СОЛОДКИЙ ЄВГЕНІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ. Назва дисертаційної роботи: "ПЕТРОФІЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ ПОКЛАДІВ ПІВНІЧНОГО БОРТУ ДДЗ (НА ПРИКЛАДІ ОСТРОВЕРХІВСЬКОЇ, ЄВГЕНІЇВСЬКОЇ, НАРІЖНЯНСЬКОЇ, ЮЛІЇВСЬКОЇ ПЛОЩ)"

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ

ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

На правах рукопису

СОЛОДКИЙ ЄВГЕНІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 550.832

Петрофізичне забезпечення геолого-геофізичних моделей

газоконденсатних покладів Північного борту ДДз (на

прикладі Островерхівської, Євгеніївської, Наріжнянської,

Юліївської площ)

04.00.22 – геофізика

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата

геологічних наук

Науковий керівник Карпенко Олексій Миколайович,

доктор геологічних наук, професор.

Київ – 2016

2

ЗМІСТ

ВСТУП.......................................................................................................................... 7

РОЗДІЛ 1. ПЕТРОФІЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ

МОДЕЛЕЙ РОДОВИЩ НАФТИ І ГАЗУ ............................................................... 13

1.1 Вхідні дані та основні етапи створення тривимірної геолого-геофізичної

моделі ...................................................................................................................... 13

1.2 Петрофізичні характеристики гірських порід, необхідні для побудови

геолого-геофізичних моделей............................................................................... 18

1.2.1 Джерела петрофізичної інформації.......................................................... 20

1.2.2 Достовірність петрофізичної інформації................................................. 25

1.3 Методичні підходи щодо оцінки пористості газоносних колекторів......... 28

1.4 Покришки (флюїдоупори) покладів вуглеводнів ......................................... 33

РОЗДІЛ 2. ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДКЛАДІВ

ПІВНІЧНОЇ БОРТОВОЇ ЗОНИ ДДЗ (ОСТРОВЕРХІВСЬКЕ, НАРІЖНЯНСЬКЕ,

ЮЛІЇВСЬКЕ,ЄВГЕНІЇВСЬКЕ РОДОВИЩА)........................................................ 38

2.1 Загальні відомості ............................................................................................ 38

2.2 Геологічна будова ............................................................................................ 41

2.2.1 Стратиграфія............................................................................................... 41

2.2.2 Тектоніка..................................................................................................... 47

2.3 Літолого-фізичні властивості порід колекторів і покришок ....................... 54

2.4 Нафтогазоносність ........................................................................................... 57

РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ЛГАМ ПРИ ПОБУДОВАХ ГЕОЛОГОГЕОФІЗИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ................................. 61

3.1 Лінійна геоакустична модель. Задачі, що вирішуються за допомогою

геоакустичної моделі та необхідний комплекс методів..................................... 61

3.2 Технологія обробки каротажу при побудові лінійної геоакустичної

моделі ...................................................................................................................... 65

3.3 Побудова ЛГАМ за обмеженого комплексу ГДС......................................... 82

3

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ЗАЛИШКОВОГО ГАЗОНАCИЧЕННЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ

ПОРИСТОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ЗА ДАНИМИ ГДС .................................. 90

4.1 Процес утворення зони проникнення ............................................................ 90

4.2 Вплив газонасичення на покази методів ГДС на прикладі Євгеніївського

ГКР........................................................................................................................... 96

4.3 Визначення пористості за даними ГДС з урахуванням впливу

газонасичення порового простору на прикладі Наріжнянського і

Островерхівського ГКР ......................................................................................... 99

РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

ГЛИНИСТИХ ПОРІД – ФЛЮЇДОУПОРІВ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ...... 109

5.1 Уточнення петроелектричної моделі глинистих порід .............................. 109

5.2 Особливості поведінки геофізичних параметрів глинистих покришок над

продуктивними і непродуктивними частинами пластів .................................. 113

ВИСНОВКИ............................................................................................................. 123

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ......................................................................................... 125

4

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

АВПТ – аномально високі пластові тиски;

АК – акустичний каротаж;

