

ВІДГУК**офіційного опонента на дисертаційну роботу Досин Соломії Ігорівни****ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ ВІКОВИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ РУХІВ
ЗЕМНОЇ КОРИ ЗА ДАНИМИ МАРЕОГРАФІЧНИХ ТА GNSS-
СПОСТЕРЕЖЕНЬ (НА ПРИКЛАДІ ЄВРОПЕЙСЬКОГО
КОНТИНЕНТУ)****поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.24.01- геодезія, фотограмметрія і картографія****Актуальність роботи.**

Рухи земної кори пояснюються неоднорідністю глибинної структури земної кори, яка формувалася протягом тривалого часу, та дією сучасних ендегенних і екзогенних факторів. Одним із методів вивчення рухів земної кори є геодезичний метод із використання високоточних лінійно-кутових та нівелірних спостережень.

Загальноприйнятим та надійним способом визначення горизонтальних і вертикальних рухів земної кори в останні десятиліття стало використання GNSS-спостережень. Результати таких спостережень широко використовуються в геодинамічних дослідженнях і частково при прогнозах сейсмічної активності. Для вивчення вертикальних рухів також використовуються довгострокові мареографічні спостереження. GNSS-вимірювання та мареографічні спостереження доповнюють одні одних адже: мареографи фіксують рівень моря, а GNSS-обладнання рухи земної кори в районі мареографа (оскільки самі прилади розташовані на суші).

Тому метою роботи є поєднання двох незалежних методів – результатів GNSS-спостережень і мареографічних даних з метою дослідження вікових ВРЗК на території Європи та врахуванням всіх чинників, які спотворюють результати вимірювань. ВРЗК на прибережних територіях нерозривно пов'язані зі зміною рівня моря. Стурбованість із приводу підвищення рівня моря призвела до низки недавніх оглядів і оцінок наукових даних, багато з яких спонсуються світовими національними та міжнародними агентствами. Щорічні звіти Міжнародної комісії з питань зміни клімату містять детальні та обґрунтовані оцінки стосовно актуального стану Світового океану та клімату Землі. Зростання рівня моря, викликане глобальним потеплінням, і його вплив на прибережні території стали питаннями, до яких прикута все більша увага наукової спільноти. Враховуючи науковий та економічний аспекти зазначеної проблематики, можна говорити про те, що такі дослідження є необхідними та актуальними в наш час.

Тема роботи тісно пов'язана з реалізацією завдань Державної науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування та науковому напрямку кафедри вищої геодезії та астрономії Інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка»: моніторинг фізичної поверхні Землі на основі аналізу результатів сучасних наземних і супутникових вимірювань.

Відповідність паспорту спеціальності та назві роботи. Дисертаційна робота С. І. Досин відповідає паспорту спеціальності 05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія та картографія та спрямована на вдосконалення існуючих методів спільного опрацювання GNSS-вимірювань та мареографічних спостережень для визначення швидкостей вікових вертикальних рухів земної кори на прикладі Європейського континенту.

Щодо назви дисертації, то, на нашу думку, вона відповідає змісту досліджень.

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

Дисертаційна робота С. І. Досин складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (363 найменування). Загальний обсяг дисертації становить 224 сторінки, із них: 37 сторінок список використаних джерел із 363 найменування, 60 рисунків та 28 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, визначено мету, об'єкт, предмет і основні задачі дослідження, розкрито наукову новизну, теоретичне та практичне значення одержаних результатів, наведено зв'язок роботи із науковими програмами. Також розписано особистий вклад автора у опублікованих статтях.

У **першому розділі** «Сучасний стан дослідження вертикальних рухів земної кори» розглянуто методики, які можуть бути використані для визначення вертикальних рухів земної кори та проведено класифікацію вертикальних рухів земної кори.

Виконано огляд існуючих методів визначення вертикальних рухів земної кори, на основі якого встановлено їх переваги та недоліки, характеристики точності і ефективності їх застосування в просторово-часовому аспекті.

Проаналізувавши запропоновані методи необхідно зазначити, що вагому роль серед всіх методів дослідження ВРЗК відіграє мареографічний метод, за допомогою якого можна вивчати вікові рухи земної кори з високою точністю. Але для досягнення цієї точності необхідно враховувати багато факторів: вплив зміни поверхні океану, вплив тривалості спостережень.

