

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Потятинника Т. В.**
**«Підвищення інформативності геофізичних методів при встановленні
інтервалів обводнення газонасичених порід неогенових відкладів
Більче-Волицької зони Передкарпаття»,**
що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук
за спеціальністю 04.00.22 – Геофізика

Актуальність роботи. Енергетична незалежність України обумовлює необхідність ретельного аналізу процесу вилучення вуглеводнів із продуктивних пластів газових та нафтогазоконденсатних родовищ. На сьогоднішній день значна кількість розвіданих родовищ вуглеводнів у нафтогазових регіонах України перебуває на пізніх стадіях розробки, для яких характерним є обводнення продуктивних пластів, що в кінцевому випадку знижує коефіцієнт вилучення і зменшує загальний видобуток вуглеводнів. Отже, удосконалення контролю за процесом обводнення продуктивних пластів є актуальною задачею, розв'язання якої дозволить збільшити видобуток вуглеводнів. Встановлення інтервалів обводнення продуктивних пластів є головний елемент контролю за процесом вилучення вуглеводнів з природних надр, але ця задача не завжди розв'язується однозначно, особливо в складно побудованих колекторах, так наприклад, як для родовищ представлених неогеновими відкладами газових родовищ Більче-Волицької зони Передкарпаття, які характеризуються складним глинисто-карбонатно-пісчаним розрізом з значною диференціацією фільтраційно-ємнісних властивостей розрізів.

Спостереження за просуванням пластової води ґрунтується на аналізі фільтраційних властивостей прошарків, що складають продуктивну товщу, тому для достовірного контролю за обводненням необхідно створювати детальну фільтраційну модель родовища, яка ґрунтується на результатах комплексних геофізичних досліджень. В умовах складнопобудованих геологічних розрізів представлених відкладами пісковиків з підвищеним вмістом глин з базальним та порово-базальним типом цементу та домішками карбонатів, виникає необхідність вдосконалювати методичні основи

інтерпретації даних ГДС, а також створювати фільтраційні моделі покладів, що є актуальним завданням у процесі розробки та експлуатації нафтогазонасичених порід-колекторів.

Науковий рівень дисертації. Представлена дисертація є завершеною науковою працею. Отримані у роботі результати є науково обґрунтованими мають наукову новизну і представляють практичну цінність для підвищення інформативності результатів геолого-геофізичних досліджень складнопобудованих геологічних розрізів та побудови фільтраційної моделі продуктивних відкладів неогенової системи газових родовищ Більче-Волицької зони Передкарпаття. Детально ознайомившись з дисертаційною роботою, вважаю, що винесені на захист пункти наукової новизни доведеними.

Відповідність дисертації профілю наукової спеціальності. Робота повністю відповідає паспорту спеціальності 04.00.22 – геофізика (геологічні науки).

Практичне значення одержаних результатів. Розв'язані у дисертаційній роботі завдання, що до підвищення інформативності результатів геолого-геофізичних досліджень складнопобудованих геологічних розрізів та побудова фільтраційної моделі продуктивних відкладів неогенової системи газових родовищ Більче-Волицької зони дають змогу використовувати методичні прийоми для інтерпретації і переінтерпретації результатів геофізичних досліджень на етапі експлуатації газових родовищ Передкарпатського прогину. Запропонована фільтраційна модель для порід неогенового віку з глинисто-карбонатним та карбонатно-глинистим цементом на основі розробленої методики оцінювання ступеня карбонатності цементу породи дозволила створювати детальні моделі проникності продуктивних порід газових родовищ Передкарпатського прогину, за результатами геофізичних досліджень свердловин. Створена детальна фільтраційна модель Хідновицького газового родовища дозволить визначати напрямки обводнення продуктивних пластів за інформацією

фільтраційної неоднорідності.

Встановлені комплексні багатомірні петрофізичні взаємозв'язки можна використати у процесі визначення граничних значень підрахункових параметрів, що гарантуватиме достовірність оперативних геофізичних висновків.

Дисертація Потятинника Т. В. безпосередньо пов'язана з планами НАК «Нафтогаз України» спрямованими на нарощування видобутку нафти і газу, окреслених Національною програмою «Нафта і газ України до 2035 року».

Відповідність висновків меті та завданням досліджень. Наукові положення і висновки, які були одержані автором в результаті проведених досліджень, добре обґрунтовані великою кількістю використаного в роботі фактичного геолог-геофізичного матеріалу. Висновки повністю відповідають меті і завданням досліджень.

