

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**МАРУСАЖ ХРИСТИНИ ІВАНІВНИ**

**«РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН  
ПОВЕРХНЕВИХ ОБ'ЄМІВ ОСТРІВНИХ ЛЬОДОВИКІВ  
АНТАРКТИЧНОГО УЗБЕРЕЖЖЯ»,**

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія

### Актуальність теми дисертації

За останнє десятиліття зміни клімату переросли з наукового питання у глобальну проблему. Ключовим показником таких змін є швидкість танення льодовиків, яка за даними ООН, за останні 20 років значно зросла. Вже тепер спостерігається відступ льодовиків в горах та посилене танення криги в Антарктиді й Арктиці. Зменшення льодовикових покривів призводить до змін співвідношення площ суші та води, глобальних погодних умов, розбалансування природних систем, змін в атмосфері, кріосфері та гідросфері Землі.

Для спостереження за станом льодовиків використовують як традиційні гляціологічні методи, так і зусиллями науковців впроваджено нові підходи та методи обробки геофізичних даних, зокрема моніторингу динаміки льодовикового покриву, методів дистанційного зондування Землі та технологій геоінформаційних систем. Дані підходи дозволяють отримувати інформацію про льодовики за значний часовий період та прогнозувати їх зміни.

Тому, висвітлені у дисертаційній роботі питання, пов'язані з існуючими проблемами дослідження змін об'ємів льодовиків антарктичного узбережжя методами наземного лазерного сканування та наземного цифрового знімання, є актуальним завданням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**  
Дисертаційна робота виконана в рамках наукового напрямку кафедри фотограмметрії та геоінформатики Інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка» – «Методи, моделі і технології моніторингу стану довкілля та окремих об'єктів засобами фотограмметрії, дистанційного зондування та геоінформатики», науково-технічної та науково-дослідної робіт за замовленням Державної установи Національний антарктичний науковий центр МОН України за Державною цільовою науково-технічною програмою проведення досліджень в Антарктиці на 2011-2020 роки.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та новизна**

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, відповідають вимогам до такого роду досліджень. Високий рівень обґрунтованості наукових положень, висновків та їх вірогідність забезпечені:

критичним аналізом наукових праць провідних вітчизняних та зарубіжних науковців щодо дослідження льодовиків у регіоні Антарктичного півострова, а також використанням широкої джерельної бази за темою дисертації і достатнім масивом аналітичних даних (список використаних літературних джерел становить 239 найменувань), що стосуються методів моніторингу льодовиків, в тому числі методів наземного лазерного сканування та наземного цифрового знімання;

відповідністю предметної спрямованості дисертаційного дослідження паспорту наукової спеціальності 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія та назві роботи;

конкретною постановкою та професійним вирішенням авторкою низки наукових завдань, що сприяло реалізації поставленої мети та одержанню наукових результатів із застосуванням сучасних методів дослідження;

авторським підходом при висвітленні теоретичних і практичних аспектів визначення фокусної віддалі та дослідженні дисторсійних спотворень

цифрових неметричних знімальних камер, а також сумісного застосування методів наземного цифрового знімання та наземного лазерного сканування, що дає змогу істотно підвищити швидкість виконання вимірювань та точність отримання кількісних параметрів поверхонь льодовиків;

достовірністю наукових досліджень, рішень та висновків, що підтверджуються отриманими експериментальними результатами, коректність яких забезпечена опрацюванням значного теоретичного та практичного матеріалу. Практичну реалізацію результатів теоретичних досліджень здійснено на прикладі виходів льодовиків на островах Вінтер та Галіндез антарктичного узбережжя.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Найбільш вагомі результати дослідження, що характеризуються науковою новизною можна представити у вигляді наступних основних положень:

- розроблено три нові способи визначення фокусної віддалі для цифрових неметричних знімальних камер, що дозволяють підвищити точність визначення координат точок об'єкта без застосування номенклатурного обладнання;

- розроблено методику визначення змін поверхневих об'ємів острівних льодовиків антарктичного узбережжя за результатами комплексного застосування наземного лазерного сканування та наземного цифрового знімання;

- запропоновано алгоритми пошуку мертвих зон за даними наземного лазерного сканування та оптимізації інтервалу сітки для побудови цифрової моделі рельєфу;

- встановлено зміни поверхневих об'ємів острівних льодовиків на о. Вінтер та о. Галіндез упродовж 2013-2014, 2014-2018 років.

