

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Лисинчука Дмитра Володимировича
«Швидкісні моделі літосфери України за даними ширококутних
сейсмічних глибинних зондувань»,
яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора
геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 - геофізика

Дисертаційна робота Лисинчука Д.В. об'ємом 374 сторінки включаючи 107 рисунків і 5 таблиць, складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел з 366 найменувань. Дисертація написана українською мовою.

Актуальність теми дослідження та зв'язок з науковими темами.

Детальне вивчення глибинної будови території України розпочалось у 60-70-х роках 20 ст. Основні результати опубліковані в роботах В.Б.Соллогуба, А.В.Чекунова та багатьох інших, але з того часу сейсмічна апаратура та цифрові методи обробки даних зазнали кардинальних змін – з'явилися автономні записуючі сейсмічні станції з широким динамічним діапазоном, які можна розставляти на довільних дистанціях від пунктів вибуху. Разом із супутниковими засобами позиціонування GPS, використання автономної сейсмічної апаратури дозволяє запровадити нову більш ефективну систему спостереження, що дає можливість реєструвати всі типи сейсмічних хвиль на відстанях 600 км і більше. При достатній потужності джерела обмеження пов'язані лише із кількістю сейсмічних станцій, які можуть бути залучені для проведення польових робіт.

Актуальність даної роботи визначається тим, що в ній представлені нові дані ширококутних глибинних сейсмічних зондувань, як по відбитим так і по заломленим хвилям, які зібрані за сучасною методикою спостереження, записані цифровою сейсмічною апаратурою і оброблені та проінтерпретовані на відповідному рівні, а швидкісні моделі, їх аналіз та геологічна інтерпретація дають нові знання про детальну будову основних тектонічних структур, які представлені на території України.

Дисертаційна робота Д.В.Лисинчука була підготована у зв'язку з

виконанням наукових тем Інституту геофізики імені С.І.Субботіна НАН України, в яких автор брав безпосередню участь: «Вивчення глибинної будови та геодинамічного розвитку літосфери північно-західного шельфу Чорного моря та південно-західної частини Східно-Європейської платформи у зв'язку з перспективами нафтогазоносності», № держ. реєстрації 0108U004822; «Геофізичні дослідження літосфери зони зчленування Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ у зв'язку з перспективами нафтогазоносності», № держ. реєстрації 0109U002947; «Сейсмічні дослідження літосфери зони зчленування Східно-Європейської платформи та Скіфської плити вздовж профілю Маріуполь-Феодосія-Чорне море у зв'язку з перспективами нафтогазоносності» в 2004-2007, № держ. реєстрації 0107U003123; «Створення комплексної тривимірної геофізичної моделі літосфери Українського щита у зв'язку з магматизмом, тектонікою та утворенням родовищ корисних копалин. № держ. реєстрації 0102U002478; «Сейсмічні дослідження земної кори і верхньої мантії Землі північно-західного шельфу Чорного моря у зв'язку з перспективами нафтогазоносності (проект DOBRE-5)», № держ. реєстрації 0110U006596; цільова тема «Геодинамічний розвиток літосфери України та формування і розміщення родовищ корисних копалин (2012-2016 рр.)», № держ. реєстрації 0112U003044; «Геофізичні дослідження глибинної будови, еволюції та геодинаміки Азово-Чорноморського регіону України та Криму у зв'язку з оцінкою перспектив нафтогазоносності (2014-2018 рр.)», № держ. реєстрації 0114U000234; «Сейсмічні та геофізичні спостереження на платформній частині території України у 2014-2018 рр.», № держ. реєстрації 0114U000231.

Основні результати, які представлені в дисертаційній роботі, опубліковані в 33 наукових працях: у 21 статті у фахових журналах, 11 з яких увійшли у базу SCOPUS, і 12-ти тезах доповідей на міжнародних конференціях.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи полягає у наступному:

- Автором одержані нові експериментальні сейсмічні дані, що були зібрані вздовж чотирьох регіональних профілів за сучасною ширококутною

методикою, записані цифровою апаратурою і належним чином оброблені для наступної інтерпретації. База даних сейсмічних спостережень представлена в цифрових форматах і стикується з програмними комплексами провідних світових геофізичних сервісних компаній.

