

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

**ШТОГРИН ЛЮДМИЛА ВАСИЛІВНА** *Людмила*

УДК 550.347.2:504.4

**ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ГЕОФІЗИЧНІ ТА СУПУТНІ  
ЧИННИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У  
КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ**

Спеціальність 04.00.22 – Геофізика

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Івано-Франківськ - 2021

Дисертацією є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
**Кузьменко Едуард Дмитрович**,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики

**Офіційні опоненти:** доктор геологічних наук, старший науковий співробітник  
**Тяпкін Олег Костянтинович**  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України, професор кафедри геофізичних методів розвідки, м. Дніпро;

кандидат геологічних наук, доцент

**Онищук Віктор Іванович**  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка МОН України, доцент кафедри геофізики ННІ "Інститут геології", м. Київ.

Захист дисертації відбудеться "27" серпня 2021 р. об 11.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 20.052.01 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Автореферат розісланий «   » липня 2021 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради К 20.052.01  
кандидат геологічних наук



В. В. Федорів

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Проблема розвитку та поширення зсувних процесів у Карпатському регіоні широко висвітлюється у Інформаційних щорічниках щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів (ЕГП) за даними моніторингу. Згідно останніх даних, на початок 2020 року в Україні налічується 22937 зсувів площею 2140,9 км<sup>2</sup>. Однією з найнебезпечніших є територія Карпатського регіону, особливо Закарпатська область, де зареєстровано 3288 одиниць площею 385,21 км<sup>2</sup> та Чернівецька область – 1467 одиниць, площею 760,2 км<sup>2</sup>. Загалом, площа, охоплена зсувними процесами у зазначених областях, становить 53,5% від загального поширення зсувів в Україні. До особливостей розвитку зсувних процесів можна віднести значні площі поширення, катастрофічні об'єкти сповзання зсувних мас, отже, їхня активізація завдає непоправної шкоди природному середовищу, інфраструктурі та господарській діяльності людини.

Вивчення та прогноз екзогенних геологічних процесів, зокрема зсувів, геофізичними методами із залученням просторово-часових та супутніх чинників обумовлена тим, що до основних чинників, які сприяють утворенню зсувних процесів, відносяться геолого-геофізичні, геоморфологічні, кліматичні умови. 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 слід вважати актуальною проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Завдання дисертаційної роботи вирішувалися в межах науково-дослідної роботи кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) за темами: “Проведення аналізу моніторингового дослідження зсувонебезпечних територій та визначення заходів щодо його удосконалення”, (реєстр. № 0105U004243; 2005 р.), “Розробка та удосконалення нових програмно-технічних засобів проведення моніторингу зсувів із застосуванням геофізичних методів”, (реєстр. № 0105U004244; 2005 р.), “Екологічна безпека і землевпорядне забезпечення територіально-адміністративних одиниць та експлуатаційна надійність промислових об'єктів”, (реєстр. № 0110U000339; 2014 р.), “Інженерно-екологічні, геотехногенні, геодезичні та землевпорядні роботи, спрямовані на дотримання екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності”, (реєстр. № 0114U004856, 2015 р.), “Дослідження геологічного середовища в зонах розвитку небезпечних процесів із використанням геоінформаційних технологій з метою попередження надзвичайних ситуацій” (держ. реєстр. №0119U002233, 2018 р.). У рамках зазначених тем автором проводився аналіз основних часових чинників розвитку зсувних процесів, а також виконано середньострокове та довгострокове прогнозування активізації зсувів для окремих територій Карпатського регіону.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є довгострокове та середньострокове прогнозування активізації зсувних процесів на основі просторово-часових геофізичних та супутніх чинників розвитку зсувних процесів з урахуванням інженерно-геологічного районування Карпатського регіону.

Поставлена мета передбачала розв'язання таких завдань:

- вивчення параметрів зсувів та особливостей їхнього просторового поширення згідно інженерно-геологічного та тектонічного районування та обґрунтування просторово-часових геофізичних та супутніх чинників активізації зсувів;
- аналіз відображення просторового поширення зсувних процесів у гравітаційному та магнітному полях регіонального масштабу, враховуючи тектонічне районування досліджуваної території;
- дослідження взаємозв'язків просторово-часових геофізичних та супутніх чинників розвитку зсувів та обґрунтування часового прогнозування в межах окремих інженерно-геологічних регіонів;
- створення часових моделей середньо- та довгострокового прогнозу зсувів для окремих інженерно-геологічних регіонів;
- оцінювання ризику площинної ураженості зсувами в межах інженерно-геологічних регіонів з урахуванням часових рядів.

**Об'єкт дослідження** – часові ряди активізації зсувів та природних чинників їхнього формування тривалістю 60 років (з 1960 по 2019 рр.).

**Предметом досліджень** є середньо- та довгостроковий прогноз активізації зсувів у Карпатському регіоні з метою зменшення негативних наслідків зсувів на довкілля.

**Методи досліджень.** При вирішенні поставлених наукових завдань використовувались методи порівняльного аналізу аномалій гравітаційного, магнітного полів, геолого-геоморфологічних чинників просторового розподілу зсувів для окремих територій; статистичний аналіз часових чинників, насамперед, геофізичних (кластерний, кореляційно-регресійний, спектральний для виявлення багаторічних тенденцій взаємообумовленості динаміки розвитку зсувів та природних чинників, що їх провокують), методи екстраполяції часових рядів для середньострокового та довгострокового прогнозу зсувів.

#### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. 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 літології.

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

3. 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.

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

5. Уперше 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.

