

## ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Скакальської Людмили Василівни  
«Прогнозування пружних характеристик та нафтогазоводонасиченості порід  
у розрізах свердловин за даними акустичного каротажу і кернових досліджень»,  
представлену до захисту на засіданні Спеціалізованої Вченої ради Д 26.200.01  
при Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України  
на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук  
за спеціальністю 04.00.22 – геофізика,  
(103 – Науки про Землю) 10 Природничі науки.

Актуальність дисертаційної роботи Л.В.Скакальської зумовлена необхідністю підвищення ефективності нафтогазопошукових робіт в умовах пошуків покладів вуглеводнів в складних геологічних умовах. У цій проблематиці одним з важливих є завдання створення все більш ефективних методик прогнозування нафтогазонасиченості розрізів свердловин за каротажними та керновими даними, зокрема, у Західному нафтогазоносному регіоні України.

Дисертаційна робота виконана у відділі методів сейсмотектонічних досліджень Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України (м. Львів) в рамках 12 бюджетних, конкурсних та договірних науково-дослідних тем, напрямок яких відноситься до пріоритетних напрямків розвитку науки й техніки, визначених Верховною Радою України. Авторка брала участь у виконанні тем в тому числі і як їх відповідальний виконавець.

Вивчення матеріалів дисертаційної роботи дозволяє стверджувати добру обґрунтованість наукових положень, винесених на захист, оскільки автор використовує математичні методи обробки даних геофізичних досліджень свердловин та вивчення керну, використовує раніше обґрунтовані літературні матеріали та математичний апарат, проводить глибокий статистичний аналіз отриманої інформації тощо.

Рецензована дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів із списками використаних джерел, загальних висновків та додатків. Результати досліджень детально ілюструються численними графічними та табличними матеріалами, частина з них наведена у додатках.

У вступі дисертаційної роботи наведено мету і завдання досліджень, описано об'єкт, предмет і методи, наукову новизну результатів роботи, коротко обґрунтовано достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій та практичне значення отриманих результатів, відзначено особистий внесок здобувачки у вирішення поставлених завдань, наведено дані про апробацію результатів досліджень і публікації.

Наукова новизна подана дисертанткою у 8 пунктах, дуже докладно, навіть, на мою думку, занадто широко. Конкретизуючи, в роботі:

1. Вперше розроблено теоретико-методичні підходи до теоретико-емпіричної методики прогнозування нафтогазонасиченості порід у розрізах свердловин за даними АК і кернових досліджень на основі комбінації фізико-математичної моделі порід-колекторів з використанням параметра стисливості порід.



2. На основі аналізу параметричної бази порід ЗНГР побудовано уточнені емпіричні співвідношення між петрофізичними й емісними характеристиками для різних типів флюїду.

3. Вперше у рамках прогнозної методики на основі виведених теоретичних та емпіричних співвідношень побудовано узагальнений прогнозний функціонал для визначення пористості і прогнозування типу заповнювача пустот порід досліджуваного розрізу.

4. Вперше розроблено додаткові варіанти комплексної методики прогнозування нафтогазонасиченості порід у розрізах свердловин з використанням даних гамма-каротажу, електрокаротажу (методу самочинної поляризації), сейсмокаротажу.

5. Вперше створено програмно-алгоритмічне забезпечення для реалізації розробленої комплексної методики (базового та додаткових варіантів) у середовищах Fortran, C# та Excel.

6. Вперше за розробленою методикою (за базовим та додатковими варіантами) розраховано пружні та **емісні** характеристики порід розрізів більше 10 свердловин нафтогазоносних структур ЗНГР України та спрогнозовано тип їх флюїдонасичення.

**В цьому пункті наукової новизни рецензент вважає за доцільне використати замість терміну «колекторські» саме термін «емісні», оскільки мова йде тільки про коефіцієнт пористості.**

7. Вперше для уточненого розрізнення типу пустотного заповнювача у розрізах свердловин додатково до розрізнення за швидкостями пружних хвиль розроблено і реалізовано способи такого розрізнення за стисливістю порід та за густиною пустотного заповнювача.

8. Вперше розроблено спосіб визначення типу породи за розрахованою засобами методики стисливістю твердої фази породи і спосіб оцінки ступеня тріщинуватості і проникності порід в прошарках розрізів свердловин.

Щодо останнього пункту наукової новизни, автором дисертації він поданий в такий редакції: «Вперше розроблено спосіб визначення типу породи за розрахованою засобами методики стисливістю твердої фази породи і спосіб оцінювання (детально по прошарках) тріщинуватості та проникності порід розрізу.»

