

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу

ФАРФУЛЯК ЛЮДМИЛИ ВІКТОРІВНИ.

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика на тему:

«Глибинна будова західної частини Скіфської мікроплити за сучасними сейсмічними даними»

Предметом дисертаційної роботи Фарфуляк Л.В. є дослідження будови земної кори в межах західної частини Скіфської мікроплити (СМ) на основі даних глибинного сейсмічного зондування (ГСЗ) різних періодів, включно з новими даними, отриманими в процесі виконання робіт вздовж профілю DOBRE-5.

Актуальність досліджень СМ полягає в тому, що їх результати необхідні для обґрунтування планів подальшого економічного розвитку півдня країни з урахуванням його геологічного потенціалу в розвитку мінерально-сировинної бази країни, цілеспрямованого пошуку корисних копалин та встановлення геодинамічних умов формування небезпечних ендегенних геолого-геофізичних процесів для попередження їх небезпечних наслідків.

В результаті проведених досліджень одержано новий матеріал, необхідний для правильної геодинамічної інтерпретації формування району досліджень, прогнозування пошуків нафтогазових родовищ та захисту від землетрусів.

СМ є проміжною тектонічною структурою між Східноєвропейською платформою (СЄП) та Альпійсько-Гімалайським складчастим поясом. Геодинамічна позиція СМ до цього часу залишається не до кінця з'ясованою і трактується по-різному: або як частина Євразійської плити (ЄАП) (її епіорогенна зона), або як террейн Альпійсько-Гімалайського складчастого поясу (минулих океанів Палео- та Неотетису). В результаті геолого-тектонічної інтерпретації даних ГСЗ вздовж профілю DOBRE-5, проведеного в 2011 році, та матеріалів більш ранніх профілів ГСЗ, які його перетинають в межах СМ на території України, дисертанту вдалося одержати новий матеріал, необхідний для обґрунтування геодинамічних умов, в яких відбувався процес формування району досліджень.

Формальні дані про дисертацію, автореферат і публікації дисертанта відповідають прийнятним нормам. Зміст дисертації узгоджується з її назвою.

Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків та списку використаних джерел, який налічує 257 найменувань. Робота викладена на 159 сторінках, містить 45 рисунків та 17 таблиць.

Зміст автореферату узгоджується зі змістом дисертації і в достатній мірі відображає всі її необхідні елементи: аналіз стану проблеми, опис прийнятих в геофізиці підходів і методичних прийомів, послідовний і докладний виклад процесу одержання вихідних матеріалів, вивченість досліджуваних питань, наявні гіпотези, обґрунтування нових та уточнення існуючих уявлень про досліджуваний об'єкт. Позитивною рисою

дисертації є ясний і концентрований виклад отриманих результатів.

Викладені в дисертації наукові результати опубліковані в 1 монографії, 10 наукових статтях у виданнях з переліку ДАК України та в 11 тезах доповідей на наукових конференціях. Зміст, кількість і обсяг наукових публікацій та їхня якість відповідають критеріям, прийнятим при захисті дисертацій з геологічних наук.

В **Розділі 1** представлено аналіз геолого-геофізичної вивченості західної частини СМ, починаючи з робіт Андрусова, 1926 р.; Архангельського, 1938 р та Муратова, 1955 р. і закінчуючи роботами Шнюкової, 2013 р., Гінтова та ін., 2014 р., Старостенко та ін., 2016 р. Показано, що найбільш обґрунтованими на даний час є гіпотези, що СМ історично формувалася як частина ССП, перероблена під час пізньопалеозойсько-ранньомезозойських процесів активізації південного краю ССП та рифтогенезу. Фундамент мікроплити, за датуванням цирконів з гірських порід Ломоносівського масиву та мису Фіолент західної частини Гірського Криму, виявився древнішим, ніж передбачалося, – як мінімум неопротерозойським. Домінуючим тектонічним режимом з кінця девону до кінця юри було розтягнення, яке переривалося компресійними подіями, головною з яких було пізньотріасове закриття Палеотетису і підсув ССП під СМ, про що свідчить (за геологічними даними В.В. Юдіна) про наявність Північнокримської сутури. Будова літосфери Скіфської плити за геофізичними даними має більше схожості з ССП, ніж з герцинським поясом Європи, про що також свідчить відсутність потужного метаморфізму, звичного в орогенних поясах варісцид.