Достовірність і обґрунтованість. Теоретичні і практичні дослідження, що проведені і представлені у дисертаційній роботі дали змогу одержати нові науково-практичні результати, які базуються на використанні великого об'єму лабораторних досліджень кернавого матеріалу (наведені у додатках), та результатів геологічних і геофізичних досліджень свердловин. Отримані результати досліджень і їх наукова новизна підтверджені розрахунками на реальному геофізичному і геологічному матеріалі, та побудовою геолого-фільтраційної моделі.

Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних науково-практичних конференціях і семінарах.

Загальна характеристика дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів основного змісту дисертаційної роботи, висновків та списку використаних джерел.

За основу своїх досліджень пошукачем було взято геолого-геофізичні дослідження свердловин неогенових відкладів Більче-Волицької зони Карпатської нафтогазоносною провінції, а також результати лабораторних

досліджень кернавого матеріалу відібраного із даних відкладів.

Для об'єктивності оцінки ефективності використання геофізичних методів контролю за розробкою нафтогазових родовищ, які характеризуються породами-колекторами складної будови у дисертаційній роботі (перший розділ) проведено аналітичний огляд геолого-геофізичних методик і моделей визначення фільтраційно-ємнісних властивостей відкладів. За результатами аналізу вказані недоліки, проблеми моделювання та напрямки удосконалення інтерпретації геофізичних методів для контролю розробки нафтогазових родовищ, які представлені породами складної будови.

Окремо приділяється увага дослідженню неоднорідності пластів за товщиною та проникністю, що обумовлює нерівномірний процес обводнення продуктивних пластів і вказано на можливості визначення коефіцієнта проникності за даними ГДС та побудувати фільтраційної модель родовища.

У результаті огляду та аналізу наукових робіт і методик щодо оцінки характеру насичення порід-колекторів та визначення їхніх фільтраційно-ємнісних параметрів встановлено, що моделі багатомірних взаємозв'язків здебільшого характерні для чітко виражених геологічних умов та мономіктової матриці гірських порід а для складно побудованих порід необхідно враховувати окремі локальні властивості розрізів.

В дисертаційній роботі детально розглянуто особливості геологічної будови Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину на прикладі Хідновицького, Вижомлянського, Летнянського газоконденсатних родовищ, що дасть можливість обґрунтовано використовувати встановлені характеристики геолого-геофізичних параметрів на газових родовищах Передкарпатського прогину.

Пошукачем на основі аналізу результатів комплексних лабораторних досліджень кернавого матеріалу, відібраного із геологічного розрізу свердловин неогенових відкладів Більче-Волицької зони Карпатської нафтогазоносною провінції, виділено в геологічному розрізі Хідновицького

газового родовища дві групи порід. У першій групі домінують літотиби, що характеризуються значними відмінностями гранулометричного складу. Породи цієї групи характеризуються подібністю уламків кварцу та незначними домішками мінералів циркону, ілліту, лімоніту, рутилу, турмаліну. У цій групі наявні кварцити, алевроліти, алевритисті аргіліти та вапняки.

У другій групі відмічено породи з різними співвідношеннями основних та другорядних, аутогенних мінералів у складі цементу. Основними в цементі породи цієї групи є гідрослюда, ілліт, монтморилоніт, у вигляді фракцій розміром 0,01 мм і менше, а також глинисто-приховані кристалічні токодисперсні маси та кальцит. Другорядними мінералами в цементі породи є каолініт, кварц, хлорит, глауконіт, халцедон, арагоніт (у залишках фауни) і фосфорит.

Складна мінералогічна будова скелету породи визначає фізичні параметри і впливає на фільтраційно-ємнісні властивості гірських порід, які досліджуються геофізичними методами і обумовлює зниження достовірності інтерпретації.

Дослідження розподілу фільтраційно-ємнісних параметрів і карбонатності для чистих пісковиків та пісковиків із глинисто-карбонатним цементом дало можливість Потятиннику Т. В. встановити значну диференціацію коефіцієнта проникності порід-колекторів у порівнянні із пористістю та карбонатністю.

На основі проведеного стохастичного аналізу взаємного розподілу параметрів, що характеризують фільтраційно-ємнісні властивості порід продуктивного комплексу (коефіцієнт проникності, відкрита пористість і карбонатність) неогенових відкладів сарматського ярусу встановлено, що на величину пористості і проникності колектора впливає вміст карбонатно-глинистого цементу породи. Взаємозв'язок пористості із коефіцієнтом проникності породи, характеризується значною диференціацією коефіцієнта проникності і обумовлений ступеню відсортованості зерен скелету і

структурою порового простору породи.

