноз вилучення запасів нафти або газу потребує встановлення продуктивних інтервалів, на яких можливе випереджувальне обводнення, а також визначення прошарків, не задіяних у роботі покладу. Прогноз проводиться за результатами інтерпретації геофізичних методів із визначення поточних значень коефіцієнта насичення та фільтраційних властивостей продуктивних відкладів.

Геологічні характеристики продуктивних комплексів газових родовищ ДДЗ (Пролетарського, Розпашнівського, Тимофіївського та інших) у більшості випадків мають складну структуру порового простору і полімінеральний склад скелета породи. Колектори зі складною будовою характеризуються невизначеністю зв'язків між геологічними і фізичними параметрами. Геологічні параметри не завжди однозначно відображаються у фізичному полі. Така ситуація призводить до ускладнень використання геофізичних методів для контролю за вилученням вуглеводнів.

Головним напрямком вирішення проблеми ефективного використання геофізичних методів для контролю за вилученням запасів вуглеводнів з покладів, представлених породами складної будови, є моделювання зв'язку геологічних і фізичних параметрів, а також моделювання розподілу фільтраційних властивостей у геологічному просторі продуктивної товщі. Важливим моментом процесу моделювання є необхідність урахування петрофізичних властивостей порід-колекторів складної будови.

На сьогодні відома значна кількість модифікацій фільтраційних моделей, що використовуються для визначення коефіцієнта проникності. Вони розроблені вченими Морозовим Г.С., Султановим С.А., Добриніним В.М., Дахновим В.Ю., Елланським М.М., Раймер Л.Л., Вендельштейном Б.Ю., Лизуном С.О. Виживою С.А., Безродною І.М., Карпенком О.М. та іншими. Особливістю таких моделей є використання емпіричних залежностей між фільтраційними і петрофізичними параметрами порід продуктивних комплексів. Для адаптації емпіричних залежностей до геолого-фізичних умов родовища необхідно розрахувати коефіцієнти

залежностей, що визначаються на колекціях зразків керна для конкретної геологічної структури.

Використання таких моделей для визначення фільтраційних властивостей порід-колекторів складної будови ускладнюється через неможливість урахування неоднорідності параметрів структури порового простору. Елланським М.М. (2002 р.) запропоновано модель на основі рівняння Козені-Кармана, яка може враховувати неоднорідність структури порового простору. Але такі параметри, як сумарний перетин капілярів, звивистість каналів, радіус порових каналів у виробничих умовах для кожної свердловини визначати неможливо, через необхідність відбору керна на усіх свердловинах і його лабораторного дослідження.

Головною особливістю методики визначення коефіцієнта проникності за геофізичною інформацією повинна бути модель, у якій надається перевага проведенню ідентифікації порід за характеристиками порового простору, а не визначенню параметрів структури порового простору.

Визначення поточного коефіцієнта насичення у експлуатаційних свердловинах, є головним параметром контролю за динамікою вилучення вуглеводнів з продуктивних пластів. Науково-дослідними організаціями розроблено різні модифікації методик визначення поточної насиченості колекторів методами імпульсного нейтронного каротажу (ІНК). Значний вклад у розвиток теоретичної і експериментальної бази методу ІНК внесли вчені Кантор С.А., Шимелєвіч Ю.С., Школьніков А.С., Поляченко А.Л., Кожевніков Д.А., Путькаралзе Л.А., Головацкая І.В., Козачок І.О., Кулінкович А.Е., Резванов Р.А. та інші.

Ефективне використання методики імпульсного нейтронного каротажу для контролю за вилученням вуглеводнів обмежується різними граничними умовами – як методико-технологічними параметрами проведення вимірювань у свердловині, так і алгоритмічним забезпеченням інтерпретації результатів.

Дослідження вчених Кожевнікова Д.А., Шимелєвіча Ю.С., Басіна Я.Н., Резванова Р.А. та інших вказують на вплив мінерального складу скелета на величину декременту затухання теплових нейтронів породи. Визначення впливу мінеральної мінливості скелета породи на величину часу життя теплових нейтронів у флюїдонасичених покладах представляє дуже складну задачу, для розв'язання якої запропоновано декілька способів урахування мінерального складу скелета породи, це серед яких: технологія нагнітання у свердловину двох водних розчинів із різними нейтронними властивостями за рахунок зміни концентрації хлору (CaCl_2); методика кількісної оцінки насиченості на основі використання реперних пластів із відомими максимальними і мінімальним значеннями коефіцієнта насичення. Якісну оцінку характеру насичення пропонується проводити різночасовими вимірюваннями з наступним зіставленням двох діаграм ІНК, які дають можливість не враховувати мінливості мінерального скелета породи.

Основною умовою ефективного використання таких методик є однорідність нейтронних властивостей скелета породи у межах одного родовища, а також водонасиченої і нафтонасиченої частин продуктивного пласта. Вивчення

неоднорідних порід з полімінеральним складом скелета приводить до збільшення похибки визначення поточного коефіцієнта насичення.

Дослідження нейтронних характеристик порід складної будови і вдосконалення методико-технологічних підходів до інтерпретації ІНК не втратило актуальності розв'язання цієї проблеми. Одним з основних напрямків удосконалення є просторове моделювання нейтронних властивостей скелета породи для продуктивних відкладів родовища з урахуванням мінливості мінералогічних і петрофізичних властивостей та проведення реперного контролю результатів досліджень нейтронними методами.

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ БУДОВИ ЗА ДАНИМИ ГДС

Ефективність розробки нафтогазових родовищ пов'язана з необхідністю створення просторових геолого-фільтраційних моделей за результатами геофізичних досліджень. Створення таких моделей тільки за результатами досліджень ядра, обмежує деталізацію побудови геолого-фільтраційної моделі.

