

550,832. (043)

K 56

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

КОВАЛЬ ЯРОСЛАВ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 550.832+553.981.2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВИЗНАЧЕННЯ ГАЗОНАСИЧЕННЯ СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ
ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ
ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН

04.00.22 – Геофізика

АВТОРЕФЕРАТ

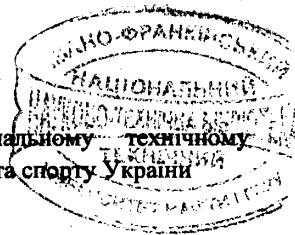
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук



Івано-Франківськ – 2012

Дисертація на правах рукопису

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України



Науковий керівник:

- доктор геологічних наук, професор Федоришин Дмитро Дмитрович, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України (м. Івано-Франківськ), завідувач кафедри геофізичних досліджень свердловин.

Офіційні опоненти:

- доктор геологічних наук Красножон Михайло Дмитрович, Український державний геологорозвідувальний інститут (м. Київ), заступник директора з наукових питань.

- кандидат геологічних наук Кашуба Григорій Олексійович, ТОВ "Інтегровані нафтогазові технології НАДРА" (м. Київ), генеральний директор.

Захист відбудеться "20" квітня 2012 р о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 20.052.01 у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15)

Автореферат розісланий "9" березня 2012 р.

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

Жученко Г.О



an2250

АГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Нестача вуглеводнів для зростаючих потреб світової економіки призводить до підвищення цін на енергосії, що вимагає особливої уваги нашої Держави до нафтогазовидобувної галузі.

На сьогодні великий об'єм газу на родовищах України видобувається із пластів-колекторів складної будови. За таких геологічних умов у багатьох випадках достовірність визначення початкового і поточного коефіцієнтів газонасичення з об'єктивних причин залишається низькою, що призводить до загального зниження об'ємів розвіданих запасів газу. Тому, підвищення точності визначення коефіцієнта газонасичення складнобудованих порід-колекторів за результатами геофізичних досліджень свердловин є актуальною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Проведені автором дослідження є складовою частиною науково-дослідних робіт: Д-8-Ф "Геологічні чинники впливу на емнісно-фільтраційні властивості та нафтогазоносність порід-колекторів Передкарпатського прогину" (державний реєстраційний № 0104U004086) та ГМ-6 "Комплексні лабораторні дослідження низькоомних порід-колекторів нафтогазових провінцій України з метою підвищення достовірності оцінки продуктивності" (державний реєстраційний № 0104U005005) – науково-дослідного інституту нафтогазових технологій ІФНТУНГ; №40/17 "Виділення пропущених продуктивних пластів нафтогазових родовищ Карпатської нафтогазоносної провінції за допомогою побудови їх фільтраційно-емнісних моделей" – ЗАТ ВДО "Region"; №51/8 "Побудова фільтраційної моделі об'єктів зберігання газу Богородчанського ПСГ" – КНВП "Нафтогазтехсервіс".

Мета і задачі дослідження. Головною метою роботи є розроблення методологічних основ обробки та інтерпретації геофізичних даних, що підвищить достовірність визначення коефіцієнта газонасичення складнобудованих порід-колекторів.

Для досягнення мети необхідно було розв'язати такі задачі:

- дослідити можливість кількісної оцінки впливу структури порового простору газонасичених порід-колекторів на їх питомий електричний опір;
- створити модель електропровідності мономіктових неглинистих пісковиків з врахуванням впливу структури порового простору колектора на питомий електричний опір гірських порід;
- дослідити можливість врахування впливу води, зв'язаної плітізованими зернами поліміктових глинистих пісковиків на їх електропровідність;
- створити модель електропровідності поліміктових глинистих пісковиків з врахуванням ступеня плітізації зерен їх мінерального складу;
- розробити новий спосіб врахування мінливості пропорцій глинистої і

карбонатної компонент у цементі газонасичених порід-колекторів на їх питомий електричний опір при створенні моделі електропровідності;

- розробити новий спосіб врахування неоднорідності мінерального складу скелету і глинисто-карбонатного цементу газонасичених пластів-колекторів для розрахунку часу життя теплових нейтронів у твердій фазі гірської породи при визначення коефіцієнта газонасичення за даними ІННК.

Об'єкт дослідження. Нижньокам'яновугільні відклади Тимофіївського і Куличихинського газоконденсатних родовищ, верхньокам'яновугільні відклади Розпашнівського газоконденсатного родовища Дніпровсько-Донецької западини та міоценові відклади Богородчанського газового родовища Карпатського нафтогазоносного регіону.

Предмет дослідження. Газонасичення порід-колекторів та чинники, що впливають на достовірність його визначення.

Методи дослідження. Статистична обробка результатів лабораторних досліджень візріців керна і свердловинних геофізичних досліджень продуктивних інтервалів. Аналіз теоретичних і експериментальних моделей петрофізичних параметрів продуктивних відкладів. Теоретичне моделювання електричних і нейтронних властивостей гірських порід.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що уперше запропоновано:

- градієнт залежності параметра насичення від коефіцієнта водонасичення газонасиченого пласта використовувати для врахування структури порового простору в моделі електропровідності мономіткових неглинистих пісковиків;
- модель електропровідності поліміткових глинистих пісковиків, у якій враховується ступінь пілітизації зерен скелету і зв'язану за рахунок неї воду;
- модель електропровідності порід-колекторів із глинисто-карбонатним цементом, у якій враховується ступінь карбонатності цементу за даними нейтронного гамма-каротажу;
- методологічні основи використання комплексу методів стаціонарного та імпульсного нейтронного каротажів для визначення коефіцієнтів газонасичення з можливістю врахування впливу ступеня карбонатності цементу гірської породи на час життя теплових нейтронів у її твердій фазі.

Практичне значення одержаних результатів. Теоретичні положення і практичні висновки, розроблені у дисертаційній роботі, реалізовуватимуться на площах і родовищах України, розрізи яких виповнені породами-колекторами складної будови.

Практичне застосування отриманих наукових результатів дасть змогу суттєво підвищити точність визначення коефіцієнта газонасичення мономіткових неглинистих, поліміткових глинистих пісковиків та порід-колекторів із змішаним типом цементу.

Особистий внесок здобувача. Автором дисертації науково обгрунтовано параметр для кількісної оцінки структури порового простору пластів-колекторів, створено модель електропровідності для мономіткових неглинистих пісковиків на прикладі Тимофіївського і Куличихинського родовищ та модель електропровідності для поліміткових глинистих пісковиків на прикладі Розпашнівського родовища.

