

## В І Д З И В

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Вижви Андрія Сергійовича

«Інваріантно-поляризаційний метод визначення пружних постійних та симетрії гірських порід за даними ВСП», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Найбільш перспективними методами щодо дослідження геологічної будови родовищ нафти і газу, прогнозу літології та фільтраційно-ємнісних параметрів порід колекторів є сейсмічні і сейсмоакустичні методи. Враховуючи той факт, що найбільші прирости запасів вуглеводневої сировини пов'язані із складнобудованими карбонатними розрізами, зонами тріщинуватості в ущільнених осадових відкладах і поверхні кристалічного фундаменту, тонкошарувати глинистими відкладами, сланцевими товщами з високим вмістом органічної речовини, їх вивчення традиційними методами без урахування анізотропії пружних параметрів часто призводить до значних похибок у сейсмогеологічних побудовах та прогнозуванні фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід. У зв'язку з цим практично важливими є дослідження пружної симетрії та анізотропії швидкостей поширення хвиль різної природи у гірських породах та породоутворюючих мінералах.

Актуальність даної роботи не викликає сумнівів. Зокрема, напрямок досліджень відповідає закону України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» щодо нарощування запасів вуглеводневої сировини, та планам науководослідних робіт Київського національного університету імені Тараса Шевченка, у виконанні яких дисертант брав безпосередню участь. Ця робота є продовженням цілого ряду досліджень акустичної та пружної анізотропії осадових порід, які проводить кафедра геофізики вже більше 30 років, і фактично є наступним

кроком від ультразвукових досліджень керну, акустичних досліджень в свердловинах до даних ВСП і сейсмозвідки.

Найбільш значимими результатами дисертаційної роботи Вижви А.С. є:

1. Дослідження параметрів анізотропії пружних хвиль основних породотворюючих глинистих мінералів в поперечно-ізотропному наближенні та аналіз похибок, пов'язаних з поперечно-ізотропною апроксимацією на прикладі каолініту та мусковіту.
2. Розроблений алгоритм і програмне забезпечення для визначення симетрії та повного набору компонент тензорної матриці пружних сталих осадових порід за даними ВСП, розрахунків та візуалізації параметрів анізотропії, зокрема швидкостей поширення пружних хвиль, диференціальних коефіцієнтів анізотропії, динамічних модулів пружності осадових товщ різного літологічного складу.
3. Реалізований алгоритм і програма чисельних розрахунків ізохрон поверхневого годографа для шаруватого середовища триклінної симетрії з можливістю ромбічної та поперечно-ізотропної апроксимації.
4. Оригінальний метод оцінки кінематичної поправки за негіперболоїдність поверхневого годографа відбитої хвилі.

Всі наукові положення, що винесені на захист, є добре обґрунтованими. Вони базуються на уявленні про осадові гірські породи, як про складноповбудоване середовище, ефективні геофізичні параметри якого описуються сучасними математичними засобами з урахуванням симетрії пружних параметрів та особливостей кристалохімічної будови окремих мінералів, складу пустотних наповнювачів, орієнтації систем тріщин. Автором використовуються методи механіки стохастично неоднорідних середовищ та сучасні підходи до створення комп'ютерних програм для вирішення прямих задач, методи глобальної оптимізації при розв'язанні обернених задач. Наведені модельні побудови підкріплені необхідними прикладами та експериментальними результатами.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 92 найменувань. В основу дисертації лягли опубліковані автором 10 наукових робіт, в тому числі 5 статей, 4 публікації з міжнародних конференцій, 1 заявка на винахід. Із наведених робіт 4 публікації з міжнародних конференцій внесені до наукометричної бази Scopus, 1 стаття – до Web of Science, 1 – до Index Copernicus, заявка на винахід підтверджена Патентом України на корисну модель. Результати роботи повністю висвітлені в наукових фахових виданнях, пройшли апробацію на міжнародних конференціях. Основні результати отримані автором особисто, в публікаціях із співавторами виділено особистий внесок дисертанта, що є вагомим.

Розглянемо зміст роботи більш детально, з приділенням більшої уваги критичним зауваженням і побажанням.

У Вступі до дисертації висвітлено загальний стан наукової проблеми і актуальність теми досліджень, сформульовано мету роботи та основні завдання, які вирішував здобувач, відображено наукову новизну і практичне значення роботи та отриманих результатів.

**У першому розділі** наведена оцінка сучасного стану врахування акустичної та пружної анізотропії при проведенні польових сейсмічних та сейсмоакустичних досліджень.

За основу при аналізі і поясненні явища анізотропії здобувачем взятий принцип Неймана-Кюрі, згідно з яким симетрія структури упорядкованого геологічного середовища визначає і характер симетрії тензора пружних сталих, і всі без виключення параметри азимутальної сейсмічної анізотропії контролюються типом симетрії та упорядкованості структурних елементів геологічного середовища.