Автором, на основі аналізу гранулометричної характеристики зерен породи, запропоновано новий підхід до оцінки структури порового простору та визначено вплив на зв'язок коефіцієнта проникності та пористості. Пропонується новий параметр (M), для характеристики розподілу зерен у матриці породи, який вказує на співвідношення діаметрів зерен та їхнього вмісту. Параметр відображає частку фракції зерен великого діаметра та їхній вмісту до загальної кількості і характеризує умови накопичення осадів у процесі формування породи, а також вказує на зернистість порід пісковиків. Максимальні значення величини M характеризують породу з хорошою відсортованістю, а мінімальні свідчать про невідосконалену відсортованість зерен у процесі формування породи-колектора.

Дослідження зв'язку параметра K_{np} з колекторськими властивостями породи (K_n) нормованими параметром M вказали на щільний зв'язок проникності з коефіцієнтом пористості при фіксованому значенні параметра M .

Автором проведені дослідження гранулярних моделей колекторів С. Сліхтера, К. Терцагі і гранулометричних досліджень та встановлені критерії які визначають коефіцієнт проникності, а саме - об'єм порового простору, діаметр зерен скелету і структура порового простору гранулярних порід.

В дисертаційній роботі проведено порівняльний аналіз способів визначення коефіцієнта проникності геофізичними методами досліджень свердловин, що дозволило визначитися з можливостями оцінки коефіцієнта проникності за даними ГДС для пісковиків неогенових відкладів Більче-Волицької зони з глинисто-карбонатним і карбонатно-глинистим цементом.

Автором роботи приділена значна увага дослідженню взаємозв'язків вимірних фізичних параметрів з коефіцієнтом проникності порід, з збільшеним вмістом карбонатів, на прикладі продуктивних порід сарматського ярусу на Хідновицькому газовому родовищі. За результатами

аналізу взаємозв'язків природного і наведеного гамма-поля для порід неогенового віку встановлено індивідуальний характер розподілу для порід із глинисто-карбонатним та з карбонатно-глинистим цементом.

Для породи з карбонатно-глинистим цементом характерна наявність домінуючого вкладу карбонатів, що збільшуватиме величину вторинного гамма-поля. Водневміст карбонатної речовини достатньо малий, і вміст карбонатної домішки призводить до зменшення водневмісту породи. Інтенсивності гамма-поля радіаційного захоплення теплових нейтронів змінюватиметься пропорційно до частки карбонату. Встановлена характеристика нейтронних властивостей гірських порід підтверджена експериментальними дослідженнями на керні і дала можливість запропонувати новий підхід та обґрунтування критерій визначення типу цементу.

Автором роботи для виділення інтервалів порід збагачених вмістом карбонату запропоновано використати метод зіставлення геофізичних кривих. Для цього використовується результати вимірів нейтронного гамма-каротажу і розрахованого для глинистих порід за залежністю природного гамма-поля і вторинного розсіяного гамма-поля. Для пластів-колекторів з максимальним вмістом розсіяного глинистого цементу покази методу НГК будуть мінімальні і прийняті нами для зіставлення. Для порід-колекторів із карбонатно-глинистим цементом покази методу НГК збільшуватимуться відповідно до збільшення частки карбонатної речовини. Розбіжність кривих відповідає ступеню домішки карбонату в цементі.

Запропонована методика аналізу впливу карбонатного цементу на поле нейтронного каротажу дозволяє встановлювати тип цементу теригенних порід неогенових відкладів на прикладі Хідновицького родовища.

Вперше для оцінювання ступеня карбонатності запропоновано використати комплексний параметр G , який вказує на частку дисперсної фракції породи в одиниці водневмісту. За результатами лабораторних вимірювань та геофізичних досліджень у свердловині комплексом методів

побудовано залежність параметра G від відносної карбонатності. Ця залежність характеризується логарифмічною функцією $C = 3,058 \ln(G) + 13,562$ і оцінюється високим коефіцієнтом кореляції $R = 0,9$.

Можливість визначення ступеня карбонатності дозволила використовувати дані ГДС для визначення коефіцієнта проникності на Хідновицькому родовищі з урахуванням впливу карбонатно-глинистого цементу. Була встановлена значна неоднорідність фільтраційних властивостей порід продуктивних відкладів, які проявляються у структурно-літологічних особливостях будови резервуара, що може призвести до утворення локальної зони недонасичення та обводнення пласта-колектора.

Для встановлення детальної фільтраційної характеристики родовища розроблено нову фільтраційну модель, яка дає можливість враховувати ступінь карбонатності при визначенні абсолютної проникності порід із карбонатно-глинистим цементом. Такого роду фільтраційна модель надає додаткову інформацію при контролі за обводненням продуктивних відкладів.

