

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Черкеса Семена Івановича
на тему
**«Палеомагнетизм палеопротерозойських порід коростенського анортозит-
рапаківігранітного комплексу Українського щита»,**
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 Природничі науки
за спеціальністю 103 Науки про Землю

Актуальність теми дисертації. Палеомагнітний метод є ефективним і надійним інструментом для глобальних палеотектонічних реконструкцій, оскільки він дозволяє кількісно оцінювати горизонтальні переміщення блоків земної кори у минулому. Використання цього методу дозволяє вирішувати багато фундаментальних питань у сфері наук про Землю, особливо при вирішенні задач геодинаміки. Актуальність теми досліджень здобувача обумовлена недостатньою базою надійних палеомагнітних даних для протерозойських утворень і необхідністю отримання та обробки цих даних новітніми методами на основі використання сучасних технологій та апаратури.

Східноєвропейська платформа (СЄП) характеризується детальною геолого-геофізичною вивченістю та наявністю надійно датованих і доступних для відбору зразків з різновікових геологічних утворень.

Оскільки в останні роки для Українського щита (УЩ) отримані новітні геохронологічні дані, назріла очевидна необхідність як в уточненні раніше виконаних палеотектонічних реконструкцій Сарматії (як складової СЄП), так і в отриманні нових знань про еволюцію геомагнітного поля у докембрії.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному.

1) На основі напрямків характеристичної компоненти залишкової намагніченості у зразках анортозитів та габро Коростенського плутону для Українського щита розрахований новий палеомагнітний полюс віком 1,76 млрд років, який відповідає сучасним критеріям надійності.

2) Вперше отримані параметри анізотропії магнітної сприйнятливості габроїдів Володарськ-Волинського масиву Коростенського плутону та досліджено їх магнітну текстуру.

3) Розширені знання про особливості складу та генезису феромагнітних мінералів-носіїв залишкової намагніченості досліджуваних порід. Встановлено і обґрунтовано, що основним мінералом-носієм характеристичної компоненти намагніченості є одно- та псевдооднодоменні зерна магнетиту.

4) Отримані нові дані з палеонапруженості геомагнітного поля, яке 1,76 млрд років тому мало інтенсивність вдвічі нижчу за теперішню. Це відповідає сучасним уявленням про еволюцію геомагнітного поля у докембрії.

5) На основі отриманих палеомагнітних даних здобувачем обґрунтовано модель геоцентричного осьового диполя для палеотектонічних побудов у палеопротерозої.

6) Уточнено модель палеопротерозойського сегмента траєкторії позірної міграції полюса Східноєвропейської платформи та її сегментів (Сарматії та Фенноскандії). Виконані відповідні розрахунки кінематичних параметрів та палеотектонічні реконструкції.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується великою кількістю фактичного матеріалу, експериментальними даними та використанням технологій і обладнання, які відповідають сучасним вимогам наукових досліджень.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота Черкеса С. І. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 103 Науки про Землю.

Представлена робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям палеомагнітних досліджень докембрію. Дисертаційна робота Черкеса Семена Івановича є результатом самостійних досліджень, текстовий матеріал не містить фальсифікацій і елементів плагіату, використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана державною українською мовою.

Матеріал наукових досліджень викладений доступним для розуміння науковим стилем, логічно і послідовно з використанням міжнародної та вітчизняної наукової термінології.

Дисертація складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури з 221 джерел та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації 201 сторінок.

У вступі показані актуальність вибраної теми та її зв'язок з науковими програмами, планами і темами, вказані мета та завдання досліджень, висвітлені методи досліджень, розкриті основні результати досліджень та обґрунтована їх новизна, показано теоретичне та практичне значення виконаних досліджень.

У першому розділі охарактеризований сучасний стан проблеми палеомагнітних досліджень докембрійських утворень. Висвітлені основні гіпотези, на яких базується застосування палеомагнітного методу для вирішення задач палеогеографії та геодинаміки Землі. Показане фундаментальне значення палеомагнітних досліджень для вирішення різних завдань в науках про Землю. В розділі здобувачем зроблений детальний аналіз останніх досягнень в палеомагнітних дослідженнях та висвітлені дискусійні питання, які потребують подальших вирішень. В розділі всебічно розглянутий один із основних інструментів палеомагнітного методу для виконання глобальних палеотектонічних реконструкцій - побудова траєкторій позірної

міграції полюса (ТПМП) для окремих континентальних блоків. В розділі відмічається, що на сьогодні ключових палеомагнітних полюсів, які б задовольняли сучасним критеріям надійності для більшості докембрійських кратонів занадто мало для побудови змістовних та повноцінних ТПМП.

