

В І Д З И В

офіційного опонента на дисертаційну роботу
**МИХАЙЛОВОЇ ОЛЬГИ ОЛЕКСАНДРІВНИ “ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛІВ
НАПРУЖЕНЬ У ЗАКАРПАТТІ ЧЕРЕЗ МЕХАНІЗМИ ВОГНИЩ
ЗЕМЛЕТРУСІВ”**,

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-
математичних наук за спеціальністю
04.00.22 – геофізика, 103 – науки про землю.

Вивчення сейсмічності та визначення напружено–деформованого стану порід для регіонів України є, безумовно, актуальними. Закарпаття є територією з найвищим рівнем сейсмічної активності в межах Карпатського регіону України. **Актуальність теми** дисертаційної роботи саме пов’язана із визначенням напруженого стану земної кори на основі даних про механізми вогнищ землетрусів у районах із невисокою сейсмічною активністю та повторними землетрусами.

Зв’язок роботи з науковими програмами, темами. Роботу виконано відповідно до планів наукових досліджень Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України у рамках тем: 1) «Математичне моделювання та експериментальні дослідження пружних полів у земній корі Українських Карпат» (2011–2015 рр. № держреєстрації 0111U000028); 2) «Багато-параметричне моделювання геофізичних полів у геосередовищах для підвищення достовірності прогнозування вуглеводнів» (2012–2016 рр. № держреєстрації 0112U001141); 3) «Комплексні геофізичні дослідження для виявлення та прогнозування екобезпечних явищ на локальних та регіональних полігонах Заходу України» (2012–2016 рр. № держреєстрації 0112U001142); 4) «Теоретико-експериментальні дослідження полів напружень деформацій та їхнього зв’язку з розломно-блоковою тектонікою і сейсмічністю Закарпаття» (2016–2020 рр. № держреєстрації 01162U00075).

Мета та задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є визначення сучасного напруженого стану полів напружень через механізмів вогнищ землетрусів для сейсмічних подій Закарпаття. Для досягнення цієї мети в дисертації розв’язано наступні задачі: 1) обчислення механізму вогнищ землетрусів графічним методом; 2) розрахунок тензорів сейсмічного моменту за даними обмеженої кількості станцій методом інверсії хвильових форм; 3) визначення полів напружень для сейсмічних подій Закарпаття; 4) проведення порівняльного аналізу визначення полів напружень на реальних подіях Закарпаття за механізмами вогнищ із використанням методів Майкла та Р-Т осей.

Об’єктом дослідження є механізми вогнищ землетрусів та поля напружень.

Предметом дослідження є визначення сучасного напруженого стану земної кори Закарпаття на основі даних про механізми вогнищ землетрусів.

Методи досліджень. При виконанні роботи було застосовано графічний метод і метод інверсії хвильових форм для побудови механізмів вогнищ землетрусів. Застосовані методи для визначення поля напружень через фокальні механізми для подій Закарпаття: метод Майкла і метод Р-Т осей.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше визначено механізми вогнищ більше 50 землетрусів Закарпаття графічним методом та методом інверсії хвильових форм; 2. Вперше знайдено поля напружень у земній корі Закарпаття за фокальними механізмами вогнищ місцевих землетрусів; 3. Вперше здійснено порівняльний аналіз полів напружень, обчислених за фокальними механізмами із використанням методів Майкла та Р-Т осей для сейсмічних подій Закарпаття.

Достовірність одержаних результатів забезпечується чіткою фізичною постановкою задач, дотриманням початкових та граничних умов, строгим виконанням математичних перетворень під час отримання основних аналітичних співвідношень; ретельним тестуванням створених програмних засобів.

Практичне застосування отриманих результатів. Застосовані в дисертаційній роботі алгоритми дають змогу визначати механізми вогнищ місцевих землетрусів як графічним методом, так і методом інверсії хвильових форм. Запропоновані алгоритми можуть застосовуватись для аналізу напружено-деформованого стану регіонів із малою сейсмічністю. Отримані результати можуть використовуватись у навчальному процесі на геологічних факультетах.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати та висновки, викладені в дисертаційній роботі, одержані автором особисто або у співпраці та опубліковані в журналах, які входять до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з фізико-математичних наук або іноземних видань. За темою дисертації автором опубліковано 12 наукових праць: статей – 9 (5 входять до наукометричної бази Web of Science), 3 – тез доповідей вітчизняних і міжнародних конференцій.

Апробація результатів дисертації. Основні концепції, ідеї, положення і результати досліджень доповідалися і обговорювалися на: засіданнях НТШ у Карпатському відділенні інституту геофізики ім. С. І. Субботіна; Науковій Конференції-Семінару пам'яті Т. З. Вербицького та Ю. Т. Вербицького «Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах». XVI міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» (2017); XIth міжнародній конференції: Proceedings of XIth International Conference “Monitoring 2017”; науковій конференції ЛНУ ім. І. Франка «Геофізичні дослідження та моделювання фізичних полів Землі», Львів-Верхнє Синьовидне. – 2016.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, трьох розділів основної частини, висновків та переліку використаних джерел 126 найменувань. Загальний обсяг дисертації складає 140 стор., рисунків – 47, таблиць – 23.

