

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Штогрин Людмили Василівни** “Просторово-часові геофізичні та супутні чинники прогнозування зсувних процесів у Карпатському регіоні України”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – Геофізика

На сучасному етапі гостро стоїть питання оцінки довіклля з точки зору ризику прояву небезпечних природних і природно-техногенних явищ та процесів, що становлять загрозу для безпечного проживання людини та функціонування об'єктів господарської інфраструктури. Найбільш суттєвими є такі процеси, як сучасні повільні тектонічні (вертикальні і горизонтальні) та сейсмічні рухи земної кори, активізація крипових рухів по розломах – з ендогенної групи, гравітаційні (зсуви), ерозійні та суфозійно-просадкові, заболочування – з екзогенної групи. Останнім часом набувають важливого значення такі загрозові явища природно-техногенного та техногенного походження, як підтоплення, осідання ґрунту внаслідок ущільнення порід підвалин споруд, перш за все техногенного походження тощо.

Слід відзначити, що зсувні процеси відносяться до категорії найбільш небезпечних і широко розповсюджених екзогенних геологічних явищ. Внаслідок циклічності активізації та катастрофічності проявів, зсувні процеси створюють постійну загрозу виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного, природного і техногенно-природного характеру. Вивчати їх – означає визначати ті послідовні зміни складу і властивостей гірських порід та їх зв'язок із геолого-геофізичними чинниками, що виражають об'єктивні закономірності, без знання яких неможливе досягнення головної мети – наукового прогнозу розвитку зсувних процесів. Регіональне вивчення зсувних процесів базується на аналізі інженерно-геологічних умов території, історії її геологічного розвитку, кліматичних умов, а також окремих космічних факторів (циклічність сонячної активності, взаємне місцезнаходження Землі, Місяця та Сонця тощо).

При вирішенні проблеми моніторингу геологічного середовища в межах зсувонебезпечних територій та розробки просторово-часового прогнозу зсувних процесів значну роль відіграє геофізична наука, як галузь, що вивчає геофізичні поля, пов'язані з геологічними процесами, в тому числі їх змінами під дією техногенного навантаження. Немає сумніву в тому, що ця проблема є і буде достатньо актуальною. Дослідженням, спрямованим на вирішення цієї проблеми на прикладі Карпатського регіону, присвячена дисертаційна робота Штогрин Л.В.

Метою роботи є довгострокове та середньострокове прогнозування активізації зсувних процесів на основі інженерно-геологічного районування Карпатського регіону з використанням комплексних геолого-геофізичних даних з метою зменшення негативних наслідків зсувів на довкілля.

Досвід досліджень геолого-геофізичними методами техногенних змін зсувонебезпечних територій є досить значним і він свідчить про те, що аномалії геофізичних полів та геологічних параметрів викликані природно-техногенними змінами зсувних масивів гірських порід мають невеликі амплітуди, тому поряд з актуальністю самої проблеми є актуальною також задача розробки методів та алгоритмів їх достовірного виділення та прогнозування, що потребує вдосконалення спеціальних інформаційних систем обробки та збереження геофізичної інформації. Розглянуті в роботі питання мають як наукову, методичну так і практичну значимість, тому є важливими й безперечно актуальними.

Дисертаційна робота складається із вступу, шістьох розділів, висновків, та списку використаних джерел із 188 найменувань, ілюстрована 57 рисунками, має 25

таблиць та 2 додатки. Загальний об'єм роботи складає 214 сторінок комп'ютерного тексту.

*Перший розділ* роботи «Аналіз геофізичних досліджень та прогнозування зсувних процесів» присвячений загальній характеристиці розвитку зсувних процесів в Україні та світі. На основі огляду наукової літератури у розділі висвітлюється стан і проблеми застосування геолого-геофізичних досліджень та методики прогнозування зсувів.

