

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.200.01
при Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна
03680 м. Київ-142, проспект Палладіна, 32

Відзив

офіційного опонента Стародуба Юрія Петровича
на дисертаційну роботу МИХАЙЛОВОЇ ОЛЬГИ ОЛЕКСАНДРІВНИ
«ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛІВ НАПРУЖЕНЬ У ЗАКАРПАТТІ
ЧЕРЕЗ МЕХАНІЗМИ ВОГНИЩ ЗЕМЛЕТРУСІВ»,

висунуту на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю «04.00.22 – Геофізика»

Дисертаційна робота О.О.Михайлової присвячена розробці сучасних геофізичних методів визначення полів напружень у Закарпатті через механізми вогнищ землетрусів. Дисертація є завершеною самостійною науковою роботою, що підтверджена наданими публікаціями.

У дисертаційній роботі О.О.Михайлової представлено розв'язання актуальної геофізичної задачі визначення полів напружень у Закарпатті через механізми вогнищ землетрусів.

Актуальною проблемою є вивчення сейсмічності і визначення напружено – деформованого стану геологічних порід регіонів України, зокрема, Закарпаття, яке характеризується найвищим рівнем сейсмічної активності в Карпатському регіоні України. Важливою задачею для регіону є визначення напруженого стану земної кори з використанням знань про механізм вогнища землетрусів.

Враховуючи те, що число сейсмічних станцій є обмеженим, вирішення проблеми визначення параметрів вогнищ землетрусів на даному етапі сейсмологічних досліджень вимагає підходів, які базуються на теоретичних дослідженнях і на експериментальному аналізі даних.

Дослідженням сейсмічно-активних зон займались вітчизняні вчені з метою визначення механізмів вогнищ землетрусів і відповідних полів напружень.

Актуальність теми дисертаційної роботи диктується даними про невисоку трудно інтерпретовану сейсмічну активність у регіоні. Закарпаття є сейсмічно найактивнішим регіоном на території Українських Карпат, ситуація тут характеризується повторюваними землетрусами. У даній роботі визначають головні осі напружень, використовуючи параметри механізмів вогнищ землетрусів різного діапазону магнітуд.

Отримана можливість розраховувати параметри механізмів вогнищ землетрусів для досліджуваної пачки шарів, що дозволяє додатково вивчити параметри землетрусів, при цьому враховується вертикальна анізотропія горизонтально-шаруватого середовища.

Задача розбивається на потрібну кількість незалежних підзадач, які розв'язуються в доступній оперативній пам'яті.

Особливу увагу О.О.Михайлова приділила розробці прикладних аспектів для сейсмічному модельного експерименту. Ефективність підходу, запропонованого в дисертаційній роботі, полягає в адаптації методу Томсона-Хаскела до врахування анізотропії середовищ у визначенні полів напружень у Закарпатті через механізми вогнищ землетрусів.

Ефективність сейсмічного модельного експерименту зростає із вдосконаленою в дисертації обчислювальною базою. Для об'єктів, які досліджуються характеристики змінюються повільно в поперечних напрямках, і в той же час, іноді зміни фізичних параметрів відбуваються суттєво для різних сейсмічних станцій.

Таким чином була сформульована **мета** дисертаційної роботи, яка полягає в розробленні методу визначення сучасного напруженого стану полів напружень через механізми вогнищ землетрусів для сейсмічних подій Закарпаття.

У **вирішенні задачі** забезпечення мети дисертації в роботі **здійснено моделювання** механізмів вогнища землетрусів графічним методом, тензора сейсмічного моменту за даними обмеженої кількості станцій методом інверсії хвильових форм, знаходження поля напружень за фокальними механізмами сейсмічних подій Закарпаття; проведення порівняльного аналізу змодельованих полів напружень на реальних подіях Закарпаття за механізмами вогнищ

землетрусів з використанням відомих методів Майкла і Р-Т осей, стійкого методу математичного моделювання хвильових полів для горизонтально-шаруватого вертикально-анізотропного середовища з використанням модифікації матричного методу Молоткова Л.А.

Новизна роботи. У своїй дисертаційній роботі О.О.Михайлова розробила нові математичні моделі здійснення сейсмічного експерименту. При цьому вперше визначено механізми вогнищ більше п'ятдесяти землетрусів території Закарпаття в спільній інтерпретації графічним методом та методом інверсії форм хвильових полів, визначено поля напружень у земній корі Закарпаття за фокальними механізмами вогнищ місцевих землетрусів, проведено порівняльний аналіз полів напружень, обчислених за фокальними механізмами із застосуванням методів Майкла та Р-Т осей. Елементи матриці розсіювання сейсмічних хвиль розраховувались у виді відношення мінорів матриці амплітудного пропагатора, при цьому використана дельта-операторна техніка для обчислень цих елементів у випадку горизонтально-шаруватого вертикально-анізотропного середовища для пачки горизонтальних шарів у півпросторі з можливістю врахуванням вільної границі (денної поверхні) при збудженні хвиль точковим джерелом довільно-спрямованої сили та тензора моменту напружень на границі шарів. Використані формули елементів матриці розсіяння для вертикально-анізотропного пружного горизонтально-шаруватого середовища. Методика перевірялась із використанням натурних даних при дослідженнях верхньої частини розрізу кори Закарпаття.

