

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ОНИЩУК ДМИТРО ІВАНОВИЧ

УДК 550.83:552.1:537

**ПЕТРОЕЛЕКТРИЧНІ МОДЕЛІ ПОРІД ДЕВОНУ ТА КЕМБРІЮ
ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ (НА ПРИКЛАДІ ВОЛОДИМИРСЬКОЇ, ЛУДИНСЬКОЇ
ТА ДОБРОТВІРСЬКОЇ ПЛОЩ)**

04.00.22 – Геофізика

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка

Науковий керівник: доктор геологічних наук, професор
Вижва Сергій Андрійович, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри геофізики

Офіційні опоненти:

Захист відбудеться “___” _____ 2014 р. о ___ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 026.001.32 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 90.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 58.

Автореферат розісланий “__” _____ 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д26.001.42
кандидат фізико-математичних наук

І.В. Тішаєв

Підписано до друку 06.04.2005 р. Формат 60х90/16.
Папір офсетний. Друк – різнограф. Ум.друк.арк. – 0,9. Наклад 100 прим.

Видавництво географічної літератури “Обрії”
Свідоцтво Держкомінформу України ДК № 23 від 30.03.2000 р.
03022, Київ, вул. Метрологічна, 42-б, оф. 3
Телефон: 266-92-42

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. На сучасному етапі підвищення ефективності геофізичного супроводу геологорозвідувального процесу пошуків вуглеводневої сировини вимагає переходу до істотного розширення комплексу геофізичних досліджень за рахунок застосування електророзвідки. Петроелектричні властивості широко використовуються при оцінці нафтогазоперспективних ділянок та вирішенні ряду практичних задач промислової геофізики, зокрема з оцінки підрахункових параметрів порід-колекторів. Це вимагає удосконалення та розробки технології лабораторних петроелектричних вимірювань і застосування для визначення та аналізу фізико-хімічних властивостей порід їх питомого електричного опору, відносної діелектричної проникності і параметрів викликаної поляризації.

Застосування електричних параметрів при інтерпретації даних ГДС має значну теоретичну базу. Зокрема, цьому присвячені праці В.М. Дахнова, М.Б. Дортман, М.Г. Латишової, В.М. Курганського, Д.Д. Федоришина та інших. Однак наявність сучасної елементної, апаратної, теоретичної бази дозволяє на якісно новому рівні підійти до питання геологічної інформативності петроелектричних параметрів як в лабораторних умовах, так і умовах, що моделюють пластові.

Вирішенню цих питань, а також розробці комплексних петроелектричних моделей основних типів гірських порід девону та кембрію Володимирівської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля присвячена дана робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами і планами НДР. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі геофізики в НДЛ теоретичної та прикладної геофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Вона нерозривно пов'язана з виконанням планів науково-дослідних робіт. Більшість результатів отримані при виконанні держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних тем (державні реєстраційні номери: 0168U010311, 0106U005855) та теми 0111U006457 “Розробка теорії та методології побудови динамічних геолого-геофізичних моделей геологічних об'єктів і процесів”, що виконується в рамках програми “Надра” Фонду фундаментальних та прикладних досліджень Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Удосконалення, впровадження та практична реалізація виконаних автором розробок здійснювались у межах госпдоговірних робіт з ДП “Науканафтогаз”, ДП “Чорноморнафтогаз”, ТОВ “НВП Атол”, ТОВ “Прайм-Газ”, ТОВ “НТП Бурова техніка” та іншими.

Метою роботи є удосконалення технології лабораторного визначення петроелектричних властивостей гірських порід, встановлення їх кореляційних залежностей з фільтраційно-емнісними та фізико-хімічними параметрами, і на цій базі, розробка комплексних петроелектричних моделей основних типів відкладів девону та кембрію Волино-Поділля.

Основні завдання досліджень. Відповідно з поставленою метою у процесі досліджень вирішувались такі задачі:

1. Збір геолого-геофізичних матеріалів по території досліджень та їх аналіз з метою вибору найбільш інформативних петрофізичних параметрів, комплексне використання яких дозволяє вирішити завдання ефективної оцінки фільтраційно-ємнісних та фізико-хімічних властивостей гірських порід.

2. Обґрунтування та удосконалення спеціалізованого лабораторного комплексу і технології вимірювання петроелектричних властивостей гірських порід, а саме – питомого електричного опору, параметрів викликаної поляризації та діелектричної проникності за допомогою цифрового тераомметра С.А. 6547, прецизійного RLC-метра МНС-1100 і мультиметра УТ-70В.

3. Комплексні лабораторні вимірювання петроелектричних параметрів колекції зразків порід девону та кембрію Володимирівської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля.

4. Системне дослідження петроелектричних параметрів і встановлення їх кореляційних залежностей з фільтраційно-ємнісними, фізико-хімічними властивостями гірських порід та їх аналіз.

5. Розробка комплексних петроелектричних моделей основних типів порід девону та кембрію Володимирівської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля.

Об'єктом наукового дослідження є гірські породи девону і кембрію Володимирівської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля.

Предметом наукового дослідження є петроелектричні, фільтраційно-ємнісні та фізико-хімічні властивості порід девону і кембрію Волино-Поділля, а також кореляційні зв'язки між ними, що складають основу для побудови комплексних петроелектричних моделей.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети автор використовував аналіз літературних і фондових даних, експериментальні лабораторні петрофізичні дослідження з визначенням фільтраційно-ємнісних, фізико-хімічних та петроелектричних параметрів гірських порід. При узагальненні, інтерпретації та аналізі отриманих петрофізичних даних використовувався кореляційно-регресійний аналіз. Для вивчення основних типів порід девону і кембрію Волино-Поділля розроблялись відповідні їм комплексні петроелектричні моделі.

Фактичний матеріал. Дисертаційна робота виконана на значному об'ємі матеріалів комплексних петрофізичних досліджень (результати вимірів пористості, проникності, питомого електричного опору, параметрів викликаної поляризації, діелектричної проникності, матеріали центрифугування та досліджень на установці високого тиску, розрізи свердловин, матеріали літолого-петрографічних та геохімічних досліджень), значна частина яких отримана при

безпосередній участі автора. Окрім того були використані довідникові та фондові матеріали ДП "Геосервіс" та "Науканафтогаз".

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Розроблений лабораторний електрометричний комплекс на базі цифрових тераомметра С.А. 6547 та мультиметра UT-70B, прецизійного RLC-метра МНС-1100, генератора ЕРП-1 і спеціального кернотримача. Визначені раціональні умови вимірювання петроелектричних параметрів (вплив прижиму та параметрів електродів спеціального кернотримача на їх перехідний опір).

2. Удосконалена технологія визначення питомого електричного опору гірських порід шляхом оцінки впливу перехідного опору електродів та запропонована уточнена формула його розрахунку.

3. Удосконалена методика лабораторного визначення діелектричної проникності гірських порід на базі використання еталонних залежностей та врахування паразитних електричних ємностей. Встановлено кореляційні зв'язки діелектричної проникності з хімічним складом гірських порід.

4. Вперше розроблена оригінальна технологія лабораторного визначення параметрів викликаної поляризації сухих та насичених моделлю пластової води зразків порід. Застосовано у практиці петрофізичних досліджень петроелектричний параметр – "швидкість поляризації" $V_{ВП}$ та встановлено його кореляційні зв'язки з хімічним складом гірських порід.

5. Вперше визначені петроелектричні параметри основних типів порід девону і кембрію Володимирівської, Лудинської, Добротвірської площ Волино-Поділля та розроблені їх комплексні петроелектричні моделі на основі системного аналізу сукупності лабораторних петроелектричних, фільтраційно-ємнісних і фізико-хімічних даних.

Практичне значення одержаних результатів і впровадження результатів роботи.

Запропонована технологія лабораторних електрометричних досліджень та розроблені комплексні петроелектричні моделі гірських порід можуть застосовуватись:

1. Для підвищення точності та ефективності лабораторних досліджень електричних властивостей гірських порід.