Необхідно зазначити, що при дослідженні пружної і акустичної анізотропії гірських порід і комплексів, завжди є проблема переходу від мікро- до макрооб'єму, якій здобувач не приділив уваги. При ультразвукових дослідженнях зразків, акустичному каротажу, ВСП і польовій сейсмозв'язці використовуву-

ються різні довжини хвиль і різні частоти коливань від МГц до одиниць Гц. Для сейсморозвідки існує поняття квазіанізотропії, яка пов'язана в першу чергу із шаруватістю.

У **другому розділі** наведено результати дослідження пружної анізотропії основних глинистих мінералів. Наведена велика кількість фактичного матеріалу, який становить значний інтерес для розуміння природи анізотропії глинистих мінералів і цілих породних комплексів на їх основі. Це також може бути основою для моделювання хвильових полів в складних умовах глинистих товщ і окремих ефектів щодо поверхневих годографів відбитих хвиль. Ці дослідження описуються здобувачем у наступних розділах.

В **розділі 3** детально описаний розроблений автором інваріантно-поляризаційний метод визначення пружної симетрії і пружних сталих товщі осадових порід різного літологічного складу за допомогою даних ВСП.

Особливий інтерес представляють отримані дисертантом поверхні рефракції і хвильові поверхні. Між цими поверхнями існує закономірний взаємозв'язок. Зокрема, наявність опуклості на поверхні рефракції спричиняє відповідну опуклість на хвильовій поверхні.

Наявність увігнутості на поверхні рефракції «повільної» квазіпоперечної хвилі піщано-глинистої і глинистої товщі спричиняє появу петлі відповідно до наявності увігнутості на поверхні рефракції. Проте їх розташування асиметричне, як і розмір площі локалізації проекції на координатну площину.

Як видно із наведених даних, форма розтинів координатною площиною поверхонь рефракції добре узгоджується із пружною симетрією осадових товщ. Це планальна триклінна і аксіальна ромбічна симетрія.

В той же час необхідно зазначити, що використані в дисертації дані, відповідають відносно невеликим глибинам (перші сотні метрів). Водночас, основні нафтогазоносні комплекси України пов'язані із значно більшими глибинами, як правило 3-6 км. На таких глибинах різниця між триклінною і поперечно-



ізотропною апроксимацією може мати зовсім інший характер, зокрема в зв'язку із зовсім іншими термодинамічними умовами.

Маючи повний набір матриці пружних постійних, стереографічні проекції модулів пружності (коефіцієнт Пуассона, модуль Юнга) автор міг би оцінити і функції розподілу орієнтації тріщинуватості за даними ВСП, тим більше, що це декларується як кінцевий результат розробленої технології і заявки на винахід. Це можна вважати рекомендацією для подальших досліджень.

У розділі 4 розглядається вплив симетрії шару на форму площинного годографа квазіпоздовжньої хвилі для товстошарової моделі, пружні сталі якої відповідають реальним даним, що наводяться в розділі 3 як результат обробки та інтерпретації даних ВСП для осадових товщ у природному заляганні, представлених глинистими, піщано-глинистими та карбонатними відкладами.

В той же час незрозуміло, які вимоги дана технологія ставить до параметрів систем реєстрації сейсмічних хвиль, обмежень щодо глибини залягання і потужності анізотропних товщ в контексті вітчизняних або зарубіжних практик польових сейсмічних спостережень. Крім цього, необхідно чітко уявляти, наскільки даний підхід може бути реалізований, і де його місце в сучасних системах обробки сейсмічної інформації.

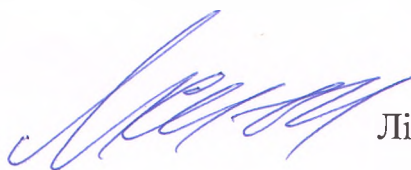
Слід сказати, що наведені вище недоліки не знижують загального позитивного враження про дисертацію. В більшості випадків їх можна віднести до побажань у подальших дослідженнях.

В роботі отримані нові теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності вирішують важливу наукову проблему дослідження пружної симетрії та анізотропії окремих структурних рівнів геологічного середовища: від мінералів до гірських порід. Робота має доволі великі перспективи застосування при інтерпретації даних широкоазимутальних сейсмічних спостережень, багатохвильової сейсморозвідки та даних ВСП в нафтогазоперспективних районах із складною геологічною будовою, а також при застосуванні технологій інтенсифікації із застосуванням гідророзриву пластів.

В цілому, дисертація Вижви А.С. є завершеною науково-дослідною роботою, добре оформлена та проілюстрована. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

Підсумовуючи вищесказане, можна зробити висновок, що подана дисертаційна робота відповідає всім вимогам „Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567, які висуваються до кандидатських дисертацій, а автор дисертації Вижва Андрій Сергійович заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Директор ІОЦ  
ТОВ «Тутковський геофізика»,  
доктор геологічних наук, доцент



Лісний Г.Д.

Підпис Г.Д.Лісного засвідчую  
Начальник відділу кадрів



Дем'янчук Т.В.