Враховуючи сказане, можемо стверджувати, що одержані наукові результати є належно обґрунтованими, достовірними і апробованими, мають наукову новизну та практичну цінність.

### **Практичне значення роботи**

Основні теоретичні положення та результати досліджень дисертаційної роботи впроваджено та застосовано Державною установою Національний антарктичний науковий центр МОН України. Методика та результати досліджень можуть бути використані державними та приватними установами, підприємствами та організаціями в галузі гляціології, геодинаміки та метеорології.

Вважаємо, що сфера застосування результатів досліджень істотно ширша і не обмежується запропонованими впровадженнями.

### **Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях**

Основні положення та результати досліджень за темою дисертації опубліковані в 18 наукових працях. З них 2 статті у науковому фаховому виданні України, яке включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus; 2 статті в наукових періодичних виданнях інших держав, які включені до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science; 4 статті у наукових фахових виданнях України; 7 тез і матеріалів конференцій та 1 стаття в іншому науковому виданні України. Обсяг друкованих робіт та їхня кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. В опублікованих наукових працях достатньою мірою відображено наукову новизну, сутність, теоретичне та практичне значення результатів дослідження.

В рамках дисертаційного дослідження авторкою отримано два патенти на корисну модель «Спосіб визначення фокусної віддалі цифрової знімальної камери» № 110910 від 25.10.2016 року та № 135876 від 25.07.2019 року.

Щодо *оцінки змісту автореферату* дисертації, то він повністю розкриває мету та завдання дослідження, відображає усі основні результати роботи. Автореферат підготовлений відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України. Його текст є ідентичним за змістом з основними

положеннями, висновками і рекомендаціями, що містяться у дисертації, викладений на належному рівні технічною мовою. Якість оформлення автореферату свідчить про професійну підготовку авторки.

### **Аналіз змісту дисертаційної роботи та її розділів**

Дисертаційна робота Марусаж Х.І. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літературних джерел із 239 позицій та чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 179 сторінок, у тому числі сторінок основного тексту, ілюстрації складають 44 рисунки, 17 таблиць та 4 додатки на 14 сторінках. Додатки А і Б (10 сторінок) включають в себе допоміжний табличний і графічний матеріал, а додатки Г і Д (4 сторінки) – акти впровадження наукових результатів дисертаційної роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, висвітлено новизну та практичне значення отриманих результатів, викладено відомості про повноту публікацій результатів та апробацію роботи.

У першому розділі «Аналіз сучасних методів дослідження кількісних параметрів льодовиків» проведено детальний аналіз процесу формування льодовиків, методів їх моніторингу та сучасного стану досліджень льодовиків в антарктичному регіоні. Авторкою запропоновано класифікацію методів дослідження льодовиків та сформовано відповідні висновки щодо переваг та недоліків застосування методів (рис. 1.7). Наголошено, що для моніторингу змін острівних льодовиків пріоритетним є застосування наземного лазерного сканування та наземного цифрового знімання, що, в свою чергу, дозволить уникнути «мертвих» зон наземного лазерного сканування та підвищити точність визначення змін об'ємів льодовиків.

У другому розділі «Розробка способів визначення фокусної віддалі цифрової неметричної знімальної камери та дослідження наземного лазерного сканера» розглянуто існуючі методи та способи визначення елементів внутрішнього орієнтування та параметрів калібрування цифрових

неметричних знімальних камер. Даний аналіз дозволив з'ясувати основні труднощі, що виникають під час розв'язання подібних задач та впливають на точність обчислення координат точок об'єктів. Для дослідження камер, що застосовують для наземного цифрового знімання льодовиків, авторкою запропоновано три способи визначення фокусної віддалі, подано їх опис, технологічну реалізацію, алгоритм обчислень та результати апробації. На два із запропонованих способів отримано патенти на корисну модель. За висновками авторки, дані способи дають змогу оперативно в камеральних умовах визначити фокусну віддаль з відповідною точністю, що не перевищує допустимої точності вимірювання координат знімків на цифровій фотограмметричній станції.