2. Для забезпечення достовірності результатів визначення колекторських властивостей продуктивних горизонтів при підрахунку запасів нафти і газу, особливо на родовищах із складною будовою порід-колекторів.

3. З метою забезпечення кількісної інтерпретації матеріалів польових та свердловинних електромагнітних методів, підвищення ефективності їх застосування та більш обґрунтованого підходу до оцінки фільтраційно-ємнісних, фізико-хімічних параметрів та ін.

4. Для оцінки вмісту основних петрогенних окислів: SiO_2 , CaO , MgO та $\Sigma(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O})$ за їх кореляційними залежностями з діелектричною проникністю та швидкістю поляризації.

Результати наукових досліджень впроваджені у ДП „КІВД „Енергопроект”, а також у навчальному процесі кафедри геофізики в рамках нормативного курсу „Петрофізика” та при проведенні навчальної геофізичної практики.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні та методичні результати, висновки і наукова новизна, що винесені на захист, отримані здобувачем особисто та висвітлені у наукових виданнях. Основний фактичний матеріал зібраний автором під час навчання в магістратурі та аспірантурі в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. Особистий внесок здобувача в основні роботи, виконані у співавторстві, визначається наступним чином. У роботах [4, 6, 9, 10, 17] автору належить безпосередня участь у постановці задачі, отриманні, обробці та аналізі результатів експериментальних досліджень і висновках. В роботах [1 - 3, 5, 7, 8, 11 - 16] дисертанту належать ідея та безпосередня участь у постановці задачі, узагальненні отриманих даних, підготовці висновків.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати виконаних досліджень доповідались автором на: III Всеукраїнській науковій конференції “Сучасні проблеми геологічних наук” (Київ, 2011), X Міжнародній науковій конференції “Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища” (Київ, 2012), X Міжнародній науковій міждисциплінарній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених “Шевченківська весна” (Київ, 2012), Міжнародній науково-практичній конференції “Континентальний неовулканізм альпійської складчастої зони Східної Європи” (Київ, 2013), Міжнародній науковій конференції “Нетрадиційні джерела вуглеводнів в Україні: пошуки, розвідка, перспективи” (Київ, 2013) та Міжнародній науковій конференції “Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології” (Київ, 2014).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 17 наукових робіт, серед них 6 статей у фахових наукових журналах та збірниках наукових праць.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, котрий налічує 140 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг роботи становить 230 сторінок (з них 173 основного тексту). Вона містить 6 таблиць, ілюстрована 49 рисунками.

Роботу виконано в лабораторії петрофізики кафедри геофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, де здобувачем отримані основні результати лабораторних та методичних досліджень і практичної реалізації отриманих розробок.

Автор висловлює щиру подяку науковому керівнику д-ру геол. наук, проф. С.А. Вижві та канд. фіз.-мат. наук, доц. М.В. Реві за допомогу у проведенні досліджень, цінні зауваження при узагальненні отриманих результатів. Здобувач вдячний д-ру фіз.-мат. наук, проф. Г.Т. Продайводі, д-ру геол. наук, проф. В.М. Курганському, д-ру геол. наук, проф. О.М. Карпенку, д-ру геол. наук, проф. М.Н. Жукову, д-ру геол. наук, проф. М.І. Орлюку за слушні поради та зауваження по вдосконаленню роботи. Автор вдячний також старшому лаборанту В.С. Цуману за технічні рішення та виготовлення спеціального кернотримача.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, формулюються мета та основні завдання досліджень, визначено новизну і практичну цінність отриманих результатів, особистий внесок здобувача, а також наведено загальну характеристику роботи.

Перший розділ присвячений висвітленню даних про основні етапи та сучасний стан розвитку петрофізичних досліджень. Розробка методичних основ і приладів для вивчення фізичних властивостей гірських порід почалася одночасно зі створенням і розвитком методів прикладної геофізики. Ще в 1920 – 1960 рр. багатьма радянськими геофізиками (Б. А. Андрєєв, М.П. Воларович, Г.А. Гамбурцев, І.І. Гурвич, В.М. Дахнов, А.І. Заборовський, С.Г. Комаров, А.А. Логачов, Є. А. Любимова, Л.Я. Нестеров, М.М. Пузирьов, А. С. Семенов, А.Г. Тархов, В.В. Фединський, Я.І. Френкель та ін.) і закордонними дослідниками (С. Акімото, Арчі, Ф. Берч, Ф. Берні, М. Біо, В. Вакье, М. Віллі, В. Вінзауер, Ф. Гассман, Х. Джеффріс, Т. Нагата та ін.) був виконаний значний обсяг петрофізичних досліджень.

В.М. Дахновим та Г. Арчі розроблено визначення одного з основних підрахункових параметрів нафтогазової геології – коефіцієнта пористості k_n за кореляційним зв'язком його з відносним електричним опором $R_n=f(k_n)$, що було першим застосуванням геоелектричних параметрів для петрофізичного аналізу. Наступним кроком стала розробка визначення іншого підрахункового параметра – коефіцієнта водонасиченості k_v за кореляційним зв'язком його з коефіцієнтом збільшення опору $R_n=f(k_v)$, що давало можливість оцінки іншого підрахункового параметра – коефіцієнта нафтонасичення k_n за допомогою геоелектричних методів (І.М. Коган та ін.).

У першій половині 60-х років завдяки роботам В. М. Дахнова і його співробітників (М.Б. Дортман, В.М. Кобранова, Б.Ю. Вендельштейн, В.М. Добринін, М.Г. Латишова, Є.О. Поляков, М.М. Еланський, Е.І. Пархоменко та ін.) почався другий період розвитку петрофізики, обумовлений систематичним використанням даних ГДС при підрахунку запасів нафти й газу, а з кінця 60-х років – при проектуванні досліджень теригенних колекторів. У цей же час розробка методичних основ петрофізичних досліджень колекторських властивостей гірських порід проводилась також радянськими (М.С. Гудок, Г.І. Петкевич, О.В. Шеремета, Л.М. Мarmorштейн,

Б.І. Тульбович та ін.) і закордонними (Г. Арчі, Д. Пірсон, Д. Амікс, Д. Басс, Р. Уайтінг та ін.) вченими.

При обробці результатів петрофізичних досліджень почали застосовувати програми багатовимірного кореляційного аналізу, класифікації, розпізнавання образів тощо. Дані петрофізики та ГДС стали використовуватися для фаціального аналізу і палеорекострукцій нафтогазових басейнів.

Значні обсяги петрофізичних досліджень виконувались вітчизняними геофізиками: у КНУ ім. Т. Шевченка (М.І. Толстой, Г.Т. Продайвода, В.М. Курганський та ін.); в Івано-Франківському інституті нафти і газу (Д.Д. Федоришин, О.М. Карпенко та ін.); в ІГ АН України (В.П. Коболев, Т.С. Лебедєв, С.І. Шепель та ін.); в УкрДГРІ (А.Є. Кулінкович, М.Д. Красножон, О.М. Гуньовська та ін.). Вивчався широкий спектр петрофізичних параметрів осадових та магматичних порід нафтогазових та рудних свердловин (включаючи і надглибокі).

Третій етап розвитку петрофізики ознаменувався переходом до петрофізичного районування територій. Піонерами цих робіт стали В.Л. Комаров, Є.І. Леонтьєв, В.В. Гречухін та інші. В цьому ж напрямку працювали і вищеозначені дослідники.

Четвертий період розвитку петрофізики характеризується переходом від накопичення емпіричних зв'язків до побудови теоретичних моделей, і від петрофізичного моделювання колекторів – до петрофізичного моделювання геологічних розрізів і осадових басейнів у цілому. У КНУ ім. Тараса Шевченка значні дослідження з петрофізичного моделювання колекторів виконуються С.А. Вижвою, В.М. Курганським, О.М. Карпенком, Г.Т. Продайводою та ін.