Розроблено спосіб кількісної оцінки ступеня карбонатності глинисто-карбонатного цементу пластів-колекторів на основі використання результатів нейтронного гамма-каротажу.

Обгрунтовано та запропоновано новий спосіб урахування мінливості мінерального складу глинисто-карбонатного цементу при визначенні часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи-колектора.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, викладених у дисертації, доповідались на наукових і науково-технічних конференціях, а саме: Міжнародній науково-технічній конференції “Ресурсозберігаючі технології у нафтогазовій енергетиці”, (м. Івано-Франківськ, 2007); VII Міжнародній конференції “Геодинамика, тектоника и флюидодинамика нефтегазоносных регионов Украины”, (м. Сімферополь, 2007); Міжнародній науково-практичній конференції “Нафтогазова геофізика – стан та перспективи”, (м. Івано-Франківськ 2009); XV Міжнародному науковому симпозиумі імені академіка М.А. Усова студентів і молодих учених “Проблеми геологии и освоения недр”, (Томськ (Росія), 2011); Міжнародній науково-практичній конференції і виставці “Нафтогазова енергетика – 2011”, (м. Івано-Франківськ, 2011).

Публікації. За темою дисертації автором опубліковано 14 праць: наукових статей у фахових виданнях – 8, тез доповідей – 6 (з них одноосібних статей – 1, тез доповідей без співавторів – 1).

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 120 найменувань. Повний обсяг дисертації – 210 сторінок друкованого тексту комп’ютерного набору, ілюстрованого 17 таблицями та 37 рисунками.

Роботу виконано під керівництвом доктора геологічних наук, професора Д. Д. Федоришина, якому автор висловлює глибоку вдячність за постійну увагу, цінні поради та всебічну підтримку.

Автор висловлює щире подяку за корисні поради кандидатові геолого-мінералогічних наук, професору В.П. Степанюку, кандидатові геолого-мінералогічних наук, доценту В.А. Старостіну, кандидату геологічних наук І.О. Федаку.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СТАН ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ НАСИЧЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ БУДОВИ ЗА ДАНИМИ МЕТОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖІВ

Гірські породи, які виповнюють продуктивні розрізи багатьох нафтогазових родовищ, характеризуються полімінеральним складом скелета породи, багатокомпонентним складом цементу та складною структурою порового простору і відносяться до складнобудованих порід-колекторів. Існуючі методики визначення характеру насичення продуктивних пластів у складнобудованих породах не завжди забезпечують достовірний результат.

На сьогодні для дослідження характеру насичення пластів-колекторів застосовують різні модифікації електричного та ядерно-геофізичних методів каротажу.

Питанню визначення початкового коефіцієнта насичення нафтових і газових пластів за даними електричного каротажу приділено багато уваги вченими В.Н. Дахновим, Б.Ю. Вендельштейном, В.М. Добриніним, М.Г. Латишевою, М.М. Елланським, В. С. Афанасьєвим, В.А. Старостіним, О.М. Карпенком та ін.

Однією з перших була модель електропровідності, запропонована Арчі Г.Е. і Дахновим В.Н., яка пов'язувала відносний питомий електричний опір порід-колекторів з коефіцієнтом пористості. Дана модель вважається реальною за умови, що значення електропровідності твердої фази прямує до нуля ($\sigma_{ск} \rightarrow 0$), а поровий простір заповнений розчином певного питомого електричного опору. Запропонована модель описує питому електропровідність породи, яка складається з кварцу та невеликої кількості глинистого цементу. Вона є базовою моделлю для двофазних середовищ і використовується для порівняння з іншими моделями електропровідності. Для порід із складною мінеральною будовою скелета і значною глинистістю ця модель часто не відповідає результатам експериментальних досліджень взірців керн.

У 1960 р Б.Ю. Вендельштейном запропоновано деталізовану модель електропровідності порового каналу глинистої породи, в якій беруть участь два електропровідника – пластова вода і зв'язана вода (адсорбована вода на поверхні глинистих частинок – подвійний електричний шар), які займають різні частини об'єму порового каналу. Використовуючи дану модель, Вендельштейн Б.Ю. вперше теоретично довів, що наявність глинистого матеріалу призводить як до зменшення, так і до збільшення її питомого електричного опору. Згодом Елланським М.М. була запропонована модель питомого електричного опору продуктивних глинистих порід із міжгранулярною пористістю, яка підтверджує існування залежності, встановленої

Вендельштейном Б.Ю. Але запропонована модель дає позитивні результати тільки для колекторів, насичених пластовою водою невисокої мінералізації ($\rho_b < 0,1$ Омм). Вибравши за базову ідею адитивності електропровідності електроліту і подвійного електричного шару в поровому просторі породи-колектора, вченими розроблено велику кількість моделей електропровідності. Як вказує Афанасьєв В.С., таких моделей було створено понад 30 варіантів. В основному, дані моделі електропровідності характеризують різну форму і властивості глинистої фракції породи.

Проведений аналіз моделей електропровідності гірських порід вказує на те, що використання узагальненої моделі електропровідності з метою визначення коефіцієнтів насичення продуктивних пластів часто є причиною виникнення похибки.

З метою підвищення достовірності визначення коефіцієнтів газонасичення продуктивних пластів за даними електричного каротажу автором пропонується використовувати індивідуальні моделі електропровідності, які враховують мінеральну неоднорідність скелету породи та цементу, структуру порового простору складнопобудованих порід-колекторів і є оптимально наближеними до геологічної будови конкретного родовища.

Серед ядерно-геофізичних методів дослідження свердловин широкого застосування набула методика визначення K_g за даними імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу (ІННК). Значний вклад у розвиток теоретичної і експериментальної бази методу ІННК внесли вчені Кантор С.А., Шимелєвіч Ю.С., Школьніков А.С., Поляченко А.Л., Кожевніков Д.А., Путкарадзе Л.А., Головацкая І.В., Козачок І.О., Кулінковіч А.Е., Резванов Р.А. та інші. Вперше випробування ІННК відбулося у 1959 р на Туймазинському і Ромашкінському родовищах нафти, яке підтвердило його ефективність при визначенні водонафтового контакту та виділенні обводнених інтервалів пластів.