**Рецензент не згодний з такою трактовкою, вважаю, що в роботі не наводиться нових методик кількісної оцінки тріщинуватості і проникності. Тому варто було б застосувати термін «спосіб оцінки ступеня тріщинуватості і проникності», як це подано в розділі 5.**

У першому розділі в загальному описано стан досліджень щодо прогнозування нафтогазоводонасиченості порід у розрізах свердловин в Україні та за кордоном, проаналізовано деякі підходи до розв'язання цих проблем, зокрема, щодо використання даних акустичного каротажу. Детальніше розглянуто фізико-математичні основи опису петрофізичних характеристик гірських порід, проаналізовано стан та проблеми розвитку наукових основ та методик прогнозування флюїдонасичення, сформульовано мету та завдання досліджень, обґрунтовано ідеї та підходи до їх вирішення.



В цьому розділі автором підкреслюється, що нею «стисло розглянуто особливості використання даних каротажних і кернових досліджень для прогнозування нафтогазоносності розрізів свердловин». За текстом часто зустрічається саме термін «нафтогазоносність». На мою думку в контексті досліджень дисертанта варто було б писати «нафтогазонасиченість», оскільки мова іде саме про тип насиченості пустотного простору, а не про наявність нафти або газу.

Крім того в цьому розділі і в дисертації в цілому при описі пустотного простору використовується термін «пори», хоча мова іде про весь пустотний простір, тріщини в тому числі. На думку рецензента варто було б використовувати термін «пустоти».

У результаті проведеного аналізу здобувачкою сформульовано мету дисертаційної роботи – створення теоретико-емпіричної методики прогнозування пружних і колекторських властивостей та нафтогазоводонасиченості порід у розрізах свердловин за даними кернових досліджень, акустичного та інших методів каротажу та апробацію її при вивченні розрізів свердловин Західного НГР України.

Другий розділ дисертації присвячено детальному викладу базового варіанту створеної дисертанткою методики прогнозування нафтогазоводонасиченості порід у розрізах свердловин за даними акустичного каротажу (АК), а також за даними досліджень керну.

Створена методика поєднує в собі складові – фізико-математичну модель гірської породи, дані акустичного каротажу, а також побудовані за даними кернових досліджень емпіричні співвідношення між пружними, акустичними і емнісними характеристиками порід.

Для побудови узагальнених емпіричних співвідношень для розробки методики на першому етапі авторкою визначено вид кореляційних залежностей стисливості від пористості і стисливості від тиску за результатами досліджень масиву експериментальних даних стисливості порід-колекторів з параметричної бази ЗНГР (табл. 2.1, рис. 2.7). В роботі вказано, що параметрична база складена в тому числі за даними ЛВ УкрДГРІ. Однак, що це за дані, не наводиться, немає їх характеристики, немає посилання на джерело. Необхідно було це вказати, обґрунтування методики було б більш повним за наявності такої інформації.

З використанням побудованих теоретичних та емпіричних залежностей сформовано результуючий прогнозний функціонал – повну визначену систему рівнянь для розрахунків петрофізичних характеристик порід у прошарках розрізу свердловини і прогнозування їх пористості та типу заповнювача пустотного простору.

Для підвищення надійності розрізнення типу флюїду (особливо нафти й води) у пустотах породи-колектора в рамках базового варіанту методики здобувачкою розроблено та інтегровано в прогнозний функціонал три способи такого розрізнення – за швидкостями пружних хвиль (базовий критерій), за параметром стисливості порід, за густиною пустотного заповнювача.

При описі базового варіанту методики можна було детальніше описати способи досягнення надійного прогнозування пористості порід, зокрема, з



урахуванням їх глинистості, на цих результатах ґрунтуються подальші уточнені прогнозування типу флюїду, а самі способи уточнення визначень пористості згадані тільки побіжно.

У кінці розділу описано програмно-алгоритмічну реалізацію базового та описаних далі додаткових варіантів прогнозної методики, здійснену здобувачкою у середовищах Fortran, C# і Excel. Це дало дисертантці можливість провести в подальшому ефективну апробацію методики на даних багатьох свердловин ЗНГР.

У третьому розділі наведено результати апробації базового варіанту розробленої прогнозної методики на реальних даних розрізів п'яти свердловин ряду структур Західного НГР України для глин, мергелів, алевролітів, вапняків, пісковиків та сланцевих товщ.

Дисертанткою наведено ряд загальних результатів прогнозування по розрізах кожної з цих свердловин та ряд їх детальних фрагментів, проведено порівняння з даними досліджень інших авторів по цих свердловинах, у т.ч. отриманими вже після проведення розрахунків здобувачкою.

В четвертому розділі представлено створення та апробацію додаткових варіантів методики на основі даних інших каротажних методів – гамма-каротажу (ГК), електрокаротажу (ЕК/ПС), методу офсетів і сейсмокаротажу (СК) і відповідних додаткових кореляційних залежностей. Такі варіанти використовуються за відсутності даних АК для конкретних свердловин чи інтервалів розрізів, а також для підвищення надійності прогнозування нафтогазоносності цих розрізів.