Дослідженню фільтраційних властивостей колекторів присвячено низьку наукових праць Шейдеггера А.Е. 1960р., Енгельгардта В. 1964р., Коллінз Р. 1964р., Ханіна А.А. 1969р., Храмова В.Г. 1971р., Іванова В.А. 1974р., Баренблатт Г.І. 1984р., Антонишин Г.І. 1986р., Элланського М.М. 1983р., Лизуна С.О. 1992, Безродна І.М. 2007р. та інші. Велика кількість структурних параметрів і складність їх визначення за допомогою лабораторних і свердловинних досліджень створила умови, за яких для стохастичного моделювання зв'язків фільтраційних і геофізичних параметрів використовують, в основному, інтегральні параметри характеристики порового простору: відкрита, загальна та ефективна пористість (залишкова водонасиченість).

Нами проведено порівняльний аналіз визначення коефіцієнта проникності на моделях, запропонованих фірмою Шлюмберже, Віллі і Роузом, Дахновим В.П., які характеризуються використанням інтегральних параметрів. Розрахунки проведені на колекції зразків теригенних порід. Встановлено, що розраховані значення коефіцієнта проникності на вибраних петрофізичних моделях характеризуються високою відносною похибкою. Слід зазначити, що коефіцієнти рівнянь моделі оптимально адаптовані до параметрів колекції зразків.

Результати наших досліджень вказують на те, що високу відносну похибку визначення коефіцієнта проникності зумовлює використання інтегральних характеристик будови порового простору і не врахування параметрів структури пор під час встановлення емпіричних залежностей.

За визначеннями Ханіна А.А., Енгельгардта В., Ромма Е.С. та інших, структура порового простору колектора характеризується пористістю, питомою поверхнею і геометрією пор. Слід зазначити, що параметри пористості і питомої поверхні мають чітку фізичну визначеність і їх кількісні характеристики можна визначати експериментально, а визначення геометрії пор ускладнено. За результатами досліджень цього параметра Дж. Томіром доведено, що зв'язок залишкової водонасиченості у порах від тиску вилучення рідини з капілярів можна

апроксимувати гіперболічної функцією, коефіцієнт рівняння (χ) якої є універсальною характеристикою геометрії порового простору, що описує сукупність властивостей мікробудови пор. Встановлено, що за фіксованого значення коефіцієнта χ зв'язок проникності і пористості характеризуються високим коефіцієнтом кореляції. Ці висновки використано у наших дослідженнях і доведено, що встановлення подібного коефіцієнта можливо за геофізичними параметрами.

З метою досліджень особливостей будови порового простору проведено аналіз результатів ртутної порометрії, виконаних на зразках пісковиків і гравілітів візейських відкладів Яблунівського родовища. Встановлено, що параметри структури порового простору (розмір пор та їх форма, шляхи з'єднання між порами, властивості порових стінок, кількість великих і малих пор, їх співвідношення та інші) є домінуючими чинниками, що впливають на диференціацію фільтраційних властивостей порід-колекторів складної будови за умови однакового об'єму пор.

На розподіл фізичних властивостей порід колекторів значний вплив має насиченість пор флюїдом. Залежність коефіцієнта водонасиченості K_e від тиску вилучення флюїду відображає структуру порового простору та особливості геометрії пор. Цю залежність можна дослідити за розподілом зміни електропровідності породи-колектора із вилученням пластової води методом центрифугування водонасичених зразків.

Нами вперше запропоновано вивчати динаміку зміни електропровідності на різних етапах вилучення води з колектора для характеристики будови порового простору породи. Для вивчення зв'язку структури порового простору з динамічними параметрами процесу вилучення води проведено дослідження фільтраційно-ємнісних властивостей і швидкістю вилучення фільтрату з пор за значенням градієнта (G) функції $P_n = f(K_e)$, для двох різних діапазонів з початку вилучення флюїду до 35% і у діапазоні від 55% до 97%. Для обмеження впливу інших чинників для проведення аналізу колекція зразків поділена на групи, кожна з яких характеризується однаковими значеннями коефіцієнта пористості і довільними іншими параметрами.

За результатами аналізу градієнта зміни водонасиченості і параметра насичення (P_n) встановлено, що коефіцієнти рівняння зв'язку параметра насичення і залишкової водонасиченості ($P_n = f(K_e)$) вказують на різну швидкість витіснення води з порового простору і на відмінності характеристики початку витіснення флюїду, тобто на різний характер розподілу співвідношень діаметрів порових каналів і геометрії порового простору. Окрім того встановлено чітку залежність коефіцієнтів рівняння $P_n = f(K_e)$ з значеннями коефіцієнта проникності породи за умови рівності об'єму порового простору.

Аналіз зв'язку капілярного тиску з характером насичення вказує на те, що починаючи з певної величини тиску (початковий стан) залежність відображає характеристики капілярних властивостей порового середовища більше ніж залишкову водонасиченість, що пов'язано з фільтраційними властивостями. У межах великих значень тиску вплив структури порового простору на залишкову водонасиченість збільшується. Встановлено, що вивчення динаміки зміни K_e під час вилучення флюїду забезпечує додаткову інформацію з структури порового простору

колектора. Характеристики зв'язку дають можливість розмежовувати породи на групи з різними властивостями порового простору.

Аналіз характеристики зв'язків фізичних параметрів зі фільтраційно-смісними властивостями порід дав змогу вибрати комплексний геофізичний параметр. За основу вибрано електропровідність, а точніше частку електричного опору, що відповідає одиниці об'єму порового простору (за швидкістю пружної хвилі), тобто використано параметр, що визначається відношенням $B = P_n / \Delta T$, де P_n – параметр пористості; ΔT – інтервальний час проходження пружної хвилі. Застосування такого параметра дає змогу виділити залежність опору породи від особливостей шляху руху іонів у поровому просторі. Шлях руху іонів зумовлено об'ємом і структурою порового простора (звивистість, діаметр зерен, адсорбційні властивості і таке інше). Правомірність вибору цього параметру підтверджується встановленим зв'язком коефіцієнтів степеневі функції параметра насичення і залишкової водонасиченості з розподілом коефіцієнта проникності за умови рівності об'єму порового простору.