Дослідженнями Кожевнікова Д.А., Шимелєвіча Ю.С., Басіна Я.Н., Резванова Р.А. та інших вчених встановлено, що основний вплив на достовірність визначення декременту затухання теплових нейтронів у породі, а в подальшому і коефіцієнта нафтогазонасичення, має неоднорідність мінерального складу скелета породи. Врахування впливу мінеральної мішливості скелета породи на величину декременту затухання теплових нейтронів у породах-колекторах є складним завданням. Для розв'язання такого роду завдання існує багато способів, серед яких слід згадати технологію нагнітання у свердловину двох водних розчинів із різними нейтронними властивостями та методику кількісної оцінки насичення на основі використання реперних пластів із відомими максимальним і мінімальним значеннями коефіцієнта насичення. Основними недоліками таких методик є велика трудомісткість робіт, поглинаючі властивості пластів, однорідність нейтронних властивостей скелета породи водонасиченої і нафтонасиченої частин пласта.

У своїх роботах М.Х. Хуснулін і Л.А. Путкарадзе пропонують контроль за зміною коефіцієнта насичення пластів проводити різночасовими вимірами з подальшим зіставленням двох діаграм ІННК. Одна з діаграм повинна бути фоновою, виміри якої здійснені у свердловині до початку експлуатації об'єкта, інша характеризує поточне насичення пласта. Такий методичний підхід дозволяє виключити вплив мінливості мінерального складу скелета породи і хімічної неоднорідності нафти. Складністю застосування такої методики є те, що до комплексу геофізичних досліджень свердловин після завершення процесу буріння не входять дослідження методом ІННК, тому фонові заміри відсутні.

Отже, дослідження нейтронних характеристик порід складної будови і удосконалення методико-технологічних підходів до інтерпретації ІННК є актуальним питанням. Одним з основних напрямків удосконалення існуючих методик з визначення характеру насичення методом ІННК є просторове моделювання нейтронних властивостей твердої фази породи для продуктивних відкладів родовища з врахуванням мінливості мінералогічних і петрофізичних властивостей порід-колекторів.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ГАЗОНАСИЧЕНИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ БУДОВИ

Більшість розрізів нафтогазових родовищ представлені породами-колекторами складної будови з макро- та мікронеоднорідностями. Використання результатів досліджень електричного каротажу з метою визначення коефіцієнта газонасичення в таких умовах призведе до значної похибки. Це зумовлено низькою достовірністю створених емпіричних моделей електропровідності порід-колекторів складної будови, недостатнім об'ємом кернавого матеріалу і обмеженою кількістю лабораторних досліджень.

Проведене моделювання петрофізичних параметрів, визначених на керовому матеріалі, відбраному з продуктивних товщ Куличихинського, Тимофіївського та Розпашнівського родовищ центральної частини ДДЗ показало, що одним із основних чинників, що впливає на достовірність визначення коефіцієнта насичення порід-колекторів є складна структура порового простору. Тому для підвищення достовірності визначення коефіцієнта газонасичення за даними електричного каротажу необхідно використовувати модель електропровідності, що враховуватиме неоднорідність структури порового простору складнопобудованих порід-колекторів.

Взявши за основу результати лабораторних досліджень петрофізичних параметрів, отриманих на керовому матеріалі чистих пісковиків Тимофіївського і Куличихинського родовищ, проведено перевірку відповідності розрахованих

значень питомого електричного опору породи за моделлю, яка використовувалась при підрахунку запасів газу, та значень питомого електричного опору, виміряних у лабораторних умовах. При співставленні цих значень їх зв'язок характеризувався відносно невисоким коефіцієнтом кореляції $R=0,81$. У діапазоні великих значень опору спостерігалась більша розбіжність точок. Це вказує на те, що до колекції входять взірці гірських порід з неоднорідною структурою порового простору.

За визначенням Ханіна А.А. і В. Енгельгарда структура порового простору колектора є функцією питомої поверхні і геометрії пор, а тому взаємозв'язок фізичних властивостей порід-колекторів з колекторськими буде зумовлений в основному структурою порового простору. Структура порового простору гірських порід настільки складна і багатогранна, що визначення кількісних характеристик пов'язано з необхідністю створення багатопараметричної моделі.

Одним з основних параметрів, що характеризує об'єм і структуру порового простору, є коефіцієнт водонасичення. У 1941 р М. Левереттом встановлений і доведений зв'язок залишкового водонасичення із структурою порового простору, яка враховує фізичні властивості породи і рідини, що насичує колектор. Встановлена залежність описує градієнт зміни залежності об'єму вилученої води від величини тиску, який безпосередньо залежить від структури порового простору.

Для оцінки неоднорідності за структурою порового простору чистих візейських пісковиків Куличихинського і Тимофіївського родовищ пропонується представляти параметр m (m – показник степеня моделі Арчі-Дахнова), як $m \times \zeta(G)$. $\zeta(G)$ – це нормована функція, що залежить від градієнта G функції $P_n = f(K_e)$. Модель електровідності мономіктових неглинистих пісковиків буде мати такий вигляд:

$$\rho_n^p = K_n^{-m \zeta(G)} K_e^{-n} \rho_e, \quad (1)$$

де ρ_n^p – розрахований питомий електричний опір породи, Омм;

K_n – коефіцієнт пористості, ч.од.;

K_e – коефіцієнт водонасичення, ч.од.;

ρ_e – питомий електричний опір пластової води, Омм;

m і n – структурні коефіцієнти, які характеризують будову порового простору досліджуваних відкладів;

G – градієнт функції $P_n = f(K_e)$ (за умови зміни K_e у межах 20÷70 %).

При зіставленні значень ρ_n^p , розрахованих за запропонованою нами моделлю, із ρ_n^e , виміряних у лабораторних умовах, виявлено, що зв'язок між ними характеризується коефіцієнтом кореляції $R=0,973$, вищим за коефіцієнт кореляції зв'язку, який отриманий на основі зіставлення експериментальних лабораторних і розрахованих значень електричного опору породи за моделлю Арчі ($R=0,81$).

Отже, наведені вище результати вказують на домінуючий вплив структури порового простору на питомий електричний опір породи і менший вплив вмісту

вільної порової води. Характеристика ємнісно-фільтраційних властивостей візріців за градієнтом зміни функції $P_n = f(K_e)$ при вилученні води дала можливість запропонувати новий підхід до створення моделі електропровідності чистих пісковиків, у якій враховується вплив структури порового простору.