В **Розділі 2** описана будова західної частини Скіфської плити за геолого-геофізичними даними. Показано, що з позиції палеогеодинаміки Скіфська плита є не що інше як мікроплита або террейн, який неодноразово протягом геологічної історії відділявся та приєднувався до ЄАП будучи то її частиною, то частиною Тетису. Враховуючи зазначене, в подальшому дисертант пропонує притримуватися терміну «Скіфська мікроплита (СМ)». Основними структурними елементами СМ є зони порівняно вузьких прогинів і пов'язані з ними зони валоподібних піднять, детально описаних в дисертаційній роботі. Західна частина СМ витягнута субширотно вздовж південного краю ССП як основної структури ЄАП і в основному залягає під водами Чорного та Азовського морів. На суходолі вона охоплює південну частину Західного Причорномор'я та практично весь Крим. На південь від СМ знаходяться Західночорноморська та Східночорноморська западини з тонкою високошвидкісною субокеанічною корою і глибиною залягання до поверхні Мохо 20-30 км. Кристалічний фундамент південного схилу ССП поступово занурюється в південному напрямку на глибини від декількох сотень метрів до 2-5 км і більше. Він складається з декількох сегментів з різною тектонічною історією, які були об'єднані в одну велику одиницю, скоріш за все, в кінці середньої юри. Положення, природа північної і південної границь СМ та її основних структур досі продовжують викликати дискусії. На півночі границею сутурної/шовної зони між ССП і СМ пропонується вважати субширотну систему грабенів і напівграбенів уздовж Голіцинської та Азовської зон розломів, які співпадають

з Північнокримською сутурою, виявленою В.В. Юдіним за геологічними даними. На південному заході району досліджень СМ обмежена Сфанту-Георгіївським розломом, який відокремлює Переддобруджинський прогин від Північної Добруджі. Східне продовження розлому виходить у море і простежується вздовж континентального схилу глибоководного басейну Чорного моря.

В **Розділі 3** аналізуються дані сейсмічних досліджень в межах західної частини СМ, отримані методом ГСЗ. Основним вихідним матеріалом для дисертаційної роботи слугували дані ГСЗ/WARR, отримані в 2011 р. при безпосередній участі дисертанта в польових дослідженнях вздовж профілю DOBRE-5.

В розділах 3 і 4 дисертаційної роботи представлена розширена та аргументована інтерпретація цих матеріалів з урахуванням сейсмічних моделей по відпрацьованих раніше профілях: ГСЗ/WARR DOBRE-2 (2007), DOBRE-4 (2009), VRANCHEA-99, VRANCHEA-2001, а також по геотраверсах і профілях ГСЗ 1960-80-х рр. Описано методики досліджень методом ГСЗ на цих профілях.

Сейсмічні дані ГСЗ 1960-80-х рр. (V, VI, III геотраверси та 25, 26, 28, 29 профілі) мають високу роздільну здатність по латералі. Це досягалося завдяки розміщенню пунктів спостереження на невеликих відстанях (100-200 м), що спрощувало виділення та кореляцію корисних хвиль в сейсмічному полі та забезпечувало побудову великої кількості відбиваючих площадок вздовж досліджуваного сейсмічного розрізу.

Сейсмічні спостереження ГСЗ/WARR вздовж профілів DOBRE-2 (2007), DOBRE-4 (2009), DOBRE-5 (2011) хоча і не мають такої детальності спостережень по латералі, але дозволяють отримати суттєво нову інформацію про значення швидкостей в середині розрізу на глибинах порядку 50-80 км. Це досягається завдяки реєстрації сейсмічних хвиль на великих виносках з використанням сучасних сейсмічних станцій, які за методикою досліджень розташовуються на відстанях 2,5-3,0 км вздовж профілю довжиною в декілька сотень кілометрів.

