

В І Д З И В

офіційного опонента на дисертаційну роботу

ШТОГРИН ЛЮДМИЛИ ВАСИЛІВНИ

«ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ГЕОФІЗИЧНІ ТА СУПУТНІ ЧИННИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

1. Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків та додатків. Об'єм роботи – 214 сторінки, в т.ч. 57 рисунки, 25 таблиць та посилення на 188 літературних першоджерел на 23 сторінках. В основі дисертації – опубліковані авторкою 25 наукових праць, у тому числі дві монографії (опубліковані у співавторстві), 11 статей у фахових виданнях рекомендованих ДАК Міністерства освіти і науки України, 2 статі у закордонних виданнях та 10 тез доповідей на всеукраїнських та міжнародних конференціях (з них 5 реферуються у міжнародній наукометричній базі Scopus).

Дисертаційна робота присвячена середньо- та довгостроковому прогнозуванню активізації зсувних процесів на основі просторово-часових геофізичних та супутніх чинників розвитку цих процесів з урахуванням інженерно-геологічного районування Карпатського регіону України.

Дослідження виконані здобувачкою на основі узагальнення та порівняльного аналізу геолого-геофізичних і геоморфологічних чинників просторового розподілу зсувів (3458 одиниць) для окремих територій Карпатського регіону України, статистичного аналізу відповідних часових геофізичних та супутніх чинників (у т.ч. сонячної активності, сейсмічності, рівня підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту, атмосферних опадів і температури атмосферного повітря) та екстраполяції їх часових рядів тривалістю 60 років (з 1960 по 2019 рр.) для середньо- та довгострокового прогнозу активізації зсувів з метою зменшення їх негативних наслідків для довкілля.

2. Актуальність роботи

Загальна актуальність роботи визначається, в першу чергу тим, що вона націлена на зменшення негативних геоекологічних наслідків активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів і, в першу чергу, поширення зсувних процесів, до особливостей розвитку яких відносяться значні площі поширення та величезні об'єми сповзання зсувних мас, що спричиняє суттєву шкоду довкіллю, інфраструктурі та господарській діяльності людини. Однією з найнебезпечніших у цьому контексті є територія Карпатського регіону, особливо Закарпатська та Чернівецька області, де площа, охоплена зсувними процесами, становить ~53,5% від загального поширення зсувів в Україні.

До основних чинників, які сприяють утворенню та активізації зсувних процесів, відносяться геолого-геофізичні, геоморфологічні, кліматичні умови. Саме технології досліджень, що використовують комплекс геолого-геофізичних методів, дозволяють оперативно та за малою кількістю параметрів прогнозувати просторово-часові небезпечні прояви природно-

техногенних процесів і передбачати аварійні ситуації та вживати заходи щодо їх запобігання. Але наразі зв'язок просторо-часових геофізичних та супутніх чинників із зсувами та їхньою активізацією на даний час не є у повній мірі встановлений. Тому виявлення закономірностей, типізація та кількісна характеристика зазначених чинників для прогнозування зсувних процесів є актуальною проблемою.

3. Новизна досліджень

Відзначимо, що формулювання наукових положень в дисертаційній роботі є стислим, але змістовним; при цьому показана основна сутність досягнень автора та визначений рівень новизни.

У роботі дістав подальший розвиток методичний підхід до аналізу просторових характеристик зсувів відносно літологофаціальних комплексів підстелених порід та встановлено ступінь зв'язку з геоморфологією рельєфу.

Вперше на основі комплексного аналізу просторового поширення зсувів встановлено, що параметр «крутизна поздовжнього профілю» здебільшого підпорядковується двомодальному закону розподілу, що свідчить про різні типи зсувів та надає можливість їх класифікації з урахуванням літологічних особливостей.

Вперше на регіональному рівні виконано аналіз відображення просторового поширення зсувних процесів у гравітаційному та магнітному полях та доведений зв'язок аномалій геофізичних полів та відповідного розподілу зсувів з тектонічними процесами.

Удосконалено алгоритм часового прогнозу зсувів у межах окремих інженерно-геологічних регіонів шляхом використання диференціації вихідних геофізичних та супутніх чинників та одержано нову прогнозу модель.