Окрім структури порового простору породи-колектора, на визначення дійсного значення питомого електричного опору також впливає глинистість та ступінь пілітизації зерен скелету породи. Для побудови моделі електропровідності поліміктових глинистих порід-колекторів за основу взято модель "двох вод" Б.Ю. Вендельштейна, у якій зроблено припущення, що електропровідність гірських порід зумовлена залишковою фізично-зв'язаною водою глинистої фракції (K_{e3}^{zn}) і рухомою вільною водою (K_e). Тоді, для даного типу колекторів електропровідність складатиметься із суми електропровідностей чистого пісковика за моделлю Арчі та поліміктової і глинистої фракцій. Модель електропровідності для поліміктового пісковика матиме такий вигляд:

$$\sigma_n = K_n^{m \cdot \xi(G)} K_n^n \left[\sigma_{en} \left(\frac{K_e - K_{e3}}{K_e} \right) + \sigma_{e.ad} \left(\frac{K_{e3}^{zn} + K_{e3}^{pl}}{K_e} \right) \right], \quad (2)$$

де σ_{en} – електропровідність порової води, См/м;

$\sigma_{e.ad}$ – електропровідність адсорбційної води, См/м;

K_{e3} – залишкове водонасичення порового простору, ч.од.;

K_{e3}^{zn} – залишкове водонасичення глинистої компоненти, ч.од.;

K_{e3}^{pl} – залишкове водонасичення пілітизованої частини скелету породи, ч.од.

Коефіцієнт залишкового водонасичення для глинистої і пілітизованої фракцій будуть визначатись за формулами:

$$K_n^{zn} = \frac{K_{zn} \cdot K_n^{zn}}{K_n(1 - K_n^{zn})}; \quad K_n^{pl} = \frac{K_{pl} \cdot K_n^{pl}}{K_n(1 - K_n^{pl})}, \quad (3)$$

де K_{zn} – коефіцієнт глинистості, ч.од.;

K_n^{zn} – коефіцієнт пористості глинистої фракції, ч.од.;

K_{pl} – коефіцієнт поліміктовості, який характеризує ступінь пілітизації зерен скелету породи, ч.од.;

K_n^{pl} – коефіцієнт пористості пілітизованої частини зерен скелету породи, ч.од.

На основі запропонованої моделі електропровідності нами досліджено вплив ступеня пілітизації зерен скелету та глинистості на електричний опір при визначенні водонасичення. Розрахунки показали, що у діапазоні водонасичення $K_e = 0,3 \div 0,7$ ч.од. вплив пілітизованої частки скелета породи і глинистості мінімальний, тобто опір водонсичених порід, в основному залежить від колекторських властивостей.

Побудована залежність електричного опору від коефіцієнта водонасичення за умови зміни коефіцієнта глинистості $K_{гн}$ у діапазоні $0,05 \div 0,2$ ч.од. показала, що у діапазоні значень водонасичення від 30 до 70 % вплив глинистості на величину електричного опору незначний. Однак за малих значень K_g (5-29 %) збільшення пілітизації зерен скелету і глинистості порід-колекторів призводить до зменшення питомого електричного опору ρ_n , як наслідок, до похибки у визначенні коефіцієнта газонасичення.

Таким чином, для поліміктових пісковиків вплив глинистості і ступеня пілітизації зерен скелету породи є суттєвим і потребує індивідуального врахування при визначенні газонасичення продуктивних пластів.

Ефективність моделей електропровідності перевірена на результатах лабораторних досліджень кернового матеріалу і свердловинних досліджень порід-колекторів Куличихинського і Розпашнівського газоконденсатних родовищ.

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГАЗОНАСИЧЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ІЗ ГЛИНИСТО-КАРБОНАТНИМ ЦЕМЕНТОМ

На нафтогазових родовищах України значна кількість пластів-колекторів характеризується наявністю у їх скелеті глинисто-карбонатного цементу. У залежності від переважаючого вмісту глинистої чи карбонатної складової у цементі, порода-колектор має різний питомий електричний опір. Заміщення глинистої цементної речовини породи-колектора на карбонатну призводить до збільшення її питомого електричного опору за рахунок зменшення вмісту води, зв'язаної на поверхні карбонатного домішку. Тому проблема врахування впливу карбонатної речовини на питомий електричний опір породи-колектора при визначенні її коефіцієнта газонасичення є на сьогодні актуальною.

Для побудови моделі електропровідності, що враховує карбонатний домішок цементу, за основу взято модель "двох вод", яка характеризує породу із двома провідниками електричного струму. Першим є – пластова вода, що знаходиться у поровому просторі, другим – зв'язана вода (як адсорбційна вода глинистої і карбонатної частки породи). Дана модель набуде такого вигляду:

$$\rho_n = \left[\frac{1}{(K_n \cdot K_g)^m} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{K_{гн} \cdot \omega_{гн}}{K_n \cdot K_g} + \frac{K_{адм} \cdot \gamma \cdot \omega_{адм}}{K_n \cdot K_g} \right) \cdot \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_s} \right)} \right], \quad (4)$$

де ρ_n – питомий електричний опір породи, Омм;

ρ_e – питомий електричний опір пластової води, Омм;

K_n – коефіцієнт пористості, ч.од.

K_e – коефіцієнт водонасичення, ч.од.;

m – структурний коефіцієнт, який характеризує будову порового простору досліджуваних відкладів;

K_{zr} – коефіцієнт об'ємної глинистості, ч.од.;

ω_{zr} – вміст адсорбційної води на поверхні глинистого матеріалу, ч.од.;

$K_{дом}$ – вміст карбонатного домішку у цементі, ч.од.;

$\omega_{дом}$ – вміст адсорбційної води на поверхні карбонатного домішку, ч.од.;

γ – коефіцієнт, який характеризує структурні особливості карбонатного домішку;

$\rho_{ш}$ – питомий електричний опір подвійного електричного шару, Омм.

Моделювання електричних властивостей порід-колекторів даного типу довело, що за малих значень пористості збільшення об'єму карбонатної речовини у породах-колекторах призводить до суттєвого підвищення їх питомого електричного опору, а в подальшому і до похибки визначення коефіцієнта газонасичення.