Сучасні сейсмічні спостереження ГСЗ/WARR дозволяють отримувати записи сейсмічних хвиль на значних виносках від пунктів збудження (понад 200 км), інтерпретувати рефраговані хвилі в земній корі та верхній мантії, що надає нову інформацію – швидкісні характеристики шарів, через які вони проходять.

Дисертантом виявлено варіації у внутрішній сейсмічній структурі кори і топографії границі Мохо. У західній частині моделі глибина до границі Мохо є постійною – близько 38 км. На відстані 160-340 км – границя Мохо піднімається до глибини 33 км. У східній частині профілю вона занурюється до глибини 47 км (на відстані 520 км). У верхній мантії на глибині близько 60 км (8,25 км/с) виявлена субгоризонтальна відбиваюча границя.

На сейсмічній моделі DOBRE-5 (2011) чітко прослідковується похила сейсмічна границя від пункту вибуху (ПВ) ОВН1 + 20 км біля о. Зміїний на глибині 2 км до ПВ І5205 + 30 км на глибині 47 км. Візуалізації похилої сейсмічної границі (ПСГ) сприяє те, що, по-перше, в її межах ізолінії V_p змінюють свій нахил від субгоризонтального до

субпаралельного границі Мохо, по-друге, майже всюди в земній корі в районі ПСГ загалом впевнено простежені ізолінії відбитих і заломлених хвиль перериваються (проведені умовно). Це свідчить про те, що ПСГ є досить потужною зоною дезінтеграції, тобто має явну тектонічну природу.

В **Розділі 4** представлено результати вивчення глибинної будови західної частини СМ за результатами аналізу перетинів профілю DOBRE-5 (2011) з профілями ГСЗ. Дисертантом виконана комплексна інтерпретація як сучасних сейсмічних даних 1999-2013 рр., так і геотраверсів 1960-80-х рр. Побудовані об'ємні перетини субширотного профілю DOBRE-5 (2011) з субмеридіональними профілями ГСЗ та проведено їх аналіз з метою з'ясування глибинної будови та підтвердження існування ПСГ в земній корі СМ. Показано, що не спостерігається різниці між структурою земної кори СМ і південною частиною СЄП, що узгоджується з моделями, відповідно до яких СМ можна представляти як перероблену кору СЄП.

В **Розділі 5** автор обґрунтовує наявність виділеної нею похилої сейсмічної границі як ключового структурно-швидкісного елементу 2D моделі вздовж профілю DOBRE-5. Пропонується можливе трактування тектонічної природи утворення ПСГ, яке є наступним:

1. Границя може відображати нахилений на схід субмеридіональний Істрійський розлом, який виділено на румунській тектонічній карті.
2. Вона може бути південним краєм Східноєвропейського кратону, що відображений активним насувним фронтом на Евксинський орогенний пояс.
3. ПСГ утворилася внаслідок літосферного складкоутворення (folding/buckling) і подальшого розломоутворення в земній корі зони зчленування південної окраїни СЄП з СМ.
4. Вона відповідає Північнокримській сутурі, яка утворилася в результаті закриття Палеотетису в пізньому палеозой-тріасі та субдукції СЄП під СМ в південному напрямку і їх колізії.

Автор дисертації схиляється на користь останнього твердження, так як розглянута палеогеодинамічна інтерпретація ґрунтується на детально вивчених Юдіним геологічних фактах. Вона узгоджується також з палінспастичною реконструкцією території для пізнього девону, виконаною в роботі [Зоненшайн и др., 1990], а також підтверджується тектонофізичними та сейсмотомографічними даними [Гинтов и др., 2014].

Структурно-кінематична параметризація ПСГ за даними DOBRE-5 показала, що це регіональна система підсувів-насувів північно-північно-західного орієнтування, що ідентифікується як фрагмент південної границі СЄП і є зоною розломів, що складається з більш крутих ділянок біля поверхні і більш похила в середніх та глибинних горизонтах кори. Формування ПСГ як зони субдукції СЄП під СМ відноситься до пізньопалеозойсько-ранньомезозойського періоду, а наступні активізації, що відзначились у подальших насувах СМ на СЄП, відбувалися в мезо-кайнозой.