В кінці розділу зроблено висновки та поставлено основні задачі дисертаційного дослідження.

У цілому розділ достатньо повно розкриває сучасні підходи і тенденції у даному напрямі досліджень. Однак є зауваження:

1. Автором некоректно вказується що GPS вимірювання виконується у системі відліку ITFR2000 (п. 1.2.2 Геодезичні методи).

2. При розгляді методів повторного нівелювання інформація приводиться тільки зарубіжних країнах, а в Україні є і Карпатський геодинамічний полігон і Кримський геодинамічний полігон, де виконано біля 5 циклів нівелювання I класу, які можна було-б використати для вивчення ВРЗК, особливо із спостереженнями на мареографах наприклад м. Ялта.

3. Доцільно було-б розглянути конструкції мареографів, щодо наявності на них GNSS-обладнання, яке, сумісно із мареографічними спостереженнями, які відслідковують зміну рівня Світового океану, дозволяє і відслідковувати і зміну положення самого мареографа.

У другому розділі «Фактори, що впливають на зміну рівня моря» виконано аналіз всіх факторів, які змінюють положення рівня моря та океану. Встановлено, що найбільший вплив на підвищення рівня моря має термальне розширення, спричинене нагріванням океанів, і втрата об'єму льоду, розташованого на суші (танення льодовиків, льодовикових покривів і льодовикових шапок).

Встановлено, що більшість факторів носять локальний і періодичний характер. Видовження тривалості мареографічних спостережень призводить до їх нейтралізації. Відповідно, від особливостей впливу факторів на рівень моря залежить необхідна для вивчення вікових ВРЗК тривалість спостережень на мареографах. У зв'язку з цим необхідно розробити методику визначення за даними мареографічних спостережень залежності точності ВРЗК від тривалості спостережень та територіального впливу цих факторів. Виникає необхідність аналізу сумісного визначення ВРЗК за даними мареографічних і GNSS-спостережень на території Європи.

До зауважень стосовно другого розділу, на наш погляд, слід віднести:

1. У висновках до другого розділу Вказано, що «...Мареографічні спостереження зазвичай показують значні регіональні коливання рівня моря внаслідок дії геодинамічних процесів та змін в океанічній і атмосферній циркуляції. Однак, на нашу думку, мареографічні спостереження показують, коливання рівні моря внаслідок всіх перерахованих у розділі факторів, а також і коливання рівня моря за рахунок зміни положення самого мареографа за рахунок значної кількості факторів і в тому числі за рахунок ВРЗК.

У третьому розділі «Розробка методики та алгоритму спільного опрацювання результатів мареографічних та і GNSS-спостережень» виконано обґрунтування визначення вікових ВРЗК різними геодезичними технологіями. Окремо розглянуто визначення ВРЗК за даними мареографічних та даними GNSS-спостережень, обчислені лінійні швидкості зміни висотного положення GNSS-станцій і мареографів із їх оцінками точності.

З аналізу визначених лінійних швидкостей ВРЗК з допомогою мареографічних і GNSS-спостережень випливає, що майже на всій досліджуваній території Європи результати визначення ВРЗК збігаються за напрямком, але не збігаються за величиною, тобто містять постійну різницю. З метою вивчення різниць швидкостей вікових ВРЗК, визначених за допомогою мареографічних та GNSS-спостережень, було виконано сумісне їх оброблення.

В оброблені задіяно мареографи, на яких велися спостереження більше 30 років і часові серії яких є безперервними, а також GNSS-станції, які розташовані вздовж берегової лінії, з мінімальною тривалістю безперервних спостережень – 4 роки. У результаті проведення досліджень отримано для всієї берегової лінії

Європи значення швидкостей ВРЗК за даними мареографічних та GNSS-спостережень.

За результатами даних отриманих в результаті опрацювання мареографічних та GNSS-спостережень побудовані карти ВРЗК.