При реалізації запропонованої вище моделі питомого електричного опору (4) найбільші труднощі виникають при визначенні вмісту карбонатного домішку $K_{дом}$ у цементі породи-колектора. Вирішення цієї проблеми розглянуто на прикладі порід-колекторів Богородчанського газового родовища. Для цього застосовано нейтронний гамма-каротаж, покази якого залежать від водневмісту породи-колектора. На основі аналізу фізико-літологічних властивостей встановлено, що в породах-колекторах досліджуваного розрізу існує два типи цементу, що різняться за мінеральним складом: глинисто-карбонатний та карбонатно-глинистий.

Проведений аналіз колекторських та інших фізичних властивостей гірських порід Богородчанського родовища вказує на зв'язок водневмісту породи-колектора як з об'ємом порового простору, так і з мінеральним складом цементу. Тому покази НГК залежатимуть від об'єму водню у поровому просторі (газ та вільна вода) та на поверхні глинистої і карбонатної речовини. У даному випадку нейтронна модель буде представлена наступним чином:

$$\Delta I_{ny} = f((\omega_{e,z} + \omega^{zr}) + (\xi_{zr} \omega^{zr} + \xi_{дом} \omega^{дом})), \quad (5)$$

де ΔI_{ny} – подвійний різницевий параметр нейтронного гамма-каротажу;

ω^{zr} – вміст водню у газі, ч.од.;

$\omega_{e,z}$ – вміст водню у залишковій воді, ч.од.

ξ_{zr} – частка глинистої фракції цементу, ч.од.;

$\omega^{дом}$ – вміст водню у глинистій речовині, ч.од.;

$\xi_{дом}$ – частка домішок цементної речовини, ч.од.;

$\omega^{дом}$ – вміст водню у домішках цементної речовини, ч.од.

Припустимо, що теригенна гірська порода характеризується виключно глинистим цементом. Водневміст такої породи буде визначатись об'ємом порового простору і мінеральним складом глин. Для конкретного родовища в пластах такого типу будуть реєструватись мінімальні значення гамма-поля радіаційного захоплення теплових нейтронів (за умови однакової пористості). Тобто, така модель обґрунтовує мінімально можливі значення показів методу НГК, які нами приймаються як еталонна модель. Для визначення еталонної моделі конкретного родовища проводяться дослідження залежності коефіцієнта пористості від показів НГК. Для побудови такого роду залежності залучаються лабораторні дослідження кернавого матеріалу. У разі існування карбонатного домішку нейтронна характеристика порід-колекторів зміниться. Для порід-колекторів із карбонатно-глинистим цементом покази методу НГК будуть збільшуватись у відповідності до збільшення частки карбонатної речовини. Подамо вираз для визначення критерію оцінки характеристик цементу у такому вигляді:

$$B = \Delta I_{ny}^{ам} - \Delta I_{ny}^{ем}, \quad (6)$$

де $\Delta I_{ny}^{ам}$ – подвійний різницевий параметр інтенсивності гамма-поля радіаційного захоплення теплових нейтронів досліджуваного інтервалу;

$\Delta I_{ny}^{ем}$ – подвійний різницевий параметр інтенсивності гамма-поля радіаційного захоплення теплових нейтронів еталонного середовища.

За значенням критерію B оцінюється тип цементу:

якщо $B=0 \pm \varepsilon$ – цемент глинисто-карбонатний;

якщо $B > 0 \pm \varepsilon$ – цемент карбонатно-глинистий;

ε – допустимий довірчий інтервал ($\varepsilon=0,03$).

Кількісна величина даного параметра відображає вміст карбонатної речовини у цементі, тобто $B=K_{дом}$. Чим більшим є значення параметра B , тим більшим є вміст карбонатної речовини у цементі.

Запропонований критерій оцінки типу цементу використовується в моделі електропровідності (4), яка враховує вплив карбонатної речовини на величину питомого електричного опору.

Отже, із поданого вище випливає, що для підвищення достовірності визначення коефіцієнта газонасичення глинисто-карбонатних порід-колекторів необхідно враховувати характеристики цементу пластів-колекторів у їх моделі електропровідності.

АДАПТАЦІЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГАЗОНАСИЧЕННЯ ПРОДУКТИВНИХ ПЛАСТІВ ЗА ДАНИМИ ІННК ДЛЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ БУДОВИ

Достовірність визначення коефіцієнта газонасичення K_2 продуктивних пластів методом імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу певною мірою залежить від точності визначення нейтронних параметрів досліджуваної гірської породи та її пористості комплексом геофізичних методів досліджень свердловин. Як свідчить світова практика, великі труднощі виникають з визначенням часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи-колектора. Це пов'язано із полімінеральним складом скелета породи, неоднорідним цементом, обмеженою кількістю відібраного керна матеріалу та його досліджень у лабораторних умовах. Так, наприклад, для порід-колекторів мономіктового складу скелета породи та цементу (вміст кварцу становить 80-95 %) значення часу життя теплових нейтронів змінюється у межах від 626 мкс до 860 мкс, а для порід-колекторів поліміктового складу – від 280 мкс до 580 мкс. Тому існуючі методики визначення коефіцієнта насичення порід-колекторів в умовах значної диференціації значень часу життя теплових нейтронів у твердій фазі не завжди дають можливість достовірно визначити коефіцієнт газонасичення.

За основу наших досліджень взято геологічний розріз Богородчанського газового родовища. Проведений аналіз фізико-літологічної характеристики порід-колекторів Богородчанського газового родовища вказує на те, що скелет породи є однотипним і представлений в основному кварцем (73-78 %), який витриманий по площі. Цемент представлений глинистою однорідною масою і карбонатною речовиною, відсоткове співвідношення яких за площею суттєво змінюється. Тому розподіл нейтронних характеристик у породах-колекторах досліджуваного розрізу зумовлений мінеральним складом цементу.

Виходячи із фізико-літологічної характеристики порід-колекторів Богородчанського газового родовища, за табличними даними та шляхом розрахунку встановлено, що час життя теплових нейтронів у скелеті породи, який, в основному, представлений кварцем, становить 794 мкс, у глинистому матеріалі – 270 мкс, а у карбонатному домішку, який представлений кальцитом, – 630 мкс. Враховуючи те, що в досліджуваному розрізі мінеральний склад скелета пластів-колекторів однорідний і не змінюється по площі, а змінюється тільки кількісний вміст цементної речовини, то в результаті значної відмінності часу життя теплових нейтронів у глинистому матеріалі і карбонатному домішку буде змінюватись час життя теплових нейтронів у твердій фазі. Неврахування такої зміни часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи-колектора призведе до похибки визначення коефіцієнта газонасичення за методом імпульсного нейтрон-

нейтронного каротажу.