В **Розділі 6** аналізується сейсмічність СМ і її приуроченість до неоднорідностей,

встановлених за комплексом геолого-геофізичних даних. СМ характеризується слабкою власною сейсмічністю, у порівнянні із сейсмічністю розташованого південніше Альпійсько-Гімалайського сейсмоактивного поясу. І все ж, на її території проявляються місцеві вогнища землетрусів, параметри яких представлено в каталогах українських, російських і європейських авторів. Основні матеріали про локальні землетруси СМ зібрано також в каталогах міжнародного сейсмологічного центру (ISC). В дисертації аналізувалися сейсмічні події, які відбулись з початку 50-х років двадцятого сторіччя до теперішнього часу. Дані про локальні землетруси на території СМ представлено в табличному вигляді та винесено на фізичну карту досліджуваного регіону.

Обґрунтовано та доповнено геолого-геофізичні критерії виділення потенційно небезпечних сейсмогенних зон на основі аналізу місцевої сейсмічності СМ, ССП із залученням геологічних та геофізичних даних.

Різна структура земної кори вздовж розрізу по профілю DOBRE-5 (2011) (хвилясті сейсмічні границі в корі в межах Центральнокримського підняття та Каркінітського прогину: відсутність аналогічних сейсмічних границь, однорідність земної кори в Переддобруджі) та локальна сейсмічність ПСГ можуть свідчити про продовження сучасного літосферного складкоутворення (folding / buckling) і подальшого розломоутворення (faulting) в земній корі зони зчленування південного краю ССП та СМ.

Дисертант брала безпосередню участь в польових дослідженнях методом ГСЗ з метою отримання швидкісного розрізу вздовж профілю DOBRE-5; збрала геологічний матеріал та побудувала геологічний розріз для складання швидкісної моделі DOBRE-5; виконала геологічну інтерпретацію даних сейсмічного зондування вздовж профілю DOBRE-5 та профілів ГСЗ, що його перетинають в межах СМ; побудувала об'ємну геолого-тектонічну схему глибинної будови західної частини СМ та здійснила їх геодинамічний аналіз; виявила похилу сейсмічну границю вздовж профілю DOBRE-5 та дослідила її тектонічну природу; здійснила структурно-кінематичну параметризацію знайденої границі.

Представлені в дисертації результати одержані на базі великого обсягу зібраного автором протягом останніх 10 років матеріалів геолого-геофізичних досліджень, як опублікованих провідними геологами країни і зарубіжжя, так і одержаних в результаті проведення польових досліджень з особистою участю дисертанта. Окремі частини дисертації розроблялися в рамках досліджень за науковими темами Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, який є провідною науковою організацією країни в галузі сейсмологічних досліджень. Участь дисертантки в наукових дослідженнях в великої кількості тем свідчить про універсальність використовуваних нею методів, науково-практичну цінність і затребуваність досліджень, які вона проводить.

Науково-практичні результати, що складають зміст дисертації, можна сформулювати у вигляді розроблених дисертантом шести позицій.

♦ Обґрунтовано, що СМ поширюється від Передкарпатського прогину і займає більшу частину північно-західного шельфу Чорного моря, практично весь Кримський півострів.

- ♦ В результаті геологічної інтерпретації даних сейсмічного зондування вздовж профілю DOBRE-5 виявлено нові швидкісні границі відбиття. Зокрема, виділено похилу сейсмічну границю, яку ідентифіковано як зону зчленування ССП з СМ. За швидкісною структурою профілю показано, що СМ є південним продовженням Євразійської плити з докембрійським фундаментом, який був перероблений на неопротерозойському і ранньопалеозойському етапах тектонічної активності.
- ♦ Похила границя в земній корі СМ може інтерпретуватися як пізньопалеозойсько-ранньомезозойська Північнокримська сутура, яку за геологічними даними у 2008 році виділив В.В. Юдін. Сутура має південний кут нахилу та утворилась в результаті закриття палеоокеану Тетіс, який відділяв Євразійську плиту від Гондвани і декількох террейнів – Кримського, Скіфського та Туранського. В пермі-тріасі відбулася субдукція з півночі під ці террейни і колізія із ССП (яка на той час входила до Євроамерики). У подальшому похила сейсмічна границя могла слугувати поверхнею насуву СМ на ССП.
- ♦ В результаті тектонофізичної інтерпретації показано, що похила сейсмічна границя, як зона зчленування ССП та СМ, сформувалася в обстановці північно-північно-західного – південно-південно-східного стиснення, має зсувну складову.
- ♦ Показано слабку сейсмічність СМ у порівнянні з Альпійським поясом, та просторовий зв'язок землетрусів із сейсмічними неоднорідностями в земній корі за даними DOBRE-5.