Класифіковано ступінь ураженості території на основі кадастрових даних зареєстрованих зсувів за чинниками інженерно-геологічного та тектонічного районування.

Вперше виконано середньостроковий прогноз зсувів на основі ритмічності трьох періодів опадів протягом року та обґрунтовано квазісинусоїдальну часову закономірність зміни ритмів, а також виконано довгостроковий прогноз зсувів шляхом комплексного використання геліофізичних, сейсмологічних, гідрогеологічних та метеорологічних чинників в окремих інженерно-геологічних регіонах.

Вперше виконано оцінювання ризику площинної ураженості зсувами в межах окремих інженерно-геологічних регіонів з урахуванням часових рядів чинників активізації зсувів, що дозволяє охарактеризувати стан небезпеки для кожного регіону з метою запобігання негативних наслідків від активізації зсувів.

4. Основні наукові результати

Основні результати отримані автором особисто, в публікаціях із співавторами чітко виділено особистий внесок дисертанта, який є достатньо вагомим.

Розглянемо зміст роботи більш детально з приділенням уваги критичним зауваженням і недолікам.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету й задачі дослідження, наведено наукова новизни і практична значимість, а також результати апробації і реалізації основних положень роботи.

В якості зауваження до цієї частини роботи слід зазначити використання авторкою тут і далі терміну «грунтові води». Останнє є не зовсім коректним і може бути підставою для неоднозначного тлумачення просторового положення водоносного горизонту (зокрема, в межах виключно верхнього родючого шару – ґрунту). Більш правильним, на наш погляд, є використання в контексті дисертаційної роботи виключно терміну «підземні води» з конкретизацією водоносного горизонту.

Розділ 1 присвячено загальному огляду та аналізу сучасних геолого-геофізичних досліджень та методик прогнозування зсувних процесів в Україні та за кордоном.

Активізація зсувів є значною проблемою для багатьох країн світу, що вимагає розробки та впровадження відповідних програм для завчасного попередження можливої небезпеки та подолання негативних наслідків зсувних процесів. Визначено, що головною причиною, яка збільшує активізацію зсувів, є комплексна дія чинників різної природи: геологічних, тектонічних, сейсмічних, геоморфологічних, гідрологічних, погодно-кліматичних та наслідків господарської діяльності. При цьому постійні чинники (незмінна геологічна будова, рельєф) характеризують генетичні особливості зсувів та інтенсивність їх прояву (ураженість території). Повільно змінні чинники (річна та балкова ерозія, сучасні тектонічні рухи та кліматичні чинники) визначають загальну тенденцію розвитку зсувного процесу. До швидкозмінних чинників відносяться метеорологічні (атмосферні опади, режим температури повітря, вітер та ін.), гідрологічні (рівні поверхневих та підземних вод), сейсмічні (землетруси) та техногенні (вирубка лісів, підрізка схилів, динамічні навантаження – рух автомобільного та залізничного транспорту, будівельні роботи та ін.). Авторка слушно зауважує, що саме вплив техногенної складової на розвиток зсувів відіграє значну роль для Карпатського регіону, де відбувається масове неконтрольоване вирубування лісів, збільшення розорюваності земель, підрізання схилів для будівництва, прокладання транспортних та побутових комунікацій, руйнування русел гірських річок через відбір гравійно-щебенистого матеріалу тощо. Постійні та повільнозмінні чинники є передумовами для просторового, а швидкозмінні – для часового прогнозу.

Авторкою зосереджено увагу на геофізичних методах, які дозволяють з найменшими затратами часу і коштів отримати інформацію про фізичні характеристики верхньої частини геологічного середовища: внутрішню структуру цієї частини розрізу, визначити геометрію дзеркала ковзання, літологічні контакти порід. Безумовно слід погодитись з авторкою в тому, що саме геофізичні дослідження зсувних процесів дозволяють отримати інформацію про зміни фізичних властивостей гірських порід, які відбуваються при переході від стійкого до порушеного стану, у т.ч виявлення зон контрастності порід різної щільності, магнітних властивостей, картування зон розущільнення та тектонічних порушень, зменшення питомого електричного опору та зрос-

тання коефіцієнтів електричної анізотропії, змін швидкості імпульсів природного електромагнітного поля Землі, зменшення швидкості розповсюдження повздовжніх та поперечних хвиль.