Основний зміст роботи. У вступі викладено загальну характеристику роботи, розкрито стан вивчення наукової проблеми, обґрунтовано доцільність обраного напрямку та актуальність дисертації, сформульовано її мету, основні методи і задачі досліджень, відзначено наукову новизну отриманих результатів.

Перший розділ дисертації присвячено математичному моделюванню поширення сейсмічних хвиль в шаруватому півпросторі. Відзначено, що для визначення механізмів вогнищ землетрусів графічним методом необхідні сейсмологічні дані з великої кількості станцій. У випадку обмеженої кількості станцій пропонується використання методу інверсії хвильових форм для визначення механізмів вогнищ сейсмічних подій. Вогнище землетрусу представлено, як точкове джерело у однорідному шарі. Кожна компонента тензора сейсмічного моменту визначається як функція часу, а поле переміщень є згортокою часової функції вогнища $STF(t)$ і функції Гріна.

У другому розділі описано визначення механізмів вогнищ землетрусів як однієї з найважливіших характеристик землетрусу. На сейсмічність впливають землетруси як своїх сейсмоактивних зон, так і зон суміжних держав. У роботі розглянуто два методи для визначення фокальних механізмів. Як основний, використано графічний метод, який вважається стандартним у визначенні фокальних механізмів. Представлено результати визначення 50 механізмів вогнищ землетрусів Закарпаття з використанням графічного методу та методу інверсії хвильових форм.

У третьому розділі показано визначення полів напружень через механізми вогнищ землетрусів, використовуючи методи Майкла та Р-Т осей та здійснено їх порівняльний аналіз. Приймається гіпотеза Волеса-Бота та шляхом розв'язання оберненої задачі визначені три параметри тензора напружень.

Основні отримані результати можна сформулювати як наступні:

1. Показано, що ефективно-точкова дислокація, як силовий еквівалент для довільно-орієнтованого розриву є найбільш оптимальним типом джерела, який слід використовувати в сучасній сейсмології. Приведено відповідний алгоритм.
2. Застосовано графічний метод, а також метод інверсії хвильових форм для подій Закарпаття.
3. Вперше виявлено основні типи та риси, характерні для напружено-деформованого стану всього регіону у результаті загального статистичного аналізу 50 фокальних механізмів вогнищ закарпатських землетрусів.
4. Вперше на основі порівняльного аналізу різних методів для визначення полів напружень показано, що запропоновані в роботі методи дозволяють визначати напружено-деформований стан регіону. Апробовані та модифіковані методики, та пакети програм.

Як зауваження можна згадати:

1. В роботі коротко викладено основи матричного методу для розв'язування динамічних задач сейсмології. При цьому на кожне з рівнянь

(1.1)-(1.11), (1.14)-(1.18) є посилання [Малицький, 2002]. Це можна було зробити у більш компактний спосіб.

2. Стверджується, що для визначення фокальних механізмів сейсмічних подій малої сейсмічності можна використовувати метод інверсії хвильових форм. У чому тут новизна твердження?


3. При визначенні тензора напружень за фокальними механізмами використано співвідношення для нормальних і дотичних напружень на розриві і гідростатичного тиску, яке пов'язується із роботою [Vavrychuk, 2014]. Те ж стосується рівнянь (3.3), (3.4). Такий підхід відомий в теорії пластичності, наприклад, Hill R. *Mathematical Theory of Plasticity*, Oxford, 1950, etc.

4. Отже, можна порадижити в подальшому узагальнити модель із залученням теорії напружень і руйнування в пластичному середовищі.

Наведені зауваження не знижують загальне позитивне враження про дисертацію. В роботі отримані нові теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності вирішують важливу наукову проблему визначення сучасного напруженого стану земної кори на основі даних про механізми вогнищ землетрусів. Робота має велику практичну цінність та перспективи застосування при вивченні розломно-блокової тектоніки та сейсмічності Закарпаття і взагалі України.

В цілому, дисертація Михайлової О. А. є завершеною науково-дослідною роботою, добре оформлена та проілюстрована. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації. Підсумовуючи вищесказане, можна зробити загальний висновок, що подана дисертаційна робота є актуальною, має новизну й практичну цінність, а її науковий рівень відповідає всім вимогам п. 9, 11, 12, 13 „Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року №567 (зі змінами), які висуваються до кандидатських дисертацій, а автор дисертації Михайлова Ольга Олександрівна заслуговує на присвоєння їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Головний науковий співробітник
Інституту механіки імені С.П.Тимошенка
НАН України,
доктор фізико-математичних наук


02 10 2019

Маслов Б.П.

Підпис Б.П.Маслова «Засвідчую»
Вчений секретар Інституту механіки
ім. С.П. Тимошенка НАН України
д.ф.-м.н.




Жук О.П.