**Практичне значення одержаних результатів.** Завдяки розрахованим часовим рядам інтегрального показника ймовірності зсувів встановлена періодичність зсувної активності та виконано середньо- та довгостроковий прогноз активізації зсувів у Карпатському регіоні до 2040 року.

Побудовані прогнозні часові моделі дозволяють передбачати ймовірний розвиток зсувних процесів, враховуючи особливості окремих інженерно-геологічних регіонів.

Результати, що отримані під час досліджень можуть використовуватись для прогнозу небезпеки виникнення зсувів та завчасного попередження, при розробленні протизсувних заходів, при оцінці територій для забудови приватними чи інженерно-господарськими спорудами.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем особисто вивчено, проаналізовано та узагальнено геолого-геофізичні матеріали, кадастрові дані зареєстрованих зсувів та часові ряди чинників, що їх провокують. Наукові результати дисертаційної роботи отримані особисто здобувачем на підставі вивчення проблеми прогнозування зсувів, комплексного аналізу природних геолого-тектонічних, геофізичних просторових та часових чинників та їх взаємозв'язку з процесами зсувоутворення. Побудовані прогнозні моделі дозволяють враховувати відмінності окремих регіонів і передбачати ймовірний розвиток зсувів у середньостроковій перспективі (в межах року) та довгостроковій (на десятиріччя), крім того, запропонована методика оцінювання ризику площинної ураженості зсувами дозволяє завчасно оцінити небезпеку та діяти на випередження через прийняття управлінських рішень.

Основні ідеї, наукові положення і теоретичні висновки дисертації сформульовані здобувачем особисто та висвітлені у фахових виданнях.[1-25]. У роботах [1-5,7-17,20-22] авторка брала участь у постановці задачі, аналізі геофізичних параметрів активізації зсувів, виконувала: комплексну інтегровану інтерпретацію геофізичних даних з метою виявлення ймовірного розвитку зсувів; аналіз поширення зсувних процесів в аномаліях гравітаційного та магнітного полів; дослідження просторового розподілу зсувів з урахуванням геологічної та тектонічної будови регіону; статистичну обробку (визначення законів розподілу та побудову кореляційно-регресійних моделей, розрахунок факторних навантажень природних чинників на активізацію зсувів); часове моделювання зсувної

активізації, аналізі результатів та підготовці висновків. В одноособових роботах [6,18-19,23] авторкою виконано статистичну обробку та аналіз комплексу просторових параметрів зсувів, геоморфологічних характеристик (крутизна схилу, відстань до найближчого базису ерозії, визначення експозиція схилу) з метою виявлення закономірностей поширення зсувів у межах різних літофціальних комплексах підстелених порід, геолого-тектонічних одиниць. У публікаціях [24,25] авторка досліджувала вплив гідрогеологічних комплексів на розвиток зсувних процесів та виконувала оцінювання ризику площинної ураженості зсувами.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати за темою дисертації доповідались і обговорювались на науково-практичній конференції “Екологічні проблеми нафтогазового комплексу” (Київ, 2004)[16], на VI міжнародній науковій конференції “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища” (Київ, 2005) [17], на XVII Міжнародному науково-технічному симпозиумі “Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS-технології” (Алушта, Крим, 2012) [18], на всеукраїнській науково-практичній конференції “Геодезія. Землеустрій. Природо-користування: присвячується пам’яті П.Г.Черняги” (Рівне, 2014) [19], на міжнародній науково-технічній конференції “Перспективи нарощування ресурсної бази нафтогазової енергетики” (Івано-Франківськ, 2016, 2020) [20,25], на XVII, XVIII міжнародних конференціях “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” (Київ, 2018, 2019) [21-22], “Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення” (Тернопіль, 2020) [23], “GeoTerrace- 2020” (Львів, 2020) [24].

**Публікації.** За темою дисертації автором опубліковано 25 праць, з них дві монографії (опубліковані у співавторстві), 13 статей у фахових виданнях (з них 2 – у закордонних виданнях, що реферуються у БД Scopus, 11 – в журналах, які відносяться до науко-метричних баз та 10 тез доповідей на всеукраїнських та міжнародних конференціях, з них 5 реферуються в БД Scopus.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації – 214 стор. Дисертація містить 57 рисунків, 25 таблиць, список використаних джерел включає посилання на 188 найменувань.

**Подяки.** Здобувачка висловлює глибоку подяку науковому керівникові професору, доктору геол.-мін. наук Кузьменку Едуарду Дмитровичу за вагомі наукові консультації, корисні поради, постійну допомогу у роботі та підтримку протягом усіх етапів дослідження. Здобувачка щиро вдячна всім співавторам публікацій та колегам за практичну допомогу, зокрема, професору, д. геол. наук О.М. Карпенку; канд. геол. наук: О.М. Журавлю; доцентам, канд. геол. наук: Д.В. Касяянчуку, Л.І. Давибіді, Т.Б. Чепурній, І.В. Чепурному, С.М. Багрію, С.Г. Анікеєву, а також О.П. Вдовиній.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано доцільність та актуальність теми, її зв’язок із науковими програмами, зазначена мета, наукова новизна та практичне значення. Розкривається особистий внесок автора, результати апробації, публікації,

загальний обсяг і структура роботи.

**У першому розділі** на основі огляду наукової літератури розглянуто актуальність проблеми розвитку зсувних процесів в Україні та світі, існуючі сучасні геофізичні дослідження та методики прогнозування зсувів, на основі чого виконано вибір напрямків досліджень.