Дисертантом досліджено та враховано вплив дисторсійних спотворень цифрових неметричних знімальних камер, з цією метою створено просторовий калібрувальний тестовий полігон, що являє собою схематичну модель виходу льодовиків (рис. 2.13). Проаналізовано джерела похибок наземного лазерного сканування та запропоновано рекомендації для їх зменшення (рис. 2.16). Подано результати дослідження точності побудови хмари точок методом наземного лазерного сканування залежно від віддалі до об'єкта та поверхні сканування (ст. 89).

У третьому розділі дисертаційної роботи «Розробка методики комплексного дослідження змін поверхневих об'ємів острівних льодовиків» дисертанткою запропоновано методику сумісного застосування наземного лазерного сканування та цифрового стереофотограмметричного знімання. З висновків авторки, точність визначення змін поверхневих об'ємів за запропонованою методикою становить 1%, що відповідає гляціологічним вимогам.

Надано рекомендації та виділено особливості виконання етапів створення технічного проекту, польових робіт наземного лазерного сканування, наземного цифрового знімання, опрацювання матеріалів вимірювань поверхонь льодовиків (рис. 3.1).

Значну увагу авторка приділяє викладенню запропонованих алгоритмів для виявлення «мертвих» зон наземного лазерного сканування та оптимізації вибору інтервалу для побудови цифрових моделей поверхонь льодовиків за даними наземного цифрового знімання. Запропоновано алгоритм оптимізації інтервалу цифрової моделі рельєфу та виведено формули для обчислення інтервалу сітки для побудови цифрових моделей поверхонь льодовиків у місцях «мертвих» зон наземного лазерного сканування (3.11-3.18). Діапазон інтервалу сітки коливається в межах 1,2-1,7 м.

У четвертому розділі «Апробація методики комплексного дослідження змін поверхневих об'ємів льодовиків» дисертанткою висвітлено результати виконання комплексу робіт з наземного лазерного сканування, наземного цифрового знімання та їх опрацювання відповідно до запропонованої методики. Апробацію методики здійснено для моніторингу льодовиків на о. Вінтер та о. Галіндез упродовж 2013-2014 та 2014-2018 років. За опрацьованими матеріалами побудовано точкові моделі за даними наземного лазерного сканування та цифрові моделі поверхонь льодовиків, отримані за даними наземного цифрового знімання, що покривають «мертві» зони. Обчислено зміни поверхневих об'ємів острівних льодовиків як різниці об'ємів між циклами спостережень (табл. 4.7, рис. 4.12-4.14). Наведені результати свідчать про загальну тенденцію зменшення льодовиків та неоднорідність їх змін.

**Загальні висновки** по дисертації відповідають її змісту і повною мірою висвітлюють отримані авторкою основні наукові результати.

**Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження**

Попри вагомість наукових здобутків дисертантки, слід висловити певні зауваження та пропозиції:

1. У назві та тексті дисертації авторка вживає термін «поверхневий об'єм», проте не наводить його тлумачення.

2. Аналіз літературних джерел викладено достатньо ретельно, однак, на нашу думку, варто було б детальніше розглянути методи наземного лазерного сканування та наземного цифрового знімання, особливо за останні 2019-2020 роки.

3. На ст. 22 та ст. 23 авторка посилається на літературне джерело (Glacier processes, 2018), однак в списку літературних джерел дана публікація датована 2020 роком.

4. У другому розділі досить детально висвітлено дослідження цифрових неметричних камер, натомість дослідженням наземного лазерного сканера приділено меншу увагу.

5. На рисунку 2.2 є певні неточності щодо схематичного позначення елементів знімання 1 і 6, має бути навпаки: 1 – фрагмент контрольної вимірної сітки, 6 – отвір для об'єктива камери.