З метою уточнення значень часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи-колектора із неоднорідним цементом пропонується використовувати результати нейтронного гамма-каротажу. Оскільки покази нейтронного гамма-каротажу залежать від вмісту водню у поровому просторі та цементі породи-колектора, то за однакового об'єму цементного матеріалу у породі, але при різному його мінеральному складі (глинисто-карбонатний, карбонатно-глинистий), кількість водню буде змінюватись, а, отже змінюватимуться покази методу НК.

Використовуючи запропоновану нами методику з визначення типу цементу, встановлено, що кількісний вміст карбонатної речовини у цементі відображається параметром B , який безпосередньо залежить від показів нейтронного гамма-каротажу. За результатами досліджень встановлено, що для пластів-колекторів з максимальним вмістом глинистого матеріалу (вміст глинистої речовини становить 16-18 %, а карбонатної – 3-5 %) $B=0,03$, а для порід із максимальним вмістом карбонатної речовини $B=0,65$. Таким чином, за параметром B , який безпосередньо залежить від показів нейтронного гамма-каротажу можна, встановити тип цементу і вміст його компонент у породі.

Після встановлення часу життя теплових нейтронів у скелеті породи, глинистій та карбонатній компонентах цементу теригенної продуктивної пачки "А" Богородчанського газового родовища, було проведено розрахунок часу життя теплових нейтронів у твердій фазі τ_{me} із врахуванням мінливості мінерального складу цементу за даними нейтронного гамма-каротажу.

Для підтвердження достовірності запропонованого методологічного підходу було побудовано карту розподілу значень часу життя теплових нейтронів у твердій фазі теригенної породи продуктивної пачки "А" досліджуваного родовища за наведеною вище методикою і зіставлено із картою розподілу значень часу життя теплових нейтронів у газонасиченій породі продуктивної пачки "А" Богородчанського підземного сховища газу. Карта розподілу часу життя теплових нейтронів у газонасиченій породі продуктивної пачки "А" будувалась за результатами свердловинних досліджень методом імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу за максимального газонасичення пластів-колекторів.

Зіставлення таких карт продемонструвало їх однотипність. Другим фактом, що підтверджує правильність запропонованого методологічного підходу визначення часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи із врахуванням ступеня карбонатності цементу за даними нейтронного гамма-каротажу, є побудована за параметром заміщення карта розташування ділянок з різним розподілом глинисто-карбонатного та карбонатно-глинистого цементу. Ця карта дуже добре корелюється із двома попередніми.

Отже, збіжність цих карт підтверджує правильність вибраного підходу до визначення часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи-колектора із

врахуванням мінливості мінерального складу цементу за даними НГК. Це дає змогу значно спростити інтерпретацію даних імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу та підвищити точність розрахунку коефіцієнта газонасичення пластів-колекторів.

ВИСНОВКИ

Проведені у дисертаційній роботі дослідження уможливили розв'язати актуальну наукову проблему підвищення достовірності визначення коефіцієнта газонасичення порід-колекторів з полімінеральним складом скелета породи, неоднорідним мінеральним складом цементу та складною структурою порового простору.

Використання нових підходів до інтерпретації даних електричного каротажу дало змогу запропонувати модель електропровідності мономіткових неглинистих пісковиків, яка враховує складну структуру їх порового простору та модель електропровідності поліміткових глинистих пісковиків, яка, окрім цього, враховує і ступінь пілітизації зерен скелету породи. Запропоновані моделі електропровідності є більш ефективними порівняно з широкоживаними моделями електропровідності гірських порід, де K_z визначено за питомим електричним опором.

Теоретичне обґрунтування нового методологічного підходу до визначення частки карбонатного домішку у глинисто-карбонатному цементі за результатами нейтронного гамма-каротажу, дає можливість враховувати його кількісний вміст у моделі електропровідності при визначенні коефіцієнта газонасичення складнопобудованих порід-колекторів.

Врахування мінливості частки карбонатної речовини у глинисто-карбонатному цементі при побудові карти розподілу часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи-колектора, дає змогу значно підвищити ефективність визначення коефіцієнта газонасичення за даними ІННК. Достовірність побудованих карт підтверджена кореляцією їх із картами розподілу часу життя теплових нейтронів, визначених методом ІННК (у цих ж породах-колекторах із максимальним газо насиченням).

Найважливіші наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

1. Запропоновано використовувати величину зміни градієнта функції параметра насичення від коефіцієнта водонасичення газонасичених пластів як кількісний еквівалент впливу структури порового простору порід-колекторів на їх питомий електричний опір.

2. Створено модель електропровідності мономіткових неглинистих пісковиків, яка враховує вплив структури порового простору колектора на питомий електричний опір гірської породи і підвищує точність визначення коефіцієнта

газонасичення за даними електрометрії свердловин.

3. Теоретично обґрунтовано взаємозв'язок ступеня пілітизації зерен гірських порід з кількістю зв'язаної мінеральним скелетом води і досліджено вплив цього параметра на питомий електричний опір газонесних пластів.

4. Створено модель електропровідності поліміктових глинистих пісковиків, яка враховує вплив ступеня пілітизації зерен скелету породи на величину питомого електричного опору, що удосконалює методику визначення коефіцієнта газонасичення за даними досліджень свердловин електричними методами.

5. Запропоновано новий спосіб врахування мінливості пропорцій глинистої і карбонатної компонент у цементі газонасичених порід-колекторів із змішаним типом цементу на їх питомий електричний опір у моделі електропровідності, що удосконалює методику визначення коефіцієнта газонасичення продуктивних пластів за даними електричних методів дослідження свердловин.

6. Запропоновано новий спосіб врахування неоднорідності мінерального складу цементу газонасичених пластів-колекторів для розрахунку часу життя теплових нейтронів у твердій фазі гірської породи при визначенні коефіцієнта газонасичення за даними ІННК.

Отримані у дисертації наукові і практичні результати є основою комплексного підходу до вирішення проблеми визначення коефіцієнта газонасичення складнобудованих порід-колекторів, що виповнюють продуктивні розрізи газових та газоконденсатних родовищ. Вони є науково обґрунтованими, базуються на великій кількості фактичного матеріалу і апробовані в процесі обробки та інтерпретації результатів ГДС Тимофіївського, Куличихинського та Розпашнівського газоконденсатних родовищ Дніпровсько-Донецької западини і Богородчанського газового родовища Карпатського нафтогазозносного регіону.