Автор робот справедливо відмічає, що більша частина знань про геомагнітне поле обмежена фанерозоєм, тоді як докембрій, що охоплює значно триваліший інтервал геологічної історії Землі, недостатньо вивчений в цьому напрямі. Тому дослідження еволюції магнітного поля Землі на різних етапах її геологічної історії, а особливо у докембрії, є фундаментальною задачею.

В розділі також розглянуті палеомагнітна інформативність докембрійських порід та особливості геолого-тектонічної будови і загальні риси розвитку у протерозої Східноєвропейської платформи.

Другий розділ присвячений геологічній характеристиці об'єктів досліджень. Розглянута геологічна позиція Коростенського анортозит-рапаківігранітного комплексу в складі Українського щита та його розташування в межах Волинського мегаблоку. Надана схематична геологічна карта коростенського анортозит-рапаківігранітного комплексу (АРГК) та детально описана його геологічна будова з виділенням окремих блоків та масивів магматичних порід. Висвітлені петрографічні особливості метаморфічних та магматичних порід, вказані комплекси порід та їх вікові відмінності, описані умови залягання. За геофізичними даними показана глибинна будова коростенського АРГК. В окремому підрозділі надана детальна характеристика геохронології формування магматичних порід комплексу, виділені два основних етапи і кілька фаз магматичної діяльності з чергуванням формувань основних і кислих магматичних утворень. Надана характеристика послідовності фаз інтрузивної діяльності в межах Коростенського плутону.

В **третьому розділі** здобувачам розглянуті питання методики палеомагнітних досліджень. Надано характеристику основних методичних принципів і підходів, що застосовуються в сучасних палеомагнітних дослідженнях. Описані принципи вибору конкретних об'єктів досліджень та місць відбору зразків. Висвітлена сама технологія процесів відбору та підготовки проб, вказане обладнання, яке використовувалося в польових умовах в процесі пробовідбору.

В розділі детально описано методику та протоколи палеомагнітних, петромагнітних та магнітно-мінералогічних лабораторних досліджень. В роботі були використані підходи і методи вимірів параметрів, які відповідають сучасним стандартам вивчення магнетизму гірських порід. Надано характеристику кожному з експериментів та конкретному лабораторному дослідженню. Представлено інформацію про лабораторну базу, на якій виконували аналітичні вимірювання, описані апаратурні та програмні комплекси, які були застосовані здобувачем при проведенні досліджень.

Виходячи з аналізу змісту розділу можна зробити висновок, що в ході виконання робіт здобувачем був залучений сучасний комплекс методів дослідження магнетизму гірських порід, який дозволив одержати достовірні результати. Ці результати є надійною базовою основою фактичного матеріалу для подальших досліджень, інтерпретацій та наукових реконструкцій.

Четвертий розділ присвячений результатам комплексних петромагнітних, магнітно-мінералогічних та мікроскопічних досліджень. За цими результатами встановлені основні мінерали-носії природної залишкової намагніченості. Дослідження анортозитів та габро показали, що основним феромагнітним мінералом у цих породах є одно- та псевдооднодоменний магнетит або титаноманетит з низьким вмістом Ti . Ці мінерали найбільш стабільні носії первинної компоненти намагніченості, на що вказують температури Кюрі (близькі до $580^{\circ}C$) та дуже вузький спектр деблокуючих температур.

За даними мікроскопічних досліджень порід встановлено, що цей магнетит локалізується в кристалографічно орієнтованих структурах твердого розпаду плагіоклазів та піроксенів. Такі мікроскопічні феромагнітні мінерали, є досить надійними носіями природної залишкової намагніченості. Вони здатні фіксувати і зберігати первинну компоненту намагніченості тривалий час.

Виявлені інші феромагнітні мінерали - моноклінний піротин та титаноманетит, які спостерігалися в інтерстиціях породи та у вигляді включень у крайових частинах силікатних мінералів. Такі мінерали, за даними здобувача, часто є носіями в'язкої залишкової намагніченості, що може ускладнювати виділення характеристичної компоненти намагніченості.

Дослідження анізотропії магнітної сприйнятливості показали її різні, прояви в анортозитах та габро. Так анортозити характеризуються нейтральним або слабо вираженими еліпсоїдами анізотропії магнітної сприйнятливості, а габро мають еліпсоїди, які за орієнтацією певною мірою корелюються із елементами первинної тектоніки.

У п'ятому розділі розглянуті результати палеомагнітних досліджень.