Дослідження зв'язків фільтраційних властивостей порід і геофізичних параметрів проведено на колекції зразків гірських порід, відібраних із Кулічівської, Тимофіївської, Яблунівської, Матвіївської і Розпашнівської площ. Рівняння залежності коефіцієнта проникності та комплексного геофізичного параметра для порід гранулярного типу записується наступною формулою: $\ln K_{np} = -C_1 \ln B + C_2$, де C_1, C_2 – вільні коефіцієнти рівняння.

Виділивши групу зразків із фіксованим значенням C_2 встановлено, що для цих зразків залежність K_{np} і K_n характеризується високим коефіцієнтом кореляції ($R = 0,94 \div 0,96$), тобто, структура порового простору описується однаковими значеннями параметрів. Для підтвердження чого проведено порівняльний аналіз залежності коефіцієнта проникності від комплексного геофізичного параметра і запропонованої Івановим В.А. моделі проникності породи-колектора, що описується формулою: $K_{np} = 0,25(r_{max})^2 \sqrt{2\chi} \cdot K_1(2\sqrt{2\chi}) \cdot K_n$, де $K_1(2\sqrt{2\chi})$ – модифікована циліндрична функція Макдональда, K_{np} – коефіцієнт проникності, K_n – коефіцієнт пористості, r_{max} – максимальний радіус пор, χ – коефіцієнт гіперболічної функції. Представлена формула встановлює зв'язок проникності породи з максимальним радіусом і геометрією пор.

Подібна характеристика залежностей коефіцієнта проникності і пористості для виділених груп зразків фізичної і геологічної моделі вказує на те, що коефіцієнт C_2 можна характеризувати як функцію двох змінних, а саме максимального радіуса пор r_{max} і коефіцієнта гіперболічної функції χ , який описує геометрію порового простору. Окрім того, коефіцієнт C_2 дає змогу групувати зразки порід, для яких існує залежність $K_{np} = a_1 K_n \pm a_2$ (a_1, a_2 – сталі, що характеризують геологічний простір), що має високий коефіцієнт кореляції.

Визначальною ознакою застосування моделі зв'язку K_{np} з комплексним геофізичним параметром є необхідність ідентифікації зразків за структурою порового простору. Для ідентифікації можна використати матеріали лабораторних досліджень ядра або гідродинамічних випробувань.

Для прогнозу ідентичності порід-колекторів за структурою порового простору проведено аналіз результатів гранулометрії порід на прикладі, візейських відкладів Тимофіївського і Кулічихинського родовищ. Опис кривої розподілу кількості зерен за діаметром проводився для груп зразків за умови $K_n = const$.

Виділено три типи форм кривих. До першого типу відносяться породи з нормальною характеристикою розподілу і невеликим коефіцієнтом асиметрії (0,01 – 0,09); до другого типу відносяться породи з нормальною характеристикою розподілу і наявністю значного позитивного або від'ємного коефіцієнта асиметрії; до третього типу відносяться породи з нормальним характером розподілу і змінним коефіцієнтом крутості (E^m , ексцес), тобто характеристика розподілу має низько градієнтну або високо градієнтну форму. Розглянуті типи форми розподілу кількості зерен за діаметром мають власні характеристики, що вказує на прямий зв'язок K_{np} з гранулометричним складом породи за фіксованих значень K_n .

За результатами встановлено, що характер розподілу діаметру зерен скелета теригенних порід гранулярного типу визначає диференціацію фільтраційних властивостей порід-колекторів за умови однакових об'ємів порового простору. Класифікація розподілу зерен скелета за діаметром дає змогу ідентифікувати об'єкт за геологічними ознаками та структурою порового простору.

Головною особливістю запропонованого методичного підходу побудови геолого-фільтраційних моделей є неформальне об'єднання комплексних геолого-геофізичних досліджень за генетичними ознаками порід з кількісною характеристикою петрофізичних властивостей, що відображають геологічну будову і визначені на основі фізико-геологічних залежностей. Друга особливість пов'язана з можливістю інтерполяції значень фільтраційно-смієсних властивостей порід-колекторів за ознаками, що залежать від седиментаційних умовам і процесів постседиментаційного періоду розвитку гірських порід.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ НАСИЧЕННЯ ПРОДУКТИВНИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ БУДОВОВИ З МЕТОЮ КОНТРОЛЮ ЗА РОЗРОБКОЮ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ДДЗ МЕТОДАМИ ГДС

Метод імпульсного нейтронного каротажу є основним для визначення характеру насичення продуктивних покладів на етапі розробки нафтогазових родовищ. Дослідженню нейтронних властивостей порід присвячено низьку наукових праць Кантора С.А., Шимелевіча Ю.С., Поляченко А.Л., Кожевнікова Д.А., Козачка І.О., Кулінковича А.Е., Резванова Р.А. та інших, які вказують на необхідність вивчення нейтронної неоднорідності скелета породи. Існуючі методики визначення характеру насичення за результатами ІНК в умовах складної будови порід не завжди задовольняють вимогам точності визначення коефіцієнта насиченості.