Дослідженню небезпечних екзогенних процесів (ЕГП) та розробленням методик прогнозування, зокрема, зсувів, займалися відомі вчені – Бондарик Г.К., Гулакян К.Л., Ємельянова О.П., Круподеров В.С., Кюнтцель В.В., Постоев Г.П., Шеко А.І., Трофимов В.Т., Xiaoping L., Jurich D.M., Ortigao V., Baum R.L, Guzzetti F., Carrarelli G. Серед сучасних українських науковців проблематиці дослідження геофізичними методами та прогнозування зсувів присвячені роботи Рудька Г.І., Адамчика О.М., Демчишина М.Г., Кузьменка Е.Д., Тяпкіна О.К., Безсмертного А.Ф., Чебана В.Д., Карпенка О.М., Журавля О.М., Гошовського С.В., Блінова П.В., Яковлева С.О., Іванік О.М. та ін.

Головною задачею регіонального прогнозу зсувів є визначення області його можливого виникнення та розвитку, типу 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. Ми вважаємо за доцільне використання зазначеної методології як схематичної основи для створення регіонального прогнозу зсувів, враховуючи конкретні інженерно-геологічні та кліматичні умови регіонів, а також розвиток математичного апарату обробки та прогнозування даних.

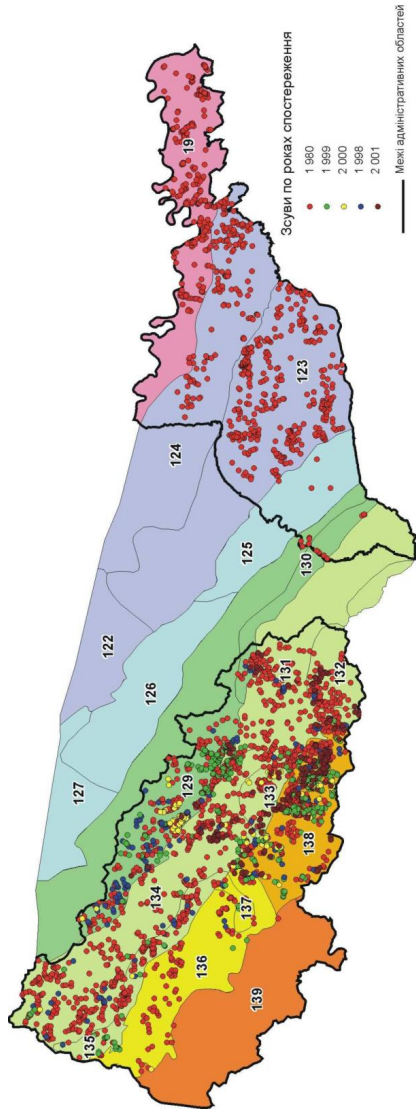
Виходячи з цього, сформульовані мета і завдання досліджень, наведених у дисертації: часовий середньостроковий та довгостроковий прогноз активізації зсувних процесів на основі комплексу природних параметрів з визначенням провідної ролі геофізичних чинників та означення їхнього взаємозв'язку з супутніми чинниками.

**У другому розділі** виконаний аналіз ураженості території досліджень зсувами та її диференціація за геологічними та тектонічними чинниками.

Поширення та інтенсивність розвитку зсувних процесів контролюється тектонічним режимом території, особливостями геологічної та геоморфологічної будови, тому районування території необхідне для вивчення закономірностей розповсюдження та розвитку зсувів. Це завдання виконувалось у ГІС MapInfo (побудова карт за відповідним районуванням та підрахунок кількості зсувів у кожному регіоні, області, районі, структурно-тектонічній одиниці) (рис.1).

Територія досліджень розташована в межах трьох інженерно-геологічних регіонів: Закарпатського внутрішнього прогину (З), Карпатської гірськоскладчастої системи (Ж), Волино-Подільського регіону (А). Опрацьована просторова база даних (ДНВП “Геоінформ України”) по Закарпатській області становила 2339 зсувів, по Чернівецькій області 1119 зсувів.

Закарпатський внутрішній прогин складається з вулканічного Вигорлат-Гутинського пасма та Верхньотисенської котловини. Їх формування та розвиток ландшафтів тісно взаємопов'язані та взаємозалежні. Вулканічне пасмо складене андезитами, андезито-базальтами і туфами. Характеристики зсувів: абсолютні відмітки 379,3-472,0 м, потужність зсувів 10,6 м, крутизна повздовжнього профілю



### Інженерно-геологічне районування

А-4 Структурно-денудаційні рівнини Подільської височини

19 Подільське Придністров'я

Ж-1 Акумулятивно-денудаційні рівнини Передкарпатської височини

122 Стрийсько-Бистрицька древньолерозова передгірська рівнина

123 Паденно-Полуцько-Буковинська передгірська рівнина

124 Північно-Полуцько-Пругоцька рівнина

Ж-2 Середньо- та низькогірські масиви Зовнішніх Карпат

125 Полуцько-Буковинські Карпати

126 Сибиваї Гори

127 Верхньодністровсько-Сколевський Бескиди

Ж-3 Середньо- та низькогірські масиви Вододільно-Верховинських Карпат

129 Вододільно-Верховинсько-Горанські хребти

130 Ворохта-Пугилівське древньолерозове низькогір'я з Ясинською котловиною

Ж-4 Середньовисотні Полонинсько-Чорногорські та

Рахівсько-Чивчинські гірські хребти і пасма

131 Прислий хребти Свидовець, Чорна Гора, Лосова

132 Рахівсько-Чивчинський масив

133 Скелесті пасма

134 Полонинський хребет

135 Завирипат-Гутиницька мікрорська долина

З-1 Низькогір'я Вигорлат-Гутиницького вулканічного хребта

136 Вигорлат-Гутиницьке вулканічне низькогір'я

137 Іршавська мікрорська долина

З-2 Верхнететисенська котловина

138 Верхньотетисенська котловина

З-3 Закарпатська акумулятивна рівнина з ділянками древніх вулканів

139 Тригірська алпваальна рівнина-низовина

Рис. 1. Схеми інженерно-геологічного районування Закарпатської та Чернівецької областей