Слід зазначити, що фізичні властивості головних типів осадових порід, що складають розрізи нафтових і газових басейнів, нині досить добре вивчені. Встановлено характерні петрофізичні ознаки, що дозволяють впевнено відокремлювати тонкодисперсні глинисті породи від грубодисперсних піщано-алевритових, консолідованих карбонатних і хемогенних порід, показано шляхи безкернавого поділу вапняків і доломітів, виділення вторинної доломітизації, виокремлення гіпсів і ангідритів від карбонатних порід.

Виконані значні дослідження з вивчення зв'язків між відносним опором і коефіцієнтом пористості порід з міжзерновим і більш складним типом пористості. Досить ґрунтовні дослідження здійснені з вивчення залежності питомого електричного опору, пористості, звивистості порових каналів і проникності від тиску й температури.

Однак поряд з безперечними досягненнями в галузі петрофізики є й істотні недоліки. Недостатній обсяг дослідних робіт з вивчення впливу глинистості колекторів і складності структури порового простору на їх фізичні властивості. Порівняно мало вивчаються залежності проникності від фізико-хімічних властивостей гірських порід з метою удосконалення методик її визначення за геофізичними даними. До числа суттєвих, і ще слабо розроблених проблем

петрофізики, пов'язаних з проникністю порід, відноситься проблема вивчення фізичних властивостей покришок і встановлення факторів, що характеризують герметичність продуктивних пластів за їх фізичними властивостями.

На сучасному етапі розвиток петрофізичних досліджень пов'язаний з вирішенням нагальних проблем, які висуваються нафтогазовим сектором промисловості, зокрема службою пошуків, розвідки й розробки нафтових і газових родовищ. До таких проблем належать наступні: підвищення детальності вивчення літології розрізів свердловин; однозначне виділення колекторів та оцінка їх фільтраційно-ємнісних властивостей (пористості, глинистості, звивистості порових каналів і проникності) в різних, у тому числі, складних геологічних умовах; промислова оцінка нафтоносних і газоносних колекторів; удосконалення техніки вимірювань фізичних властивостей гірських порід та створення установок для комплексного, потокового визначення цих властивостей. Слід відзначити, що до цього часу відбуваються дискусії про раціональні схеми лабораторних вимірювань електричних властивостей гірських порід: питомого електричного опору, діелектричної проникності, поляризованості.

Проведений автором аналіз результатів досліджень свідчить, що успішне вирішення цих проблем петрофізики вимагає виконання значного обсягу науково-дослідних і конструкторських робіт. Крім того, такі дослідження потребують використання більш точних приладів, розробки нових та вдосконалення існуючих технологій електрометричних вимірювань для різних типів порід. Також необхідне більш ґрунтовне вивчення петроелектричних параметрів та їх зв'язків з фільтраційно-ємнісними і фізико-хімічними властивостями порід, і на цій основі, розробка й широке впровадження комплексних петроелектричних моделей гірських порід.

В розділі 2 наведені короткі відомості про геологічну будову території досліджень, розглядаються нафтогазоносність та фільтраційно-ємнісні параметри девонських і кембрійських відкладів Волино-Поділля. Розріз кембрію складають теригенні породи (пісковики, аргіліти), які за літологічними ознаками поділяються на дві серії: нижню – балтійську суттєво глинисту, і верхню – бережківську переважно піщану. Відклади девону представлені всіма трьома відділами і складені теригенними (пісковики, аргіліти) і карбонатними (вапняки, доломіти) породами. Нині в межах Волино-Подільської нафтогазової області покладів вуглеводнів у кембрійських відкладах не відкрито. Однак виділено ряд локальних структур із сприятливими структурно-тектонічними умовами для формування пасток вуглеводнів. У відкладах девонського комплексу відкрито два газових родовища: Локачинське та Великомоствівське. Окрім газових покладів у девонських відкладах відкрито також один нафтовий. За матеріалами лабораторних досліджень у розділі наводяться фільтраційно-ємнісні параметри порід кембрію і девону.

У третьому розділі розглядаються геоелектричні параметри гірських порід та вплив на них різних чинників. Відмінність гірських порід за електричними властивостями та залежність

останніх від різних фізико-геологічних факторів складають фізичну основу застосування електрометричних методів досліджень. Основними петроелектричними параметрами гірських порід є їх питомий електричний опір, поляризованість та відносна діелектрична проникність.

Проаналізовано вплив на зміни електричного опору та діелектричної проникності порід основних факторів: електричного опору мінералів; пористості; водонасиченості; хімічного складу і концентрації солей у пластовій воді; текстурних і структурних особливостей породи; температури, тиску та частоти електричного поля.

Відмічено, що поле викликаної поляризації (ВП) у породах формується за рахунок трьох основних процесів: зарядки і розрядки подвійного електричного шару; протікання об'ємних електрохімічних реакцій; утворення електроосмотичних потенціалів. Проаналізовано фактори, що визначають параметри ВП та виявлено їх зв'язок з хімічним складом порід.

Наводяться петроелектричні параметри основних типів порід кембрію і девону (пісковиків, вапняків та доломітів) перспективних на вуглеводні Володимирської, Лудинської, Добротвірської та інших площ Волино-Подільської нафтогазової області. Виконаний автором аналіз літературних та експериментальних даних дозволив зробити ряд уточнень і висновків. Встановлено, що спостерігається досить значна диференціація досліджених порід за петроелектричними параметрами, особливо за питомим електричним опором. Це дозволило побудувати ряд кореляційних залежностей між петроелектричними параметрами та фільтраційно-ємнісними і фізико-хімічними властивостями досліджених порід, а також розробити їх комплексні петроелектричні моделі, що наводяться у розділі 5.

Розділ 4 присвячений удосконаленню та розробці технології лабораторних петроелектричних досліджень, обробки та інтерпретації отриманих даних. Аналіз існуючих методик дослідження електричних властивостей порід дозволив обґрунтувати необхідність модифікації технології визначення петроелектричних параметрів на базі сучасних досягнень вимірювальної та обчислювальної техніки. Для досягнення цієї мети виконано комплекс дослідно-методичних лабораторних робіт з удосконалення існуючих методик електрометричних досліджень та розробки їх нових модифікацій. У результаті цих досліджень розроблений лабораторний електрометричний комплекс, що включає цифрові тераомметр С.А. 6547 і мультиметр UT-70В, прецизійний RLC-метр МНС-1100, генератор ЕРП-1 та спеціальний кернотримач. Реєстрація вимірюваних параметрів виконується за допомогою спеціальних комп'ютерних програм на ЕОМ.

Виконана серія експериментів з метою визначення характеристик електродів установки у процесі розробки спеціального кернотримача для вимірів електричних параметрів гірських порід. В якості матеріалу електродів випробовувалась графітизована гума та срібний сплав. Встановлено, що найменший перехідний опір (0,086 Ом) та стабільну частотну характеристику забезпечують електроди із срібного сплаву (для електродів із графітизованої гуми перехідний опір

складає 30 Ом). Експериментально визначено оптимальний тиск на електродах, що складає 0,1 МПа і забезпечує надійний контакт між електродами та зразком гірської породи.

Висвітлюються особливості технології лабораторних вимірювань електричних параметрів гірських порід. Шляхом теоретичних розрахунків уточнена формула для визначення питомого електричного опору зразків порід, що враховує вплив перехідного опору “електрод-зразок” на

результати вимірювань і має вигляд: $\rho = \frac{\pi R d^2}{\pi d + 4l}$, де l і d – відповідно, довжина і діаметр

циліндричного зразка, в м; R – електричний опір системи “опір зразка + перехідний опір електродів”, в Ом. Вищенаведену формулу автор роботи пропонує використовувати для розрахунку питомого електричного опору визначеного двохелектродною установкою замість

загальноприйнятої формули: $\rho = \frac{\pi R d^2}{4l}$. Застосування цієї формули дозволяє усунути

похибку викликану неврахуванням перехідного опору, яка за виконаними розрахунками складає від 20 до 25 %.