Моделювання нейтронних властивостей порід-колекторів проведено за інформацією з мінералогічної характеристики і літологічного опису гірської породи продуктивних комплексів ДДЗ. На підставі розрахунків нейтронних параметрів скелета породи встановлено, що діапазон зміни величини часу життя теплових нейтронів $\tau_{сх}$ відповідає межах $280 \div 860$ мкс. Для порід з мономіктовим складом

скелета значення $\tau_{ок}$ характеризується межами 626 – 860 мкс, а для поміктового складу скелета – 280 – 580 мкс. Зміна часу життя теплових нейтронів для мономіктових порід пов'язана з заміщенням частки породоутворюючого мінералу кварцу глинистою фракцією. Диференціація часу життя теплових нейтронів для поліміктових порід зумовлена заміною мінерального складу твердої компоненти скелета. Встановлено, що на диференціацію часу життя теплових нейтронів впливає частка мінералів, що вміщують елементи калію і заліза, це мусковіт, біотит, ортоклаз, хлорит, гетит та мінерали цементу породи: монтморилоніт і гідрослюда.

Задача врахування неоднорідності розв'язується створенням схем розподілу часу життя теплових нейтронів у скелеті породи для конкретних продуктивних покладів. З цією метою досліджується мінералогічний і літологічний склад порід-колекторів і за результатами мікро- та макродосліджень визначається величина часу життя теплових нейтронів. Схема будується з урахуванням просторового розподілу параметрів продуктивних горизонтів і для уточнення неоднорідності інтерполяція значень $\tau_{ок}$ проводиться на основі використання інформації з характеристики умов накопичення і заміщення осадів. Побудована схема дала можливість визначати нейтронні параметри скелета породи $\tau_{ок}$, у просторовому відношенні (у свердловинах де не визначено мінеральний склад), для розрахунку поточного коефіцієнта насичення.

Адитивна модель декременту затухання теплових нейтронів у породі-колекторі не завжди дає змогу визначати коефіцієнт насичення, особливо для порід з поліміктовим складом скелета. Це зумовлено наявністю нестандартних взаємозв'язків між петрофізичними параметрами.

Для наближення адитивної моделі до реального геологічного середовища зі складною будовою нами представлено модель, яка враховує взаємозв'язок між окремими петрофізичними параметрами: $K_{гз} = K_{г}^k + K_{гз}^m$, $K_{г}^k = 1 - (K_{г} - K_{гз}^m)$, де $K_{г}^k$ – коефіцієнт слабкозв'язаної води, $K_{гз}^m$ – коефіцієнт міцнозв'язаної води. Міцнозв'язана вода в породі-колекторі визначається величиною глинистої фракції в її мінералогічному складі, а також ступенем пілітизації зерен скелета і представляється функцією: $K_{гз}^m = f(K_{гз}, K_{гз}^{nin})$, де $K_{гз}$ – коефіцієнт глинистості, $K_{гз}^{nin}$ – коефіцієнт пілітизованої частки скелета породи. Завжди повинна виконуватися умова $K_{гз} + K_{гз}^{nin} = 1$. Коефіцієнт пористості у загальному опосередковано пов'язаний із залишковою водонасиченістю, що враховується в моделі $K_n = f(K_{гз})$. Скелет породи за декрементом поглинання теплових нейтронів можна записати виразом: $\lambda_{ск} = \lambda_{ск}^{кв} + \lambda_{ск}^n$, де $\lambda_{ск}^{кв}$ – декремент затухання теплових нейтронів у скелеті з кварцовою основою, $\lambda_{ск}^n$ – декремент затухання теплових нейтронів у полімінеральній компоненті породи.

З урахуванням додаткових умов, модель нейтронних властивостей порід з поліміктовим складом скелета записується наступним рівнянням:

$$\lambda_{н} = (\vartheta_1 \lambda_{ск}^{кв} + \vartheta_2 \lambda_{ск}^n) (1 - K_n - (K_{гз} + K_{гз}^{m})) + (\lambda_{гз} K_{гз} + \lambda_{гз}^{m} K_{гз}^{m}) + K_n (\lambda_{гз} K_{гз} + \lambda_{гз}^n K_n) + \lambda_{гз} K_n K_n,$$

де $\lambda_{ск}^{nin}$ – декремент затухання теплових нейтронів у пілітизованій частині скелета породи; ϑ_1, ϑ_2 – частка компонент у скелеті.

За результатами представленої моделі нами встановлено основні чинники, що ускладнюють визначення коефіцієнта поточного насичення у породах складної будови. Використання моделі дозволило удосконалити методику визначення

поточного коефіцієнта насичення продуктивних пластів за даними імпульсного нейтронного каротажу. Головною рисою методики є використання просторової схеми розподілу часу життя теплових нейтронів у скелеті породи, узгодженої з літолого-седиментаційною характеристикою відкладів у межах свердловини. Випробування методики проведено на свердловинах Яблунівського і Юліївського родовищ.

Особливості технології експлуатації природних сховищ газу дають змогу одержувати інформацію про динаміку процесу зростання і зменшення коефіцієнта насичення. Така особливість дає можливість вимірювати декремент затухання теплових нейтронів у період максимального та поточного насичення пласта, що дає змогу визначати вплив свердловинних умов на результати визначення коефіцієнта насичення. Однак для продуктивних відкладів складної будови, час життя теплових нейтронів у породі знижується, що зменшує різницю нейтронних властивостей породи і свердловинного середовища, та призводить до неоднозначності визначення впливу свердловинних умов на величину декременту затухання.

Нами розроблено нову технологію спостереження за ефективністю закачування і відбору газу з природних сховищ методом нейтронного каротажу, що дає змогу контролювати зміну впливу свердловинних умов на результати визначення коефіцієнта насичення. Контроль зміни впливу нейтронних властивостей свердловини здійснюється шляхом зіставлення розрахованої нейтронної характеристики продуктивних відкладів за умови граничного насичення пласта газом і виміряних у різні періоди експлуатації природних сховищ газу.