На основі ґрунтового і критичного розгляду цих досліджень здобувач робить слухний, на погляд опонента, висновок про те, що сучасні методики часового прогнозу зсувів передбачають використання комплексу статистичних методів для встановлення кореляційних зв'язків та часових інтервалів розвитку зсувів. Всі ці процеси відображаються в аномальних змінах геофізичних полів, і в першу чергу електромагнітних та гравітаційному. У цьому розділі обґрунтовано висвітлені можливі фактори, які зумовлюють виникнення аномалій геофізичних полів. У той же час відмічається відсутність універсального комплексу геофізичних досліджень подібних об'єктів та складність задачі встановлення зв'язків між негативними змінами довкілля і аномаліями геофізичних полів.

Акцентується, що створення регіонального прогнозу зсувів необхідно виконувати з урахуванням конкретних геолого-геофізичних та кліматичних умов регіонів із широким застосуванням математичного апарату обробки даних.

У *другому розділі* дисертаційної роботи «Ураженість території досліджень зсувами. Диференціація за геологічними, тектонічними та геоморфологічними чинниками» у результаті ґрунтового аналізу всього наявного матеріалу автором зроблена оцінка ураженості території досліджень зсувами на основі її диференціації за геологічними та тектонічними чинниками. Підкреслено, що поширення та інтенсивність розвитку зсувних процесів контролюється геолого-геофізичними і геоморфологічними особливостями будови та тектонічним режимом території.

Здобувач обґрунтовано робить висновок, що інженерно-геологічне районування території необхідне для вивчення закономірностей розповсюдження та розвитку зсувів. В розділі наводиться коротка, але достатньо інформативна геологічна та геоморфологічна характеристика виділених інженерно-геологічних регіонів: Закарпатського внутрішнього прогину, Карпатської гірськоскладчастої системи та Волино-Подільського регіону.

Авторкою роботи встановлено, що найбільший розвиток зсувів характерний для районів з покривно-скибовою тектонікою, де проявлені процеси зім'яття гірських порід у складки з крутими насувами, повздовжніми розривами та розломами. Така тектонічна обстановка характерна для Кросненської зони, Поркулецького, Дуклянського і Рахівського покривів Складчастих Карпат, Станіславської підзони Передкарпатського прогину та Центральної зони Закарпатського внутрішнього прогину.

Виконано кількісний статистичний аналіз основних параметрів зсувів стосовно їх літологічного складу, що впливає на їх розвиток. Установлено, що більшість зсувів, які розвиваються у породах туфо-глинисто-піщаної, глинисто-піщано-рівнинної, глинисто-піщано-карбонатно-флішоїдної товщ, мають глетчероподібну форму. Зсуви глинисто-піщано-флішової товщі, в основному, циркоподібні, а зсуви теригенно-вулканогенно-карбонатних і піщано-мергельно-вапняково-доломітових товщ – фронтального типу.

В результаті аналізу ураженості території зсувами з урахуванням інженерно-геологічної обстановки авторка визначила різні типи зсувів відносно інженерно-геологічних регіонів. Встановлено, що найбільше ураженим зсувами виявився регіон

Передкарпатського прогину (7,75% площі). Ураженість зсувами Складчастих Карпат становить 2,97% площі регіону, а Закарпатського внутрішнього прогину – 1,34%. Наведені особливості будови зсувів для кожного регіону.

*Третій розділ* роботи «Геофізичні дослідження зсувних процесів у карпатському регіоні на локальному та регіональному рівнях» присвячений висвітленню геолого-геофізичних основ застосування комплексних геофізичних досліджень при різнорівневому вивченні зсувонебезпечних територій. Застосування геофізичних методів для вивчення зсувів на локальному рівні наведено на прикладі геолого-геофізичних досліджень, що включали вертикальне електричне зондування та природне імпульсне електромагнітне поле Землі, на типовій зсувній ділянці для регіону Складчастих Карпат «Колочава» та детально розглянуто особливості застосування цих методів. Наведені основні фізико-геологічні моделі по кожному методу, які відповідають реальним умовам території досліджень. Розроблено критерії прогнозування зміни напружено-деформованого стану за допомогою методу ПЕМПЗ. Виконана статистична обробка та детальний аналіз матеріалів ВЕЗ району досліджень, що відображено у відповідних таблицях і графіках. У результаті інтерпретації кривих ВЕЗ отримані параметри окремих геоелектричних горизонтів та літологічних комплексів верхньої частини розрізу для побудови геоелектричних моделей.

