

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Легостаєвої Ольги Вадимівни**
“Математичне і програмне забезпечення автоматизованої системи 3D
інтерпретації даних потенціальних полів (GMT–AUTO)”,
подану на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 04.00.22 – геофізика (103 – науки про Землю)

Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Вимірювання геофізичних полів та обробка геолого-геофізичних спостережень є головними джерелами визначення просторового розподілу геологічних об'єктів та структур. Обробка та інтерпретація результатів геофізичних спостережень потребують добре розвинених сучасних систем аналізу без яких неможливо отримати достовірну геологічну та геофізичну інформацію. Використання створених пакетів математичного забезпечення та автоматизованих систем швидкої обробки інформації надає можливість отримання реальної структури геологічної будови з гравіметричних та магнітометричних польових вимірювань. Оскільки, як правило, матеріали геофізичних спостережень та вимірювань надаються у графічному вигляді, тому важливо забезпечити автоматичне перетворення графічної інформації у цифрову форму, а після аналізу і інтерпретації таких вимірювань, зробити обернене перетворення для побудови карт геофізичних/геологічних полів. Тому, без сумніву, робота з розробки та застосування математичного і програмного забезпечення автоматизованої системи інтерпретації даних геофізичних полів є актуальною і сучасною, а також має великий практичний потенціал для застосування. Робота виконана у рамках наукової тематики Інституту геофізики ім.С.І.Субботіна НАН України та в рамках тем, таких, наприклад, як «Комплексне геофізичне дослідження літосфери України: від моделей до процесів формування родовищ корисних копалин», а також в рамках більше двадцяти фундаментальних та прикладних наукових тем за тематикою дисертації.

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Дисертаційна робота містить нові розробки з теорії, алгоритмів та програмного забезпечення для створення комплексів з кількісної обробки та інтерпретації даних потенціальних геофізичних полів, а також їх практичне застосування для аналізу геологічних структур України і в інших країнах. Дисертанткою було розроблено новий програмний комплекс автоматизованої обробки та

інтерпретації гравітаційного, магнітного та теплового полів, що дозволяє будувати тривимірні геофізичні моделі. Представлено нове рішення прямої задачі магнітометрії для різних структур з анізотропною та ізотропною магнітною сприйнятливістю. Також у дисертації проведено цікаве застосування створеної нової автоматизованої системи (GMT–Auto) для вирішення практичних задач вивчення складної будови геологічних структур за геофізичними даними. Результати роботи мають суттєве практичне значення для побудови моделей існуючих та досліджуваних геологічних структур і для використання для пошуків корисних копалин та інших практичних завдань геології та тектоніки. Розроблена автоматизована система застосовувалась і буде застосовуватись у майбутніх дослідженнях для вивчення неоднорідних геологічних структур за геофізичними вимірюваннями, а також для побудови нових моделей геологічних басейнів України, що є суттєвим практичним результатом роботи.

Повнота викладу положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях. Головні наукові результати та висновки, викладені в дисертаційній роботі, одержані авторкою особисто та опубліковані в монографіях та статтях у журналах, які входять до Переліку наукових фахових видань України з фізико-математичних наук, а також у відомих міжнародних геофізичних журналах. За темою дисертації авторкою опубліковано 105 наукових праць, включаючи 3 монографії, 43 статті, з яких 30 входять до міжнародної наукометричної бази Scopus з 326 цитуваннями, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір та більше 50-ти тез доповідей на міжнародних наукових конференціях та симпозіумах. Індекс Гірша за даними Scopus дорівнює 11. Без сумніву дисертаційна робота пройшла достатню апробацію на багатьох міжнародних конференціях, публікації здобувачки за кількісними показниками та повнотою викладення відповідають чинним вимогам стосовно докторських дисертацій.

Структура і зміст дисертаційної роботи, оцінка її завершеності в цілому. Дисертаційна робота складається із вступу, семи розділів, висновків, переліку використаних джерел з 338 найменувань та 4 додатків. Робота містить 5 таблиць та 121 рисунок. Обсяг основного тексту дисертації складає 343 сторінки.

У **вступі** викладено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність обраного дослідження, сформульовано мету роботи і наукові задачі, які потрібно вирішити в дисертації, а також методи дослідження.

У **першому розділі** авторка наводить опис основних принципів роботи програм автоматичного перетворення графічної геофізичної інформації в цифрову. Розглянуто принципи роботи програмних комплексів обробки зображень геолого-геофізичних даних у прямокутній або географічній системах координат. Детально описано розробку та принципи роботи програмних комплексів Geophys0, SpaceMap, Profile та інших для багатофункціональної обробки, аналізу та інтерпретації геолого-геофізичних параметрів.

Новий комплекс автоматизованої інтерпретації гравітаційного, магнітного і теплового полів (GMT-Auto) дає змогу за заданими полями будувати тривимірні моделі з безперервним розподілом фізичних параметрів. Це дозволяє виконувати аналіз полів геофізичних параметрів та будувати моделі геологічних структур із високою точністю їх апроксимації.

