



Затверджую

Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»

16 " січня 2025 р.

Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації «Моделювання та картографування планетарних
геодинамічних процесів»

здобувачки наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
103 Науки про Землю (галузь знань 10 Природничі науки)

Шило Ольги Миколаївни

(Ім'я та прізвище Здобувача)

наукового семінару кафедри інженерної геодезії

1. Актуальність теми дисертації

Актуальність дисертаційної роботи обумовлена зростаючою потребою у глибокому розумінні геодинамічних процесів, що впливають на сучасний стан і еволюцію Землі. Вивчення взаємозв'язків між змінами форми планети, тектонічними рухами та геофізичними процесами має ключове значення для прогнозування природних катастроф, оптимізації використання природних ресурсів і розвитку наукових уявлень про динаміку літосфери. Дослідження, проведені в межах цієї роботи, спрямовані на вирішення актуальних завдань моделювання і прогнозування геодинамічних змін, що відкриває нові можливості для фундаментальної науки та прикладних досліджень у сферах геодезії, геофізики й геодинаміки.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Дисертаційна робота виконана на кафедрі інженерної геодезії навчально-наукового інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка» і відповідає науковому напряму кафедри інженерної геодезії «Модернізація технологій інженерно-геодезичних робіт та геодезичний моніторинг інженерних споруд і геодинамічних явищ» та одному з наукових напрямів навчально-наукового інституту геодезії «Дослідження фігури та зовнішнього гравітаційного поля Землі і планет, створення геоінформаційних систем, програмних продуктів і баз геопросторових даних». Виконані дослідження узгоджуються з пріоритетними дослідженнями деформацій земної кори усіх масштабів від глобальної тектоніки плит до локальних деформацій у межах розвитку і координації міжнародних програм зі спостереження, аналізу та інтерпретації даних деформаційних полів геодинамічними методами у

діяльності підкомісії 3.2 «Деформації земної кори» комісії 3 «Обертання Землі та геодинаміка» Міжнародної асоціації геодезії IAG.

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Авторкою обґрунтовано вплив трансформацій фігури Землі на формування напружено-деформованого стану літосфери. Запропоновано нові методи до моделювання фігури Землі та геоїда у геологічному часі, включаючи вплив горизонтальних деформацій та перерозподілу масових сил у літосфері. Проведено дослідження генезису тангенціальних масових сил, викликаних переорієнтацією фігури літосфери. Визначено їхній вплив на горизонтальні деформації та напружений стан поверхні Землі. Запропоновано метод визначення параметрів деформацій на основі аналізу фігури Землі. Авторкою розроблено модель трансформації фігури літосфери у контексті палеогеодинаміки, включаючи врахування горизонтальних переміщень, перерозподілу мас та переорієнтації фігури. Виконано моделювання геоїда та його зв'язку з явищем дійсного полярного дрейфу (True Polar Wander, TPW) у геологічному масштабі часу. Проведено математичне моделювання і динамічну інтерпретацію деформацій літосфери та пов'язаних з ними геодинамічних процесів. Визначено та проаналізовано розподіл тангенціальних масових сил у літосфері та їхню роль у глобальній геодинаміці.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих авторкою рішень, висновків, рекомендацій

Достовірність отриманих у дисертації результатів забезпечується використанням сучасних методів досліджень, таких як моделювання на основі цифрових моделей рельєфу (PaleoDEM), даних GNSS-спостережень, глобальної деформаційної моделі Global Strain Rate Map Project (GSRM) та інтеграції геофізичних і геодезичних даних. Авторка застосовувала математично коректні підходи до аналізу та інтерпретації даних, що гарантує надійність висновків. Отримані результати узгоджуються з аналогічними даними, опублікованими в наукових статтях іншими авторами.

Обґрунтованість результатів підтверджується системним підходом до вивчення геодинамічних процесів, який включає багатофакторний аналіз та врахування ротаційних змін Землі й динаміки літосферних плит. Проведено глибокий аналіз теоретичних положень у поєднанні з експериментальними дослідженнями, що базуються на широкій базі наукової літератури й актуальних даних.

Запропоновані рішення та рекомендації ґрунтуються на апробованих моделях, які практично застосовуються, зокрема для оцінки напружено-деформованого стану літосфери та дослідження еволюції форми Землі. Результати досліджень успішно апробовані на міжнародних конференціях і опубліковані в наукових журналах, які індексуються в Scopus та Web of Science, що додатково підтверджує їхню валідність і наукову значущість.