Встановлено, що достовірність визначення коефіцієнта насиченості методами нейтронного каротажу значною мірою залежить від точності визначення коефіцієнта пористості геофізичними методами. Визначення коефіцієнта пористості методом акустичного каротажу досліджено у наукових працях Івакіна Б.Н., Кузнецова О.Л., Добриніна Ю.М., Петкевича Г.И., Резванов Р.А., Лизуна С.О., Кашуби Г.О., Карпенка О.М. та інших. Швидкість розповсюдження пружних хвиль у гірській породі, яка є складнопобудованою матрицею, залежить від низки чинників.

Аналіз літолого-петрографічних і геофізичних характеристик дає змогу встановити, що утворення глинистих мінералів у вигляді окремих зон пілітизації і їх геометрія розташування суттєво впливають на швидкість пружної хвилі. Проведені теоретичні розрахунки і практичні дослідження впливу процесу регенерації зерен скелета на акустичні властивості порід-колекторів встановили, що ступінь щільності контакту між зернами і збільшення ефективної поперечної площі контактів призводить до зростання швидкості пружних хвиль.

Неоднорідність і локальність утворень вторинних процесів (пілітизації, регенерації) у породах складної будови для визначення коефіцієнта пористості методом акустичного каротажу потребує враховувати вплив цих процесів на інтервальний час. Головною особливістю врахування цих чинників є необхідність першочергового проведення оцінки характеру впливу на швидкість пружної хвилі у скелеті породи.

У роботі доведено можливість оцінки впливу властивостей цементу та ступінь щільності укладки зерен скелета шляхом використання різницевого параметра, тобто

інтервального часу розповсюдження пружної хвилі, розрахованого на моделі і виміряного у свердловині. Для розрахунку використана швидкісна модель для диференційно-пружних середовищ, запропонована Ф.Гессманом, що описує проходження пружної хвилі у колекторі, скелет якого представлено зернами сферичної форми і між зернами існує точковий контакт.

У реальних породах контакт між зернами описується власною геометрією поверхні, утвореної внаслідок гірського тиску, властивостей цементу і регенерації зерен. Таким чином, для порід з однаковими об'ємами порового простору розраховане значення інтервального часу буде максимальним, це значення пропонується прийняти як критерій максимального часу проходження пружної хвилі для породи з мінімальним ступенем ущільнення скелета породи. За зміни геометрії контакту і збільшення щільності між зернами інтервальний час буде зменшуватися, що вказує на характер ущільнення зерен скелета, а також на вплив глинистої фракції.

Важливою особливістю методики оцінки впливу властивостей цементу та ступеня щільності зерен скелета є запропонований порівняльний аналіз вимірних значень інтервального часу у свердловині і в моделі, що характеризується мінімально можливою швидкістю. Прийнята модель представлена зернами кварцу з високим ступенем сортування, а мінімальна швидкість зумовлена контактною формою дотику зерен. Ця модель може бути еталоном для різних способів порівняння у процесі розроблення технологій удосконалення методики інтерпретації акустичного каротажу.

Дослідження нейтронних і акустичних моделей дало змогу запропонувати удосконалену методику визначення поточного коефіцієнта насиченості порід складної будови, що представляють продуктивні поклади ДДЗ.

ФІЛЬТРАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЛЕТАРСЬКОГО ГАЗОКОНДЕСАТНОГО РОДОВИЩА

На основі проведеного аналізу результатів свердловинних досліджень та вивчення петрофізичних характеристик порід продуктивного комплексу, складено геолого-фізичну модель. Встановлено, що за результатами лабораторних досліджень фільтраційні властивості колекторів Пролетарського газоконденсатного родовища характеризуються неоднорідністю.

У роботі над створенням геолого-фільтраційної моделі сконцентровано основну увагу дослідженням седиментаційних умов басейну накопичення осадів, що дало змогу пояснити і спрогнозувати просторовий розподіл неоднорідності колекторських властивостей і літологічних ознак гірських порід. Такий підхід дав змогу підвищити достовірності моделювання петрофізичних параметрів порід-колекторів у межах газоконденсатного родовища.

Побудова седиментаційної моделі базується на характеристиках опису геофізичних кривих методів гамма-каротажу, самочинної поляризації, електрометрії за формою кривих та співвідношеннями аномалій. Значний вклад у розвиток даного напрямку внесли вчені Лукін А.Е., Муромцева В.А., Ізотова Т.С., Косаченко В.Д. Одним з основних елементів дослідження седиментаційних умов за геофізичною

інформацією є вивчення природної радіоактивності, що реєструється гамма-методом. Розподіл природних радіоактивних елементів залежить від геохімічної обстановки басейну накопичення осадів і відтворює природу літологічної характеристики. У постседиментаційний період перерозподіл концентрацій природних радіоактивних елементів не відбувається. Гідродинамічні процеси можуть призводити до утворення радіогеохімічних аномалій, але вони завжди мають локальний характер і не змінюють загальний розподіл радіоактивних елементів. Інформація методів самочинної поляризації та електрометрії зумовлена не тільки умовами басейну накопичення осадів, але і перетіканням постседиментаційних процесів.

У роботі доведено можливість використання методики седиментаційного каротажного аналізу для створення геолого-фільтраційної моделі. Загально прийняті методики побудови фільтраційних моделей базуються на визначенні просторового розподілу коефіцієнта проникності шляхом інтерполяції. За такою схемою не завжди можливо дослідити однорідність і ідентичність порід за інтерполяції значень $K_{пр}$ між свердловинами, а врахування тільки структурних особливостей площі не завжди відповідає формі басейну накопичення осадів, який і визначає неоднорідності структури порового простору і літологічні ознаки порід.

Аналіз седиментаційної моделі дозволив виділити ділянки за ідентичністю структури порового простору для горизонтів Б – 12 та В-3 Пролетарського родовища на яких можна чітко простежити у горизонтальному просторі зони залягання порід з однаковою структурою порового простору.