АНПТ – аномально низькі пластові тиски;

БК – боковий каротаж;

БКЗ – бокове каротажне зондування;

ВСП – вертикальне сейсмічне профілювання;

г.п. – гірська порода;

ГГК-щ – гамма-гамма каротаж щільнісний;

ГГМ – геолого-геофізична модель;

ГДС – геофізичні дослідження свердловин;

ГК – гамма каротаж;

ГКР – газоконденсатне родовище;

ДДз – Дніпровсько-Донецька западина;

ЕК – електричні методи каротажу;

ІК – індукційний каротаж;

КВ – кавернометрія;

Кг – коефіцієнт газонасичення;

Кгл – коефіцієнт об’ємної глинистості;

Кн – коефіцієнт нафтонасичення;

Кнг – коефіцієнт нафтогазонасичення;

Кп – коефіцієнт пористості;

Кпр – коефіцієнт проникності;

ЛГАМ – лінійна геоакустична модель;

МФГ – мікрофауністичний горизонт;

НГК – нейтронний-гамма каротаж;

НК – нейтронні методи каротажу (НГК, ННК);

ННК – нейтрон-нейтронний каротаж;

ПС – метод самочинної поляризації;

5

ФЄВ – фільтраційно-ємнісні властивості;

– густина води;

– густина газу;

– густина глинистої компоненти;

– густина гірської породи;

– змодельована (синтетична) густина;

– густина скелету породи;

– густина флюїду;

– коефіцієнт залишкового газонасичення;

– коефіцієнти залишкового газонасичення в зоні дослідження зонда

акустичного каротажу;

– коефіцієнти залишкового газонасичення в зоні дослідження зонда

нейтронного каротажу;

–пористість, визначена за акустичним каротажем;

– пористість, визначена за гамма-гамма каротажем щільнісним;

– пористість глин;

– пористість, визначена за нейтронним каротажем;

– пористість, визначена за електричними методами каротажу;

– параметр пористості;

– параметр пористості глин;

– радіуси дослідження зонда акустичного каротажу;

– радіуси дослідження зонда нейтронного каротажу;

– водневміст у глинистій компоненті;

– водневміст у гірській породі;

– водневміст у скелеті породи;

– водневміст у флюїді;

– інтервальний час пробігу пружної хвилі у воді;

– інтервальний час пробігу пружної хвилі в газі;

– інтервальний час пробігу пружної хвилі в глинистій компоненті;

6

– інтервальний час пробігу пружної хвилі в гірській породі;

– інтервальний час пробігу пружної хвилі у скелеті породи;

– інтервальний час пробігу пружної хвилі у флюїді;

Vp

с

– змодельована (синтетична) швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль;

Vр

ф

–фактична швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль.

7

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективність функціонування нафтогазовидобувної

галузі в багатьох випадках визначає стан економіки країни. Дефіцит

вуглеводневої сировини в Україні потребує збільшення обсягів видобутку

природного газу й нафти. Це можливо реалізувати за рахунок підвищення якості

проектування та ефективності реалізації проектних рішень під час геологорозвідувальних робіт та розробки родовищ вуглеводнів шляхом застосування

об’ємних геолого-геофізичних моделей. Геолого-геофізичне моделювання (ГГМ)

повинно використовуватися для досягнення максимального економічного

ефекту від найбільш повного вилучення запасів нафти, газу, конденсату і

супутніх компонентів, що містяться у продуктивних пластах, оптимізації та

управління процесом розвідки й розробки родовищ.

Сучасні програмні засоби та методики побудови тривимірних ГГМ

дозволяють залучати всю наявну геологічну й геофізичну інформацію про

родовище вуглеводнів. Таким чином, кількість і якість вхідної інформації

значною мірою контролюють процес побудови моделей, їх кінцеву якість і

достовірність. Побудова ГГМ передбачає моделювання не лише інтервалів

залягання порід-колекторів, а й геологічних розрізів та осадових басейнів у

цілому. Дані геофізичних досліджень свердловин (ГДС) у цьому випадку є

єдиним джерелом детальної неперервної петрофізичної інформації. У зв’язку з

цим вдосконалення технологій обробки та інтерпретації даних ГДС, що

забезпечують максимально повне і достовірне отримання геологопетрофізичної інформації, є актуальною задачею.