У цілому розділ достатньо повно розкриває сучасні підходи і тенденції у даному напрямі досліджень. Однак, на нашу думку, не зовсім коректно задіяно використання термін «геоїд» по всьому тексту розділу, наприклад:

– П. 3.1. «...Основним і найбільш поширеним методом визначення ВРЗК є геометричне нівелювання, за результатами якого визначають відносно вертикальне зміщення земної кори, так як вимірювання проводяться відносно поверхні геоїда..», чому геоїда, як в усьому світі, в основному вже використовується нормальна система висот, де використовуються поняття «квазігеоїда»?

– Таблиця 3.2 Похибки визначення величин висоти геоїда, сили тяжіння і абсолютного вертикального зміщення. Досить сумнівно щодо точності визначення величин висоти геоїда у долях міліметра.

– Таблиця 3.3 Фрагмент числових значень $\text{map } V$ та $\text{map } V_m$ в залежності від вибраного періоду спостережень. Не вказано одиниці вимірювань (тривалість спостережень)

– Таблиця 3.5 Перелік мареографів і GNSS-станцій, які показують розбіжності у визначеннях вертикальних рухів земної кори – незрозуміло де мареограф, а де GNSS-станція.

У четвертому розділі «Реконструкція вертикальних рухів земної кори за даними мареографічних спостережень» розроблено теоретичні засади і методіку визначення кінематичних параметрів лінійного поля швидкостей ВРЗК умовно жорстких тектонічних плит за даними тривалих мареографічних спостережень.

Математична модель визначення ВРЗК з допомогою мареографічних спостережень за представленими кінематичними параметрами повинна мати мінімальне відхилення від середніх швидкостей ВРЗК, визначених за допомогою мареографів. Запропонована методика передбачає розв'язання поставленого завдання в декілька етапів методом послідовних наближень.

Апробація цієї методики проведена для берегової лінії території північної Європи.

Отримані результати абсолютних ВРЗК майже повністю підтверджуються результатами високоточних нівелювань, а систематичні розбіжності пов'язані зі зміною абсолютного глобального зростання рівня моря. Загалом, кінематика тектонічних блоків корелює з неотектонічними рухами, відображеними в геологічних розрізах. За допомогою виконаних досліджень можна проводити реконструкцію в часі ВРЗК для вивчення історичного розвитку ізостатичних процесів і змін гравітаційного поля Землі, а також для дослідження змін висотного положення геодезичних мереж і стійкості систем висот.

Обґрунтованість та достовірність представлених у роботі висновків та рекомендацій підтверджується аналітичною перевіркою запропонованої методики. При всіх дослідженнях застосовуються сучасні математичні методи. Достовірність результатів підтверджується практичними розрахунками на реальних об'єктах.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що за результатами теоретичних та практичних досліджень:

- теоретично обґрунтовано та розроблено методику опрацювання даних, які отримані в результаті мареографічних і GNSS-спостережень, що дають можливість сумісно опрацьовувати результати мареографічних і GNSS-спостережень з метою дослідження ВРЗК на побережжях;
- розроблено методику оцінювання точності визначення ВРЗК, яка базується на тривалих мареографічних спостереженнях;
- проведено, на основі аналізу GNSS-спостережень і результатів мареографічних вимірювань, розподіл систематичних різниць у результатах визначення ВРЗК;
- побудовано кінематичну модель поля вікових швидкостей ВРЗК тектонічних блоків території Європи, на основі якої з'являється можливість прогнозувати зміни положення берегової лінії і яка має практичну цінність при реалізації інфраструктурних об'єктів на прибережних територіях.

Висновок

Приведені зауваження не зменшують загального схвального враження від виконаних автором досліджень та дисертаційної роботи в цілому.

Дисертація відповідає спеціальності 05.24.01- геодезія, фотограмметрія і картографія за якою вона підготовлена до захисту.

Оцінюючи роботу, можна стверджувати, що дисертація Досин Соломії Ігорівни «**Визначення швидкостей вікових вертикальних рухів земної кори за даними мареографічних та GNSS-спостережень (на прикладі Європейського континенту)**» виконана на відповідному науковому рівні, містить нові науково обґрунтовані результати і в ній вирішено важливі наукові задачі. Представлена дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій за спеціальністю 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія, а її автор заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук,

Перший заступник директора з наукової роботи
Науково-дослідного інституту геодезії і картографії



[Handwritten signature]

О.В. Кучер



Підпис Кучера О. В. засвідчено: нар. ВР @ [Signature]