У результаті експериментальних лабораторних досліджень виявлено зміни електричного опору зразків порід з часом, що викликано їх поляризацією. Для вивчення поляризаційних ефектів та їх зв'язків з петрофізичними властивостями порід-колекторів проведено серію експериментів. З метою визначення параметрів поляризації порід у сухому стані (поляризація мінерального скелета) розроблено лабораторний вимірювальний комплекс на базі спеціального кернотримача і цифрового тераомметра С.А. 6547, за допомогою якого реєструвався електричний опір зразка із записом на ЕОМ за спеціальною програмою DataView Professional з інтервалом 5 с (рис. 1). Дослідним шляхом визначено оптимальний час запису кривої зміни електричного опору, що складає 120-180 с.

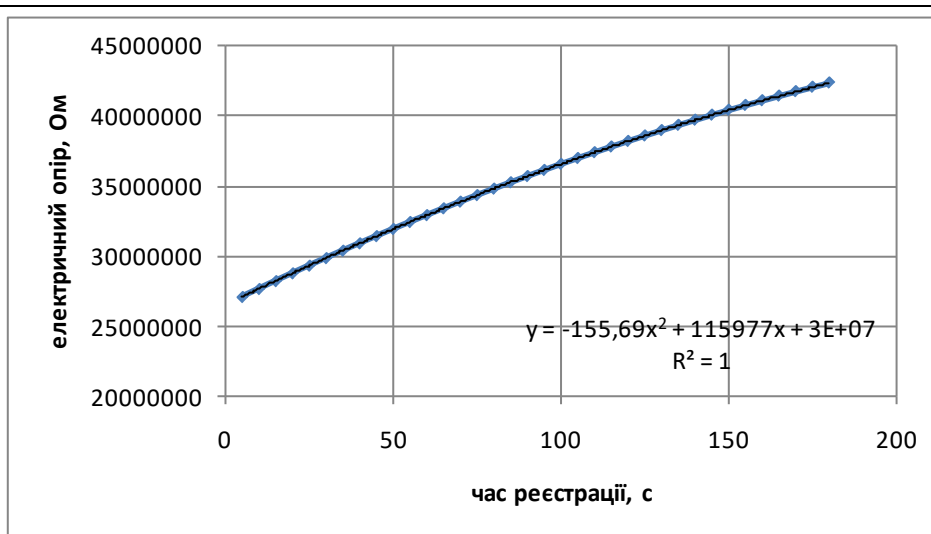


Рис. 1 – Типова крива зміни електричного опору з часом. Зростання опору апроксимується поліномом 2 порядку.

Для дослідження поляризаційних ефектів у породах насичених моделлю пластової води розроблена інша модифікація вимірювального комплексу, що складається із спеціального кернотримача, електророзвідувального генератора ЭРП-1, цифрового мультиметра UT-70В та ЕОМ. Технологія лабораторних вимірювань наступна. За допомогою мультиметра UT-70В реєструється різниця потенціалів на зразку (потенціал власної поляризації) з періодом 1 с із записом на ЕОМ протягом 10 – 15 с. Після цього вмикається генератор ЭРП-1 в режимі постійного стабілізованого струму і протягом 120 с реєструється різниця потенціалів «пропускання або зарядки». Вимикається генератор і протягом 90-120 с реєструється різниця потенціалів «спаду або розрядки» (рис. 2).

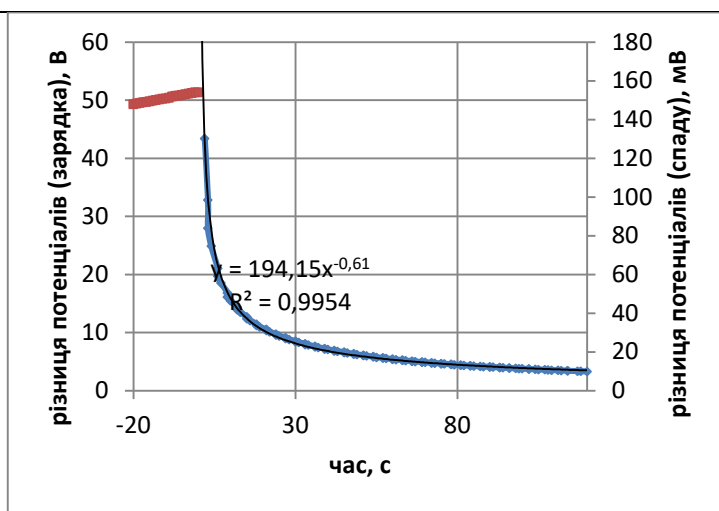


Рис. 2. – Типова крива зміни різниці потенціалів на зразку породи, насиченої моделлю пластової води, з часом. Спад напруги поляризації апроксимується степеневою функцією

Експериментально встановлено, що для вилучення ефектів нелінійної поляризації, густина струму у зразку не повинна перевищувати 15 А/м^2 (сила струму генератора повинна складати від 1 до 10 мА).

Для лабораторного визначення діелектричної проникності зразків гірських порід удосконалений метод, заснований на порівнянні електричної ємності зразка породи й еталона. Суть його полягає у тому, що перед початком вимірювання колекції зразків гірських порід виконується калібрування лабораторної електрометричної установки шляхом визначення електричної ємності комплексу еталонів – циліндрів з органічного скла висотою від 30 до 24 мм і діаметром, рівним діаметру лабораторних зразків гірських порід (30 мм). Виміри електричної ємності виконувались прецизійним RLC-метром МНС-1100 на частоті 1000 Гц. Відносна діелектрична проникність ϵ порід визначається за допомогою емпіричної формули, що полягає у порівнянні електричної ємності зразка породи і еталона, приведеної до геометрії вимірюваного зразка і вираховується шляхом застосування еталонної залежності. Такий підхід дозволив привести умови електрометричних вимірювань, стосовно діелектричної проникності, еталона та рядового зразка до ідентичності. Спеціальними розрахунками виконана оцінка похибки

визначення електричної ємності зразків порід за рахунок “крайової ємності” з метою введення відповідної поправки. Для розробленої установки ця поправка в діапазоні розмірів досліджених зразків не перевищувала 0,02 пФ, тому вона в розрахунках відносної діелектричної проникності не враховувалась, оскільки виміряні ємності зразків значно її перевищують.

Обробка та інтерпретація комплексних петрофізичних досліджень має за мету отримання максимально повної інформації про фізичні властивості гірських порід. За результатами визначення питомого електричного опору встановлюються кореляційні зв'язки з ємнісними параметрами порід, серед яких основними є залежності типу $R_n=f(k_n)$ – рівняння Арчі-Дахнова та $R_n=f(k_v)$, де R_n – відносний електричний опір (параметр пористості), k_n – коефіцієнт пористості, R_n – параметр збільшення електричного опору (параметр насичення), k_v – коефіцієнт водонасичення. Ці залежності апроксимуються степеневими функціями. Окрім того визначалась залежність зміни електричного опору при збільшенні тиску від атмосферного до пластового типу $Q=f(p)$, де Q – коефіцієнт збільшення опору, p – тиск, а кореляційне рівняння апроксимується поліномами 2 – 4 порядку в залежності від структури пустотного простору порід. Для обчислення параметрів та побудови кореляційних залежностей використовуються пакети програм Excel та Statistica.

Як вже зазначалося, у процесі дослідно-методичних лабораторних робіт виконані експериментальні дослідження зміни питомого електричного опору сухих порід із часом. Зміна опору з часом $R(t)$ викликана процесами поляризації зразків порід. З метою їх вивчення та можливості застосування параметрів викликаної поляризації для аналізу фізико-хімічних властивостей порід, розроблена оригінальна схема обробки цифрових записів зміни електричного опору із часом. При цьому визначались два параметри поляризації: поляризованість η та «швидкість поляризації» $V_{ВП}$ - похідна від поляризованості і характеризує швидкість зміни поляризованості за 1 секунду (слід відзначити, що це новий петроелектричний параметр і раніше не застосовувався в практиці лабораторних петрофізичних досліджень). Параметр $V_{ВП}$ виражає швидкість зміни поляризованості η , одиниця вимірювання – %/с (відсоток/секунду). Подальший аналіз отриманих лабораторних даних показав, що цей параметр має більш стійкі кореляційні зв'язки з фізико-хімічними властивостями порід ніж їх поляризованість і тому використаний для побудови комплексних петроелектричних моделей.