16,0-25,0°. В передгір'ї та на схилах вулканічного пасма формуються невеликі за об'ємом зсуви в глинистих породах пліоценової кори вивітрювання (обводнені та роздроблені глинисті та суглинисті породи елювіально-делювіальних відкладів). Поширені зсуви блокового ковзання та течії.

Закарпатський внутрішній прогин складається з вулканічного Вигорлат-Гутинського пасма та Верхньотисенської котловини. Їх формування та розвиток ландшафтів тісно взаємопов'язані та взаємозалежні. Вулканічне пасмо складене андезитами, андезито-базальтами і туфами. Характеристики зсувів: абсолютні відмітки 379,3-472,0 м, потужність зсувів 10,6 м, крутизна повздовжнього профілю 16,0-25,0°. В передгір'ї та на схилах вулканічного пасма формуються невеликі за об'ємом зсуви в глинистих породах пліоценової кори вивітрювання (обводнені та роздроблені глинисті та суглинисті породи елювіально-делювіальних відкладів). Поширені зсуви блокового ковзання та течії.

Відклади Карпатської гірськоскладчастої області представлені породами тонкоритмічного двохкомпонентного флішу, в якому інтенсивно розвиваються зсуви декількох типів (зсуви-течії, блокового ковзання, видавлювання). Середньо- та низькогірні масиви Зовнішніх Карпат, Вододільно-Верховинських Карпат, Полонинсько-Чорногірські та Рахівсько-Чивчинські хребти розчленовані глибокими, терасованими долинами з низькими та середньовисотними відмітками зсувів 365,0-816,0 м, крутими схилами 26,3°, потужність зсувних мас 4,2 -19,2 м. Ці гірські хребти різко дислоковані, розбиті розломами та насувами, представляють собою тектонічні скиби, складені флішовими породами крейдового та палеогенового віку: глинистими сланцями, пісковиками, аргілітами, алевролітами.

Акумулятивно-денудаційні рівнини Передкарпатської височини складені товщею осадових неогенових відкладів, представленими піщано-глинистою соленосною товщею, мергелями, пісковиками, конгломератами і сланцями. Породи дислоковані. Зсуви розвиваються в четвертинних алювіальних, алювіально-делювіальних відкладах, які нагромаджуються в річкових долинах і відзначаються незначними висотами 212,0-329,0 м, крутизна повздовжнього профілю 16,0-18,0°, потужність зсувних мас 4,0-5,6 м.

Розвиток зсувів у межах досліджуваної території Східно-Європейської платформи відбувається у четвертинних елювіальних, елювіально-делювіальних відкладах, представлених галькою, щебенем, глинами, суглинками, пісками. Поширені зсуви-течії на схилах рік і струмків. Характеристики зсувів: потужність 3,6 м, крутизна профілю 21,3°, абсолютні відмітки зсувів приблизно 219,0 м.

Статистичний аналіз виконувався для наявних геометричних параметрів зсувів. Виявлені суттєві зв'язки між незалежними параметрами: “абсолютна відмітка”, “відстань до ріки”, “крутизна повздовжнього профілю” та геометричними характеристиками зсувів, що свідчить про вплив на процеси зсувоутворення геоморфологічних чинників.

Вплив рельєфу на розвиток зсувів визначається зв'язком параметрів: абсолютна відмітка, крутизна повздовжнього профілю, відстань до річки. Між величинами “абсолютна відмітка” та “крутизна повздовжнього профілю” обернена залежність переважно для рівнинних областей та пряма – для більшості гірських

ландшафтів, що логічно – зі збільшенням абсолютних відміток збільшуються кути нахилу схилів.

Оскільки, кут нахилу денної поверхні схилу є одним із визначальних чинників утворення зсувів, то проводився аналіз розподілу зсувів за величинами крутизни поздовжнього профілю. Виявлено двомодальний закон розподілу. Теоретична крива виділяє інтервали, при яких можливе утворення зсувів-течії від  $8^\circ$  до  $24^\circ$  (математичне очікування кутів –  $16,9^\circ$ ), зсуви блокового ковзання, відповідають другому розрахованому теоретичному закону в діапазоні від  $24^\circ$  до  $40^\circ$  з математичним очікуванням  $30^\circ$ , при кутах  $44^\circ$  і більше можливі зсуви-обвали (рис.2).

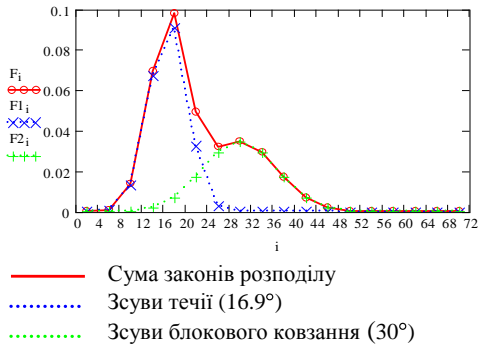


Рис.2. Двомодальний закон розподілу крутизни поздовжнього профілю

За результатами застосування методу порівняльної оцінки стійкості схилів було узгоджено геометричні характеристики зсувів з літофаціями гірських порід. Виявлено, що більшість зсувів (63% від загальної кількості) поверхневого покриву розвиваються в породах туфо-глинисто-піщаної, глинисто-піщано рівнинної, глинисто-піщано-карбонатної товщ з неглибоким захопленням порід.