- Для проведення інтерпретації ширококутних сейсмічних даних автор запропонував оригінальну методику, яка передбачає: 1) на першому етапі розрахунок швидкісної моделі з допомогою інверсії перших вступів зареєстрованих сейсмічних хвиль; 2) на другому етапі – тестування та модернізація початкової моделі з метою зменшити розбіжності між спостереженими та розрахунковими годографами разом з перевіркою та уточненням кореляції корисних інформативних хвиль; 3) на третьому етапі - розрахунок синтетичних сейсмограм та їх співставленням зі спостереженим хвилевим полем; 4) прийняття рішення про доцільність подальших розрахунків для модернізації моделі.
- Застосування променевого моделювання та інверсії часів пробігу сейсмічних хвиль в процесі розрахунку швидкісних моделей чотирьох регіональних профілів з допомогою загальнозживаних програмних комплексів вперше дало можливість вивчити переваги і недоліки кожного з них.
- На основі запропонованої методики автором розраховано швидкісні моделі за поздовжніми хвилями чотирьох регіональних профілів. За профілем EUROBRIDGE'97, на якому зібрано сейсмічні дані високої якості, отримано розподіл швидкісних характеристик за поперечними хвилями. За профілями DOBRE-4 та PANCAKE отримано розподіл у глибинному розрізі співвідношення швидкостей поздовжніх та поперечних хвиль. Усі розраховані швидкісні глибинні розрізи дозволили отримати суттєво нову інформацію про будову земної кори та верхньої мантії території України на глибину до 80 км.

Практична цінність роботи.

- 1) На основі зібраних сейсмічних записів вздовж чотирьох регіональних ширококутних профілів автором створена база даних у стандартному

сейсмічному форматі SEG-Y, яка може використовуватися в подальших дослідженнях при вивченні геологічної будови земної кори, наприклад, на основі динамічного аналізу сейсмічного запису для прогнозування наявності покладів вуглеводнів чи інших корисних копалин, комплексної інтерпретації з іншими геофізичними методами при сейсмогравітаційному моделюванні, міграційному перетворенні сейсмічних записів, розрахунку миттєвих параметрів хвильового поля та реалізації багатьох інших можливостей.

- 2) Розроблена автором методика інтерпретації даних ширококутних глибинних сейсмічних зондувань, ефективність якої забезпечується завдяки використанню принципово різних алгоритмів та комп'ютерних програм побудови швидкісних моделей та перевірці кінцевих результатів шляхом розрахунку синтетичних сейсмограм, що мають збігатися за амплітудою коливань зі спостереженими даними з відхиленням не більше 30%, може застосовуватися іншими дослідниками при вирішенні подібних завдань.
- 3) Завдяки тестуванню чотирьох загальноновживаних програмних комплексів в інтерпретації даних дуже складного хвильового поля за профілем DOBRE-4, в якому присутні подвоєння з перехрещуванням та утворенням петель годографів відбитої хвилі від підшви земної кори, автором запропоновані шляхи покращення програмних засобів для вирішення складних задач в інтерпретації сейсмічних даних.
- 4) Отримані автором розрізи розподілу швидкісних параметрів у верхній частині земної кори, особливо в осадових басейнах Прип'ятської западини та Чорноморського шельфу, можуть бути використані в проектуванні детальних неглибоких сейсмічних досліджень, які направлені на пошук та розвідку родовищ нафти та газу.
- 5) Швидкісні характеристики літосферних структурних блоків, геометрія відбиваючих та заломлюючих горизонтів в межах блоків та зон зрощування окремих одиниць дають нову інформацію про генезис та історію розвитку як окремих тектонічних блоків, так і всього регіону загалом. Виконана автором робота з аналізу та геологічної інтерпретації швидкісних моделей

поглиблює сучасні знання про будову земної кори та верхів мантиї території України.