Авторка слушно зауважує, що вже існують методики часового прогнозування зсувних процесів, які різнобічно й обґрунтовано виконують це прогнозування з високим відсотком довіри. Проте можливі варіанти нових підходів до використання фактичних даних, деталізація досліджень та розширення методів прогнозування. Так, зокрема, застосування геофізичних методів і використання геофізичних чинників для дослідження просторово-часових характеристик зсувів наразі здебільшого обмежується локальним рівнем. Тому авторкою в подальшому зосереджено увагу на дослідженнях та прогнозуванні поширення зсувних процесів на регіональному рівні, головною задачею якого є визначення області його можливого виникнення та розвитку, механізму прояву та інтенсивності в часі.

Сучасна методологія часового прогнозу зсувів передбачає використання комплексу статистичних методів для виявлення зв'язків та періодичності в процесах розвитку зсувів, проте вона не застосовувалась у повному об'ємі для окремих інженерно-геологічних регіонів. Авторка вважає за доцільне використання зазначеної методології як схематичної основи для створення регіонального прогнозу зсувів, враховуючи конкретні інженерно-геологічні та кліматичні умови регіонів, а також розвитку математичного апарату обробки та прогнозування на основі комплексу природних параметрів з визначенням провідної ролі геофізичних чинників та визначення їх взаємозв'язку з супутніми чинниками.

В якості зауваження до цієї частини роботи слід зазначити те, що серед проаналізованих геофізичних методів, які застосовуються при дослідженні зсувних процесів, відсутні дані про ядернофізичні методи, геофізичні дослідження свердловин, георадарне зондування і сучасну електротомографію, а для наявних гравірозвідки та магніторозвідки відсутня інформація щодо можливості використання їх часових варіацій у вказаних дослідженнях.

У розділі 2 проведено аналіз ураженості території досліджень (Закарпатської та Чернівецької областей як найбільш уражених зсувними процесами у Карпатському регіоні України) зсувами та її диференціація за геологічними та тектонічними чинниками.

Авторка слушно зауважує, що тектонічна будова території може розглядатись як постійний чинник, що обумовлює тенденції розвитку екзогенних геологічних процесів. У межах території західних областей України виділяються чотири регіони: південно-західна околиця Східно-Європейської платформи, Передкарпатський передовий прогин, Складчасті Карпати, Закарпатський внутрішній прогин. Розвиток зсувів кожного геоструктурного регіону має зв'язок із його тектонічною будовою, де зсувопрояви мають різну інтенсивність, динаміку, тенденцію до подальшого розвитку і площу розвитку. Динаміка активізації зсувів відносно тектонічного районування свідчить, що найбільший розвиток зсувів характерний для покривно-лускового стилю тек-

тоніки, коли породи зім'яті у складки, розділені крутими насувами та ускладнені повздовжніми розривами.

Для виявлення комплексу зовнішніх чинників формування зсувів в роботі виконано аналіз впливу геологічної будови з урахуванням інженерно-геологічного районування та морфологічних особливостей рельєфу на характеристики самих зсувів із подальшим їх статистичним аналізом. На основі аналізу ураженості зсувами з урахуванням інженерно-геологічних умов відокремлені різні типи зсувів відносно інженерно-геологічних одиниць.

Виходячи з того, що поширення та інтенсивність розвитку зсувних процесів в значній мірі контролюється тектонічним режимом території та особливостями її геологічної та геоморфологічної будови, авторкою з використанням програмних засобів ГІС MapInfo виконано відповідне районування території досліджень із визначенням кількості зсувів у кожному інженерно-геологічному регіоні (у т.ч. Закарпатському внутрішньому прогині, Карпатській гірськоскладчастій системі, Волино-Подільському регіоні), області, районі, структурно-тектонічній одиниці. Для кожного інженерно-геологічного регіону (який виділяється за характером відкладів і базисом ерозії) території досліджень узагальнено характеристики зсувів, у т.ч. абсолютні відмітки, потужність зсувів, крутизна повздовжнього профілю. Проведено статистичний аналіз для наявних геометричних параметрів зсувів. Про вплив геоморфологічних чинників на процеси зсувоутворення свідчать виявлені суттєві зв'язки між незалежними параметрами: «абсолютна відмітка», «відстань до ріки», «крутизна повздовжнього профілю» та геометричними характеристиками зсувів. Між величинами «абсолютна відмітка» та «крутизна повздовжнього профілю» фіксується обернена залежність переважно для рівнинних ділянок та пряма – для більшості гірських ландшафтів. Виявлено двомодальний розподіл зсувів за величинами крутизни поздовжнього профілю, що відображає можливість утворення зсувів-течії (кути $8-24^\circ$), зсувів блокового ковзання (кути $24-40^\circ$) та зсувів-обвалів (кути $>44^\circ$).