Практичне впровадження отриманих результатів проведених досліджень дасть змогу підвищити достовірність комплексних геолого-геофізичних досліджень як під час пошуку вуглеводнів, так і при визначенні підрахункових параметрів складнобудованих порід-колекторів.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Федоришин Д.Д. Причини низькоомності порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України / Д.Д. Федоришин, С.Д. Федоришин, А.В. Старостін, Я.М. Коваль // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – №3(20). – С. 35-40. (Особистий внесок – аналіз результатів досліджень, формування висновків. Участь автора – 25 %).

2. Федоришин Д.Д. Підвищення ефективності електричних досліджень

свердловин низькоомних порід-колекторів нафтогазових родовищ / Д.Д. Федоришин, С.Д. Федоришин, **Я.М. Коваль** // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2006. – №2(14). – С. 32-36. *(Особистий внесок – аналіз попередніх досліджень, обробка отриманих даних, узагальнення основних результатів. Участь автора – 35 %).*

3. Федоришин Д.Д. Вивчення порового простору порід-колекторів міоценових відкладів Більче-Волицької зони за даними ртутної порометрії та опису шліфів / Д.Д. Федоришин, **Я.М. Коваль** // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2007. – №2(16). – С.5-10. *(Особистий внесок – формування завдання, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, формування висновків. Участь автора – 50 %).*

4. Федоришин Д.Д. Особливості застосування ІННК в умовах низької мінералізації пластових вод на прикладі сарматських відкладів Більче-Волицької зони / Д.Д. Федоришин, **Я.М. Коваль** // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – №1(26). – С. 30-37. *(Особистий внесок – ідея, проведення досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення основних результатів. Участь автора – 50 %).*

5. Старостін В.А. Дослідження поточного коефіцієнта газонасичення у процесі закачування та вилучення газу на природних сховищах / В.А. Старостін, А.В. Старостін, **Я.М. Коваль** // Проблеми нафтогазової промисловості: 36. наук. праць. – 2010. – Вип. 8. – С. 61-69. *(Особистий внесок – обробка результатів геофізичних досліджень свердловин, побудова схем розподілу часу життя теплових нейтронів у породі. Участь автора – 40 %).*

6. Старостін В.А. Оцінка типу цементувального матеріалу порід-колекторів за даними нейтронного гамма-каротажу / В.А. Старостін, **Я.М. Коваль** // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – №2(256). – С. 22-26. *(Особистий внесок – формування завдання, встановлення взаємозв'язків між геологічними і геофізичними параметрами. Участь автора – 60 %).*

7. **Коваль Я.М.** Використання методу нейтронного гамма-каротажу для просторової корекції значень часу життя теплових нейтронів у породах складної будови / **Я.М. Коваль** // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – №4 (258). – С. 16-19.

8. Старостін В.А. Індивідуальне моделювання електропровідності газонасичених порід-колекторів складної будови / В.А. Старостін, **Я.М. Коваль** // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – №4(41). – С. 41-46. *(Особистий внесок – аналіз попередніх досліджень, формування завдання, проведення досліджень. Участь автора – 60 %).*

9. Федоришин Д.Д. Причини низькоомності порід-колекторів вуглеводнів міоценових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Карпатської нафтогазової провінції / Д.Д. Федоришин, С.Д. Федоришин,

Я.М. Коваль // Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат: тези доп. Міжнар. наук. конф. (Львів, 26-28 вересня 2006 р). – Львів: Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, 2006. – С. 227-230. (*Особистий внесок – обробка отриманих результатів, формування висновків. Участь автора – 30 %*).

10. Федоришин Д.Д. Перспективи методу ІННК при визначенні характеру насичення порід складної геологічної будови / Д.Д. Федоришин, **Я.М. Коваль** // Геодинамика, тектоника и флюидодинамика нефтегазоносных регионов Украины: тезисы докл. VII Междунар. конференции “Крым-2007” (Крим, Сімферопольський р-н, с. Ніколаєва, 10-16 верес. 2007 р). – Сімферополь, 2007. – С.184-186. (*Особистий внесок – формування завдання, проведення досліджень, узагальнення основних результатів. Участь автора – 50 %*).

11. **Коваль Я.М.** Особливості впливу неоднорідності мінералогічного складу матриці породи-колектора та типу цементу на однозначність визначення характеру насичення / **Я.М. Коваль**, М.М. Витвицька // Нафтогазова геофізика – стан та перспективи: тези доп. Міжнародної науково-практичної конференції, (м. Івано-Франківськ, 25-29 травня 2009 р). – Івано-Франківськ: вид-во ІФНТУНГ, 2009. – С. 109-111. (*Особистий внесок – постановка проблеми, формування завдання, аналіз попередніх досліджень, проведення особистих досліджень, формування висновків. Участь автора – 75 %*).

12. Федоришин С.Д. Контроль за динамікою зміни ГНК та ВНК на нафтогазових родовищах за даними ГДС / С.Д. Федоришин, **Я.М. Коваль**, І.О. Пятковська, С.А. Вижва // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: тези доп. II Науково-практичної конференції студентів і молодих учених, (м. Івано-Франківськ, 25-26 листопада 2009 р). – Івано-Франківськ: вид-во ІФНТУНГ, 2009. – С. 127-128. (*Особистий внесок – аналіз результатів досліджень, формування висновків. Участь автора – 25 %*).

13. **Коваль Я.Н.** Эффективность использования индивидуальных моделей электропроводности при определении характера насыщения сложнопостроенных пород-коллекторов / **Я.Н. Коваль** // Проблеми геології та освоєння недр: Труды XV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учених (г.Томск, Розсип, 4-9 апреля 2011 г). – Томск: ТПУ. – 2011. – Том I. – С. 340-342.

14. Старостін В.А. Дослідження впливу структури порового простору на електропровідність гірських порід / В.А. Старостін, **Я.М. Коваль** // Нафтогазова енергетика: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції і виставки (м. Івано-Франківськ, 10-14 жовтня 2011 р). – Івано-Франківськ: вид-во ІФНТУНГ, – 2011. – С. 8. (*Особистий внесок – проведення досліджень, узагальнення основних результатів. Участь автора – 60%*).

АНОТАЦІЯ

Коваль Я.М. Методологічні основи підвищення ефективності визначення газонасичення складнопобудованих порід-колекторів за результатами геофізичних досліджень свердловин. – На правах рукопису.