Алгоритм цієї обробки наступний. З метою виключення випадкових похибок вимірювань виконується функціональне згладжування кривої електричного опору $R(t)$ за допомогою поліномів другого ($R(t)=at^2+bt+c$) або третього ($R(t)=at^3+bt^2+ct+d$) порядків у середовищі програм Excel або Statistica. Наступний крок – визначення поляризованості $\eta(t)$ та швидкості поляризації $V_{ВП}(t)$ породи як функції часу.

У випадку апроксимації кривої опору поліномом 2 порядку поляризованість порід визначається за формулою: $\eta(t) = 100 \cdot \left[1 - \frac{R(0)}{R(t)}\right] = 100 \cdot \left[1 - \frac{c}{at^2 + bt + c}\right]$, %, а швидкість

$$\text{поляризації: } V_{\text{ВП}} = \frac{d\eta}{dt} = 100 \cdot \frac{R(0) \cdot dR/dt}{R(t)^2} = 100 \cdot \frac{c(2at+b)}{(at^2+bt+c)^2}, \text{ \%}/\text{с}.$$

У випадку апроксимації кривої опору поліномом 3 порядку поляризованість визначається за наступною формулою: $\eta(t) = 100 \cdot \left[1 - \frac{R(0)}{R(t)}\right] = 100 \cdot \left[1 - \frac{d}{at^3 + bt^2 + ct + d}\right]$, %, а швидкість

$$\text{поляризації: } V_{\text{ВП}} = \frac{d\eta}{dt} = 100 \cdot \frac{R(0) \cdot dR/dt}{R(t)^2} = 100 \cdot \frac{d(3at^2 + 2bt + c)}{(at^3 + bt^2 + ct + d)^2}, \text{ \%}/\text{с}, \text{ де } a, b, c, d -$$

коефіцієнти полінома, t – час, в с.

Алгоритм обробки цифрових записів зміни різниці потенціалів зразків порід, насичених моделлю пластової води, з часом наступний. З метою виключення випадкових похибок вимірювань проводиться функціональне згладжування кривої спаду різниці потенціалів викликаної поляризації $U_{\text{ВП}}(t)$ за допомогою показникової ($U_{\text{ВП}}(t) = a \cdot t^b$) або логарифмічної ($U_{\text{ВП}}(t) = a \cdot \ln t + b$) функцій в середовищі програм Excel або Statistica.

У випадку апроксимації кривої спаду різниці потенціалів викликаної поляризації степеневою функцією $U_{\text{ВП}}(t) = a \cdot t^b$, поляризованість визначається за формулою: $\eta(t) = \frac{100 \cdot U_{\text{ВП}}(t)}{U_3} = \frac{100 \cdot a \cdot t^b}{U_3}$, %, а швидкість поляризації: $V_{\text{ВП}} = \frac{d\eta}{dt} = \frac{100 \cdot a \cdot b \cdot t^{b-1}}{U_3}$, %/с

У випадку апроксимації кривої спаду різниці потенціалів викликаної поляризації логарифмічною функцією $U_{\text{ВП}}(t) = a \cdot \ln t + b$, поляризованість визначається за формулою: $\eta(t) = \frac{100 \cdot U_{\text{ВП}}(t)}{U_3} = \frac{100 \cdot (a \cdot \ln t + b)}{U_3}$, %, а швидкість поляризації: $V_{\text{ВП}} = \frac{d\eta}{dt} = \frac{100 \cdot a}{t \cdot U_3}$, %/с де a, b – коефіцієнти рівняння, t – час. U_3 – різниця потенціалів зарядки, $U_{\text{ВП}}(t)$ – різниця потенціалів викликаної поляризації.

Виконується визначення поляризованості і швидкості поляризації та їх якісний і кількісний аналіз. У результаті аналізу отриманих матеріалів встановлено, що швидкість поляризації $V_{\text{ВП}}$ (на 1 с) має більш тісні зв'язки з вмістом основних петрогенних окислів: SiO_2 , CaO , MgO та $\Sigma(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O})$ ніж поляризованість η . Встановлені кореляційні зв'язки апроксимуються лінійними функціями типу $V_{\text{ВП}} = a \cdot C_{\text{xx}} + b$, де C_{xx} – вміст петрогенних окислів, в %; a і b – коефіцієнти рівняння.

У разі обробки лабораторних електрометричних даних з визначення діелектричної проникності застосовувалась наступна схема. Визначення залежності $C_{em} = f(l)$, що апроксимується лінійною функцією, де C_{em} – електрична ємність еталона в пФ, l – висота еталона в мм.

Встановлення електричної ємності еталона C_{em} відповідного до розмірів конкретного зразка досліджуваної породи за допомогою еталонної залежності. Визначення діелектричної проникності зразків порід за допомогою формули: $\varepsilon = 2,62 \cdot \frac{C_n}{C_{em}}$, де C_n – електрична ємність зразка породи; C_{em} – електрична ємність еталона висотою, що відповідає висоті зразка породи; 2,62 – діелектрична проникність еталона. В результаті комплексного аналізу лабораторних даних встановлюються кореляційні залежності між ε і вмістом основних петрогенних окислів: SiO_2 , CaO , MgO та $\Sigma(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O})$, які апроксимуються лінійними функціями типу $\varepsilon = a \cdot C_{xx} + b$, де C_{xx} – вміст петрогенних окислів, в %; a і b – коефіцієнти рівняння.

Інтерпретаційний процес завершується побудовою комплексних петроелектричних моделей досліджених порід. Приклади таких моделей наведені у розділі 5.

У розділі 5 висвітлені особливості побудови петроелектричних моделей порід. Моделювання є найбільш ефективним способом відображення складних природних об'єктів (напр., порід) при геолого-геофізичних дослідженнях. У загальному випадку процес петрофізичного моделювання включає такі основні етапи: постановку проблеми; вибір математичної моделі; її побудову та дослідження; екстраполяцію отриманих результатів на природний об'єкт (породу, пласт). Моделювання базується на відповідних обґрунтованих теоріях та гіпотезах, що зумовлюють рамки можливих спрощень при моделюванні. Петрофізичний експеримент відрізняється від моделювання тим, що у процес пізнання включається проміжна ланка – модель, яка є одночасно і засобом і об'єктом експериментальних досліджень, що замінює природний оригінал.

Фізичні властивості гірських порід будь-якого геологічного об'єкта формуються в результаті розвитку деякої природної динамічної системи. На основі досвіду петрофізичного вивчення осадових порід можна сказати, що колектор нафти і газу – це складний геологічний комплекс певного "рівня організації", що має неоднорідний фазовий склад і структурну ієрархію своїх складових частин, тобто його можна розглядати як природну геосистему, між елементами якої існують різноманітні зв'язки і взаємодії. Основне завдання петрофізики полягає у тому, щоб за вимірюваними петрофізичними параметрами отримати відомості про фізико-хімічні властивості та геолого-петрографічні характеристики досліджених порід. Це можна здійснити тільки з допомогою системи петрофізичних зв'язків, попередньо встановлених на добре вивчених і деякою мірою ідеалізованих стандартах.

Вибір петрофізичної моделі гірської породи залежить від багатьох умов і ряду вимог. Конкретна петрофізична модель повинна: 1) відображати той комплекс характеристик, який необхідно відтворити, а також мати реальний фізичний зміст; 2) бути досить простою; 3) бути коректною з математичної точки зору і вирішувати поставлену задачу з необхідною точністю.

Створення таких моделей проводиться поетапно: 1) побудова апріорних моделей; 2) експериментальне дослідження часткових моделей; 3) створення загальних теоретичних моделей. Статистичний підхід більш правомірний при описі неоднорідних геологічних систем за вибірковими даними, особливо у випадку неповноти інформації. Такі статистичні моделі оцінюються наборами значень комплексу фізичних параметрів і системами кореляційних рівнянь.