Визначення коефіцієнтів проникності на основі залежності комплексного геофізичного параметру від фільтраційних властивостей порід Пролетарського газового родовища проведено за результатами вимірів геофізичних параметрів у свердловинах, лабораторних досліджень та побудованої седиментаційної моделі. Визначення коефіцієнтів C_i здійснювалось шляхом оптимізації розрахованих і вимірних значень проникності. Для корекції значень коефіцієнтів залежності враховувались межі зон залягання порід з однаковою структурою порового простору, встановлені за даними ГДС.

Порівняльна характеристика результатів гідродинамічних і геофізичних досліджень проникності продуктивних пластів Пролетарського родовища дала змогу оцінити достовірність використання геофізичних методів для визначення проникності.

Створена геолого-фільтраційна модель оптимально відповідає геофізичній інформації, одержаній під час геофізичних досліджень у свердловинах та підтверджується результатами гідродинамічних досліджень. Значення коефіцієнта проникності відображає середньо зважену величину проникності за відношенням до товщини прошарків продуктивних горизонтів.

Встановлено розподіл неоднорідності фільтраційної характеристики продуктивних відкладів на Пролетарському родовищі, що дало змогу прогнозувати процес обводнення покладів, особливо коли спостерігається підняття ГВК у вигляді конусів.

Аналізуючи фільтраційну модель було складено прогнози з ефективного видобутку газу за рахунок раціонального підходу до вибору свердловин, що знаходяться у сприятливих умовах для подальшої експлуатації.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язуються актуальні задачі геофізичного контролю процесу вилучення вуглеводнів з продуктивних пластів нафтогазових родовищ ДДЗ, представлених породами складної будови. Неоднорідність мінералогічного складу скелета породи-колектора та різноманітність будови порового простору зумовлює неадекватність відображення фільтраційно-ємнісних властивостей у геофізичних полях. Геофізичне моделювання фільтраційних властивостей і нейтронної характеристики порід-колекторів складної будови дало змогу вивчити особливості причин неадекватності зв'язків геологічних і фізичних параметрів.

Найважливіші наукові та практичні результати дисертаційної роботи такі:

1 Уперше доведено, що висока відносна похибка визначення коефіцієнта проникності за геофізичними даними зумовлена використанням інтегральних характеристик будови порового простору породи-колектора (коефіцієнта пористості, залишкової водонасиченості) у встановленні емпіричних залежностей.

2 Дослідженнями зв'язку фільтраційно-ємнісних властивостей з фізичними параметрами доведено, що параметри структури порового простору є домінуючими чинниками (розмір пор та їх форма, шляхи з'єднання між порами, властивості порових стінок, кількість великих пор і малих, їх співвідношення тощо), що впливають на диференціацію фільтраційних властивостей порід-колекторів складної будови за умов однакового об'єму пор.

3 На підставі модельних досліджень взаємозв'язків параметрів порід-колекторів з фізичними властивостями отримані нові результати:

- встановлено, що показники ступеневої функції параметра збільшення електричного опору колектора і коефіцієнта водонасичення залежать від розподілу фільтраційних властивостей порід-колекторів;

- досліджено, що градієнт зміни опору породи зі збільшенням тиску вилучення флюїду з порового простору має чітку залежність від структури і геометрії пор, що дає змогу проводити ідентифікацію колекції зразків порід-колекторів на групи за ознаками властивостей порового простору.

4 На основі даних лабораторних досліджень кернавого матеріалу теоретично і практично доведено, що головною умовою для уніфікації методики визначення коефіцієнта проникності за геофізичною інформацією необхідно провести ідентифікацію продуктивних відкладів за властивостями структури порового простору, а не збільшувати кількість параметрів моделі зі структурних характеристик їх пор.

5 Доведено, що за результатами гранулометричного аналізу порід-колекторів можна проводити класифікацію ідентичності зв'язку параметрів розподілу діаметра зерен скелета з фільтраційними властивостями за умови однакового об'єму порового простору;

6 Моделювання нейтронних характеристик продуктивних порід-колекторів, представлених поліміктовим складом скелета дало можливість:

- встановити основні перешкоди визначення поточного коефіцієнта насиченості методом імпульсного нейтронного каротажу;
- удосконалити методику визначення поточного коефіцієнта насичення на основі розроблених просторових схем розподілу часу життя теплових нейтронів для продуктивних відкладів з урахуванням мінералогічної та літологічної характеристик;
- розробити нову технологію використання методу нейтронного каротажу для спостереження за ефективністю закачування і відбору газу з природних сховищ.

7 На основі дослідження зв'язку швидкості пружної хвилі з характеристиками мінерального складу порід і цементу створено нову технологію оцінки впливу властивостей цементу та ступеня щільності зерен скелету на інтервальний час проходження пружної хвилі у визначенні коефіцієнта пористості методом акустичного каротажу.

8 Аналіз фільтраційно-смісних і геофізичних характеристик продуктивних пластів Пролетарського газоконденсатного родовища вказує на те, що в межах одного продуктивного горизонту породи характеризуються різною структурою порового простору. За результатами досліджень виділені зони з ідентичною характеристикою порового простору.