Також за результатами застосування методу порівняльної оцінки стійкості схилів авторкою узгоджено геометричні характеристики зсувів з літофаціями гірських порід. Виявлено, що більшість зсувів (~63%) розвиваються в породах туфо-глинисто-піщаної, глинисто-піщано рівнинної, глинисто-піщано-карбонатної товщ.

Авторка слушно наполягає на тому, що геолого-тектонічна будова визначає особливості розвитку зсувів і відповідні часові моделі слід створювати для кожного конкретного інженерно-геологічного регіону. При цьому кількісні характеристики зсувів необхідні для територіального районування за геолого-тектонічними та геоморфологічними параметрами.

В якості зауважень до цієї частини роботи слід зазначити наступні.

- Недостатньо геолого-геофізично обґрунтовано можливості розповсюдження науково-практичних результатів, отриманих для території Закарпатській та Чернівецькій областях, на весь Карпатський регіон України та за його межі.

- У роботі з використанням програмних засобів ГІС MapInfo виконано районування території для визначення закономірностей поширення та розвитку зсувів із побудовою відповідних карт, які дозволяють швидко й ефективно аналізувати різнопланову геолого-геофізичну та іншу інформацію і наочно відображають результати її комплексного аналізу. Але при цьому, на нашу думку, авторка приділяє недостатньо уваги тривимірному (3D) аналізу зазначеної (у т.ч. тектонічної) інформації та моделюванню небезпечних проявів зсувних процесів.

Розділ 3 присвячено геофізичним дослідженням зсувних процесів у Карпатському регіоні України на локальному та регіональному рівнях.

На конкретних прикладах Закарпаття розглянуто результати геофізичних досліджень зсувів на локальному рівні (комплекс електричних методів для вивчення геометричних параметрів зсувонебезпечних зон: вертикальне електричне зондування, природне імпульсне електромагнітне поле Землі, кожний з яких базується на своїх, відмінних від інших методів, фізичних передумовах) з метою виявлення напружених зон, пов'язаних з руйнуванням верхньої частини геологічного розрізу. Виявлення та картування аномальних зсувонебезпечних ділянок виконано на основі комплексної інтерпретації вказаних геофізичних даних із використанням інтегрального методу розрахунку функції комплексного показника з подальшою трансформацією в критерій імовірності зсувів (за алгоритмом Кузьменка Е.Д., 2002).

На регіональному рівні авторкою зосереджено увагу на оцінці відображення зсувних процесів у гравітаційному та магнітному полях. Зв'язок ураженості територій зсувними процесами з особливостями морфології та інтенсивності локальних аномалій потенціальних геофізичних полів пояснюється, в основному, відображенням в цих полях літологічних та тектонічних чинників. У роботі узагальнено характерні ознаки відображення тектонічних порушень, зон тріщинуватості, літологічного складу порід у гравітаційному та магнітному полях території досліджень. Показано, що гравітаційні аномалії добре корелюють з особливостями геологічної будови регіону: додатні аномалії відповідають породам неогеновим вулканічним породам та метаморфічним породам високої щільності, а від'ємні аномалії – четвертинним осадовим породам. При цьому більшість зсувів тяжіє до від'ємних гравітаційних аномалій, спричинених приповерхневими осадовими розущільненими породами, яким у зонах зсувів притаманна втрата міцності. Через невелику намагніченість осадові та метаморфічні породи відображаються пониженими аномаліями магнітного поля різного знаку. Аномальне магнітне поле набагато менш чутливе до будови осадових порід, оскільки їх магнітні властивості суттєво менші за інтенсивність, ніж підстилаючі породи фундаменту. Більша кількість зсувів у межах додатних магнітних аномалій пов'язана з речовим складом та геометричними особливостями приповерхневих товщ, які, зокрема, відбивають виступи фундаменту.