Традиційні методики обробки та інтерпретації даних ГДС, що

застосовуються з метою підрахунку запасів вуглеводнів, орієнтовані лише на

визначення властивостей порід-колекторів і вирішують задачу визначення

об’єму та насиченості інтервалів колекторів у розрізах свердловин. Тривимірна

геолого-геофізична модель, що побудована за такими даними, у багатьох

8

випадках не відображає реальної будови всього родовища. При побудові ГГМ

інтерпретація даних ГДС повинна виконуватися на основі універсальних

алгоритмів, заснованих на використанні системного підходу до визначення

властивостей усіх порід, що складають досліджуваний розріз, включаючи

інтервали колекторів, неколекторів, а також порід-флюїдоупорів, що

підстилають і перекривають резервуари й поклади. Таким чином, актуальною є

задача вдосконалення методичного забезпечення інтерпретації даних ГДС, що

відповідає вимогам достовірного моделювання родовищ нафти, газу й

конденсату.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана в Київському національному університеті

імені Тараса Шевченка протягом періоду навчання в аспірантурі на кафедрі

геології нафти і газу в ННІ "Інститут геології". До неї увійшли результати

досліджень, виконаних автором згідно з плановими та науково-дослідними

роботами в рамках наукової держбюджетної теми №11БФ049-02 «Розробка

теорії та методології побудови динамічних геолого-геофізичних моделей

геологічних об`єктів і процесів» та геолого-тематичної роботи за договором (№

1-045.14-УГВ) між ТОВ «Смарт Енерджі» та ТОВ «Надра Інтегровані Рішення»

«Створення постійно-діючої геолого-технологічної моделі Островерхівського

газоконденсатного родовища».

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення

достовірності та ефективності інтерпретації геофізичних матеріалів при

створенні геолого-геофізичних моделей родовищ вуглеводнів.

Реалізація поставленої мети передбачала розв’язання таких задач:

• аналіз сучасного стану проблеми;

• аналіз петрофізичного забезпечення для геолого-геофізичного

моделювання газоконденсатних покладів і систем;

9

• дослідження можливості застосування даних ГДС при побудовах

геолого-геофізичних моделей покладів вуглеводнів, особливо у випадках

обмеженого комплексу методів промислово-геоіізичних досліджень і за

відсутності кернового матеріалу;

• дослідження впливу технологічних і геолого-геофізичних чинників

при оцінці пористості газонасичених колекторів за даними ГДС ;

• розробка способу врахування впливу залишкового газонасичення

при оцінці пористості газонасичених пластів за даними неелектричних методів

ГДС;

• удосконалення методики оцінки пористості глинистих порід за

даними електрокаротажу з урахуванням електричних властивостей капілярнозв’язаної води;

• дослідження мінливості електричних та ємнісних характристик

глинистих покришок в межах можливого впливу газоносного покладу/пласта;

Об’єкт дослідження – теригенні колектори та глинисті покришки

газоконденсатних покладів Північного борту ДДз.

Предмет дослідження – геофізичні, петрофізичні та літологопетрографічні характеристики порід – колекторів та флюїдоупорів

газоконденсатних покладів Північного борту ДДз.

Методи дослідження.

У роботі використовуються методи статистичної обробки геологічної та

промислово-геофізичної інформації (кореляційний, регресивний аналіз),

математичного моделювання, кількісної інтерпретації матеріалів ГДС.

Під час виконання дисертаційної роботи та в процесі її оформлення

широко застосовувалась комп’ютерна технологія інтерпретації даних ГДС

“ГеоПошук” (СОУ 73.1-41-04.04.19:2006).

10

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Дістало подальшого розвитку петрофізичне обгрунтування

необхідного об’єму даних промислової геофізики та методики оцінки ємнісних

параметрів порід при побудові лінійної геоакустичної моделі за відсутності

кернового матеріалу.