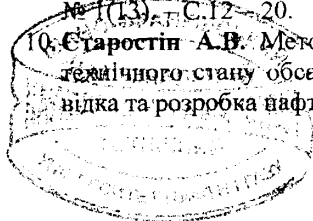
9 Розроблено диференційну модель фільтраційних властивостей продуктивних відкладів Пролетарського газового родовища, на основі якої проведено аналіз фільтраційних властивостей продуктивних порід і виявлено зони підвищених фільтраційно-смісних властивостей, а також раціональний вибір свердловин для подальшої експлуатації на завершальній стадії вилучення газу.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Старостін В.А. Використання методу гама-спектрометрії при врахуванні впливу поліміктового складу скелета породи на нейтронні властивості покладів / В.А. Старостін, В.В. Федорів, **А.В. Старостін** // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 1997. – 34 (Том 1). – С.33 – 39. (*Особистий внесок – проведено дослідження і зроблено розрахунки впливу полімінерального складу породи на час життя теплових нейтронів. Участь автора 35%*).
2. Старостін В.А. Виділення стратиграфічної границі між візейським та турнейським ярусами за даними гама-спектрометрії / В.А. Старостін, Д.Д. Федоришин, В.В. Федорів, **А.В. Старостін** // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 1999. – № 36 (Том 1). – С.152 – 161. (*Особистий внесок – обробка результатів гамма-спектрометричного аналізу керна і розрахунки співвідношень концентрацій радіоактивних елементів. Участь автора 30%*).
3. Старостін В.А. Аналіз методик визначення фільтраційних властивостей колекторів за даними геофізичних досліджень свердловин / В.А. Старостін, **А.В. Старостін** // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2002. – № 3(4). – С.18 – 23. (*Особистий внесок – збір матеріалу з характеристик*

фільтраційних моделей. Аналіз недоліків і переваг використання результатів ГДС. Участь автора 80%).

4. Старостін В. А. Використання техногенних джерел температури при контролі за ефективністю розкриття пластів нафтогазових родовищ / В.А. Старостін, В.Й. Прокопів, Д.Д. Федоришин, В.В. Гладун, **А.В. Старостін** // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. – № 3(8). – С.81 – 86. (*Особистий внесок – теоретичне обґрунтування можливості опису процесу вибуху імпульсним джерелом тепла і розрахунки теплового поля свердловини. Участь автора 40%).*
5. 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 – аналіз параметрів геофізичних полів з метою оцінки структури порового простору порід-колекторів. Участь автора 35%).*
6. **Старостін А.В.** Вплив вторинних процесів утворення порід-колекторів на достовірність визначення коефіцієнта пористості методом акустичного каротажу / А.В. Старостін, О.Н. Струтинська, В.А. Старостін. // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2005. – № 1(10). – С.25 –29. (*Особистий внесок – теоретично обґрунтовано вплив ступеня регенерації зерен скелета породи на швидкість проходження пружних хвиль. Участь автора 75%).*
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 – запропоновано методологію визначення фільтраційних властивостей порід методами геофізичних досліджень. Участь автора 40%).*
8. 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 – запропоновано методологію визначення фільтраційних властивостей порід методами геофізичних досліджень. Участь автора 35%).*
9. **Старостін А.В.** Дослідження впливу структури порового простору на зв'язок колекторських і фільтраційних властивостей гірських порід (на прикладі нафтогазових родовищ ДЦЗ) / А.В. Старостін // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2006. – № 1(13). – С.12 – 20.
10. **Старостін А.В.** Методичні особливості комплексу геофізичних досліджень геодинамічного стану обсадних та експлуатаційних колон / А.В. Старостін // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 1 (18). – С. 87 – 91.



11. Старостін В.А. Можливості застосування ІННК при визначенні поточних значень коефіцієнта нафтонасичення в відкладах поліміктового складу ДДЗ / В.А. Старостін, В.В. Федорів, **А.В. Старостін** // Тези доповідей науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу університету; Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу. – Івано-Франківськ, 1998. – С.139. (*Особистий внесок – зроблено опис характеристики нейтронних властивостей порід поліміктового складу. Участь автора 30%*).
12. Старостін В.А. Методика комплексної інтерпретації імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу та гама-спектрометричного каротажу / В.А. Старостін, В.В. Федорів, **А.В. Старостін**: збірник наукових праць. За Матеріалами 5^{ої} Міжнародної конференції „Нафта-Газ України-98”, Полтава, 15 – 17 вересня”, том 1. – Полтава, 1998. – С.409 – 410. (*Особистий внесок – зроблено розрахунки часу життя теплових нейтронів за результатами гамма-спектрометрії і мінералогічного опису шліфів. Участь автора 40%*).
13. **Старостін А.В.** Використання розподілу відносного електричного опору у функції поточного водонасичення для оцінки структури порового простору пластів-колекторів / А.В. Старостін // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції 16-20 травня 2005. „Наукові дослідження – теорія та експеримент 2005”. – Полтава, ПолтНТУ ім. Ю.Копдратюка, 2005. – С.9-10.
14. **Старостін А. В.** Комплексне вивчення технічного стану експлуатаційних колон методами геофізичних досліджень / А.В. Старостін // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Том. 8, 2005. „Розвиток наукових досліджень”. – Полтава, „Інтер Графіка”, 2005. – С.156 – 157.
15. Федоришин Д.Д. Вплив процесу регенерації зерен гірських порід на їх акустичні властивості / Д.Д. Федоришин, **А.В. Старостін** // Міжнародної наукової конференції. Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат. НАН України ІГГК. – Львів, 2006. – С 225 – 227. (*Особистий внесок – запропоновано геоакустичну модель для порід з регенованими зернами скелета. Участь автора 80%*).

АНОТАЦІЯ

Старостін А.В. Геофізичне моделювання з метою контролю вилучення вуглеводнів у процесі розробки продуктивних порід-колекторів складної будови (на прикладі родовищ ДДЗ): – 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, 2009.

У дисертаційній роботі вирішуються актуальні питання геофізичного контролю процесу вилучення вуглеводнів з продуктивних пластів представлених породами складної будови.

Доведено можливість уніфікації методики визначення коефіцієнта проникності за геофізичною інформацією на основі ідентифікації порід за структурою порового

простору. Встановлено, що показники ступеневої функції параметра збільшення електричного опору колектора і коефіцієнта водонасичення залежать від фільтраційних властивостей порід-колекторів. Доведено, що за результатами гранулометричного аналізу порід можна проводити класифікацію порід за ідентичністю зв'язку параметрів розподілу діаметра зерен скелета з фільтраційними властивостями.