Отже, геолого-тектонічна будова визначає особливості розвитку зсувів, тому часові моделі слід створювати для кожного окремого інженерно-геологічного регіону, а числові характеристики зсувів є важливими для територіального районування за геоморфологічними та геолого-тектонічними параметрами.

**У третьому розділі** наведено результати оцінки відображення зсувних процесів у гравітаційному (рис.3) та магнітному полях. Показано, що гравітаційні аномалії добре корелюють з геологічною будовою регіону: підвищені значення інтенсивності в районах гірських масивів зумовлені породами високої щільності – неогенові вулканічні породи та метаморфічні породи, від’ємні аномалії відображають четвертинні осадові породи, високі градієнтні зони контролюють тектонічні порушення. Більшість зсувів тяжіє до від’ємних гравітаційних аномалій, спричинених приповерхневими осадовими розущільненими породами, яким у зонах зсувів притаманна втрата міцності.

В аномаліях магнітного поля осадові та метаморфічні породи через невелику намагніченість відображаються пониженими значеннями різного знаку. Інтенсивні аномалії магнітного поля Закарпатського внутрішнього прогину пояснюються

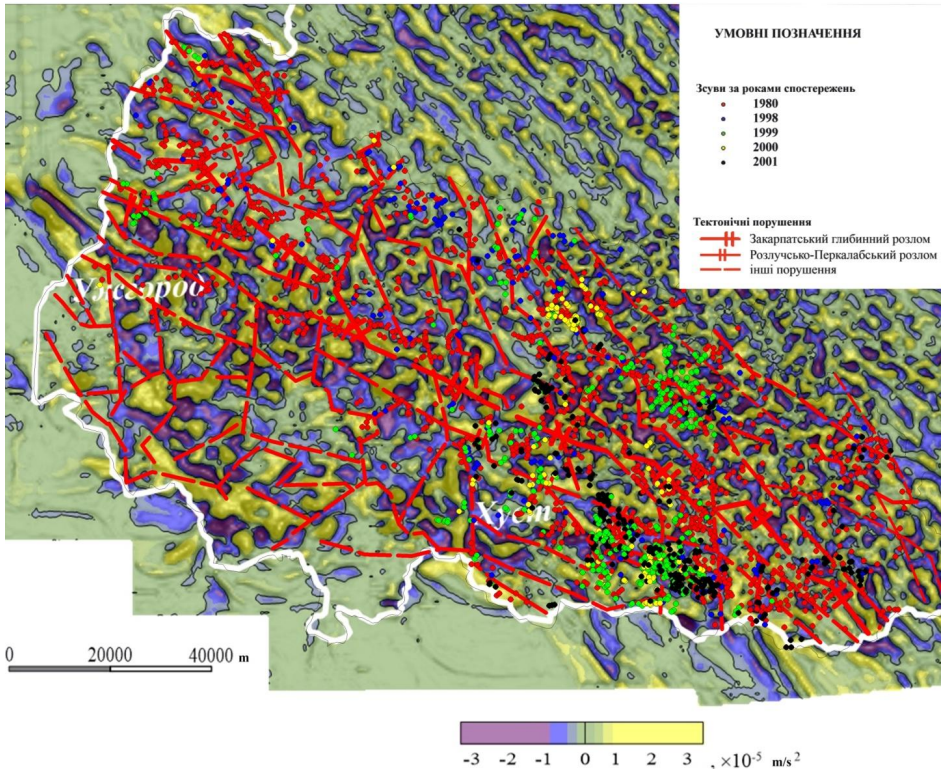


Рис. 3. Карта локальних аномалій поля сили тяжіння (радіус осереднення 2500 м) (Анікеєв С.Г.) з урахуванням поширення зсувів у межах Закарпатської області

впливом вулканічних порід високої намагніченості. Аномалії магнітного поля набагато менш чутливі до будови осадового комплексу, оскільки магнітні властивості осадових порід суттєво менші за інтенсивність, ніж породи фундаменту. Більша кількість зсувів у межах додатних магнітних аномалій пов'язана з типом порід та геометрією приповерхневих товщ, яка сформована під впливом виступів фундаменту.

Дослідження структури просторових взаємозв'язків між поширенням зсувів та розломними зонами, відображеними в гравімагнітних аномаліях виконувалось за допомогою факторного аналізу. В результаті доведено, що найбільшою інтенсивністю характеризуються чотири параметри – “сумарна довжина розломних зон”, “відстань до розломів”, “площі від’ємних гравітаційних” та “додатних магнітних аномалій”, які прямо корелюють з фактором 1 – поширенням зсувних процесів і мають найбільшу частку загальної дисперсії – 0,42 (табл. 1).

Ці параметри відіграють вагому роль, оскільки вони характеризують загальну тріщинуватість та подрібненість гірських порід у радіусі впливу тектонічних порушень. Фактор 2 показує вплив рельєфу на розвиток зсувів і визначається зв'язком параметрів: “абсолютна відмітка “голови” зсуву”, “кут нахилу денної

поверхні "голови" зсуву" та "відстань до ріки". Обернена кореляція параметра "відстань до ріки" із поширенням зсувів свідчить про те, що вони розвиваються далеко від річок і не лише під впливом геолого-тектонічних умов, але й, значною мірою, зумовлюються зовнішніми впливами – аномальними значеннями атмосферних опадів. Як бачимо, геоморфологічні параметри мають набагато меншу частку загальної дисперсії (0,28), тому їх вплив не є визначальним. Загалом, два фактори пояснюють 70% дисперсії.

