

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Лисинчука Дмитра Володимировича на тему «Швидкісні моделі літосфери України за даними ширококутних сейсмічних глибинних зондувань», яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Дисертаційна робота Д.В. Лисинчука має 374 сторінки друкованого тексту, 107 рисунків, 5 таблиць, 366 найменувань використаних джерел. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів і висновків, додаток 1 містить список публікацій автора за темою дисертації з 33 роботами.

У *вступі* (загальна характеристика роботи) визначені актуальність роботи, мета, задачі і методи досліджень, новизна отриманих результатів і їх практичне значення, апробація результатів дисертації.

Актуальність теми дослідження та зв'язок з науковими темами.

Основний зміст дисертації Д.В. Лисинчука свідчить про те, що її автор обрав для вивчення актуальну й цікаву тему, яка присвячена дослідженню глибинної будови консолідованої земної кори та верхньої мантії на території України на основі швидкісних моделей, що розраховані за даними ширококутних глибинних сейсмічних зондувань вздовж регіональних профілів, виділенню шарів та масштабних блоків в земній корі, які різняться за швидкісними параметрами та перспективами нафтогазоносності і вмісту мінеральних корисних копалин. Ширококутні глибинні сейсмічні зондування земних надр дають інформацію про фізичний стан, будову та склад консолідованої кори нашої планети, а також розуміння механізму її деформації, послідовності змін та історії розвитку. Структурні елементи в земній корі утворені з різних за складом, віком, глибиною залягання, умовами утворення та розвитку масштабними блоками. Всі вони, починаючи з докембрійського Українського щита з прилеглими територіями на півночі, до Карпат і транс'європейської шовної зони на заході і Скіфської плити на півдні, досить повно вивчені геофізичними методами, в першу чергу глибинним сейсмічним зондуванням. Разом з тим, за останній час відбувся значний розвиток у

технології сейсмічних досліджень, з'явилися нові цифрові записуючі станції та комп'ютерні програми обробки сейсмічної інформації, які забезпечують вирішення прямої та оберненої задач сейсміки на основі математичного моделювання та інверсії. Ці фактори забезпечили проведення нових сейсмічних експериментів на сучасному технологічному рівні. Дана робота присвячена актуальній задачі отримання нових знань про глибинну будову літосфери України на основі інтерпретації сучасних ширококутних сейсмічних зондувань. Інтерпретація сейсмічних даних як правило передбачає створення швидкісної моделі на основі прямого або оберненого моделювання часів розповсюдження певних фаз коливань у земній корі та мантії з використанням теорії променевого методу. Програми моделювання різняться за умовами параметризації моделі та за наборами даних, що використовуються для моделювання, регуляризації результату. Пряме та обернене моделювання часів пробігу хвиль в земній корі та верхній мантії дає прийнятний результат для створення швидкісної моделі Р-хвиль.

Дисертаційна робота Д.В. Лисинчука виконана у відповідності з науковими темами: «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.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

В дисертаційній роботі представлені нові унікальні експериментальні сейсмічні дані, інтерпретація яких дозволила автору розрахувати швидкісні моделі глибинної будови земної кори та верхів мантиї відразу під поверхнею Мохо таких великих тектонічних структур на території України, як Український щит, Карпати, Скіфська плита та перехідні зони між ними.

Автором запропонована оригінальна методика побудови швидкісної моделі на основі обробки ширококутних сейсмічних даних з допомогою комплексу принципово різних алгоритмів та програм, що реалізують вирішення прямої та оберненої задачі, разом з розрахунком синтетичних сейсмограм та їх співставленням зі спостереженим хвилевим полем.

Тестування комп'ютерних програм при інтерпретації даних, що отримані у суттєво різних сейсмогеологічних умовах, дозволило, по-перше, оцінити достовірність розрахованих результативних матеріалів при принциповому збігу кінцевих моделей, по-друге, дало можливість виявити недоліки та переваги кожного з алгоритмів та програм математичної обробки даних та запропонувати шляхи їх вдосконалення.

Побудовані швидкісні моделі чотирьох регіональних профілів дозволили отримати суттєво нову інформацію стосовно будови земної кори та верхньої мантиї під поверхнею Мохо на території України.

Детальний структурний аналіз верхньої частини швидкісних розрізів забезпечив виділення перспективних ділянок на нафту та газ в межах осадових басейнів та райони з неглибоким заляганням кристалічних порід, які можуть містити поклади рудних корисних копалин.