Розділ 1 «Глибинна будова літосфери України за даними попередніх досліджень сейсмічними методами» складається з двох частин. В них окремо розглянуті регіональна геологія різновікових тектонічних регіонів, серед яких - докембрійський Східно-Європейський кратон, палеозойські Скіфська плита і Західно-Європейська платформа, кіммерійські і альпійські складчасті споруди, а також вивченість району сейсмічними методами та сейсмогеологічні умови проведення ширококутних сейсмічних зондувань, які були відпрацьовані в Україні з 1997 по 2011 роки.

Розділ 2 «Методи побудови швидкісних моделей середовища, що застосовуються при інтерпретації даних у ширококутних сейсмічних дослідженнях» також складається з двох підрозділів. У першому автор аналізує історію розвитку основних алгоритмів та комп'ютерних програмних комплексів, що використовуються для інтерпретації даних ширококутних сейсмічних зондувань. У другому розглянуто ряд комп'ютерних програмних продуктів, які у своїй більшості є доступними у мережі інтернет і широко використовуються при інтерпретації ширококутних сейсмічних досліджень для розрахунку розподілу швидкісних характеристик та геометрії відбиваючих/заломлюючих інтерфейсів. Програми томографічної інверсії перших вступів сейсмічних хвиль та розрахунку траєкторій сейсмічних хвиль і теоретичних часів реєстрації відповідних вступів на основі рішення ейконалу доповнені програмами повнохвильового моделювання на основі кінцево-різницевого методу розрахунку синтетичних сейсмограм.

Розділ 3 «Експериментальні дані ширококутних глибинних сейсмічних зондувань та їх обробка» складається з чотирьох підрозділів, у кожному з яких розглянуті зібрані експериментальні дані вздовж нових регіональних сейсмічних профілів. Основна частина фактичних даних була записана в межах України, в меншій мірі - у прилеглих районах Угорщини і Білорусі. Дисертантом була виконана систематизація отриманих даних, їх математична обробка, яка включала частотну фільтрацію та послаблення хвиль-завад,

редакцію зіпсованих трас, підсилення амплітуд інформативних корисних хвиль, редукцію часу та візуалізацію сейсмограм. Сейсмічні дані всіх чотирьох експериментів були переведені із внутрішнього формату записуючих станцій у стандартний SEG-Y та збережені у базі даних для подальшого використання у вигляді сейсмограм спільного пункту вибуху для наземних досліджень та сейсмограм спільної точки приймання для морських. Аналіз спостереженого хвильового поля дозволив виділити наступні сейсмічні фази, які зареєстровані у перших вступках: заломлені хвилі у осадових шарах (P_{sed}); заломлені хвилі, що утворилися у верхній та середній кристалічній корі (P_g); заломлені хвилі відразу нижче границі Мохо у верхній мантії (P_n). У повторних вступках були зареєстровані наступні відбиті хвилі: відбиття від границь у верхній та середній земній корі (P_cP); відбиття від підшови земної кори (P_mP). Всі зазначені годографи були оцифровані та ув'язані у взаємних точках, що дало можливість в подальшому використовувати їх для прямого та оберненого моделювання і побудови швидкісних моделей.

Розділ 4 «Інтерпретація сейсмічних даних на основі розрахунку швидкісних моделей та синтетичних сейсмограм» складається з чотирьох підрозділів, які присвячені розробці та практичній реалізації методики застосування моделювання в інтерпретації даних ширококутних сейсмічних зондувань, за якою були проведені розрахунки розподілу швидкісних характеристик вздовж глибинних розрізів чотирьох регіональних профілів в різних районах України. У першому підрозділі наведені результати, які отримані за програмами інверсії часів перших вступів сейсмічних хвиль, яка є порівняно простим і швидким засобом отримання загального розподілу швидкісних характеристик вздовж досліджуваного розрізу. Отримана на основі інверсії швидкісна модель може розглядатися як перше наближення моделі для подальших досліджень з використанням променевого трасування, або як кінцевий результат, що може бути придатним для геологічної інтерпретації. У другому підрозділі розглядається спільна томографічна інверсія годографів заломлених і відбитих хвиль, а в третьому - пряме променеве моделювання з розрахунком траєкторії сейсмічних променів і моментів виходу хвиль на денну