Всі вказані вище результати є добре обґрунтованими і складають разом картину суттєвої наукової новизни результатів дисертаційних досліджень.

Достовірність всіх компонентів одержаних висновків підтверджується різними прийнятими в науці способами. Перш за все, загальна достовірність результатів підтверджується тим, що дисертантом використано багато разів перевірену і загально прийняту як в Україні, так і у світі методику одержання вихідних матеріалів з використанням сучасної геофізичної апаратури. Застосування комплексного аналізу усіх наявних і зібраних автором об'єктивних геолого-геофізичних даних. Логічного пояснення особливостей будови і динаміки досліджуваної мікроплити.

Використана дисертантом методика досліджень базується на науково обґрунтованих підходах до вивчення глибинної будови геологічного середовища, з використанням теоретичного моделювання сейсмічних полів, даних емпіричних спостережень за розподілом і динамікою геофізичних полів та комплексною інтерпретацією всієї сукупності зібраних матеріалів. В результаті проведених дисертантом робіт наші знання про будову і динаміку СМ стало повнішим і більш обґрунтованим.

Використанні в дисертаційній роботі Фарфуляк Л.В. матеріали досліджень, висунуті гіпотези і висновки – є обґрунтованим, сучасним зрізом наукових знань про будову і розвиток СМ. З огляду на це робота може вважатися завершеною на існуючому етапі досліджень.

В процесі проведених досліджень одержано новий матеріал, необхідний для обґрунтування геодинамічних умов процесу формування району досліджень, який у

подальшому може бути використано для цілеспрямованих пошуків нафтогазових родовищ та прогнозування небезпеки від землетрусів.

До недоліків дисертаційної роботи слід віднести наступні:

1). В авторефераті вказано, що дисертація складається з семи розділів, хоча насправді їх є лише шість.

2). Спільний аналіз різномасштабних моделей, одержаних за даними сучасних і більш ранніх робіт з сейсмічного профілювання, може привести як до випадкових збігів, так і до необґрунтованих кореляцій тектонічних структур.

3). В роботі добре виписано признаки потенційної сейсмічної небезпеки тектонічних структур в слабосейсмічних районах, але нема аналізу сейсмічності окремих тектонічних елементів СМ, що могло б суттєво підняти практичну цінність роботи.

4) Оцінка автором середнього значення кута нахилу границі як 17 градусів в південному напрямку – не має фізичного змісту, так як на представленому в дисертаційній роботі рисунку видно, що його нахил змінюється з майже вертикального – до повністю пологого.

5). Не висвітлено питання про корисні копалини на території СМ і в суміжних районах.

Вказані недоліки не зменшують теоретичне і практичне значення дисертаційної роботи Фарфуляк Л.В. в галузі геолого-геофізичного дослідження глибинної будови земної кори на території південних областей України.

Основні положення досліджень вносять суттєвий вклад в розвиток наукових знань про будову і динаміку СМ. Її матеріали можуть застосовуватися на практиці при плануванні розвитку мінерально-сировинної бази регіону і захисті населення від небезпечних ендегенних процесів.

Робота Фарфуляк Л.В. добре оформлена і відповідає вимогам Державної атестаційної комісії Міністерства науки і освіти України до кандидатських дисертацій, а її автор Фарфуляк Людмила Вікторівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Зав. відділом спеціальної металогенії
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України».

доктор геологічних наук,
старший науковий співробітник

В.Г. Верховцев

Підпис В.Г. Верховцева засвідчую:

Учений секретар ДУ «Інститут геохімії
навколишнього середовища НАН України»,
кандидат технічних наук



Н.А. Бородіна