Розгляд всієї сукупності лабораторних електрометричних даних показав, що для підвищення ефективності їх використання з метою визначення основних параметрів порід, виникає необхідність їх комплексного аналізу та петрофізичної інтерпретації. Це можливо в рамках створення комплексних петроелектричних моделей (КПМ) гірських порід.

Під КПМ породи-колектора розуміється узагальнений і формалізований опис петроелектричних параметрів та їх взаємозв'язків з фільтраційно-ємнісними (ФЄВ) та фізико-хімічними властивостями (ФХВ) порід, що з визначеною мірою ймовірності відображає реальні природні об'єкти (породи, пласти). Така модель дає можливість перейти від характеристики конкретного геологічного об'єкта до образу групи об'єктів, що мають схожі структурні особливості, специфічні ФЄВ та ФХВ порід і їх зв'язки з петроелектричними параметрами. При створенні КПМ складнобудовані за морфологією та речовинним складом гірські породи замінюються системою петроелектричних параметрів з відповідною їм числовою інформацією та їх кореляційними залежностями від ФЄВ та ФХВ. Опис КПМ складається з: геометричних параметрів досліджених горизонтів (їх розмірів, форми та глибини залягання); петроелектричних властивостей порід; кореляційних залежностей петроелектричних параметрів від ФЄВ, ФХВ та петрографо-літологічних характеристик порід.

Комплексні петроелектричні моделі розробляються шляхом послідовних ітерацій, у процесі накопичення знань про об'єкт досліджень. КПМ поступово уточнюються у процесі досліджень, зважаючи на те, що параметри моделі мають імовірнісний характер. Це, в свою чергу, дозволяє вдосконалювати методику петроелектричних досліджень, що застосовується. Моделі в процесі свого розвитку умовно мають назви: апріорної, робочої і результативної.

Формування параметрів КПМ виконується з врахуванням відомостей про їх середні значення, дисперсії, закони розподілу тощо. За даними статистичної обробки оцінюється контрастність властивостей порід і пластів, що вивчаються. Основною метою кореляційного аналізу є обґрунтування часткової заміни фільтраційно-ємнісних, фізико-хімічних та петрографо-літологічних параметрів порід петроелектричними, що є основою геологічної інтерпретації даних ГДС.

В рамках даної роботи розроблені комплексні петроелектричні моделі основних типів порід девону та кембрію (вапняки, доломіти та пісковики) Володимирської, Лудинської та Добровірської площ Волино-Поділля, що дозволяє досить зручно і ефективно оперувати

електрометричними даними і включає: назву площі досліджень; номер свердловини; інтервал досліджень; назву породи та її вік; межі змін і середнє значення питомого електричного опору; відносного електричного опору; коефіцієнта електричної анізотропії; відносної діелектричної проникності; швидкості поляризації екстрагованих та насичених моделлю пластової води порід. Розроблена КПМ також включає кореляційні залежності: Арчі-Дахнова при лабораторних і пластових умовах (апроксимується степеневою функцією); між коефіцієнтом водонасиченості k_v та параметром збільшення електричного опору P_n (також апроксимується степеневою функцією); коефіцієнта збільшення питомого опору порід Q від тиску p при його збільшенні від атмосферного до геостатичного для горизонту досліджень (апроксимується поліномами 2 – 4 порядку); залежності відносної діелектричної проникності та швидкості поляризації порід від вмісту основних петрогенних окислів – SiO_2 , CaO , MgO та $\Sigma(Al_2O_3, Na_2O, K_2O, H_2O)$, що апроксимуються лінійними функціями. Для прикладу наведено фрагмент КПМ порід девону та кембрію Лудинської площі (рис. 3).

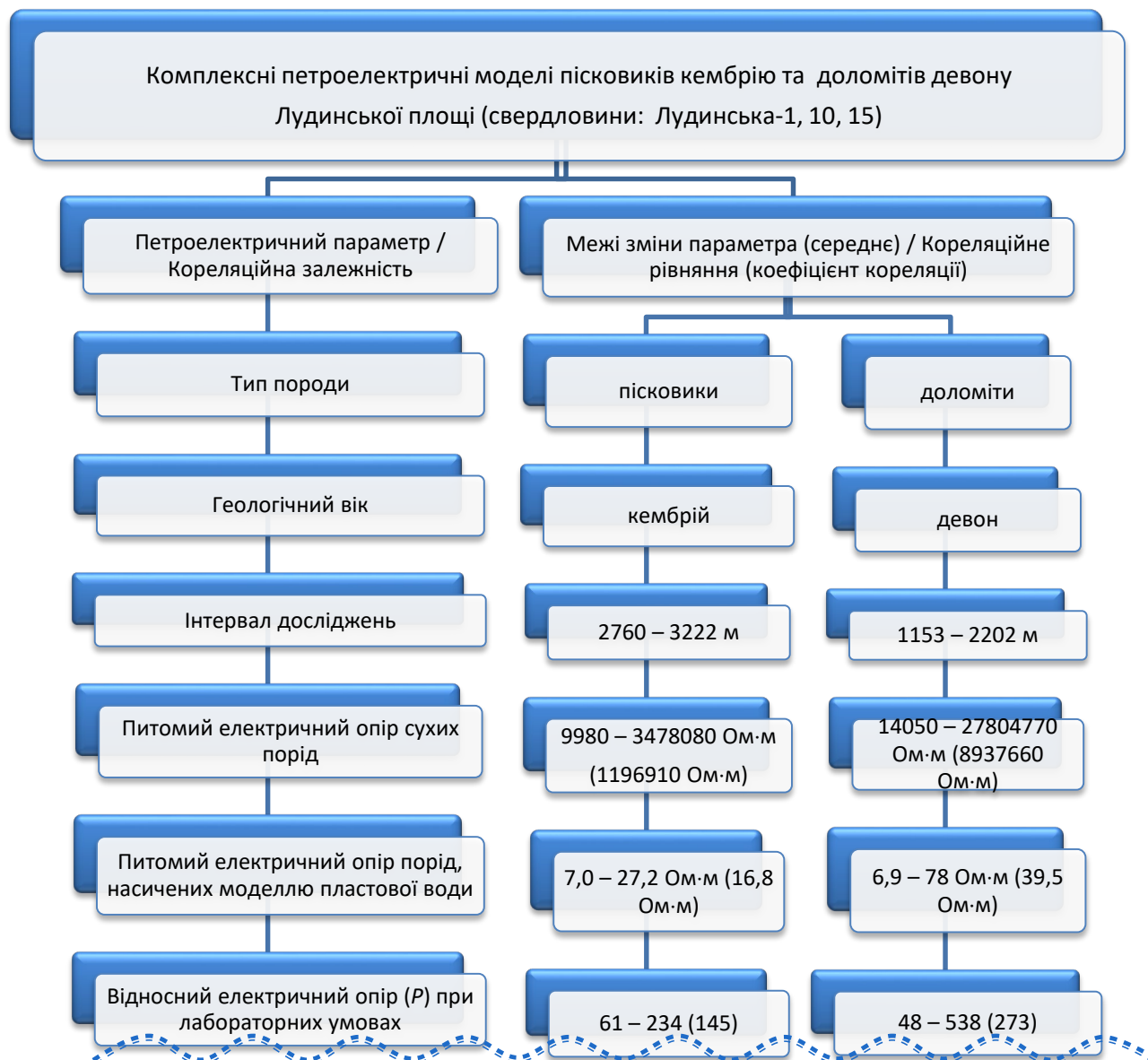




Рис. 3 Фрагмент комплексної петроелектричної моделі порід девону та кембрію Лудинської площі.