Досліджено та підтверджено прямий просторовий взаємозв'язок поширення зсувів та розломних зон, відображених в гравітаційних та магнітних аномаліях, за допомогою факторного аналізу. Доведено, що найбільшою ін-

тенсивністю характеризуються чотири параметри – «сумарна довжина розломних зон», «відстань до розломів», «площі від'ємних гравітаційних» та «додатних магнітних аномалій», які прямо корелюють поширенням зсувних процесів. А вплив особливостей денного рельєфу на розвиток зсувів визначається зв'язком параметрів: «абсолютна відмітка «голови» зсуву», «кут нахилу денної поверхні «голови» зсуву» та «відстань до ріки». При цьому обернена кореляційна залежність «відстані до ріки» та поширення зсувів свідчить про те, що останні розвиваються на значній відстані від річок і не лише під впливом геолого-тектонічних умов, а, значною мірою, зумовлюються зовнішніми впливами, у т.ч. аномальними атмосферними опадами.

В цілому якісна інтерпретація особливостей гравітаційного та магнітного полів у зонах поширення зсувів дозволяє оцінити природні умови їхнього формування та розвитку. Але при цьому в якості зауважень до цієї частини роботи слід зазначити наступні.

- Відсутня інформація щодо масштабу (просторової детальності) вихідних гравітаційних та магнітних даних у дослідженнях поширення зсувних процесів у межах Закарпатської області (Рис.3.3 і 3.4) та недостатньо обґрунтовані радіуси осереднення, які використано при обчисленні локальних аномалій гравітаційного поля – 2500 м та магнітного – 5000 м.
- Авторка сумісно використовує без додаткової конкретизації терміни «розломи», «розриви», «розломні зони», «зони розломів», «тектонічні зони», «тектонічні порушення», які фахівцями-геологами різних спеціалізацій та напрямків використовуються для позначення геологічних тіл (тектонічних об'єктів) із дещо різними геометричними параметрами.

У розділі 4 наведено результати дослідження часових чинників активізації зсувів та визначення певних прогнозних параметрів.

Зсувні процеси це динамічні системи, які характеризуються складними структурними зв'язками. Природний стан таких систем можливо визначити та/або прогнозувати лише за результатами дослідження комплексу часових природних чинників, що не залежать від антропогенної діяльності. Авторкою проведено дослідження для виявлення прогнозних параметрів, періодичність яких обумовлює або пов'язана із закономірностями виникнення катастрофічної активізації зсувних процесів у Карпатському регіоні. Так у роботі детально розглянуті та проаналізовані результати дослідження можливого зв'язку між періодичністю екстремальних атмосферних опадів, активізацією зсувів та фазами Місяця. Також ретельно проаналізовано в розрізі окремих інженерно-геологічних регіонах взаємозв'язки атмосферних опадів та температури повітря, а також гідрогеологічні умови (в першу чергу, рівні підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту). Разом із цим для врахування впливу сейсмічності на активізацію зсувних процесів проаналізовано ряди землетрусів Закарпатського внутрішнього прогину, регіону Складчастих Карпат та Передкарпатського прогину, а також прилеглих територій інших країн, у т.ч. Румунії, Угорщини, Словаччини. Також спираючись на відомі факти зв'язку сонячної активності з ритмічністю зсувів (попри те, що механізм цього зв'язку до теперішнього часу повністю не вивчений) авторкою обґрунто-

вано можливість використання цього чинника в якості одного з прогнозних параметрів виникнення/активізації зсувів.

Авторка слушно підсумовує, що при середньо- та довгостроковому прогнозі активізації зсувних процесів варто зосереджувати увагу на геліо-геофізичних параметрах (сонячній активності та сейсмічності) та супутніх динамічних чинниках (середньорічній температурі атмосферного повітря, сумарній річній кількості атмосферних опадів, рівнях підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту).

Як зауваження до цієї частини роботи слід зазначити наступне. На нашу думку, до процесу прогнозування активізації зсувних процесів необхідно додати: в частині зовнішніх (космічних) чинників, разом із фазами Місяця, гравіметричну інформацію про припливи в твердому тілі Землі, а в частині сучасних геодинамічних чинників, разом із сейсмічністю, інформацію про сучасні вертикальні та горизонтальні рухи земної кори.