поверхню. Перевагою такого підходу є можливість безперервно контролювати правильність інтерпретації сейсмічних даних, таких як ідентифікація фаз певного типу хвиль та правильність їх кореляції на сейсмічних розрізах. Розраховані дисертантом швидкісні глибинні розрізи для кожного з досліджуваних профілів забезпечили збіг швидкісних параметрів моделей, які отримані з допомогою різних програм, що свідчить про достовірність одержаних результатів. У четвертому підрозділі показані результати розрахунку синтетичних сейсмограм на основі моделювання повного хвильового поля, які дають можливість порівняти спостережені сейсмічні записи з розрахованими синтетичними сейсмограмами і зробити висновки про якість побудованої швидкісної моделі і ступінь її відповідності зареєстрованим сейсмічним даним.

Розділ 5 «Результативні швидкісні моделі будови літосфери та їх геологічна інтерпретація за даними чотирьох регіональних профілів ширококутного глибинного сейсмічного зондування» складається з чотирьох підрозділів, кожен з яких присвячений аналізу та геологічній інтерпретації швидкісних моделей профілів EUROBRIDGE'97, PANCAKE, DOBRE-4 та DOBRE5, що отримані на основі запропонованої методики.

На профілі EUROBRIDGE'97 крім моделі швидкості за позовжніми хвилями, розраховані моделі за поперечними хвилями та розподіл коефіцієнту відношення V_p/V_s . Ці результати дали можливість виділити та охарактеризувати три великих структурних сегменти верхньої літосфери, що перетинається профілем: Прип'ятський прогин в межах магматичного поясу Оснітськ-Мікашевичі; Коростенський плутон у Волинському мегаблоці Українського щита; та Подільський мегаблок.

За профілем PANCAKE були задокументовані: Паннонський басейн і Закарпатський прогин у Західно-Європейській платформі; Карпатські гори та Прикарпатський прогин в межах транс-Європейської шовної зони; та західний схил Українського щита у Східно-Європейському кратоні (СЕК).

За профілем DOBRE-4 у верхній частині розрізу ідентифіковані: межа СЕК, яка перетинається профілем на відстані 60-90 км від початку; та

міжрегіональний тектонічний шов Херсон-Смоленськ на дистанції 370-440 км. На рівні подошви земної кори задокументовані два прогини поверхні Мохо літосферного масштабу, перший з яких знаходиться на дистанції 200-250 км і має максимальне занурення 47 км. Він пов'язаний з Голованівською шовною зоною. Другий прогин Мохо зафіксований на дистанції 330-370 км має глибину 45 км та пов'язується з тектонічним швом Херсон-Смоленськ.

За профілем DOBRE-5 були задокументовані чотири структурні сегменти земної кори. Починаючи із західного кінця профілю це: Передобруджінський прогин; Каркінітський прогин; Центрально-Кримське підняття; та Індоло-Кубанська западина.

Зауваження

При достатньо високому рівні роботи та значимим геологічним результатам у опонента є ряд зауважень та побажань як до змістовної частини, так і до форми представлення роботи. Їх умовно можна розбити на декілька груп. **Щодо представлення результатів**, то основні зауваження зводяться до наступного.

1. В розділі 1 занадто детально наведені результати досліджень вздовж регіональних профілів глибинного сейсмічного зондування, які були відпрацьовані у попередні роки. Ці дані широко опубліковані і було б достатньо перерахувати головні результати з посиланнями на відповідні джерела.