Для вивчення зсувних процесів на регіональному рівні, автором роботи проаналізовано особливості гравімагнітних полів Карпатського регіону у зв'язку з розвитком зсувних процесів. Встановлено, що більшість зсувів у районі досліджень пов'язана з гравітаційними та магнітними аномаліями малої амплітуди, які відображають розломні зони та зони тріщинуватості гірських порід. Гравітаційні аномалії відображають геологічну та тектонічну будову району досліджень, причому більшість зсувів тяжіє до від'ємних гравітаційних аномалій, спричинених приповерхневими осадовими розуцільненими породами. Встановлено, що більшість зсувів приурочена до додатних магнітних аномалій, які пов'язані з типом корінних порід та геометрією приповерхневих товщ, яка формована під впливом виступів фундаменту. Автором зроблено висновок про необхідність використання гравімагнітних даних для вивчення зсувних процесів на регіональному рівні.

В цьому ж розділі висвітлено приуроченість зсувних процесів до розломних зон, які часто представляють собою геодинамічні системи. З метою виявлення структури просторових взаємозв'язків між поширенням зсувів та розломними зонами, відображеними в гравімагнітних аномаліях, виконано факторний аналіз. Встановлено, що зсуви контролюються відстанню до наявних розломних зон і переважна більшість їх концентрується в радіусі до 2,5 км від цих зон.

*У четвертому розділі* «Дослідження часових чинників активізації зсувів та визначення прогнозних параметрів» авторкою дисертаційної роботи розглянуті і висвітлені основні принципові засади виявлення прогнозних параметрів, періодичність яких пов'язана із закономірностями виникнення катастрофічної активізації зсувних процесів у Карпатському регіоні. Детально проаналізовані основні часові фактори (чинники) активізації зсувних процесів: вплив Місяця, сонячної активності, сейсмічності, температури, атмосферних опадів та ґрунтових вод. В результаті цього аналізу, авторкою визначено, що для середньо- та довгострокового прогнозу необхідно визначати й аналізувати наступні параметри: сонячна активність, сейсмічність території, середньорічна температура, сумарна річна кількість опадів та рівень ґрунтових вод.

*П'ятий розділ* дисертаційної роботи «Довгостроковий (багаторічний) та середньостроковий (за місяцями в межах року) часовий прогноз зсувних процесів»

присвячений розробці принципів використання виділених параметрів, що контролюють активізацію зсувних процесів, для довгострокового та середньострокового прогнозування зсувів. Прогнозування виконувалось на основі автокореляційного, кроскореляційного та спектрального аналізу Фур'є двома способами: з використанням нейромереж та функції predict інтегрованого математичного пакету MathCad, що суттєво підвищило коректність отриманих результатів.

В результаті цих досліджень авторкою отримані прогнозні часові ряди ймовірної активізації зсувів для Закарпатського внутрішнього прогину, Складчастих Карпат та Передкарпатського прогину. В рамках довгострокового прогнозу встановлена наявність основних часових динамік активізації зсувних процесів: 5, 10, 28-30 років для Закарпатського внутрішнього прогину та Складчастих Карпат і 4, 9-10, 26, 30 років – для Передкарпатського прогину. В цілому для Карпатського регіону виділено спільний довгостроковий період тривалістю 29-30 років.

Виконаними дослідженнями встановлено, що масова активізація зсувних процесів буде спостерігатися у 2020-2024 та 2028-2032 роках в межах Складчастих Карпат; у 2020-2025 та 2030-2034 роках в межах Передкарпатського прогину; у 2020-2022 та 2026-2031 роках в межах Закарпатського внутрішнього прогину.