2. Уперше розроблено науково обгрунтований підхід щодо

використання позірної пористості за матеріалами неелектричних методів

промислової геофізики при пошуках газонасичених пластів.

3. Удосконалено теоретико-методичне підгрунтя щодо використання

різноглибинних неелектричних методів ГДС з метою оцінки пористості в

умовах радіальної зміни залишкового газонасичення присвердловинної зони

пласта.

4. Дістало подальшого розвитку наукове обгрунтування впливу

питомого електричного опору зв’язаної води при оцінці пористості глинистих

порід за даними електрокаротажу.

5. Уперше для родовищ Північного борту ДДз встановлено суттєвий

вплив газового покладу на вертикальні зміни електричних і акустичних

характеристик глинистої покришки з віддаленням від покрівлі пластаколектора. Розроблено новий критерій оцінки характеру насичення пластаколектора.

Практичне значення одержаних результатів.

Вдосконалена автором технологія інтерпретації даних ГДС дозволяє

суттєво підвищити детальність і достовірність визначення петрофізичних

параметрів геологічного середовища родовищ вуглеводнів ДДз при побудові

інтерпретаційних та геолого-геофізичних моделей газоконденсатних покладів.

Запропоновані автором способи виявлення газонасичених пластів як за

результатами дослідження впливу зони проникнення на покази неелектричних

методів промислової геофізики, так і при дослідженнях характеристик

11

глинистих покришок дозволяють підвищити достовірність оцінки характеру

насичення порід-колекторів.

Власні розробки автора щодо оцінки петрофізичних характеристик

гірських порід були використані при створенні цифрової геолого-геофізичної

моделі Островерхівського газоконденсатного родовища.

Особистий внесок здобувача.

Основні теоретичні положення та методичні результати, що наведені в

дисертаційній роботі, отримані здобувачем на матеріалах власних досліджень.

У роботах [1-4] автору належить постановка задачі, виконання

експериментальної частини, аналіз отриманих результатів та ідеї вдосконалення

методичних прийомів і способів оцінки ємнісних характеристик газонасичених

пластів. У роботі [5] автору належить безпосередня участь у зборі та аналізі

матеріалів, проведенні чисельних розрахунків, обробці та аналізі результатів,

підготовці висновків. Розроблені алгоритми оцінки петрофізичних

властивостей компонентів газоконденсатних покладів були реалізовані при

моделюванні Островерхівського газоконденсатного родовища.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати

дисертаційної роботи були висвітлені в доповідях на 2 конференціях, в тому

числі на 1 міжнародній:

- Х Міжнародна наукова конференція "Моніторинг геологічних процесів

та екологічного стану середовища" (м. Київ, 2012 р.);

- Науково-практична конференція "Питання пошуків, розвідки та

екологічних аспектів видобування вуглеводнів з ущільнених

колекторів, газосланцевих товщ та вуглевміщуючих пластів" (м. Київ,

2015р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 7 наукових робіт, серед

яких 4 статті у наукових журналах та збірниках наукових праць, що належать

12

до списку затверджених МОН України фахових видань, де мають бути

опубліковані матеріали дисертаційних робіт і 1 – в іноземному науковому

виданні, а також 2 матеріалів конференцій та тез доповідей на наукових

конференціях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з

вступу, п’яти розділів і висновків, викладених на 138 сторінках машинописного

тексту, і супроводжується 8 таблицями, 29 рисунками і списком використаної

літератури (138 найменування).

Роботу виконано на кафедрі геології нафти і газу Навчально-наукового

інституту "Інститут геології" Київського національного університету імені

Тараса Шевченка, де дисертантом отримані основні результати теоретичних

досліджень, а також результати інтерпретації ГДС та проведено практичне

застосування розроблених способів та алгоритмів. Матеріали, на яких виконані

дослідження, були надані ТОВ “Надра Інтегровані Рішення”, за що дисертант

висловлює щиру подяку керівництву компанії.