У **другому розділі** розглянуто пряму задачу гравіметрії та за допомогою викладеного узагальненого методу апроксимації шаруватих структур авторкою побудовані тривимірні густинні моделі для різних регіонів Європи.

Третій розділ присвячено вирішенню прямої задачі магнітометрії з метою обчислення магнітних полів пірамідальних структур з анізотропною магнітною сприйнятливістю.

В **четвертому розділі** розглянута пряма стаціонарна задача геотермії та отримано рішення задач розподілу температури і теплового потоку, які пов'язані із стаціонарним джерелом тепла у вигляді вертикальної призми, точкової маси, вертикального стрижня та горизонтального нескінченного плоскопаралельного шару.

У **п'ятому розділі** описано основні принципи роботи розробленого комплексу “ПЕРЕГЛЯД” та програми UnionMaps, які спільно з технологічними комплексами вирішення різних геофізичних задач дозволяють виконувати інтерпретацію геофізичних даних за допомогою методу підбору. Показано ефективність застосування створених програм для рішення задач геофізики, наприклад, гравіметрії, магнітометрії та геотермії.

У **шостому розділі** наведено детальний опис програм для нової автоматизованої системи GMT-Auto для інтерпретації гравітаційного, магнітного і теплового тривимірних полів, що дозволяє будувати моделі з неперервним розподілом геофізичних параметрів. Такий підхід дозволяє набагато точніше інтерпретувати отримані поля геофізичних величин. Дисертанткою отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму “3-Д моделювання потенціальних полів”.

У **сьомому розділі** наведено важливі приклади застосування системи побудови тривимірних геофізичних моделей для вивчення глибинної структури геологічних об'єктів. Представлена тривимірна модель літосфери Українського щита, де виявлено особливості глибинної будови різних мегаблоків земної кори. Розглянуто тривимірну модель літосфери шельфу, континентального схилу і глибоководної западини Чорного моря, яка є перспективним нафтогазоносним районом України. Були також створені карти залишкового гравітаційного поля з великим ступенем точності для Ліптовської котловини в Словаччині.

У **висновках** наведено основні результати досліджень.

Структура і об'єм роботи, її оформлення відповідають вимогам МОН України щодо докторських дисертацій. Потрібно відзначити, що за актуальністю, рівнем розв'язання наукових завдань, обсягом досліджень та їх обґрунтуванням, науковою новизною та практичним значенням отриманих результатів, дисертаційна робота Легостаєвої О.В. є завершеним науковим дослідженням та відповідає вимогам до робіт на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук.

Ступінь достовірності та обґрунтованість наукових положень, висновків та результатів дисертації. Ступінь обґрунтованості та достовірність отриманих в дисертації результатів була перевірена методами порівняння з відомими моделями, програмними комплексами, результатами вимірювань та інтерпретації, отриманими іншими авторами. Результати, отримані дисертанткою опубліковано в монографіях, у фахових реферованих журналах, у тому числі, у міжнародних та апробовано на міжнародних наукових конференціях. Достовірність та обґрунтованість наукових положень і результатів також забезпечені завдяки використанню перевірених математичних розрахунків для створення алгоритмів та програмного забезпечення для обробки, аналізу та інтерпретації геофізичних полів.

Наукові результати і висновки дисертації зі створення нової автоматизованої системи кількісної інтерпретації даних потенціальних полів, практичного застосування системи для аналізу та вивчення геологічних структур України є вагомими, сформульовані і викладені обґрунтовано і переконливо. Інтерпретація результатів побудованих моделей є достовірною і виконана на достатньо високому науковому рівні, результати виглядають коректними, загалом узгоджуються із попередніми дослідженнями і надають нові знання про геологічні структури України.

Зауваження, дискусійні положення та побажання.

1. В основних завданнях дослідження (автореферат, стор. 5) третє завдання – "навести приклади" – сформульовано, на мій погляд, не дуже вдало. Це завдання мало бути сформульовано як, наприклад, "застосувати створену автоматизовану систему для практичних задач дослідження геологічних структур". Чи в такому ключі треба розуміти третє завдання?

2. В першому розділі можна було б очікувати огляд існуючих сучасних програмних комплексів для вирішення задач аналізу та інтерпретації геолого-геофізичних даних, визначення невирішених проблем, що дозволило б авторці обґрунтувати задачі для своєї роботи. Але авторка після короткого загального огляду одразу перейшла до результатів розробки програм та методам роботи з ними.

3. В Розділі 1 можна було б зменшити об'єм детальних описів процедур роботи з програмними комплексами, або винести їх у Додатки.

4. В Розділі 1 розглядається методика створення тривимірних геологічних моделей (комплекс *Isohypse*), але жодного прикладу такої тривимірної моделі не наведено. Але потрібно відзначити, що такі моделі наведено у Розділах 5 і 7.