Таблиця 1 – Матриця факторних навантажень на досліджувані параметри

Факторні характеристики	Фактор 1	Фактор 2
Сумарна довжина розломів, км	0,862	-0,138
Відстань до ріки, км	-0,222	-0,728
Відстань до розломів, км	0,720	0,535
Абсолютна відмітка зсуву, м	-0,075	0,635
Крутизна повздовжнього профілю, град	0,023	0,853
Площа від'ємних гравітаційних аномалій, км <sup>2</sup>	0,922	0,088
Площа додатних магнітних аномалій, км <sup>2</sup>	0,889	0,095
Частка загальної дисперсії	0,42	0,28

Таким чином, підтверджений прямий просторовий зв'язок між поширенням зсувів і розміщенням зон тектонічних порушень, які однозначно відображаються в аномаліях гравітаційного та магнітного полів. Слід вважати доведеною необхідність аналізу гравітаційних та магнітних полів при аналізі зсувної активності та її прогнозуванні.

**У четвертому розділі** виконані дослідження часових чинників активізації зсувів та визначені деякі прогнозні параметри.

Вплив природного супутника Землі – Місяця. Детальний аналіз узгодженості аномальних опадів з фазами Місяця показав, що більшість довготривалих екстремальних опадів реєструються в останній або першій чверті фаз Місяця. Динамічність цього чинника може бути використана при короткостроковому прогнозуванні зсувів.

Вплив геофізичного чинника – сонячної активності на розвиток зсувів здійснюється опосередковано через закономірності циркуляції повітряних мас, атмосферних опадів, температури. Авторкою виявлено, що на активізацію зсувів впливає не тільки підвищення енергетичного навантаження, але і його зменшення, так періоди екстремальних значень сонячної активності тривають приблизно 2-3 роки та мають накопичувальний вплив на аномальні погодні умови.

Сейсмічний вплив на зсувонебезпечні схили проявляється у силевій формі на об'єми ґрунтів, які можуть переміститися вниз по схилу та у зміні характеристик міцності ґрунтів, які перебувають у водонасиченому стані. Карпатський регіон можна віднести до помірно активних, проте доведено, що навіть низька активність сейсмічних струшувань може провокувати виникнення вторинних інженерно-геологічних явищ, зокрема, зсувів.

Температура повітря та атмосферні опади, впливаючи на верхній шар геологічного середовища, сприяють процесам вивітрювання, ерозії гірських порід, формування паводків та повеней.

Важливою особливістю взаємозв'язку розвитку зсувів із режимом опадів є притаманність періоду активізації з довготривалими зливовими опадами, які перезволожують схили і порушують стійкість порід. У першу чергу це проявляється на поверхневих зсувах (зсувах-течіях). На підставі аналізу багаторічних даних сумарної річної кількості опадів авторкою доведено, що коли сумарна кількість атмосферних опадів перевищує середнє багаторічне значення більше, ніж на 19-20%, відмічається активізація зсувів.

Вплив ґрунтових вод на формування зсувів полягає у збільшенні навантаження на схил води, що міститься у водоносному горизонті, гідродинамічного тиску від фільтраційного потоку вод, змочування поверхні дзеркала ковзання зсувного тіла та зменшення зчеплення зсувних і підстилаючих порід, що приводить до зниження стійкості гірських порід, особливо під час надмірного зволоження.

Отже, при середньо- та довгостроковому прогнозі варто використовувати геофізичні параметри: сонячну активність, сейсмічність та супутні динамічні чинники такі як: середньорічна температура, сумарна річна кількість опадів, рівні ґрунтових вод.

**У п'ятому розділі** наведений диференційований прогноз відносно часу – середньостроковий (за місяцями в межах року) та довгостроковий (багаторічний).

Прогноз виконувався за класичною схемою для регіональних часових прогнозів ЕГП, зокрема зсувів – 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; часові зміщення зсувоініціюючих чинників з рядами активізації зсувів визначались за допомогою функції взаємної кореляції; з урахуванням зміщення часових рядів чинників проводився кореляційний аналіз; розраховувався комплексний інтегральний показник ймовірності розвитку зсувів (Кузьменко Е.Д., 2007), використовуючи функцію Лапласа, інтегральний показник перераховувався у значення ймовірності зсувних процесів.

Особливостями даної роботи є деталізація досліджень та створення нових прогнозних моделей. Апробацією даних розрахунків стали прогнозні часові ряди ймовірної активізації зсувів для інженерно-геологічних регіонів: Закарпатського внутрішнього прогину, Складчастих Карпат та Передкарпатського прогину (рис.4).

Довгостроковий прогноз (багаторічний) зсувної активності для інженерно-геологічних регіонів – Закарпатського внутрішнього прогину та Складчастих Карпат показав наявність основних часових динамік в 5, 10, 28-30 років. Для Передкарпатського прогину виділяються основні періодичності в 4, 9-10, 26, 30 років. Активізація зсувних процесів чітко простежується у великих циклах – понад 20 років, протягом яких цикл має два піки розвитку з пів циклами в 8-10 років. Для всього Карпатського регіону виділяється спільний довгостроковий період тривалістю 29-30 років.