У Висновках підведено підсумок дослідження та перелічено найбільш важливі результати, отримані в дисертації. Головні результати даної роботи можна сформулювати у формі наступних тверджень:

1. Удосконалена й застосована оригінальна методика лабораторних електрометричних досліджень для визначення петроелектричних властивостей гірських порід. З метою врахування та виключення впливу перехідного опору електродів на величину питомого електричного опору гірських порід уперше були виконані спеціальні розрахунки, що ґрунтуються на використанні формули опору заземлення дискового електрода. Запропонована уточнена формула розрахунку питомого електричного опору, що дозволяє знизити похибку його визначення на 20-25 %.

2. Визначена раціональна конструкція електродів на базі срібного сплаву, що забезпечує поліпшені перехідні характеристики та мінімальний опір системи «зразок – електроди». Визначений також оптимальний тиск між електродами й зразком, який для розробленого спеціального кернотримача складає 0,1 МПа.

3. Вперше розроблена технологія лабораторних досліджень часових змін електричного опору та різниці потенціалів викликані поляризації екстрагованих та насичених моделлю пластової води зразків гірських порід на постійному струмі за допомогою цифрових: тераомметра С.А. 6547 та мультиметра UT-70В. Визначено оптимальні режими й час запису зміни електричного опору та різниці потенціалів досліджених порід. Встановлено, що для виключення ефектів нелінійної поляризації, густина струму у зразку не повинна перевищувати 15 А/м².

4. Для визначення діелектричної проникності зразків гірських порід на низькій частоті (1 кГц) удосконалений лабораторний метод, заснований на порівнянні ємності зразка породи й

еталона, шляхом калібровки лабораторної електрометричної установки за допомогою комплексу еталонів. Виконані спеціальні розрахунки впливу “крайової ємності” на значення вимірюваної ємності в залежності від розмірів зразків гірських порід.

5. Вперше розроблена оригінальна схема обробки цифрових записів часової зміни електричного опору екстрагованих порід та різниці потенціалів викликаної поляризації зразків, насичених моделлю пластової води шляхом функціонального згладжування. Виконаний аналіз отриманих даних для визначення можливості застосування параметрів поляризації для аналізу фізико-хімічних властивостей гірських порід.

6. Вперше у практиці петрофізичних досліджень введено і застосовано петроелектричний параметр – “швидкість поляризації” $V_{ВП}$ та встановлено його кореляційні зв’язки з вмістом петрогенних окислів: SiO_2 , CaO , MgO та $\Sigma(Fe_2O_3, N_2O, K_2O, H_2O)$ основних типів порід девону та кембрію Володимирівської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля, що апроксимуються лінійною функцією типу $y=ax+b$.

7. Встановлено емпіричні кореляційні залежності між відносним опором R_n і коефіцієнтом збільшення опору R_n та фільтраційно-ємнісними властивостями порід-колекторів (коефіцієнтом пористості та коефіцієнтом водонасичення, відповідно) основних типів порід девону та кембрію Волино-Поділля, що слугують основою геологічної інтерпретації даних геофізичних досліджень свердловин. Ці залежності апроксимуються степеневою функцією типу $y=ax^b$.

8. Встановлено емпіричні кореляційні залежності між діелектричною проникністю та вмістом петрогенних окислів: SiO_2 , CaO , MgO та $\Sigma(Al_2O_3, Na_2O, K_2O, H_2O)$ основних типів порід девону та кембрію Володимирівської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля, що апроксимуються лінійною функцією типу $y=ax+b$.

9. Вперше встановлені електричні властивості та розроблені петроелектричні моделі основних типів порід девону та кембрію Володимирівської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля на основі системного аналізу сукупності лабораторних петроелектричних, фільтраційно-ємнісних та фізико-хімічних даних, що дозволяють досить зручно і ефективно оперувати електрометричними матеріалами та слугують своєрідними базами даних.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Вижва С.А. Петроелектрична модель порід-колекторів Західно-Шебелинського газоконденсатного родовища / Вижва С.А., **Онищук Д.І.**, Онищук В.І. // Вісник Київського університету “Геологія”. – 2012. – № 57. – С. 13–16.

2. Вижва С.А. Радіоактивність порід-колекторів нафтогазоперспективних площ Волино-Поділля / Вижва С.А., **Онищук Д.І.**, Онищук І.І. // Вісник Київського університету “Геологія”. – 2012. – № 59. – С. 7–11.

3. Вижива С.А. Петроелектрична модель основних типів порід кембрію Володимирської площі Волино-Поділля / Вижива С.А., **Онищук Д.І.**, Онищук В.І. // Вісник Київського університету “Геологія”. – 2013. – № 61. – С. 26–31.

4. Вижива С.А. Петрофізичні параметри нетрадиційних порід-колекторів Південного нафтогазового регіону / Вижива С.А., Михайлов В.А., **Онищук Д.І.**, Онищук І.І. // Геоінформатика – 2013 – №3 (47). – С. 17–25.

5. **Онищук Д.І.** Комплексные петроелектрические модели доломитов девона и песчаников кембрия Лудинской площади Волино-Подолья / **Онищук Д.І.**, Портнов В.С., Рева Н.В., Онищук В.І. // Труды Карагандинского университета – 2013. – №4 (53). – С. 47–51.

6. Вижива С.А. Петрофізичні параметри порід, перспективних на сланцевий газ (ділянки східного сектору Дніпровсько-Донецької западини) / Вижива С.А., Михайлов В.А., **Онищук Д.І.**, Онищук І.І. // Геофізический журнал. – 2014. – №1. Т. 36. – С. 157–169.

Тези наукових доповідей

7. **Онищук Д.І.** Петроелектричні дослідження керну пошукової свердловини Західно-Шебелинської площі / **Онищук Д.І.**, Онищук В.І. // Матеріали III Всеукраїнської наукової конференції-школи, м. Київ, 17–20 травня 2011 р. [“Сучасні проблеми геологічних наук”] – К. : електронна збірка наукових праць, 2011.

8. **Онищук Д.І.** Апаратура та лабораторні вимірювання електричних властивостей зразків гірських порід / **Онищук Д.І.**, Онищук В.І. // Матеріали X міжнародної наукової міждисциплінарної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених 19–23 березня, Київ, Україна [“Шевченківська весна”] – К. : 2012. С. 18–20.

9. Рева М.В. Операційний спосіб розв’язку нестационарної задачі для моделі тонких провідних шарів, розділених ізолятором / Рева М.В., Руденко Т.В., **Онищук Д.І.** // Матеріали X міжнар. наук. конф. [“Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища”] – К. : ВГЛ Обрій, 2012. – С. 86–88.

10. **Онищук Д.І.** Петроелектричні параметри порід деяких ділянок Східного сектору Дніпровсько-Донецької Западини / **Онищук Д.І.**, Рева М.В., Онищук В.І. // Матеріали X міжнар. наук. конф. [“Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища”] – К. : ВГЛ Обрій, 2012. – С. 112–114.

11. Вижива С.А. Радіоактивність порід-колекторів нафтогазоперспективних площ Волино-Поділля / Вижива С.А., **Онищук Д.І.**, Онищук І.І. // Матеріали X міжнар. наук. конф. [“Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища”] – К.: ВГЛ Обрій, 2012. – С. 201–203.

12. **Онищук Д.І.** Створення лабораторного електрометричного комплексу дослідження електричних параметрів гірських порід / **Онищук Д.І.**, Онищук В.І. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції [Континентальний неовулканізм альпійської складчастої зони Східної Європи] – К.: Принт-Сервіс, 2013. – С. 45–47.

13. Вижива С.А. Петроелектричні дослідження порід-колекторів Добротвірської площі Волино-Поділля / Вижива С.А., **Онищук Д.І.**, Онищук В.І. // Міжнародна наукова конференція [Нетрадиційні джерела вуглеводнів в Україні: пошуки, розвідка, перспективи] – К. : ТОВ «Юнімпекс Трейд», 2013. – С. 122–124.

14. Вижива С.А. Петроелектричні параметри порід імпактних структур України / Вижива С.А., Михайлов В.А., **Онищук Д.І.**, Онищук І.І. // Міжнародна наукова конференція [Нетрадиційні джерела вуглеводнів в Україні: пошуки, розвідка, перспективи] – К. : ТОВ «Юнімпекс Трейд», 2013. – С. 91–93.