5. В висновках Розділу 4 – "Наведено формулу Дж. К. Максвелла для визначення кількості перенесеної теплоти через однорідний горизонтальний шар в формі прямокутного паралелепіпеда." В чому тут висновок чи здобуток авторки?

6. В дисертації зазначено, що створена автоматизована система орієнтована на практичне використання як в наукових, так і в промислових геофізичних організаціях. Але чи є доступ до цих програмних комплексів для використання з інших організацій, і якщо є, то як він організований?

7. На стор. 50 вказано, що "Комплекси працюють в операційному середовищі MS Windows або в більш пізній версії". При цьому версія операційного середовища не вказана (XP, 7, 10?). Чи працюють ці програмні комплекси у середовищі Windows 10?

8. У Розділі 7 наведено вражаючі можливості розроблених методів та програмного комплексу для аналізу геологічних структур. Чи можна виділити якусь специфічну особливість, яка була визначена за допомогою цих методів?

9. В тексті дисертації іноді зустрічаються помилки, русизми, неузгодженість відмінків, наприклад, (стор. 2) "практичному використанню, ілюстрованою" має бути "ілюстрованого"; (стор. 41) "введення в комп'ютер геолого-геофізических карт", "в цифровой вигляд"; (стор. 30) "Пряма задачі гравіметрії" та деякі інші. Але таких помилок в усьому тексті небагато і вони не впливають на позитивне сприйняття мови дисертації.

Ці зауваження не є принциповими і не стосуються актуальності проведених досліджень, наукової новизни, достовірності та практичної цінності отриманих результатів і тому не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи в цілому. Відзначені недоліки не впливають на загальне позитивне враження про дисертацію.

Авторка виконала великий обсяг теоретичних досліджень, має потужний досвід з математичного аналізу, розробки алгоритмів, програмування та геофізичного моделювання, отримала низку нових результатів, які мають наукове і практичне значення. Рівень публікацій, доповідей на конференціях свідчать про визнаний авторитет авторки у даній галузі, роботи авторки відомі за кордоном і мають визнання у спеціалістів. Дисертація є завершеною роботою, яка є вагомим внеском у вирішення проблем розробки нових алгоритмів та програм автоматизованої обробки та інтерпретації геолого-геофізичної інформації, рішення задач гравіметрії, магнітометрії та геотермії для геологічних структур та об'єктів, практичного майбутнього застосування розроблених програмних комплексів.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертаційної роботи. Зміст автореферату у повній мірі відображає основні положення дисертаційної роботи та відповідає змісту розділів дисертації, містить основні результати виконаних досліджень і дає змогу достатньо повно оцінити наукову новизну і практичну цінність роботи. Стиль викладення матеріалу у дисертації та авторефераті відповідає загальноприйнятим вимогам. Автореферат оформлений відповідно до вимог ДАК МОН України.

Висновок про дисертацію в цілому та її відповідність чинним вимогам. На підставі вищевикладеного, вважаю, що дисертаційна робота Легостаєвої Ольги Вадимівни “Математичне і програмне забезпечення автоматизованої системи 3D інтерпретації даних потенціальних полів (GMT–AUTO)”, є завершеною науковою працею. В ній містяться актуальні та нові наукові результати, які спрямовані на вирішення важливої наукової та практичної проблеми, що полягає розробці та застосуванні нових алгоритмів та програм для автоматизованої обробки, аналізу і інтерпретації геолого-геофізичної інформації та вирішення задач гравіметрії, магнітометрії та геотермії для геологічних об'єктів.

Тема, зміст та отримані результати дисертаційної роботи відповідають паспорту спеціальності 04.00.22 – геофізика (фізико-математичні науки).

Вирішені в дисертації проблеми, наукова новизна отриманих результатів, високий рівень публікацій у багатьох міжнародних виданнях, підтверджують відповідність дисертаційної роботи чинним вимогам.

Результати роботи відповідають зазначеній меті та завданням дисертації.

Вважаю, що за актуальністю вирішених проблем, науковою новизною та практичною значимістю, високим науковим рівнем проведених досліджень і розробок, дисертація “Математичне і програмне забезпечення автоматизованої системи 3D інтерпретації даних потенціальних полів (GMT–AUTO)”, за змістом, оформленням, отриманими результатами та висновками в повній мірі відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567), (зі змінами, які внесені згідно з Постановами КМУ №656 від 19.08.2015 р.. №1159 від 30.12.2015 р. та № 567 від 27.07.2016 р.), вимогам наказу № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та іншим нормативним актам Міністерства освіти і науки щодо докторських дисертацій, а її авторка Легостаєва Ольга Вадимівна, без сумніву заслуговує на присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика (103 - науки про Землю).

Головний науковий співробітник
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
доктор фізико-математичних наук,
професор



Геннадій МІЛІНЕВСЬКИЙ

Підпис Міліневського Г.П. засвідчую,
Вчений секретар НДЧ
Київського національного
університету імені Тараса Шевченка

Наталія КАРАУЛЬНА

16.09.2021р.
СЕКРЕТАР НДЧ

