

ВІДГУК

**офіційного опонента на дисертаційну роботу Вовка Андрія Ігоровича
“Просторово-часова диференціація горизонтальних рухів земної кори
Європи за даними ГНСС-вимірів”, представленої на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – геодезія,
фотограмметрія та картографія**

Дисертаційна робота А.І. Вовка складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації становить 153 сторінки, із них 128 – основна частина, у тому числі 64 рисунки і 27 таблиць, список використаних джерел із 202 найменувань на 19 сторінках та 1 додаток на 5 сторінках.

Актуальність теми досліджень обґрунтована в дисертаційній роботі у повній мірі і не викликає жодних сумнівів. Дослідження рухів та деформацій земної кори є актуальною задачею багатьох природничих галузей науки та виробничої діяльності, у тому числі й сучасної геодезії. Території, обтяжені активними геодинамічними процесами, становлять загрозу суспільству з точки зору безпеки життєдіяльності. Вони потребують неперервного всебічного моніторингу, який здатний забезпечити не лише констатацію факту наявності таких процесів, а й встановлення показників рівня перетворення та ступеню ураженості територій. Геодезичні методи моніторингу геодинамічних процесів – основне джерело кількісної інформації щодо просторово-часової структури явища. Активний розвиток та запровадження у виробництво сучасних супутникових технологій розкрили нові перспективи досліджень проблеми. Ідеальним засобом її вирішення стали дані спостережень, накопичені в мережах перманентних GNSS-станцій. Мету і стратегічні напрями досліджень проблеми за такими даними визначають резолюції Міжнародної асоціації геодезії IAG у рамках діяльності підкомісій 3.2а “Глобальні деформації земної кори” та 3.2б “Регіональні деформації земної кори” комісії 3 “Обертання Землі та геодинаміка”. Одними з пріоритетних напрямів є дослідження рухів і

деформацій усіх масштабів від глобальної тектоніки плит до локальних деформацій, методичні розробки опрацювання, моделювання і аналізу даних з їх практичним втіленням у вивчення генезису та інтерпретацію геодинамічних явищ. Існують логічні зв'язки такого напрямку наукової діяльності з роботою комісії 1 “Референцні системи”. Окресленому науковому напрямку цілком відповідають дисертаційні дослідження А.І. Вовка.

Автором проаналізовано основні методи дослідження рухів земної кори, сучасні кінематичні моделі руху літосферних плит і оцінено внесок геодезичних методів у їх створення, сучасний стан дослідження рухів і деформацій на території Європи, а також подано результати вітчизняних та зарубіжних досліджень проблеми, чим автор посвідчив свої **знання робіт попередників**.

Методичний рівень досліджень. Теоретичною основою досягнення мети дисертаційних досліджень обрано, зокрема, традиційний підхід визначення кінематичних характеристик рухів, класичну лінійну теорію деформації суцільного середовища з її реалізацією на території Європи методом скінченних елементів, а також методику диференціації параметрів ротаційних рухів тектонічних плит з використанням методу найменших квадратів та критеріїв інформаційної ентропії. Використовування таких теоретичних основ опрацювання GNSS-даних забезпечило поділ Євразійської плити у межах території Європи на незалежні блоки з точки зору відмінностей відповідних їм кінематичних характеристик. Автором здійснено спроби обґрунтування одержаних результатів, використовуючи дані неотектоніки, геофізики, геоморфології, геології.

Відповідність паспорту спеціальності та назві роботи.

Назва дисертації відповідає змісту виконаних досліджень. Дисертаційна робота А.І. Вовка відповідає паспорту спеціальності 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія.

Аналіз основного змісту, наукової новизни, достовірності досліджень та обґрунтованості висновків і рекомендацій.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Також перелічено використані засоби публічної апробації і оцінено особистий внесок здобувача при поданні результатів досліджень у фахових виданнях.