Середньостроковий прогноз виконаний на основі розробленого авторкою методу прогнозування зсувних процесів шляхом аналізу річного розподілу атмосферних опадів помісячно. Авторка стверджує, що цей розподіл є наслідком динаміки сонячної активності. Наявність такого зв'язку та його статистичних характеристик визначена вперше шляхом порівняння рядів чисел Вольфа та зміни кількості опадів.

Виконаними дослідженнями встановлено, що активізація зсувів стосовно пори року з імовірністю 0,6-0,8 прогнозується від липня до серпня для Закарпатського внутрішнього прогину й Складчастих Карпат та від другої половини червня до другої половини липня для Передкарпатського прогину.

У шостому розділі дисертаційної роботи «Оцінювання ризику площинної ураженості зсувами в межах інженерно-геологічних регіонів з урахуванням часових рядів» авторкою дисертаційної роботи розглянута і висвітлена методика розрахунку ризиків ураження зсувними процесами території досліджених інженерно-геологічних регіонів та ризиків життєдіяльності, викликаних цими явищами.

При визначенні геоекологічних ризиків, викликаних зсувними процесами, враховувалися особливості їх часової динаміки, просторовий розподіл зсувів та щільність населення у межах інженерно-геологічних регіонів.

В результаті проведених розрахунків установлено, що найнебезпечнішим з точки зору зростання територій, охоплених зсувними процесами, є регіон Передкарпатського прогину, у якому за прогнозний двадцятирічний період передбачається зростання ураженості зсувами на 12,32%. Для Складчастих Карпат зростання ураженості прогнозується на 12,08%, а для Закарпатського внутрішнього прогину – на 11,72%.

В той же час, ризик для життєдіяльності людей у зоні потенційного впливу зсувів також найбільше зростає у регіоні Передкарпатського прогину – на 12,84%, у регіоні Складчастих Карпат – на 12,19% та в регіоні Закарпатського прогину – на 11,17%.

У процесі розгляду дисертаційної роботи в опонента виникло ряд зауважень та запитань, які зводяться до наступного.

1. Стор. 31. Незрозумілий вираз «Локальний прогноз базується на детермінованих моделях: стохастичні моделі для визначення приблизної періодичності процесів...».