Практична цінність роботи полягає в тому, що:

– створена база експериментальних сейсмічних даних вздовж чотирьох

регіональних сейсмічних ширококутних профілів у стандартному сейсмічному форматі SEG-Y, яка може бути використана в наступних дослідженнях, наприклад, у побудові глибинних сейсмічних зображень на основі міграції, побудові карт відбиваючих/заломлюючих поверхонь, динамічному аналізі параметрів хвильового поля і таке інше;

– запропонована методика інтерпретації даних ширококутних глибинних сейсмічних зондувань, яка передбачає комплексне використання принципово різних алгоритмів та відповідних комп'ютерних програм побудови швидкісних моделей з наступним розрахунком синтетичних сейсмограм та перевіркою їх відповідності спостереженому хвилевому полю;

– показані шляхи вдосконалення загальноновживаних програмних комплексів для її повноцінного використання в умовах присутності у швидкісних розрізах відбиваючих/заломлюючих горизонтів складної форми, наприклад, западин поверхні Мохо літосферного масштабу, які призводять до накладання годографів однотипних сейсмічних хвиль і утворення петель на сейсмограмах;

– детальні швидкісні моделі верхньої частини розрізу можуть бути використані в проектуванні пошукових робіт на нафту та газ для збільшення добутку вуглеводнів;

– виконана автором геологічна інтерпретація швидкісних моделей, що розраховані за даними чотирьох регіональних профілів, висвітлює будову земної кори та верхньої мантиї території України.

У *першому розділі* «Глибинна будова літосфери України за даними попередніх досліджень сейсмічними методами» автор викладає докладну інформацію про регіональну геологічну будову літосфери України, вивченість районів робіт вздовж чотирьох регіональних профілів та сейсмогеологічні умови проведення ширококутних сейсмічних зондувань, які були відпрацьовані в Україні з 1997 по 2011 роки.

У *другому розділі* «Методи побудови швидкісних моделей середовища, що застосовуються при інтерпретації даних у ширококутних сейсмічних дослідженнях» автором викладено історію розвитку основних алгоритмів та програмних засобів для інтерпретації даних у ширококутних сейсмічних зондуваннях, розглянуто та

запропоновано для використання ряд комп'ютерних програмних засобів, які реалізують розрахунок чи підбір моделі розподілу швидкісних характеристик вздовж глибинного розрізу. Інтерпретація результатів досліджень, що розглядаються в даній роботі, головним чином здійснюється на основі побудови моделі розподілу сейсмічних швидкостей вздовж глибинного розрізу, для чого застосовуються різні підходи та методичні прийоми.

У *третьому розділі* «Експериментальні дані ширококутних глибинних сейсмічних зондувань та їх обробка» автор систематизує експериментальні дані, які представлені у вигляді сейсмограм спільного пункту вибуху для наземних досліджень та сейсмограм спільної точки приймання для морських. Польові роботи за методикою ширококутних глибинних сейсмічних зондувань проводились в основному в Україні та частково в сусідніх країнах: Білорусі та Угорщині. Результатом польових робіт стали набори сейсмограм, які записані в цифровими наземними та аналоговими донними сейсмічними станціями. Вимушені коливання впродовж експериментів були забезпечені хімічними вибухами, які проводились вздовж профілів приблизно через 30-50 км. Номінальна відстань між станціями запису складала 2,5-3 км. Цифровий безперервний запис кожної сейсмічної станції був переведений із внутрішнього RAW формату у стандартний формат збереження сейсмічної інформації SEG-Y. Відповідно до точних часів проведення вибухів із безперервного багатогодинного запису були вибрані заданої довжини проміжки, які і склали результативні сейсмограми. Математична обробка сейсмічних записів всіх чотирьох профілів, яка була направлена на збільшення амплітуди корисних хвиль, редукція часу і візуалізація матеріалів виконувалися безпосередньо автором.

У *четвертому розділі* «Інтерпретація сейсмічних даних на основі розрахунку швидкісних моделей та синтетичних сейсмограм» автором виконані розрахунки швидкісних моделей глибинних розрізів вздовж чотирьох регіональних профілів в різних районах України. Різні варіанти швидкісних розрізів при цьому були отримані з використанням ряду загальнозживаних програмних комплексів сейсмічного моделювання, які використовують принципово відмінні підходи у вирішенні як прямої, так і оберненої задачі сейсміки. Застосування комплексу програм розрахунку швидкісної моделі для одного набору сейсмічних даних дало

можливість представити декілька варіантів рішення, а аналіз результатів виявив переваги і недоліки, які важливо знати для застосування в різних геотектонічних умовах, та дозволив автору запропонувати методику застосування процедур інверсії часів пробігу різних типів сейсмічних хвиль і підбору моделі на основі променевого трасування для розшифровки складних систем годографів з накладанням однотипних сейсмічних хвиль і утворенням петель. Принциповий збіг швидкісних параметрів моделі, які розраховані з допомогою різних програмах, свідчить про достовірність одержаних результатів.

В н'ятому розділі «Результативні швидкісні моделі будови літосфери та їх геологічна інтерпретація за даними чотирьох регіональних профілів ширококутного глибинного сейсмічного зондування» автор представляє результативні глибинні швидкісні моделі, які отримані на основі запропонованої методики, та результати їх інтерпретації. Швидкісні моделі чотирьох регіональних профілів висвітлюють будову земної кори і верхньої мантії вздовж масштабних експериментів на території України. Розподіл швидкісних параметрів у структурних блоках земної кори і шарах, що їх складають, а також на контактах окремих геологічних споруд, дають нову інформацію про умови утворення, історію розвитку та деформації як окремих геотектонічних структур, так і всього регіону дослідження в цілому. Автором виконано структурний аналіз швидкісних моделей, що дало можливість окреслити осадові басейни, які мають перспективи в нафтогазоносності, та ділянки виходу на поверхню кристалічних порід, що можуть містити інші корисні копалини.