15. Вижива С.А. Петроелектричні параметри нетрадиційних порід-колекторів Південного нафтогазового регіону / Вижива С.А., Михайлов В.А., **Онищук Д.І.**, Онищук І.І. // Міжнародна наукова конференція [Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології. Ч. 1] – К. : ТОВ НВП «Ніка-центр», 2014. – С. 104–106.

16. Вижива С.А. Особливості методики лабораторних вимірювань електричних параметрів зразків порід / Вижива С.А., **Онищук Д.І.**, Рева М.В., Онищук В.І. // Міжнародна наукова

конференція [Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології. Ч. 1] – К. : ТОВ НВП «Ніка-центр», 2014. – С. 106–108.

17. Вижва С.А. Дослідні роботи з вибору електродів для вимірювання електричних параметрів зразків порід / Вижва С.А., **Онищук Д.І.**, Рева М.В., Онищук В.І. // Міжнародна наукова конференція [Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології. Ч. 1] – К. : ТОВ НВП «Ніка-центр», 2014. – С. 108–109.

АНОТАЦІЯ

Онищук Д.І. Комплексні петроелектричні моделі порід девону та кембрію Волино-Поділля (на прикладі Володимирської, Лудинської та Добротвірської площ) – Рукопис.

Дисертація на здобуття ученого ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2014.

Дисертація присвячена розробці та удосконаленню технології лабораторного визначення петроелектричних властивостей гірських порід, встановленню їх кореляційних залежностей з фільтраційно-ємнісними та фізико-хімічними параметрами, побудові комплексних петроелектричних моделей основних типів відкладів девону та кембрію Волино-Поділля. Проведено аналіз сучасного стану петрофізичних досліджень та встановлено шляхи підвищення їх ефективності. Удосконалена й застосована оригінальна методика лабораторних електрометричних досліджень для визначення петроелектричних властивостей гірських порід. З метою врахування та виключення впливу перехідного опору електродів на величину питомого електричного опору гірських порід виконані спеціальні розрахунки, що ґрунтуються на використанні формули опору заземлення дискового електрода. Запропонована уточнена формула розрахунку питомого електричного опору, що дозволяє знизити похибку його визначення на 20-25 %. Розроблена технологія лабораторних досліджень часових змін електричного опору та різниці потенціалів викликаної поляризації екстрагованих та насичених моделлю пластової води зразків гірських порід на постійному струмі. Виконаний аналіз отриманих даних для визначення можливості застосування параметрів поляризації для аналізу фізико-хімічних властивостей гірських порід. Встановлені електричні властивості порід, а також емпіричні кореляційні залежності між відносним опором R_p і коефіцієнтом збільшення опору R_n та фільтраційно-ємнісними властивостями; між діелектричною проникністю і швидкістю поляризації та вмістом петрогенних окислів: SiO_2 , CaO , MgO та $\Sigma(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O})$ основних типів порід девону та кембрію Володимирської, Лудинської та Добротвірської площ Волино-Поділля. Розроблені петроелектричні моделі досліджених порід на основі системного аналізу сукупності лабораторних петроелектричних, фільтраційно-ємнісних та фізико-хімічних даних, що дозволяють досить зручно і ефективно оперувати електрометричними матеріалами та слугують своєрідними базами даних.

Ключові слова: питомий електричний опір, діелектрична проникність, швидкість поляризації, фільтраційно-ємнісні властивості, фізико-хімічні властивості, комплексні петроелектричні моделі, гірські породи, девон, кембрій.

АННОТАЦИЯ

Онищук Д.И. Комплексные петроэлектрические модели пород девона и кембрия Вольно-Подолья (на примере Владимирской, Лудинской и Добротвирской площадей) – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 – геофизика. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, 2014.

Диссертация посвящена разработке и совершенствованию технологии лабораторного определения петроэлектрических свойств горных пород, установлению их корреляционных зависимостей с фильтрационно-емкостными и физико-химическими параметрами, построению комплексных петроэлектрических моделей основных типов отложений девона и кембрия Вольно-Подолья. Проведен анализ современного состояния петрофизических исследований и установлены пути повышения их эффективности. Усовершенствованна и применена оригинальная методика лабораторных электрометрических исследований для определения петроэлектрических свойств горных пород. С целью учета и исключения влияния переходного сопротивления электродов на величину удельного электрического сопротивления горных пород выполнены специальные расчеты, основанные на использовании формулы сопротивления заземления дискового электрода. Предложена уточнена формула расчета удельного электрического сопротивления, что позволяет снизить погрешность его определения на 20–25%. Разработана технология лабораторных исследований временных изменений сопротивления и разности потенциалов вызванной поляризации экстрагируемых и насыщенных моделью пластовой воды образцов горных пород на постоянном токе. Выполнен анализ полученных данных для определения возможности применения параметров поляризации для анализа физико-химических свойств горных пород. Установлены электрические свойства пород, а также эмпирические корреляционные зависимости между относительным сопротивлением R_p и коэффициентом увеличения сопротивления R_n и фильтрационно-емкостными свойствами; между диэлектрической проницаемостью и скоростью поляризации и содержанием петрогенных окислов: SiO_2 , CaO , MgO и $\Sigma(Al_2O_3, Na_2O, K_2O, -H_2O)$ основных типов пород девона и кембрия Владимирской, Лудинской и Добротвирской площадей Вольно-Подолья. Разработаны петроэлектрические модели исследованных пород на основе системного анализа совокупности лабораторных петроэлектрических, фильтрационно-емкостных и физико-химических данных,

позволяющих достаточно удобно и эффективно оперировать электрометрических материалами и служат своеобразными базами данных.

Ключевые слова: удельное электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость, скорость поляризации, фильтрационно-емкостные свойства, физико-химические свойства, комплексные петроэлектрические модели, горные породы, девон, кембрий.

SUMMARY

Onyschuk D.I. Integrated petroelectrical models of Devonian and Cambrian rocks of Volyno-Podillya (on an example of Volodymyrska, Ludynska and Dobrotvirska explored areas) – **Manuscript.**

The dissertation on competition of the scientist of a degree of the candidate of geological sciences for specialty 04.00.22 – geophysics.

Thesis is devoted to the development and improvement of laboratory technology for the petroelektrical determination of rocks properties, determination their correlations with reservoir properties and physico-chemical parameters, construction of complex petroelektrical models of main types of Devonian and Cambrian rocks from Volyno-Podillya.

The analysis of the current state of petrophysical studies made and were established ways to increase their efficiency. Improvements and original technique are used in electrometric laboratory studies to determine the petroelektrical properties of rocks. In order to exclude the impact of transfer electrode resistance on the electrical resistivity of rocks, were made special calculations, based on the use of earth resistance formula of disk electrode. Is proposed improved formula for calculating the electrical resistivity, thus reducing the uncertainty of its determination by 20–25%. Developed technology of laboratory studies of temporal changes of resistance and induced polarization potential difference of rock samples (dry and saturated by model of formation water) on the direct current. The analysis of the data to determine the suitability of the polarization parameters for the analysis of physical and chemical properties of rocks. Were determined electrical properties of rocks, as well as empirical correlations between the formation resistivity factor (FRF) and resistivity index (I) with reservoir properties; between the dielectric permittivity and the polarization velocity and the content of major oxides: SiO₂, CaO, MgO and $\Sigma(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, -\text{H}_2\text{O})$ of main types of rocks of Devonian and Cambrian from Volodymyrska, Ludynska Dobrotvirska areas of Volyno-Podillia. Petroelektrical models of rocks were developed using systematic analysis of all complex of laboratory studies: petroelektrical data, reservoir properties and physicochemical data, petroelektrical models allow convenient and efficient enough to operate with electrometric data and serve as original databases.

Keywords: electrical resistivity, dielectric constant, polarization velocity, reservoir properties, physico-chemical properties, complex petroelektrical models, rocks, Devonian, Cambrian.