Розділ 5 присвячено довгостроковому та середньостроковому (за місяцями в межах року) часовому прогнозу зсувних процесів для окремих інженерно-геологічних регіонів.

Прогнозування було виконано за традиційною схемою, у т.ч. перевірка часових рядів на наявність тренду, нормалізація параметрів для приведення до безрозмірних величин, виявлення періодичностей у часових рядах за допомогою автокореляційних функцій та спектрального аналізу Фур'є; визначення за допомогою взаємнокореляційних функції часових зміщень зсувоініціюючих чинників (сонячної активності – чисел Вольфа, сумарної річної кількості атмосферних опадів, середньорічної температури атмосферного повітря, середньорічних рівнів підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту, сейсмічності – сумарної енергії землетрусів, активізація зсувів) з рядами активізації зсувів (за період 1960-2019 рр.); кореляційний аналіз з урахуванням зміщення часових рядів чинників; розрахунок комплексного інтегрального показника ймовірності розвитку зсувів (за Кузьменком Е.Д., 2002) з наступним перерахуванням у значення ймовірності зсувних процесів. Попарно проаналізовані часові ряди дозволили виділити базові періоди процесів розвитку та активізації зсувних процесів відносно чинників, що їх ініціюють.

Для Закарпатського внутрішнього прогину виділено спільні періодичності в 9-11 років для сонячної активності, атмосферних опадів, температури атмосферного повітря, сумарної енергії землетрусів, активізації зсувів. Атмосферні опади, рівень підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту, сумарна енергія землетрусів мають спільну періодичність 21-25, 28-30 років із властивими їм піками у межах циклу. Для Складчастих Карпат виявлено періодичність: атмосферних опадів – близько 3, 7, 10 років; температури атмосферного повітря – близько 5-7, 11, 13 років; рівнів підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту – 5, 22 років; сумарної енергії землетрусів – близько 2, 7, 30 років; активізації зсувів – 10 років. Для Передкарпатського прогину періоди 9-11 та 29-30 років характерні для усіх чинників і є кратними періоду сонячної активності. Активізація зсувів разом з парамет-

рами: сумарна річна кількість атмосферних опадів, середньорічна температура атмосферного повітря, середньорічні рівні підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту вод мають періодичність 17-19 років, що відповідає циклу Місяця – 18,6 років. Усі параметри, крім сонячної активності, мають періодичність 4-5 років, що добре узгоджується з активізацією зсувів і свідчить про їх вагомий вплив на процеси зсувоутворення. В цілому для Закарпатського внутрішнього прогину та Складчастих Карпат виявлено основні періодичності – 5, 10, 28-30 років, а для Передкарпатського прогину – 4, 9-10, 26, 30 років.

Для реалізації середньострокового прогнозу авторкою було розроблено оригінальний метод прогнозування зсувних процесів за місяцями усередині року шляхом аналізу помісячно-річного розподілу атмосферних опадів. Зафіксовано щорічні сезонні аномалії підвищення інтенсивності атмосферних опадів. Найбільш чітко проявляються сезонні підвищення опадів: квітень-серпень, серпень-листопад, листопад-березень. При цьому, навіть невеликі за значеннями сезонні аномалії розділяються відносно сухими періодами спаду інтенсивності атмосферних опадів. Отримані результати свідчать про те, що існує ритмічність трьох періодів атмосферних опадів у межах року. Виявлена періодичність 9-11, 20-23, 29-30 років вказує на суттєвий вплив сонячної активності на циркуляційні процеси в атмосфері. Прогнозується активізація зсувів для Закарпатського внутрішнього прогину – 2020-2030 рр., для Складчастих Карпат – 2020-2032 рр., для Передкарпаття – 2020-2034 рр. При цьому найбільш ймовірним вважається липень-серпень.

В якості зауваження до цієї частини роботи слід зазначити те, що, на нашу думку, при довгостроковому прогнозуванні зсувів та подальшому просторовому розповсюдженні отриманих результатів доцільно враховувати дані про зони інтенсивності струсів на середніх ґрунтах (в балах шкали MSK-64) загального сейсмічного районування ЗСР-2004 території України («Будівництво у сейсмічних районах України. ДБН В.1.1-12:2014»).