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, 2012.

У дисертаційній роботі вирішуються актуальні питання підвищення достовірності визначення коефіцієнта газонасичення порід-колекторів складної будови за результатами геофізичних досліджень свердловин.

На основі аналізу досліджень, проведених у дисертаційній роботі, встановлено основні чинники, які призводять до недостовірного визначення питомого електричного опору пластів-колекторів, а в подальшому і до похибки у визначенні коефіцієнта газонасичення.

З метою підвищення достовірності визначення коефіцієнта газонасичення складнопобудованих порід-колекторів створено модель електропровідності мономіктових неглинистих пісковиків, яка враховує складну структуру їх порового простору та модель електропровідності поліміктових глинистих пісковиків, що, окрім цього, враховує і ступінь пілітизації зерен скелету породи.

Запропоновано новий підхід до визначення кількісного вмісту карбонатної речовини у глинисто-карбонатному цементі газонасичених порід-колекторів за результатами нейтронного гамма-каротажу. Врахування кількісного вмісту карбонатного домішку цементу порід-колекторів у моделі їх електропровідності підвищує достовірність визначення коефіцієнта газонасичення за величиною питомого електричного опору.

Обґрунтовано спосіб врахування ступеня карбонатності цементу гірських порід за даними геофізичних досліджень свердловин при визначенні часу життя теплових нейтронів у твердій фазі породи-колектора.

Удосконалено методику визначення коефіцієнта газонасичення складнопобудованих порід-колекторів за даними імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу.

Ключові слова: коефіцієнт газонасичення, складнопобудована порода-колектор, каротаж, модель електропровідності, питомий електричний опір, структура порового простору, глинисто-карбонатний цемент, час життя теплових нейтронів.

АННОТАЦИЯ

Коваль Я.М. Методологические основы повышения эффективности определения газонасыщения сложнопостроенных пород-коллекторов по результатам геофизических исследований скважин. – На правах рукописи.

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, 2012.

В диссертационной работе решаются актуальные вопросы повышения достоверности определения коэффициента газонасыщения пород-коллекторов сложного строения по результатам геофизических исследований скважин.

На основе анализа фондовых и опубликованных материалов научно-исследовательских работ, результатов лабораторных исследований образцов керна, материалов геофизических исследований скважин установлены основные факторы, являющиеся причиной недостоверного определения удельного электрического сопротивления пластов-коллекторов, а в дальнейшем приводящие к погрешности в определении коэффициента газонасыщения. К этим факторам относятся полиминеральный состав скелета породы, многокомпонентный состав цемента и сложная структура порового пространства пород-коллекторов.

С целью повышения достоверности определения коэффициента газонасыщения складнопостроенных пород-коллекторов создана модель электропроводности мономиктовых неглинистых песчаников, которая учитывает сложную структуру порового пространства, и модель электропроводности полимиктовых глинистых песчаников учитывающая, кроме этого, и степень пилитизации зерен скелета породы. Эффективность построенных моделей подтверждена фактическим материалом.

Предложен новый подход к определению количественного содержания карбонатного вещества в глинисто-карбонатном цементе газонасыщенных пород-коллекторов по результатам нейтронного гамма-каротажа. Модель нейтронных свойств породы-коллектора указывает на содержание водорода в поровом пространстве и характер минерального состава цемента. При условии одинакового объема цемента в породе, но при различном его составе (глинисто-карбонатный, карбонатно-глинистый), объем водорода будет изменяться. То есть, одинаковые условия структурного строения породы-коллектора приводят к различным значениям измеренной интенсивности гамма-поля радиационного захвата тепловых нейтронов, а, соответственно, и к изменению их удельного электрического сопротивления. Учет количественного содержания карбонатной примеси цемента пород-коллекторов в модели их электропроводности повышает достоверность определения коэффициента газонасыщения по величине удельного электрического

сопротивления. Для уточнения типа цемента при учете его в модели электропроводности построена карта расположения участков с различным распределением глинисто-карбонатного и карбонатно-глинистого цемента.

Обоснован способ учета степени карбонатности цемента горных пород по данным геофизических исследований скважин при определении времени жизни тепловых нейтронов в твердой фазе породы-коллектора.

Усовершенствована методика определения коэффициента газонасыщения сложнопостроенных пород-коллекторов по данным импульсного нейтрон-нейтронного каротажа.

Ключевые слова: коэффициент газонасыщения, порода-коллектор со сложным строением, каротаж, модель электропроводности, удельное электрическое сопротивление, структура порового пространства, глинисто-карбонатный цемент, время жизни тепловых нейтронов.

ABSTRACT

Koval Y.M. Methodological fundamentals of enhancing the efficiency of determining gas saturation of complex-built reservoir rocks according to the well logging data. Manuscript.

Thesis for obtaining Kandydat Nauk Degree (Geology) in specialty 04.00.22 – Geophysics. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, the town of Ivano-Frankivsk, 2012.

The thesis deals with the urgent problems of increasing the reliable determination of saturation coefficient of reservoir rock of complex-built structure according to the well logging data.

On the basis of analysis of conducted investigations the main reasons were determined in the thesis which lead to unauthentic determination of reservoir rocks specific electrical resistance and subsequently they lead to the error in determining the saturation coefficient.

With the purpose of increasing the reliability of saturation coefficient determination the model of electrical conductivity of monomineral nonargillaceous sandstones was created. This model takes into account the complex-built structure of porous space and the model of polymineral argillaceous sandstones electrical conductivity that, apart from this, accounts for the degree of rock skeleton grains pelitization.

The new approach of determining the quantitative content of carbonate substance in argillaceous-carbonate cement of gas saturated reservoir rocks was suggested according to neutron-gamma logging data.

Accounting for quantitative reservoir rocks carbonate additive content in the model

of their electrical conductivity increases the reliability of gas saturation coefficient determination according to the specific electrical resistance value.

The technique of accounting for the degree of reservoir rocks cement carbonization according to the well logging data was grounded in determining the lifetime of thermal neutrons in the solid phase of the reservoir rock.

The method of determining the gas saturation coefficient of complex-built reservoir rocks according to the impulse neutron-neutron logging was improved.

Key words: gas saturation coefficient; complex-built reservoir rock; the model of electrical conductivity; specific electrical resistance; the structure of porous space; argillaceous-carbonate cement; lifetime of thermal neutrons.