Таким чином, висновки та рекомендації авторки є не лише достовірними, а й мають значний потенціал для практичного застосування та подальших наукових досліджень.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Запропоновано нові моделі врахування багатфакторного впливу ротаційних змін Землі на геодинамічні процеси, що дозволяє оцінювати еволюцію форми Землі за тривалий геологічний час. Ці моделі інтегрують дані палеорекострукцій (PaleoDEM) із сучасними методами планетарної геодинаміки, що раніше не використовувалося в подібних дослідженнях.

Визначено особливості напружено-деформованого стану літосфери залежно від змін фігури Землі, що дозволяє точніше прогнозувати сейсмічну активність у регіонах підвищеного ризику.

Удосконалено методи комп'ютерного моделювання для аналізу горизонтальних деформацій літосфери. За даними моделювання геопалеорекострукцій в геологічному часі через постановку та розв'язок задачі знаходження векторів переміщення точок на її поверхні в результаті трансформації однієї фігури в іншу внаслідок зміщення полюса малої вісі. Запропонована ймовірна інтерпретація ролі гравітаційно-ротаційних сил у формуванні глобального поля напружень та трансформації фігури поверхні літосфери Землі. Створено більш точні прогнози зон з високим рівнем напружень, що мають практичне значення для геодинамічного моніторингу.

Запропоновано концепцію інтеграції даних про ротаційні зміни Землі з інформацією про переміщення літосферних плит. Це дозволило деталізувати вплив змін осі обертання на динаміку літосфери та пов'язані процеси, зокрема розподіл напружень у земній корі.

Змодельовано трансформації фігури Землі, які використані для аналізу довгострокових геодинамічних змін з метою побудови моделей палеогеоїдів для минулих геологічних епох, що надало можливість оцінити блукання полюсу (TPW).

Таким чином, дисертація вирізняється значним рівнем новизни в теоретичному та прикладному аспектах, її результати розширюють існуючі уявлення про геодинамічні процеси та створюють передумови для подальших фундаментальних і прикладних досліджень у науках про Землю.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації.

Статті у наукових періодичних виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз:

1. Tserklevych, A., Shylo, Y., & Shylo, O. (2017). Shape of the Earth and geodynamics. *Geodynamics*, 2(23), 141-163.

<https://doi.org/10.23939/jgd2017.02.141>. (Особистий внесок: розробка методології дослідження, аналіз впливу форми Землі на геодинамічні процеси, підготовка теоретичної частини та оформлення статті).

2. Tserklevych, A. L., Zayats, O. S., Shylo, Y. O., & Shylo, O. M. (2018). Generation of the stressed state of the lithosphere of the Earth and Mars caused by the reorientation of their figures. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 34, No.1, 19-36. <https://doi.org/10.3103/s0884591318010051>. (Особистий внесок: здійснено аналіз деформацій літосфери, зумовлених зміною фігури Землі та Марса,

підготовлено розрахункові моделі та частково інтерпретовано результати).

3. Tserklevych, A. L., Shylo, Y. O., & Shylo, O. M. (2019). Earth's figure changes–geodynamic factor of stressed-deformed lithosphere state. *Geodynamics*, (1 (26)), 28-42. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.01.028>. (Особистий внесок: розроблено моделі змін фігури Землі, проаналізовано зв'язок між змінами форми планети та напружено-деформованим станом літосфери).

4. Tserklevych, A., Shylo, Y., & Shylo, O. (2023). On the distribution of tangential mass forces in the Earth's lithosphere. *Geodynamics*, 2(35), 80–88.

<https://doi.org/10.23939/jgd2023.02.080>. (Особистий внесок: проведено аналіз розподілу тангенціальних сил у літосфері, виконано чисельне моделювання та підготовлено графічний матеріал).

Стаття у науковому періодичному фаховому виданні України:

5. Tserklevych, A., Badlo T., Zayats O., Shylo, Ye., & Shylo, O. (2024). Modeling the geoid and polar motion in geological time. *Geodynamics*, 2(37), 45-55. <https://doi.org/10.23939/jgd2024.02.045>. (Особистий внесок: розроблено математичну модель зміни геоїда у геологічному часі, підготовлено висновки та представлено результати).

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації, а саме матеріали та тези міжнародних і вітчизняних науково-технічних та наукових конференцій:

6. Shylo, O., & Shylo, Y. (2017, December). The definition of deviation of «Goevolutionary» plumb line based on data from the transformation of the Earth. In *Litteris et Artibus* (pp. 202-205). (Особистий внесок: аналіз даних про відхилення прямовисних ліній, формулювання основних висновків та оформлення матеріалів).