2. Стор. 32. У рядах зсувів фігурують ритми 1800 р. Як можна було встановити такі ритми?
3. Стор. 58. Для автора відгуку не зовсім зрозуміла заключна фраза фрагмента тексту (підкреслена): «Отже, аналізуючи розвиток зсувів за механізмом зміщення, бачимо, що зсуви-течії розвиваються переважно в алювіально-делювіальних відкладах рівнин, зсуви блокового ковзання та видавлювання – у породах двокомпонентного флішу (крейдяного та палеогенового віку) та в сильно дислокованих палеозойських породах – гранітах, кристалічних вапняках, сланцях, пісковиках гірських масивів».
4. На рис. 2.10 на графіках фігурують зсуви із шириною 4 км. Що це за зсуви з такими поперечними розмірами, навіть важко уявити, адже це просто суцільний покрив?
5. На стор. 87 у поясненнях до формули (3.1) фігурує поняття «еквівалентний опір» зсувної товщі. Цей еквівалентний опір є не що інше, як «середній поздовжній опір» неоднорідної зсувної товщі, що є для геофізиків більш зрозумілим параметром, ніж еквівалентний опір.
6. На стор. 88 використовується функція комплексного показника зсувонебезпеки (ФКП). Не дивлячись на те, що авторка посилається на використане джерело, у якому розглянутий цей параметр, варто було б для більшого розуміння отриманих у роботі результатів досліджень коротко висвітлити його суть.
7. На легенді рисунка 3.2 терміном «підстелені породи» позначені власне корінні породи, що є неправильним. Правильно ці породи називати «підстильні», тобто ті, що підстилають верхні покривні, які дійсно є підстеленими.
8. Виникає деяке непорозуміння до наведеної на стор. 91 формули (3.1). По-перше, в джерелі [170], звідки згідно з посиланням запозичена ця формула, такої формули немає. По-друге, Якщо зчеплення порід  $C$  представляється в барах – одиницях тиску (табл. 3.1), то в системі СІ добуток  $CL$  (другий доданок чисельника) має розмірність  $кг \cdot м / (с^2 \cdot м^2) \cdot м = кг / с^2$ , а  $T$  – складова сили тяжіння, що спонукає зсув (знаменник виразу), має розмірність  $кг \cdot м / с^2$ . Відтак відношення  $CL/T$  є розмірною величиною  $(1/м)$ , що не відповідає безрозмірності коефіцієнта стійкості схилу  $\eta$ . Безрозмірність коефіцієнта  $\eta$  буде забезпечена тоді, коли параметр  $L$  буде мати розмірність не  $м$ , а  $м^2$ , тобто скоріше  $L$  - це площа, а не довжина поверхні ковзання.
9. На сторінках 96-99 і 103 авторкою наводяться дані по аномальних значеннях сили тяжіння, порядок яких  $\pm n \cdot 10^5$  м/с<sup>2</sup>. Автор відгуку вважає, що це механічна помилка, скоріше  $\pm n \cdot 10^{-5}$  м/с<sup>2</sup>, тобто це малоамплітудні аномалії  $\pm n$  мГл. Про це свідчить і сторінка 102, де вказаний порядок  $10^{-5}$ .
10. Формули 6.1 (стор. 175) та 6.3 (стор. 178) мають незакінчений вигляд, тому не зовсім зрозумілі.
11. На рис. 6.1 (стор. 179) та рис. 6.2 (стор. 180) наведені ризики ураженості і життєдіяльності (вісь ординат). Виникає питання: у яких одиницях наведені ризики? Які параметри «нульового ризику», тобто які значення прийняті за точку відліку?
12. На думку автора відгуку роботу можна було дещо оптимізувати стосовно її обсягу, за рахунок скорочень певних повторів, які подекуди зустрічаються в різних розділах.
13. Частина ілюстрацій не супроводжуються умовними позначеннями і наведена у дрібному масштабі, що утруднює їх сприйняття (рис. 3.4, рис. 4.6, рис. 4.7, рис. 4.15 – рис. 4.17, рис. 5.6 – рис. 5.10 тощо).

14. В деяких фрагментах роботи, де фігурують формули (наприклад, стор. 67), відсутні пояснення позначень зразу після формул (як це необхідно робити), що ускладнює розуміння тексту.

15. В деяких місцях текстової частини дисертації зустрічаються технічні помилки та не повністю коректні відповідності українському правопису.

Детально ознайомившись з текстом дисертаційної роботи, авторефератом, списком опублікованих праць, опонент прийшов до наступних заключних висновків.