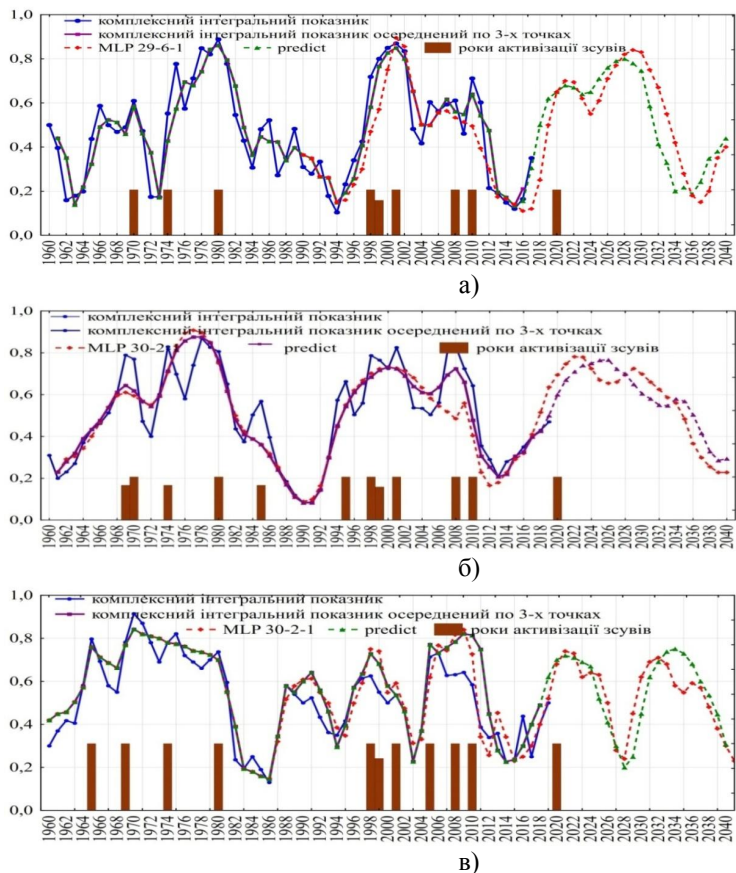


Рис. 4. Графіки прогнозу ймовірності зсувів для: а) Закарпатського внутрішнього прогину; б) Складчастих Карпат; в) Передкарпатського прогину

Для реалізації середньострокового прогнозу нами був розроблений метод прогнозування зсувних процесів за місяцями усередині року шляхом аналізу помісячно-річного розподілу атмосферних опадів. Зазначений розподіл, на наш погляд, є наслідком динаміки сонячної активності, що доведено шляхом порівняння рядів чисел Вольфа та зміни кількості опадів. Наявність такого зв'язку та його статистичних характеристик визначена нами вперше.

Будувались карти графіків максимальних опадів (рис. 5), пронормованих відносно максимального значення. На цих картах показано опади, більші (рожеві) та менші (блакитні) за середньорічне значення. Виділяються щорічні аномалії підвищення інтенсивності атмосферних опадів, які можна виділити як сезонні: весняні, літні та осінні.

У теплий період року (квітень-серпень, інколи ще додавався вересень) чітко простежується квазісинусоїдальне зміщення літніх періодів дощів, подібні, але не повністю ідентичні літній, залежності спостерігаються для осінньо-зимового та