У завершальній частині дисертації представлена диференційна модель фільтраційних властивостей продуктивних відкладів Хідновицького родовища, яка розроблена на основі нової фільтраційної моделі, що дає можливість враховувати ступінь карбонатності при визначенні абсолютної проникності порід із карбонатно-глинистим цементом методами геофізичних досліджень свердловин. Фільтраційна модель Хідновицького родовища представлена у вигляді схеми ізогіпсів середньозважених значень коефіцієнта проникності та профілів. Значення середньозваженої проникності в кожній точці (свердловини) дають інформацію про фільтраційні характеристики породи і потужності продуктивного пласта, а профілі – дають інформацію з фільтраційної неоднорідності продуктивного розрізу. Встановлений розподіл неоднорідності фільтраційної характеристики продуктивних пластів на Хідновицькому родовищі дозволив прогнозувати процес обводнення покладів, особливо коли очікується підняття ГВК у вигляді конусів

Данна робота підтверджує можливість практичного використання технології побудови геолого-фільтраційної моделі на реальному геологічному матеріалі. Вказано, що проведений аналіз фільтраційних властивостей продуктивних порід дав змогу виявити зони підвищених фільтраційно-ємнісних властивостей, і прогнозувати напрямки обводнення.

Зауваження.

- у першому розділі приведено детальний аналіз і узагальнені результати геолого-геофізичних досліджень науковців та виробничників у напрямі вивчення формування покладу, пошуків та видобутку вуглеводнів, однак на думку опонента недостатньо розглянуто вплив вертикальної неоднорідності продуктивного інтервалу на процес обводнення, який досліджується методами ГДС;
- у першому розділі бажано було б надати більшу розширену характеристику поняттю породи складної будови, оскільки ці породи виявляють нестандартні характеристики зв'язків з параметрами фізичних полів.
- у другому розділі сторінка 55 «Для встановлення впливу характеру насичення глини на її фільтраційні властивості, нами проведено моделювання зміни коефіцієнтів проникнення у заглинизованих породах в залежності від мінералізації пластової води та різних пластових тисках. Що мається на увазі «характеру насичення глини на її фільтраційні властивості»? ;
- у другому розділі рисунок 2.8 наведена комплексна номограма для визначення K_p і K_f . Необхідно було навести тільки рівняння. Визначення K_p і K_f за номограмою буде оцінюватися великою похибкою.
- у третьому розділі опис літологічної характеристики порід неогенового віку необхідно було навести у другому розділі;
- у третьому розділі при дослідженні геометрії порового простору за інформацією гранулометричного розподілу зерен необхідно було

використати результати ртутної порометрії;

- у третьому розділі рисунок 3.13 не вказано величину параметра M для точок різного коліру;
- у четвертому розділі також слід було розглянути сучасні методи визначення карбонатності розрізів. Наприклад: спектрометричний імпульсний нейтронний гама каротаж в режимі Ca/Si та C/O
- у п'ятому розділі слід було провести співставлення дебітів свердловин по розкритих горизонтах з побудованою фільтраційною моделлю.

Зроблені зауваження не впливають на зміст і не знижують наукової цінності дисертаційної роботи.

Наукові положення і висновки, які були одержані автором в результаті проведених досліджень, добре обґрунтовані великою кількістю використаного в роботі фактичного матеріалу. Висновки повністю відповідають меті і завданням досліджень.

Представлена дисертація є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову задачу з підвищення інформативності геофізичних методів при встановленні інтервалів обводнення газонасичених порід неогенових відкладів Хідновицького газового родовища. Важливо зазначити, що розроблені в дисертаційній роботі теоретичні положення і науково-практичні висновки, реалізовуватимуться в процесі геолого-геофізичних досліджень свердловин газових родовища України, що перебувають на завершальній стадії розробки.

В цілому дисертаційна робота Потятинника Тараса Володимировича виконана на високому науковому рівні, має практичне значення, в достатній степені апробована.

Отже, дисертаційна робота **«Підвищення інформативності геофізичних методів при встановленні інтервалів обводнення газонасичених порід неогенових відкладів Більче-Волицької зони Передкарпаття»** у науковому і практичному аспектах відповідає всім

вимогам, що пред'являються до кандидатських дисертацій, а Потятинник Тарас Володимирович при успішному захисті дисертаційної роботи, заслуговує на присвоєння йому наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – Геофізика.

Головний геофізик
ПАТ «Укрнафта»
кандидат геологічних наук



А. В. Старостін