7. Шило Є., Шило О. (2017). Визначення тангенціальних сил за результатами трансформації фігури Землі. Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених «Geoterrace-2017» (с.68-70). (Особистий внесок: виконано розрахунок тангенціальних сил, зумовлених трансформацією фігури Землі, підготовлено текст тез).

8. Церклевич А., Шило Є., Шило О. (2018). Визначення параметрів деформації поверхні літосфери Землі. IX міжнародна науково-практична конференція «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні», Ужгород (с.18-21). (Особистий внесок: розроблено моделі деформацій літосфери, підготовлено висновки).

9. Церклевич А., Шило Є., Шило О. (2018). Трансформація фігури літосфери викликана еволюційним розвитком Землі. IV Міжнародна наукова конференція «Геофізичні дослідження та моделювання фізичних полів Землі», с.Верхнє Синьовидне, Сколівський р-н, Львівська обл., Україна (с.3-10). (Особистий внесок: аналіз причин виникнення тангенціальних масових сил, виконання моделювання та підготовка матеріалів).

10. Shylo, O., Shylo, Y., Tserklevych, A., & Bubniak, I. M. (2019, May). Geometric deformation of the Earth's lithosphere figure and its dynamic interpretation. In 18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects, Vol. 2019, No. 1 (pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers. DOI: 10.3997/2214-4609.201902059. (Особистий внесок: аналіз даних геометричних деформацій літосфери, розробка динамічної інтерпретації

отриманих результатів, підготовка тексту та графічного матеріалу).

11. Церклевич А., Шило Є., Шило О. (2019). Деформації літосфери Землі. 24-та Міжнародна науково-технічна конференція «Геофорум-2019». Львів–Брюховичі–Яворів (с.21-22). (Особистий внесок: проведення аналізу деформацій літосфери, підготовка висновків і оформлення тез доповіді).

12. Церклевич А., Шило О., Шило Є. (2019, вересень). Метод визначення напружено-деформованого стану літосфери. VII Міжнародна наукова конференція «Геофізика і геодинаміка: прогнозування та моніторинг геологічного середовища». Львів (с.196-198). (Особистий внесок: удосконалення методики визначення напружено-деформованого стану літосфери, участь у підготовці висновків та узагальненні даних).

13. Shylo, O., & Shylo, Y. (2019). Modeling figure and orientation of the Earth's lithosphere based on paleoDEM. In *Litteris et Artibus* (pp. 37-41). (Особистий внесок: розробка моделі зміни форми та орієнтації літосфери на основі даних paleoDEM, формулювання основних висновків).

14. Tserklevych, A., Shylo, Y., Shylo, O. (2020, December) The transformation of the lithospheric figure caused by the evolutionary development of the Earth. In International conference of young professionals «GeoTerrace-2020». DOI: 10.3997/2214-4609.20205719. (Особистий внесок: проведення моделювання трансформації фігури літосфери, підготовка матеріалів доповіді).

15. Tserklevych, A., Shylo, Y., Shylo, O., & Zayats O. (2022, October). Horizontal Deformations and the Stressed State of the Earth Surface Caused by Reorientation of the Shape of the Lithosphere. In International conference of young professionals «GeoTerrace-2022» (pp.1-5). DOI: 10.3997/2214-4609.2022590042. (Особистий внесок: аналіз горизонтальних деформацій та напружень, проведення розрахунків і підготовка висновків).

16. Церклевич А., Шило Є., Шило О. (2023, квітень). Роль тангенціальних масових сил в геодинаміці. Міжнародна науково-технічна конференція «Геофорум-2023» (с.102-105). (Особистий внесок: аналіз ролі тангенціальних сил у геодинамічних процесах, підготовка графічного матеріалу).

17. Tserklevych, A., Shylo, Y., & Shylo, O. (2023, October). Genesis of Tangential Mass Forces Caused by Reorientation of the Generalized Figure of the Lithosphere. In International conference of young professionals «GeoTerrace-2023» (pp.1-5). doi.org/10.3997/2214-4609.2023510049. (Особистий внесок: виконано аналіз впливу переорієнтації фігури літосфери на розподіл тангенціальних масових сил, проведено моделювання силових характеристик, підготовлено висновки та графічний матеріал).