Ступінь достовірності та обґрунтованість наукових положень, висновків та результатів дисертації.

Основні результати досліджень автора достатньою мірою обґрунтовані і не визивають сумнівів. Вони отримані в результаті цілеспрямованих аналітичних методів досліджень. В даній роботі виконано пряме та зворотне сейсмічне моделювання при рішенні задач інтерпретації ширококутної сейсміки з допомогою деяких загальноживаних програмних комплексів, що дало можливість вивчити переваги і недоліки кожного з них. Застосування різних алгоритмів і програм сейсмічного моделювання свідчить про достовірність розрахованих результативних матеріалів при принциповому збігу кінцевих моделей.

Зауваження

1. У *Вступі* зазначено, що «Метою роботи є вивчення глибинної будови літосфери території України на основі швидкісних моделей...». Літосфера під територією України має глибину 200-300 км, а то і глибше (за різними джерелами). В даній роботі глибинність вивчення не перевищує 80 км, про що необхідно було вказати при постановці мети досліджень і глибинності очікуваних результатів.

2. На рис. 4.3, який показує двомірну швидкісну модель за профілем EUROBRIDGE'97 на основі томографічної інверсії перших вступів Р-хвилі за програмою FAST, переплутано Подільський та Волинський блоки місцями, в результаті чого Коростенський плутон виявився частиною Подільського блоку Українського щита.

3. На стор. 268 використовується назва «Південний блок Українського щита». За сучасними даними Український щит поділяється на Волинський, Подільський, Росинський, Інгульський, Середньопридніпровський та Приазовський мегаблоки.

4. На стор. 289 стверджується, що «Глибина Мохо в Карпатах подібна до середньо-глобальної для континентальних орогенів (близько 46 км)», що не відповідає приведеним автором даним для профілю PANCAKE. На стор. 287 на рис. 5.5 показана глибина Мохо, яка змінюється під Карпатами від 25 км (зі сторони Паннонського басейну в Угорщині) до 46 км на території України.

5. При описі зареєстрованих заломлених сейсмічних хвиль під поверхнею Мохо та в аналізі швидкісних моделей автор використовує термін «верхня мантія», хоча мова іде про перші 10-30 км мантії (з більше ніж 600 км) і коректніше було б називати їх верхами верхньої мантії, або верхня мантія відразу під Мохо.

6. Автор використовує терміни: «Східно-Європейська платформа», наприклад, на стор. 43, 51, 55, 270, 279; та «Східно-Європейський кратон» на стор. 6, 30, 65 та в багатьох інших місцях тексту, які позначають одну і ту саму тектонічну структуру. В роботі слід було б використовувати одну сталу назву для тектонічної структури: або Східно-Європейська платформа, або Східно-Європейський кратон.

7. Автор в роботі допускає стилістичні помилки, використовуючи оберти, на зразок «...нашою інтерпретацією ...» на стор. 306, чи «... наша модель» на стор. 274, які викликають питання, невже у дисертанта були співавтори при написанні

роботи?

8. Увага автора розподілена між чотирма профілями в різній мірі. У розділах 3 та 5 рисунки та текст, які стосуються профілю EUROBRIDGE'97, займають об'єм вдвічі більший ніж за кожним з трьох інших профілів, хоча EUROBRIDGE'97 не є самим протяжним серед розглянутих експериментів. У розділі 4, на відміну, найбільше уваги присвячено профілю DOBRE-4.

9. Висновки дещо розмиті та переобтяжені зайвою додатковою інформацією. Їх треба було формулювати більш стисло та конкретно, що підкреслювало б здобутки автора у досягненні мети роботи.

Оцінка змісту та завершеності дисертації.

Основні положення та висновки дисертаційного дослідження достатньо повно висвітлені у наукових фахових виданнях. Публікації та автореферат в повній мірі відображають зміст дисертаційного дослідження. Зроблені зауваження не ставлять під сумнів основні одержані результати.

Аналіз дисертації, автореферату та опублікованих праць дає підстави для висновку про те, що дослідження Дмитра Володимировича Лисинчука є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, що має вагомим теоретичне і практичне значення, заслуговує позитивної оцінки, відповідає вимогам пп. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» (Постанова Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567) та іншим інструктивним вимогам Міністерства освіти і науки щодо докторських дисертацій, а її автор Д.В. Лисинчук заслуговує на присудження наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Завідувач відділу спеціальної металогенії

Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»

доктор геологічних наук, старший науковий співробітник _____ *В.Г.* В.Г. Верховцев

Підпис В.Г. Верховцева засвідчую:

Учений секретар Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»
кандидат технічних наук



_____ *Н.А.* Н.А. Бородіна