Для реалізації поставленої мети в дисертаційній роботі були визначені та **вирішені наступні завдання:**

Запропоновано постановку задач, здійснено збір та обробку сейсмологічних даних, проводився аналіз та інтерпретація вхідних даних, визначався та будувався механізм вогнища землетрусу графічним методом, у тому числі вогнищ 30 повторних тячівських землетрусів.

Визначено поле напружень Солотвинської западини Закарпаття здійснювалась обробка результатів та виконання комп'ютерних розрахунків; визначено механізми вогнищ землетрусів, розраховано поля напружень методом

Майкла і зроблено основні висновки, здійснено збір та обробку сейсмологічних даних для визначення механізму вогнищ методом інверсії хвильових форм.

Здійснено збір та обробку сейсмологічних даних, побудовано фокальні механізми, зокрема, визначено поле напружень для Солотвинської западини Закарпаття методом Майкла та визначено механізм вогнища Криворізького землетрусу за допомогою графічного методу.

Розвинуто методику моделювання хвильових полів трикомпонентних теоретичних сейсмограм для моделі тривимірного середовища з визначенням механізмів вогнища землетрусів.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень підходу автора щодо визначення полів напружень у Закарпатті через механізми вогнищ землетрусів для вертикально-анізотропних середовищ підтверджується чіткою фізичною постановкою задач, дотриманням граничних умов, строгим виконанням математичних перетворень під час отримання основних аналітичних співвідношень; ретельним тестуванням створених програмних засобів. випробовуванням на достатньому об'ємі модельних даних підходу, розробленого автором. Достовірність отриманих в дисертаційній роботі результатів підтверджується їх узгодженістю з експериментальними даними.

Як слідує з тексту дисертації і автореферату, розроблений підхід успішно пройшов випробовування та буде застосовуватись у сейсмологічних дослідженнях.

Наукове та практичне значення дисертації:

У своїй роботі О.О.Михайлова узагальнила традиційні підходи сейсмічного експерименту моделювання хвильових процесів у горизонтально-шаруватих вертикально-анізотропних середовищах, що дозволяє визначати поля напружень у Закарпатті через механізми вогнищ землетрусів

Досліджуючи окремі райони з малою сейсмічністю на прикладі регіону Закарпаття, застосовані в дисертаційній роботі алгоритми дають змогу визначати механізми вогнищ місцевих землетрусів сумісною інтерпретацією графічним методом, і методом інверсії хвильових форм.

Отримані результати для полів напружень використовуються для аналізу напружено-деформованого стану гірських порід Закарпаття. Визначення головних напружень графічним методом дає можливість краще зрозуміти процеси, що відбуваються у вогнищі землетрусу. Запропоновані в дисертаційній роботі алгоритми та комп'ютерні програми можуть застосовуватись для аналізу напружено-деформованого стану регіонів із малою сейсмічністю.

До недоліків роботи можна віднести наступні:

1. Потрібно було приділити більше уваги питанням застосування розробленого автором підходу в практиці сейсміки. Випробування методу автора щодо вивчення сейсмічних розрізів, зокрема, могли б бути проведені на більшій кількості сейсмічно-небезпечних регіонів.

2. Бажано було б приділити більше уваги питанням застосування підходу автора до сейсмологічних даних та даних інженерної сейсміки. В прикладах апробації підходу автора значна увага приділена інтерпретації результатів для теоретично побудованих модельних об'єктів.


3. В кінці кожного розділу надані висновки змісту розділів у стислому вигляді. Бажано було б бачити більш докладну інформацію щодо практичного застосування теорії у висновках до розділів.

4. Опонент відзначає також присутність значної кількості описок у тексті дисертації та авторефераті дисертації. Так, наприклад, на сторінці 4 автореферату написано: «емлетрусів», має бути «**землетрусів**»; «через механізмів вогнищ землетрусів», має бути «через **механізми** вогнищ землетрусів»; «знайти поля напружень за фокальними механізми» має бути «знайти поля напружень за фокальними **механізмами**».

Не зважаючи на вказані недоліки, стверджую наступне: Дисертація О.О.Михайлової - завершена робота, що задовольняє вимогам спеціальності 04.00.22 - геофізика, відрізняється актуальністю, новизною і значимістю отриманих результатів, має теоретичне і практичне значення для вирішення актуальних задач у сейсмології. Наявність зауважень і недоліків не знижує значення роботи в цілому. Дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження наукових сту-

пенів...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 із змінами, а її автор **Михайлова Ольга Олександрівна** заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності «04.00.22 – геофізика».

Офіційний опонент доктор фізико-математичних наук,
професор зі спеціальності «04.00.22 – геофізика»,
професор кафедри цивільного захисту та комп'ютерного моделювання еко-
геофізичних процесів Львівського державного університету безпеки жит-
тєдіяльності ДСНС України,
академік Української нафтогазової академії

 **Ю.П. Стародуб**

Підпис засвідчую

Учений секретар