Однак, авторкою не враховано, що в сучасних системах інтерпретації даних ГДС, які використовуються в Україні (наприклад, IT IC, Техлог) є спеціальне програмне забезпечення для моделювання синтетичної кривої АК за її відсутності. Це набагато спрощує використання методики, і відпадає необхідність використовувати емпіричні зв'язки типу  $\Delta T^{AK} = f(\text{ГК})$  або  $\Delta T^{AK} = f(\text{ПС})$ .

У розділі наведено результати апробації розроблених варіантів прогнозної методики на даних свердловин 3-Бучацька, 28-Никловицька, 23-Орховицька, 15-Лудинська, 2-Зарічнлянська, 4-Північно-Зарічнлянська. На цих прикладах детально показано особливості застосування математичного апарату розроблених варіантів прогнозної методики та зазвичай представлені деякі результати, що ілюструють їх достатню ефективність.

Проте, конкретних результатів використання методу офсетів в роботі не наведено.

Крім того, ефективність використання того чи іншого варіанту методики не може характеризуватися виразами, наприклад: «Добрі результати отримано з використанням даних методу ПС». Для характеристики ефективності необхідні кількісні ознаки.

У п'ятому розділі дисертації здобувачкою проведено аналіз петрофізичних характеристик порід-колекторів ЗНГР з метою ілюстрації надійності прогнозування за створеною методикою нафтогазонасиченості розрізів свердловин ЗНГР.



Насамперед було детально проаналізовано залежності параметра стисливості порід від пористості і тиску для параметричної бази ЗНГР і побудовано уточнені емпіричні співвідношення з відповідною мультиплікативною складовою для сухих і заповнених рідким флюїдом порід (різновиди пісковиків, вапняки).

**Цей матеріал пов'язаний і частково повторює те, що наведене у розділі 2 (підрозділ 2.2.2), тому, на погляд рецензента, його доцільно було навести там, уникнувши повторів.**

Як один з напрямків розвитку прогнозної методики щодо вивчення петрофізичних та колекторських характеристик порід розрізів свердловин, здобувачкою, з використанням підходів А.І.Тімурзієва, розроблено спосіб оцінки проникності порід в прошарках розрізів досліджуваних свердловин за розрахованими за методикою петрофізичними характеристиками цих порід.

У висновках дисертанткою наведено основні результати та висновки, які підсумовують та інтегрують викладене в конкретних розділах.

Оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, слід зазначити, що вона є серйозним завершеним дослідженням, результатом якого є досягнення поставленої мети – створення та апробація за даними вивчення матеріалів ГДС і кернових досліджень ряду свердловин ЗНГР теоретико-емпіричної методики прогнозування пружних та емнісних властивостей, нафтогазонасиченості порід у розрізах свердловин. У процесі досліджень дисертанткою розв'язано цілий ряд фізико-математичних, методико-статистичних, програмно-алгоритмічних та прикладних задач, завдяки яким результати цих досліджень є суттєвими для розвитку геологічної науки.

Матеріал дисертації викладено детально та послідовно, хід і результати досліджень проілюстровано численними графічними матеріалами і табличними даними, результати та висновки добре аргументовано. При цьому здобувачка показала свій високий науковий рівень, знання проблематики і результатів інших дослідників.

Всі вказані вище зауваження, в основному, стосуються аспектів подання матеріалу і не применшують вагомість та обґрунтованість результатів дисертаційних досліджень здобувачки.

Автореферат дисертаційної роботи Л.В.Скакальської відображає всі основні положення дисертації і підготований відповідно до затверджених ДАК України правил для написання авторефератів. Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації.

Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на багатьох конференціях різного рівня, в тому числі міжнародних, вони викладені у 35-ти публікаціях (з них 6 – особисті), у т.ч. у 9-ти статтях (з яких 6 у фахових виданнях України, з них 2 роботи індексуються у міжнародній наукометричній базі Web of Science, 3 - в закордонних періодичних наукових виданнях (одна індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus) і 26 матеріалів та тез доповідей українських і міжнародних наукових конференцій. Результати роботи достатньо повно висвітлені як в наукових фахових виданнях, так і в доповідях, зроблених на конференціях.



Підсумовуючи, вважаю, аналіз дисертації, автореферату та опублікованих праць дає підстави для висновку про те, що дослідження «Прогнозування пружних характеристик та нафтогазоводонасиченості порід у розрізах свердловин за даними акустичного каротажу і кернових досліджень» є завершеною, самостійно виконаною науковою роботою, що має актуальне теоретичне ат практичне значення, відзначається новизною, відповідає вимогам Державної атестаційної комісії, заслуговує позитивної оцінки, відповідає вимогам пп. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567), вимогам наказу № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та іншим нормативним актам Міністерства освіти і науки щодо кандидатських дисертацій. Авторка дисертації Скакальська Людмила Василівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Офіційний опонент,  
доцент кафедри геофізики ННІ «Інститут геології»  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
кандидат геологічних наук,  
старший науковий співробітник

І.М.Безродна

Людмила  
Василівна  
Скакальська  
23.0