2. В розділі 2 зроблено огляд програмних продуктів, які використовуються в інтерпретації ширококутних глибинних сейсмічних зондувань, що означені, як «широковживані», але ніяк не обґрунтовано, чому автор зупинив свій вибір саме на цих програмах і проігнорував такі, як томографічна інверсія І.Ю.Кулакова, або спільна інверсія відбитих та заломлених годографів Дж.Коренага та багато інших.

3. В третьому розділі для всіх досліджуваних профілів окрім DOBRE-5 проведено аналіз поля поперечних сейсмічних хвиль. Виключення

поперечних хвиль із розгляду на профілі DOBRE-5 автором не обговорюються і не пояснюються.

4. На більшості рисунків розділу 4, які показують теоретичні та спостережні годографи, їх важко розрізнити.

5. Найбільш цікаві і важливі рисунки розділу 5 крім того, що перевантажені зайвою інформацією, ще і наведені у малому форматі. Їх треба було друкувати у альбомному положенні на всю сторінку, що безперечно полегшило б сприйняття інформації та підкреслило цікаві результати, які отримані автором при вивченні глибинної будови літосфери за сейсмічними даними.

6. В геологічній інтерпретації швидкісних моделей, яка зроблена у розділі 5, автору слід було би притримуватися якоїсь однієї структури опису чотирьох профілів, тоді як на профілях EUROBRIDGE'97, PANCAKE, DOBRE-5 спочатку виділені основні тектонічні блоки, які аналізуються окремо, а на профілі DOBRE-4 проведено аналіз за глибиною: спочатку осадовий чохол, потім фундамент та шари земної кори, далі поверхня Мохо і, на останок, верхня мантія.

7. Висновки кожного розділу і роботи в цілому є занадто описовими, містять детальний перелік об'єктів і процедур, які проводив автор, що їх перевантажує і відволікає від розуміння конкретних отриманих результатів.

Щодо змістовної частини, то опонент звертає увагу на наступне.

1. В зв'язку з тим, що більшість серйозних публікацій, представлених в доробку дисертанта, виконана великим колективом, досить складно розібратись, які узагальнення і нові результати отримані автором особисто в результаті виконання саме даного дисертаційного дослідження. Зокрема це відноситься до результатів, представлених в дисертаційних роботах Коломієць К. (по профілям PANCARE та DOBRE-4, 2015) та Фарфуляк Л. (по профілю DOBRE-5, 2016).

2. Пункт 5 наукової новизни «Структурний аналіз швидкісних розрізів надав можливість виділення перспективних в нафтогазоносному плані осадових басейнів та ділянок з приповерхневим заляганням кристалічних

порід, які можуть містити поклади мінеральних корисних копалин» є декларативним, так як не наводиться конкретних прикладів або навіть алгоритму застосування отриманих результатів для вирішення задач оцінки перспективності на окремі види корисних копалин. Така робота може бути темою окремого дисертаційного дослідження.

Зазначені зауваження не применшують науково-практичної цінності рецензованої роботи, яка безсумнівно відповідає рівню докторської дисертації. Отримані автором висновки в достатній мірі обґрунтовані, геологічні результати значимі і є такими, що не викликають сумнівів. Зроблені висновки базуються на результатах цілеспрямованих експериментів та аналітичних методах досліджень. Основні положення та висновки дисертаційного дослідження достатньо повно висвітлені у авторефераті та наукових фахових виданнях. Автореферат відповідає змісту дисертації.

Таким чином, дисертаційна робота «Швидкісні моделі літосфери України за даними ширококутних сейсмічних глибинних зондувань» є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, що має вагомое теоретичне і практичне значення, заслуговує позитивної оцінки, відповідає вимогам пп. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567 (зі змінами), а її автор Лисинчук Дмитро Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Офіційний опонент:

**Завідувач кафедри геофізики
Науково-навчального інституту «Інститут геології»
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка,
доктор геологічних наук, професор**

Вижва С.А.

Підпис засвідчую
Вчений секретар
КАРАУЛЬНА Н.В.
13.12.2017р.