Розділ 6 присвячено оцінюванню ризику площинної ураженості зсувами в межах інженерно-геологічних регіонів з урахуванням часових рядів. Це оцінювання враховує ураженість зсувними процесами та щільність населення інженерно-геологічних регіонів, а також критерій ймовірності розвитку зсувних процесів, розрахований на основі комплексу просторово-часових геофізичних та супутніх чинників.

Визначення ризиків базується на аналізі просторового поширення (ураженості) зсувних площ на території досліджень та ймовірного впливу на життєдіяльність людини, виходячи з умови рівномірного розподілу населення. Інтегральне оцінювання ризиків виконано шляхом їх накопичення, що і дозволяє оцінити в певних регіонах зростання небезпеки у майбутньому, враховуючи просторовий розподіл і прогнозні часові ряди активізації зсувів.

Встановлено, що найнебезпечнішим з точки зору зростання територій, охоплених зсувними процесами, є Передкарпатський прогин, де за прогнозний двадцятирічний період передбачається збільшення ураженості зсувами на 12,32%; у Складчастих Карпатах – на 12,08%; у Закарпатському прогині –

на 11,72%. Ризик для життєдіяльності людей у зоні потенційного впливу зсувів також найбільше зростає в регіоні Передкарпатського прогину – на 12,84%; у Складчастих Карпатах – на 12,19%; у Закарпатському прогині – на 11,17%. Такий розподіл ризиків зокрема пояснюється тим, що саме Передкарпатський прогин характеризується найбільшими в регіоні досліджень початковою ураженістю зсувами та щільністю населення.

Як зауваження до цієї частини роботи слід зазначити, що, на нашу думку, при визначенні ймовірності формування ризику безпеки життєдіяльності людини з точки зору поширення та активізації небезпечних зсувних процесів (разом із розрахунками за умови рівномірного розподілу населення у межах площі дослідження) для обґрунтування плану першочергових заходів щодо запобігання активізації цих процесів та мінімізації їх наслідків необхідні розрахунки для максимальної щільності населення в межах населених пунктів.

Висновки по дисертації повністю відображають наукові досягнення авторки та відповідають цілям і задачам досліджень, а також сформованим в «Науковій новизні» науковим положенням.

Список використаних джерел (література) свідчить про ретельне і повне опрацювання літературних джерел, а також про повне відображення представлених результатів у працях авторки.

5. Висновки

В цілому, дисертація Штогрин Л.В. є завершеною науково-дослідною роботою, у якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які в сукупності можна розглядати як значне досягнення для розвитку моніторингу небезпечних природно-техногенних процесів і прогнозування за комплексом просторово-часових геофізичних і супутніх чинників розвитку та активізації небезпечних зсувних процесів для розроблення запобіжних заходів щодо руйнування інфраструктури і, за необхідністю, своєчасного відселення населення.

Усі наукові положення, які винесені на захист (пункти наукової новизни), є новими і достовірними, обґрунтованими результатами науково-методичних розробок авторки із використанням наявної інформації з проблеми досліджень, математичного апарату і залученням значної кількості фактичного матеріалу.

Основні результати дисертації повністю викладені у наукових фахових виданнях, кількість таких публікацій перевищує нормативні показники. Робота в достатній мірі апробована. Автореферат повністю відображає основні положення дисертації. Робота оформлена відповідно до діючих вимог, написана грамотною літературною мовою, логічно побудована. Отримані результати впроваджено у навчальний процес Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу для підготовки бакалаврів за спеціальністю 103 Науки про Землю, що підтверджено відповідним актом впровадження. Вони також мають перспективу подальшого використання на більшості території України.

Таким чином аналіз дисертації, автореферату та опублікованих праць дає підстави для висновку про те, що дослідження просторово-часових геофі-

зичних та супутніх чинників прогнозування зсувних процесів у Карпатському регіоні України є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, що має вагомим теоретичне і 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 України щодо кандидатських дисертацій, а її авторка Штогрин Людмила Василівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика.

Офіційний опонент –
професор кафедри геофізичних методів розвідки
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
докт. геол. наук, с.н.с.

[Handwritten signature]
О.К. ТЯПКІН

Перший



[Handwritten signature]
А.В. Павлюк