6. В дисертації мають місце прикрі стилістичні та орфографічні помилки. Наприклад, на с. 59 «далі камеру повертають вліво...», мабуть повинно бути «повертають ліворуч...», на ст. 85 «значно поліпшена», ст. 107 «точка, яка приймає участі». Опечатки і неточності помічено у тексті на сторінках 95, 104, 108, також на ст. 57 не пронумерована формула, на ст. 101 джерело посилання не знайдено.

7. Для обчислення апріорної оцінки точності  $m_f$  в тексті дисертації (ст. 62) зазначено, що використано формули (2.2)-(2.8), дане твердження є помилковим.

8. Не зовсім зрозумілим є вибір площини для визначення об'ємів виходів льодовиків на рис. 4.11.

9. Можливо необгрунтоване вживання терміну «номограма» (рис. 4.12-4.14), який згідно визначення є графічним засобом для проведення розрахунків. Наведені рисунки є схожими на прості діаграми.

10. З назви таблиці 4.7 та підпису графіків (рис. 4.12-4.14) у дисертації складається враження, що існує постійний додатний приріст



об'єму льодовика. Хоча в авторефераті для аналогічної таблиці 5 вже уточнено назву (додано «зменшення»).

11. Відзначаючи високий рівень викладення матеріалу в даній роботі в якості зауваження слід зазначити велику кількість умовних скорочень термінів і понять, що використовуються в авторефераті. Це ускладнює сприйняття представленого матеріалу автореферату, де відсутній список прийнятих скорочень.

Вважаємо проте, що викладені вище зауваження суттєво не впливають на цінність та достовірність отриманих дисертантом результатів, жодним чином не стосуються пропонувані авторкою теоретичних обґрунтувань та методичних розробок дослідження змін об'ємів льодовиків. Саме це є беззаперечною заслугою дисертантки з точки зору практичної значущості роботи.

Загалом, дискусійні положення, що наведені у дисертаційній роботі, засвідчують перспективність подальшого розвитку і удосконалення запропонованого авторкою напрямку наукових досліджень.

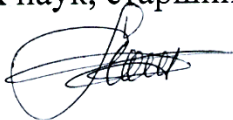
#### **Висновок про відповідність дисертації вимогам Порядку присудження наукових ступенів**

З огляду на актуальність, новизну, важливість одержаних авторкою наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень та висновків, вважаю що дисертаційна робота Марусаж Христини Іванівни на тему: «Розробка методики комплексного дослідження змін поверхневих об'ємів острівних льодовиків Антарктичного узбережжя» є самостійною, завершеною, цілісною, належно структурованою науковою працею, у якій розв'язано науково-прикладну задачу щодо розроблення методичних засад дослідження змін об'ємів льодовиків. Матеріали дисертації достатньо повно викладені в опублікованих працях, включаючи обов'язкові фахові видання. Автореферат відповідає змісту дисертації та повно його відображає.

На підставі вищезазначеного можна зробити висновок, що дисертаційна робота «Розробка методики комплексного дослідження змін поверхневих об'ємів острівних льодовиків Антарктичного узбережжя» повністю відповідає вимогам МОН України, які висуваються до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема, пп. 9, 11, 12, 13 положення про «Порядок присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 (зі змінами), а її авторка, Марусаж Христина Іванівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія.

**Офіційний опонент:**

провідний науковий співробітник  
науково-дослідного відділу (систем управління військами)  
Наукового центру Сухопутних військ  
Національної академії сухопутних військ  
імені гетьмана Петра Сагайдачного,  
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

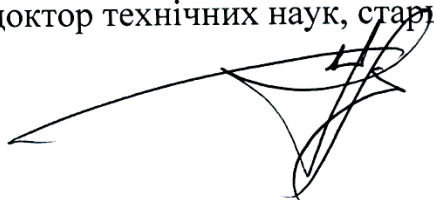


О. ПАЩЕТНИК

Підпис кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника  
ПАЩЕТНИК О.Д. засвідчує



Тимчасового виконуючий обов'язки  
заступника начальника Національної академії сухопутних військ  
імені гетьмана Петра Сагайдачного з наукової роботи  
доктор технічних наук, старший науковий співробітник



В. ГРАБЧАК