Удосконалено методику визначення поточного коефіцієнта насичення методом імпульсного нейтронного каротажу на основі просторових схем розподілу часу життя теплових нейтронів у скелеті породи. Розроблено нову технологію використання методу нейтронного каротажу для спостереження за ефективністю закачування і відбору газу з природних сховищ. Створено нову технологію оцінки впливу цементу та мінералогічної неоднорідності скелета на інтервальний час проходження пружної хвилі.

Розроблено фільтраційну модель Пролетарського родовища газу, яка дала змогу раціонально вибрати свердловини, що знаходяться у сприятливих умовах для подальшої експлуатації родовища.

Ключові слова: породи складної будови, фільтраційно-емісійні властивості, структура порового простору, мінеральний склад, нейтронні властивості, акустичний каротаж, моделювання, контроль вилучення вуглеводнів, електричний опір.

АННОТАЦИЯ.

Старостин А.В. Геофизическое моделирование с целью контроля извлечения углеводородов в процессе разработки продуктивных пород-коллекторов сложного строения (на примере месторождений ДДЗ): – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 – Геофизика. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2009.

В диссертации решаются актуальные вопросы геофизического контроля процесса извлечения углеводородов из продуктивных пластов представленных породами сложного строения.

Доказана возможность унификации методики определения коэффициента проницаемости по геофизической информации на основании идентификации пород по структуре порового пространства. Установлено, что показатель степенной функции параметра увеличения электрического сопротивления коллектора и коэффициента водонасыщенности зависит от фильтрационных свойств пород-коллекторов. Доказано, что по результатам гранулометрического анализа пород можно проводить классификацию пород по идентичности связи параметров распределения диаметра зерен скелета с фильтрационными свойствами.

Усовершенствована методика определения текущего коэффициента насыщения методом импульсного нейтронного каротажа на основе пространственных схем распределения времени жизни тепловых нейтронов в скелете породы. Разработана новая технология использования метода нейтронного каротажа для контроля за эффективностью закачки и отбора газа с природных хранилищ. Создана новая

технология оценки влияния цемента и минералогической неоднородности скелета на интервальное время пробега упругой волны.

Разработана фильтрационная модель Пролетарского месторождения газа, что позволило рационально выбрать скважины, которые находятся в благоприятных условиях для продолжения эксплуатации месторождения.

Ключевые слова: породы сложного строения, фильтрационно-емкостные свойства, структура порового пространства, минеральный скелет, нейтронные свойства, акустический каротаж, моделирование, электрическое сопротивление.

Annotation

Starostin A.V. Geophysical simulation with the view of hydrogen extraction checking-up in the course of development productive reservoir rocks of complex structure (in the example of Dnieper-Donets Depression) Manuscript.

Thesis for Master of Science Degree (Geology) 04.00.22-Geophysics in Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2009.

In thesis the topical questions of geophysical control of hydrocarbon recovery from the productive for matious in the oil and gas fields of the Dnieper-Donets Depression, represented by the rocks of complex structure, are solved. Heterogeneity of mineral composition of the reservoir-rock skeleton and the variety of interstitial space stipulates the inadequacy of filtration and capacity properties indication in geophysical fields.

The geophysical simulation of filtration properties and neutron characteristic of reservoir rocks of complex structure enabled us to study the specific features of inadequacy of geological and physical parameters relationship.

It is pointed out that for the productive deposits of complex structure of the Dnieper-Donets Depression lateral heterogeneity of filtration and capacity properties, the structure of interstitial space and the mineral composition of rocks skeleton are the basic factors which affect the authenticity of the use of geophysical methods. It has been proved for the first time that the high relative error of permeability coefficient determination according to geophysical data is caused by the use of integral characteristics in description reservoir rock interstitial space (void ratio, final water saturation). It has been proved that the parameters of interstitial space structure are dominant factors that affect the differentiation of reservoir rock filtration properties under the condition of similar porous volume. It has been established that the indices of power function parameter of reservoir rock electric resistance increase and the coefficient of water saturation depend on the distribution of reservoir rock filtration properties. Marked regularity of the nature of reservoir rock electric resistance gradient change has been revealed due to porous structure and geometry in increasing pressure fluid extraction from the interstitial space. It enables to carry out the systematization of core sample collection into groups according to the structure of interstitial space. It has also been proved that it is possible to classify rocks due to the identical relationship of skeleton grain diameter parameters distribution with filtration properties.

The simulation of neutron characteristics of the reservoir rocks of the complex structure enabled to define the main obstacles of saturation coefficient determination and to

prove the necessity of space schemes development for the distribution of the mal neutrons time of existence for productive horizons taking into account mineralogical and lithological features. The technique of saturation current coefficient determination by applying impulsive neutron surveying has been improved. A new method of using neutron surveying has been developed for tracing gas pumping and extraction efficiency from natural storages on the basis of checking the influence of borehole condition on the impulsive neutron surveying data. A new evaluation technique of cement and mineral heterogeneity skeleton influence on the elastic wave time of transit was created for interval porosity coefficient determination by using acoustic surveying.

The technique of creating a new filtration model is improved and it is done on the basis of rock identification due to the porous space structure features sedimentation logging analysis and the results of permeability coefficient determination according to geophysical data. A developed differential model of productive deposits filtration properties of proletarian gas-condensate field enabled to carry out the analysis of filtration properties of productive rocks, to reveal the areas of increased filtration and reservoir properties and to approach to efficient wells selection at the final stage of gas favorable conditions for further field operation.

Keywords: rock of complex structure, filtration and capacity properties, structure of interstitial space, mineral composition, neutron properties, acoustic simulation, hydrogen extraction checking-up, electric resistance

НТБ
ІФНТУНГ



an1892