За допомогу та постійну підтримку автор щиро дякує своєму науковому

керівникові, доктору геологічних наук, професору О. М. Карпенку та

науковому консультанту, заступнику директора з наукової роботи ТОВ

“Науково-виробничий центр "Укргеотехнології", кандидату геологічних наук

Г. О. Кашубі, без участі яких завершення даної роботи не було б можливим. У

період роботи над дисертацією автор також користувався консультаціями

доктора геолого-мінералогічних наук, професора В. М. Курганського, якому

висловлює глибоку подяку. Автор висловлює особисту подяку начальнику

відділу комплексної обробки та інтерпретації геолого-геофізичної інформації

ТОВ “Надра Інтегровані Рішення”, кандидату геолого-мінералогічних наук

В. Г. Колісніченку, що сформував автора як спеціаліста в процесі навчання та

спілкування. Автор вдячний своїм колегам і вчителям за цінні консультації та

допомогу при виконанні робіт за темою дисертації.

ВИСНОВКИ

Увисновкахпідведенопідсумокнауковихдослідженьтависвітлено

найбільшважливірезультатиотриманіавторомпідчасроботинад

дисертацієюГоловнірезультатизатемоюдисертаційноїроботиможна

сформулюватиувиглядітакихтверджень

Зметоюнеобхідностіотриманнябезперервноїпромисловогеофізичної

інформаціїповсьомугеологічномурозрізуродовищадляпобудовигеологогеофізичноїмоделіобгрунтованомінімальнонеобхіднийГКНКта

оптимальнийГКНКАКоб’ємданихпромисловоїгеофізикитавідповідні

методикиінтерпретаціїданихГДСособливозавідсутностікернового

матеріалуЗапропонованозаразізконкретнимикореляційнимизалежностями

типукернкернабокернГДСвикористовуватибільшуніверсальну

методикувизначенняпетрофізичнихпараметрівдосліджуваногосередовища

шляхомпобудовилінійнихгеоакустичнихмоделей

Наосновіаналізуіснуючихуявленьтафізикотехнологічнихмоделей

процесівщовідбуваютьсявзоніпроникненняприрозкриттігазонасиченого

пластазапропоновановдосконаленняіснуючогопідходущодокомплексної

інтерпретаціїданихнеелектричнихметодівкаротажурезультатомякогоє

оцінказалишковогогазонасиченнявзонідослідженнякожногозметодівта

більшдостовірневизначенняпористостігазонасиченоїпородиколектора

АвторомзапропонованозастосуваннякомплексуАКНКтавведеноновий

коефіцієнтКякийвраховуєрадіальнузмінузалишковогогазонасиченняв

пластіЦедозволитьсуттєвопідвищитидостовірністьоцінкиємнісних

характеристиктеригеннихпорідколекторівприоперативнійінтерпретації

данихГДСтаприпідрахункузапасіввуглеводнів

Урезультатіекспериментальнихдослідженьвстановленосуттєву

відмінністьреальноїгеоелектричноїмоделіглинистихпорідвідпетрофізичної

моделіуякійневрахованоособливостіпитомогоелектричногоопору



капілярнозвязаноїводиНаосновіуточненоїпетрофізичноїмоделі

запропоновановизначеннякоефіцієнтупористостіглинистихпоріднаприкладі

ОстроверхівськогоГКРщодозволитьпроводитиекспреснуоцінкуАВПТв

розрізісвердловини

Проведенідослідженнядозволиливиявитиновийякіснийпошуковий

геофізичнийкритерійможливоїнаявностіпродуктивногопластапідглинистим

флюїдоупоромзмістякогополягаєусуттєвійвідмінностіпитомого

електричногоопорутаінтервальногочасуврізнихділянкахпокришкиза

незмінноїїїглинистостіРазомізвизначенимиємніснимихарактеристиками

пластаколекторазаданимиГДСвикористанняданогокритеріюдозволяє

збільшитидостовірністьвиявленняпродуктивногопокладуабооб’єкту

ТакимчиномзапропонованіспособиінтерпретаціїданихГДС

геоелектричнімоделіглинистихтовщтанауковообгрунтованиймінімальний

таоптимальнийобємметодівкомплексуГДСорієнтованінапідвищення

ефективностіпетрофізичногозабезпеченнягеологогеофізичногомоделювання

газоконденсатнихпокладів