18. Церклевич А., Бадло Т., Заяць О., Шило О., Шило Є. (2024, квітень). Моделювання геоїда в геологічному часі. Міжнародна науково-технічна конференція «Геофорум-2024» (с.91-93). (Особистий внесок: проведено аналіз впливу геодинамічних процесів на зміни геоїда у геологічному часі, здійснено візуалізацію моделей, підготовлено висновки та оформлено матеріали для конференції).

19. Tserklevych, A., Zayats O., Shylo, Y., Shylo, O., & Badlo T. (2024, October). Modeling of true polar wander (TPW) during 540 Ma. In International conference of young professionals «GeoTerrace-2024». (Особистий внесок:

проведення моделювання справжнього переміщення полюсів (TPW), участь у формулюванні висновків і підготовка матеріалів доповіді).

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Основні результати дисертаційного дослідження були представлені та отримали позитивні відгуки на низці міжнародних та національних наукових заходів, що підтверджує їхню наукову цінність і практичну значущість. Зокрема, результати були апробовані на таких конференціях: GeoTerrace (2017, 2020, 2022, 2023, 2024), Litteris et Artibus (2017, 2019), IX міжнародна науково-практична конференція «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні» (2018), IV Міжнародна наукова конференція «Геофізичні дослідження та моделювання фізичних полів Землі» (2018), Геофорум (2019, 2023, 2024), VII Міжнародна наукова конференція «Геофізика і геодинаміка» (2019), 18th International Conference on Geoinformatics (2019).

Апробація на таких конференціях свідчить про широке визнання отриманих результатів у науковій спільноті та їхній внесок у розвиток наук про Землю.

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Виконане дослідження має вагоме наукове значення, оскільки розширює уявлення про геодинамічні процеси, пов'язані зі змінами форми Землі, напружено-деформованим станом літосфери та впливом ротаційних факторів. Отримані результати поглиблюють знання у сфері геофізики, геодезії, геодинаміки та наук про Землю, пропонуючи нові підходи до моделювання геодинамічних явищ.

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Практична цінність виконаного дослідження полягає у створенні теоретичних моделей і методик, які можуть бути застосовані для аналізу і прогнозування геодинамічних процесів, що впливають на зміну фігури Землі, напружено-деформований стан літосфери та рух полюса. Результати дослідження можуть бути використані в роботі таких організацій, як Міжнародна служба обертання Землі та системи відліку (IERS), для вдосконалення методів моніторингу руху полюсів і змін геоїда.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертація складається з трьох основних розділів: вступу, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 216 сторінок, із яких основний зміст займає 158 сторінок, включаючи 59 рисунків, 14 таблиць, 224 джерела у списку літератури та 2 додатки. Структура роботи відповідає встановленим вимогам Міністерства освіти і науки України. Всі

елементи дисертації – від викладення теоретичних положень до аналізу експериментальних даних – викладені логічно й послідовно, що забезпечує зрозумілість матеріалу. Викладення матеріалу відповідає вимогам МОН України як щодо змісту, так і оформлення.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

11. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри інженерної геодезії інституту геодезії ухвалили:

11.1. Дисертація Шило Ольги Миколаївни «Моделювання та картографування планетарних геодинамічних процесів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання розробки моделей, що враховують багатофакторний вплив ротаційних змін Землі, та створення методик картографування геодинамічних процесів, зокрема горизонтальних деформацій і напружено-деформованого стану літосфери та руху полюсу в просторово-часовому масштабі геологічної еволюції Землі, що має важливе значення для галузі знань 10 *Природничі науки*.

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. Основні результати дисертаційного дослідження викладено у 19 наукових публікаціях, серед яких: 1 стаття у науковому фаховому виданні України, 4 статті у виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз, та 14 публікацій у матеріалах конференцій, з яких 5 індексуються в базі Scopus.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Шило О.М. дисертація «Моделювання та картографування планетарних геодинамічних процесів» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	двадцять один
проти	-	немає
утримались	-	немає

Головуючий на науковому семінарі кафедри інженерної геодезії інституту
К.т.н., доц.

Олександр ЗАЯЦЬ

Рецензенти:

д.т.н., доц.,
директор ІГДГ

Ігор САВЧИН

д.т.н., доц.,
завідувач кафедри ВГА

Богдан ДЖУМАН

Відповідальний у ІГДГ за
атестацію PhD
к.т.н., провідний інженер
каф. КГМ

Віктор ЛОЗИНСЬКИЙ

"10" січня 2025р.