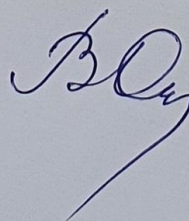
1. Тема дисертаційної роботи Штогрин Л.В. є актуальною, оскільки вона спрямована на розв'язок принципово важливої задачі просторово-часового прогнозування зсувних процесів у Карпатському регіоні України.
2. Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.
3. Наукові положення, висновки і рекомендації є достатньо обґрунтованими й достовірними, оскільки вони базуються на застосуванні комплексного аналізу результатів експериментальних досліджень, контролі правильності чисельного математичного моделювання тестовими прикладами, співставленні результатів експериментальних досліджень змін у часі фізичних параметрів довкілля з даними інженерно-геологічних досліджень і результатами математичного моделювання.
4. Новизна дисертаційних положень, на думку опонента, полягає в наступному:
  - в результаті комплексного аналізу просторового поширення зсувів встановлено, що параметр “крутизна поздовжнього профілю” має двомодальний закон розподілу, що свідчить про різні типи зсувів району досліджень і слугує основою їх класифікації шляхом аналізу просторових характеристик зсувів відносно літологофаціальних комплексів підстильних порід та встановлення зв'язку з геоморфологією рельєфу;
  - на регіональному рівні вперше виконано аналіз просторового поширення зсувних процесів у гравітаційному та магнітному полях та доведений зв'язок диференціації геофізичних полів з тектонічними процесами і відповідним розподілом зсувів;
  - у межах досліджених інженерно-геологічних регіонів удосконалено алгоритм часового прогнозу зсувів шляхом аналізу диференціації вихідних геофізичних і супутних чинників та розроблено нові прогнозні моделі. Визначено ступінь ураженості території на основі кадастрових даних зареєстрованих зсувів за чинниками інженерно-геологічного та тектонічного районування;
  - вперше виконано оцінку ризику площинної ураженості зсувними процесами окремих інженерно-геологічних регіонів з урахуванням часових рядів факторів активізації зсувів, що дозволяє визначити стан зсувонебезпеки для кожного інженерно-геологічного регіону;
  - в досліджених інженерно-геологічних регіонах вперше виконаний довгостроковий прогноз зсувів шляхом комплексного використання геліофізичних, сейсмологічних, гідрогеологічних та метеорологічних факторів і середньостроковий прогноз небезпеки зсувів на основі аналізу річних опадів, обґрунтовано квазісинусоїдальну часову закономірність зміни ритмів.
5. Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.
6. Положення дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені в наукових виданнях (25 публікацій, у тому числі 2 монографії (у співавторстві), 13 статей у професійних наукових журналах (2 в закордонних виданнях, що реферуються у БД Scopus), 10 тез доповідей (5 реферуються у БД Scopus) та апробовані на Міжнародних і Республіканських наукових конференціях і семінарах.

7. Текст дисертаційної роботи написаний на належному науково-технічному рівні, оформлення роботи загалом якісне і відповідає вимогам ВАК України.
8. Автореферат дисертації дає достатньо чітку уяву про виконані в роботі наукові дослідження й отримані результати й повністю відповідає змісту дисертації.
9. Матеріали досліджень упроваджені в Інституті природничих наук і туризму, на кафедрах техногенної безпеки та інформатики, а також загальної, інженерної геології та гідрогеології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.
10. Результати досліджень, виконаних у дисертаційній роботі, є важливими і можуть бути використані для моніторингу і прогнозування зсувних процесів як в Карпатському регіоні України, так і подібних за інженерно-геологічними умовами регіонах за її межами.

Висловлені зауваження, більшість із яких мають технічний характер, не впливають на отримані авторкою вагомі результати виконаних досліджень та не знижують наукового рівня дисертації. Відтак, дисертаційна робота Штогрин Л. В. справляє позитивне враження і свідчить про належний науковий потенціал дисертантки, її вміння ставити і розв'язувати важливі наукові задачі – від теоретичних розробок до одержання значимих наукових і науково-практичних геолого-геофізичних результатів.

Аналіз дисертації, автореферату та опублікованих праць дає підстави для висновку про те, що робота “Просторово-часові геофізичні та супутні чинники прогнозування зсувних процесів у Карпатському регіоні України” є завершеною науковою працею, що має вагоме теоретичне й практичне значення, заслуговує позитивної оцінки, відповідає вимогам пп. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету міністрів України від 24.07.2013 р. №567), вимогам наказу №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та іншим нормативним актам Міністерства освіти і науки щодо кандидатських дисертацій, а її авторка Штогрин Людмила Василівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Доцент кафедри геофізики  
ННІ “Інститут геології”  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка,  
кандидат геологічних наук, доцент



В. І. Онишук

*Підпис офіційного епокетга*

*Онишук В.І. заст. доцент*

*Проректор з  
роботи*



*Танна Тометанова*

*12.08.2021*