Автором роботи в породах Коростенського плутону було виділено високотемпературну характеристичну компоненту намагніченості, носіями якої є магнетит та титаноманетит з невеликою домішкою Ti . Було встановлено її термозалишкову природу в олівінових габро і в анортозитах. Первинність цієї компоненти підтверджується автором позитивним результатом тесту обернення, а також даними, які були отримані для інших близьких за віком порід Волинського та Інгульського мегаблоків Українського щита.

На основі отриманих палеомагнітних даних автором був розрахований новий палеомагнітний полюс віком 1,76 млрд років. Результат розрахунків відповідає сучасним критеріям надійності і може бути запропонований як референтний («ключовий»).

Для окремих (найбільш інформативних) зразків в розділі показані розрахунки палеонапруженості геомагнітного поля та відповідних віртуальних дипольних моментів. За цими розрахунками за даними здобувача було встановлено, що 1,76 млрд років тому інтенсивність геомагнітного поля була вдвічі меншою за сучасну. Такі значення відповідають загальному тренду зміни дипольного моменту Землі у протерозої.

Результати досліджень автора дозволяють для виконання палеогеографічних реконструкцій палеопротерозою застосовувати гіпотезу геоцентричного осьового диполя.

Шостий розділ дисертаційної роботи здобувача присвячений дослідженню траєкторії позірної міграції полюса та палеотектонічної реконструкції Східно-Європейської платформи в палеопротерозої.

В розділі представлені побудови траєкторії позірної міграції полюса Східноєвропейської платформи та таких її сегментів, як Сарматія та Фенноскандія. Розраховані параметри широтного дрейфу та кутового обертання цих сегментів. Здобувачем отримані кінематичні параметри дрейфу для Фенноскандії та Сарматії впродовж палеопротерозою. Встановлено, що близько 1,76–1,75 млрд років тому Сарматія та Фенноскандія займали екваторіальні та субекваторіальні широти, але Сарматія була повернута відносно Фенноскандії на 40° проти годинникової стрілки. Також встановлено, що остаточно амальгамація палеоконтиненту Балтика відбулася не раніше ніж 1,75 млрд років тому. За даними досліджень здобувача Волинський та Інгульський мегаблоки Українського щита існували у межах єдиної структури УЩ починаючи з часу, щонайменше, 1,76–1,75 млрд років тому.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статі у виданнях, віднесених до другого квартилю відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank. Також результати дисертації були апробовані на 6 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати, які описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У першому та другому розділах не розкрито питання первинної палеогоризонталі: не розглянуто ознаки можливого постмагматичного нахилу Коростенського плутона (або його масивів) відносно горизонтальної площини після їх впровадження, що може впливати на напрямок вектору первинної залишкової намагніченості.

2. У другому розділі доцільно було б навести дані тектонофізичних досліджень, проведених у межах Коростенського плутону, та деталізувати його тектонічну еволюцію. Це надало б додаткову аргументацію при інтерпретації палеомагнітних даних.

3. На рисунку 2.1. Схематична геологічна карта Українського щита в умовних позначках присутня назва «осадові породи». Які можуть бути осадові породи в докембрії?

4. На рисунку 2.1. Схематична геологічна карта Українського щита позначені номерами мегаблоки Українського щита, а межі їх не виділені.

5. В підрозділі 2.2. Геохронологія досліджуваних порід не зрозумілі співвідношення двох головних етапів магматичної діяльності і багатьох фаз гранітоїдного та основного за складом магматизму.

6. На рис. 5.3а, б результати визначення напрямків векторів природної залишкової намагніченості представлені з радіусами кола довіри α_{95} для середнього напрямку, проте на рис. 5.3в аналогічні інтервали довіри відсутні. Палеомагнітні напрямки прийнято представляти з довірчими інтервалами, а в тексті роботи відсутність відповідних інтервалів на рис. 5.3в не зазначена

7. У висновках до розділу 6 вказується, що виконані палеогеографічні реконструкції та розраховано кінематичні параметри дрейфу Фенноскандії та Сарматії. Але в цих реконструкціях присутня тільки широта, а довгота відсутня. Наскільки ці реконструкції можна віднести до палеогеографічних.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Черкеса Семена Івановича на тему «Палеомагнетизм палеопротерозойських порід коростенського анортозит-рапаківігранітного комплексу Українського щита» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для вивчення геодинаміки докембрію та еволюції геомагнітного поля.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Таким чином, Черкес Семен Іванович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 103 Науки про Землю.

Офіційний опонент:

професор кафедри
природоохоронної діяльності
Донецького національного
технічного університету,
доктор геологічних наук, доцент

Віктор АЛЬОХІН

Підпис професора Альохіна В.І. засвідчую:
Проректор з наукової роботи

Ольга ПОПОВА



« 08 » 07 20 26 р.