Перший розділ **“Аналіз основних методів дослідження горизонтальних рухів земної кори”** присвячено аналізу методів дослідження рухів земної кори та результатів проведених досліджень на території Європи геодезичними методами. Багато уваги приділено хронологічним аспектам досліджень, у тому числі й у взаємозв'язку з постійно зростаючими технологічними можливостями та вдосконаленням методів геодезичного моніторингу Землі. Акцентовано увагу на перспективах моніторингу GNSS-методом і подано аналіз ступеню просторово-часової забезпеченості його даними для геодинамічних досліджень на території Європи. Також схарактеризовано сучасні тектонічні моделі Землі і оцінено внесок геодезичних методів у їх створення. Означено основні кінематичні характеристики Євразійської плити.

У другому розділі **“Дослідження динаміки горизонтальних рухів земної кори Європи за даними GNSS-спостережень”** проаналізовано дослідження горизонтальних рухів земної поверхні території Європи за GNSS-даними і подано результати власного опрацювання таких даних за період 2000 – 2010 роки. Визначено щорічні абсолютні та регіональні швидкості горизонтальних рухів станцій, виділено шість умовних блоків з однорідними кінематичними характеристиками і відображено результати схематичними тематичними картами. Беручи за основу теорію лінійної деформації суцільного середовища, методом скінченних елементів розраховано параметри горизонтального деформаційного поля території Європи і встановлено місця прояву його щорічних екстремальних показників. Окремий підрозділ присвячено диференціації просторових рухів поверхні у межах Карпато-Балканського регіону. Тут виділено чотири незалежних кінематичних блоки; результати співставлено з даними геолого-геофізичного походження.

У третьому розділі “**Диференціація ротаційних рухів земної кори Європи**” описано методика тектонічного районування, в основу якої покладено диференціацію горизонтальних рухів земної поверхні за ротаційними параметрами, обчисленими за GNSS-даними. Суть методики полягає у визначенні координат полюса обертання Ейлера і кутової швидкості обертання літосферної плити, виходячи із взаємозв’язку цих параметрів з швидкостями зміщення GNSS-станцій. Ротаційні параметри обчислюються способом найменших квадратів за принципом почергового вилучення станцій з їх загальної сукупності і оцінки впливу вилученої станції на точність параметрів полюса Ейлера. В основу оцінки такого впливу покладено узагальнений критерій зміни похибок ротаційних параметрів відносно їх екстремальних значень з використанням для їх узагальнення критеріїв інформаційної ентропії. Сукупність станцій, що залишились у мережі і вилучення яких не підвищує точність параметрів полюса Ейлера, свідчить про однорідність такої вибірки станцій, а окреслена ними територія вважається такою, що має сталі ротаційні характеристики. Апробацію методики виконано за даними спостережень на GNSS-станціях, які розміщені у межах європейської частини Євразійської літосферної плити. Результати забезпечили поділ досліджуваної території на два блоки земної кори, які обертаються навколо своїх полюсів Ейлера з різною кутовою швидкістю. Подано порівняння меж виділених блоків з палеотектонічними даними, а їх кінематичних характеристик – з такими ж для основних тектонічних моделей Землі.

Редакційний аналіз дисертації показав, що вона є завершеною науковою працею з логічним та послідовним викладенням результатів досліджень.

Оцінка публікацій автора. Одержані результати повною мірою висвітлені в опублікованих працях у наукових фахових виданнях і достатньо апробовані на міжнародних та всеукраїнській наукових конференціях. Публікації матеріалів дисертації відповідають вимогам МОН України.

Зміст автореферату відповідає структурі дисертаційної роботи та відображає її основні положення.

За результатами аналізу представленої роботи висловлюю такі зауваження:

1. В частині формулювання об'єкту дослідження як “рухи земної кори” правильно вживати термін “рухи земної поверхні”, адже вимірам GNSS-методом доступна лише фізична поверхня Землі.
2. У тексті дисертації та автореферату трапляються випадки, коли автор Євразійську літосферну плиту називає Європейською.
3. В аналізі розділу 1 і порівняннях власних результатів з тектонічними моделями у розділі 3 автор не врахував новітню модель ITRF2008-PMM. Порівняно з іншими, на які є посилання, вона найточніша. Її розрахункова точність оцінюється на рівні 0.3 мм/рік, тоді як, наприклад, для моделі MORVEL складає 0.67 мм/рік.
4. Для досліджень автор використовує вхідні дані з архівів SOPAC і NGL, але не конкретизує бази даних. Наприклад, в SOPAC їх три і всі одержано опрацюванням спостережень різними програмними комплексами, тому кінцеві продукти для однойменних станцій відрізняються. Сумісне використання таких даних неприпустиме.
5. Перехід від абсолютних до регіональних швидкостей руху станцій здійснюється елементарним видаленням середнього арифметичного. Беручи до уваги, що точність координат станцій різна, доцільно видаляти середнє вагове.
6. У другому розділі поділ території на шість незалежних кінематичних блоків здійснено за візуальним принципом, а їх межі співставлено з тектонічними розломами. З формальної математичної (імовірнісної) точки зору, якщо відсутнє підтвердження результату районування поля фізичних величин з використанням того чи іншого числового критерію, то цей результат залишається гіпотезою, яка не перевірена щодо її правдоподібності.
7. В основу деформаційного аналізу покладено класичну теорію лінійної деформації суцільного середовища, реалізовану методом скінченних елементів на двовимірних симплексах. Поділ території на симплекси здійснено методом триангуляції Делоне. Цей метод забезпечує лише формальне автоматизоване розбиття території на рівносторонні, наскільки це можливо, трикутники, але

жодним чином не передбачає перевірки умов лінійного закону деформації у їх межах. За такого підходу існує небезпека отримати формальні результати обчислення параметрів деформації з відповідними наслідками їх упередженого аналізу. Цей недолік обраного методичного підходу можна було б елімінувати оцінкою точності параметрів, але вона в дисертації не представлена.

8. Кутові швидкості обертання і координати полюса обертання Ейлера, які визначені для двох виділених блоків земної кори у третьому розділі, з урахуванням вказаних середніх квадратичних похибок практично не відрізняються. Це ставить під сумнів одержані результати диференціації земної кори на блоки за їх ротаційними характеристиками.

Вважаю, що наведені зауваження не знижують загальної цінності дисертаційної роботи, новизни та значущості одержаних результатів і не є підставою піддавати сумнівам досягнення автора. Врахування зауважень посвідчило б ще більшу вагомість проведених досліджень і їх результатів.

Практична цінність роботи А.І. Вовка полягає у розробці методики диференціації рухів земної кори за результатами GNSS-моніторингу фізичної поверхні Землі та її використанні для геодинамічних досліджень на території Європи. Завдання систематизації території за сталими кінематичними характеристиками відноситься до розряду задач, спрямованих на деталізацію і виділення у межах встановлених апріорі літосферних плит складових частин, які ідентифікуються як мікроплити. Вивчення їх взаємодії та меж складає предмет досліджень не тільки сучасної геодинаміки, а й суміжних з нею природничих наук, як от, сейсмології, вулканології тощо. Результати таких досліджень актуальні з точки зору, наприклад, розвідки надр, пошуку і видобутку корисних копалин, встановлення показників рівня перетворення, ступеню ураженості територій і ймовірних ризиків з точки зору безпеки життєдіяльності суспільства і функціонування інфраструктури. З цієї точки зору пропоновані здобувачем методичні розробки мають очевидну практичну значущість і можуть знайти застосування для дослідження геодинамічних процесів не лише на території Європи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Дисертаційна робота А.І. Вовка є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані експериментальні результати, що в сукупності є істотними для розвитку сучасної геодезії в частині дослідження результатів моніторингу Землі GNSS-методом, їх аналізу і використання для потреб геодинаміки.

Вважаю, що дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною, достовірністю та обґрунтованістю висновків і рекомендацій відповідає вимогам МОН України до кваліфікаційних наукових праць, а Вовк Андрій Ігорович гідний присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія.

Офіційний опонент -

кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії та картографії Національного університету водного господарства та природокористування

О.А. Тадеєв

“ 9 ” листопада 2016 року

Підпис О.А. Тадеєва засвідчую:

Начальник відділу кадрів Національного університету водного господарства та природокористування

М.В. Матіяш