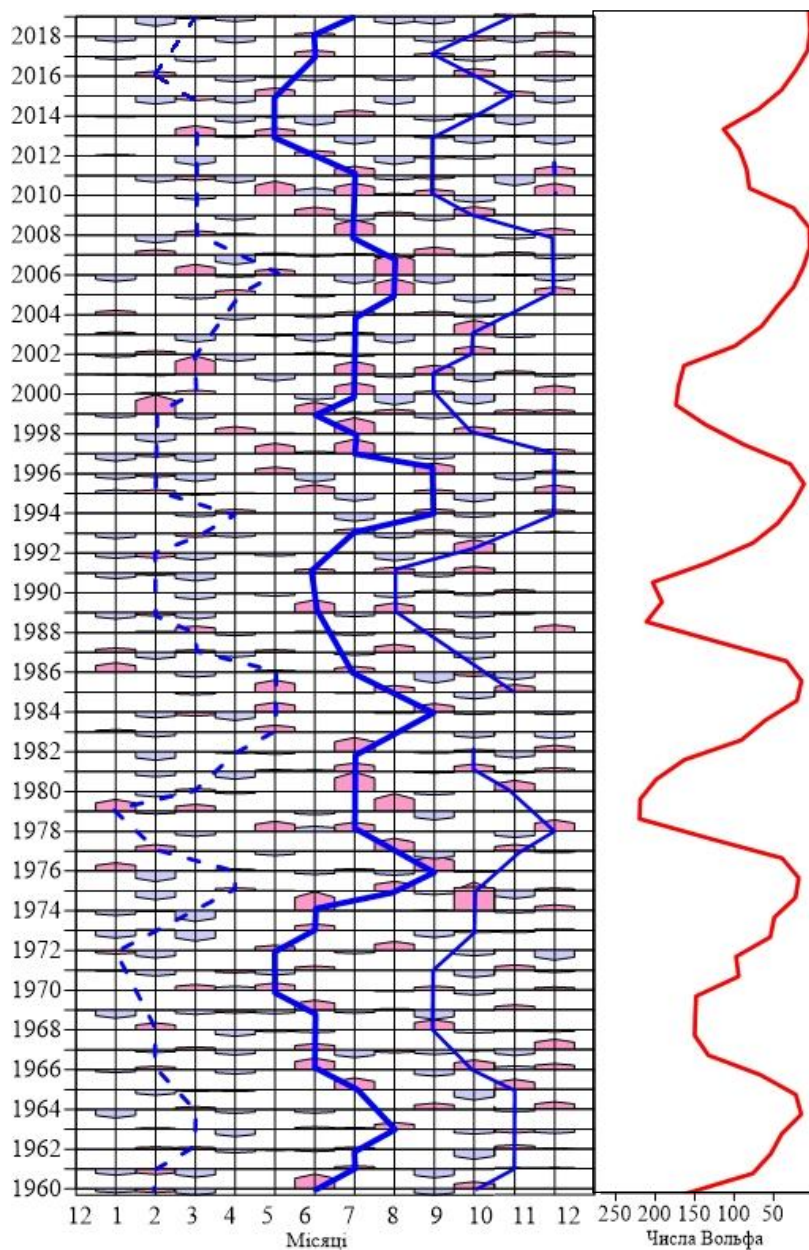


Рис. 5. Карты графіків максимальних значень атмосферних опадів для Закарпатського внутрішнього прогину

зимово-весняного періодів. При цьому дрейф максимумів амплітуд сезонних аномалій атмосферних опадів, пов'язаних із другорядними причинами, коливається для більшості точок три місяці. Найбільш чітко проявлялись сезонні підвищення опадів квітень-серпень, серпень-листопад, листопад-березень. Причому, навіть невеликі за значеннями сезонні аномалії розділяються відносно сухими періодами спаду інтенсивності атмосферних опадів. За основну для аналізу обрано найбільш виразну криву для літнього періоду, коли кількість та інтенсивність опадів зростає.

Візуальний аналіз розподілу опадів протягом року показує, що максимальні опади групуються у довготривалі періоди: 1974-1982рр. та 1997 – 2010рр. У виділених періодах, опади, вищі за норму, реєструвались декілька разів на рік, найбільш виражені такі випадки зафіксовані у 1974 р. – червень, жовтень; 1980р. – липень, листопад; 1998 – квітень, липень; 1999 – лютий, червень; 2001 р. – березень, липень; 2006 – березень, серпень; 2010 р. – травень, липень, грудень. Саме ці роки відзначилися активізацією зсувів.

Спостерігаємо кореляцію кривої літніх опадів із сонячною активністю зі зміщенням на 4 роки, що можна пояснити випереджаючим впливом сонячних циклів на циркуляційні процеси атмосфери Землі, коефіцієнт кореляції досить високий – 0,24 і є суттєвим.

Динаміку екстремальних значень опадів неможливо прогнозувати з високою передбачуваністю через дискретний характер даних, тому використовувався ймовірнісний підхід. Отримані результати свідчать, що існує ритмічність трьох періодів опадів у межах року. Виявлена періодичність 9-11, 20-23, 29-30 років вказує на вплив сонячної активності на циркуляційні процеси в атмосфері. Враховуючи періоди кривої інтегрального показника з імовірністю більше 0.65, слід очікувати активізацію зсувів для Закарпатського внутрішнього прогину протягом 2020-2030 рр. (рис.6), для регіону Складчастих Карпат – 2020-2032 рр., для Передкарпаття – 2020-2034 рр. При цьому найбільш ймовірним слід вважати місяці липень-серпень.

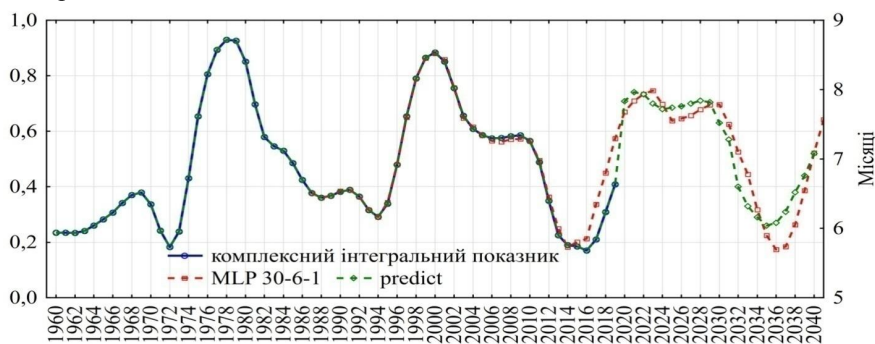


Рис. 6. Графік середньострокового прогнозу (в межах року) ймовірності зсувів для Закарпатського внутрішнього прогину

У шостому розділі наведено оцінювання ризику, який враховує ураженість зсувними процесами, щільність населення інженерно-геологічних регіонів, а також



критерій ймовірності розвитку зсувних процесів, розрахований на основі комплексу просторово-часових геофізичних та супутніх чинників.

При розгляді ризиків та їх оцінки є важливим аналіз території з точки зору просторового поширення зсувних площ, чи ймовірного впливу на життєдіяльність людей. Перша складова розраховується у вигляді ураженості території (коефіцієнт  $K_i$  – відношення площі зсувів до площі регіону) і характеризує просторову складову активізації.

$$R_{up_i} = \sum_{i=1}^n f(\Phi_{ij}) \cdot K_i, \quad (1)$$

Друга складова ймовірності формування ризику безпеки життєдіяльності людини, розраховується з умови рівномірного розподілу населення у межах площі дослідження.

$$R_{нас_i} = \sum_{i=1}^n f(\Phi_{ij}) \cdot N \cdot S_i, \quad (2)$$

де  $f(\Phi_{ij})$  - значення ймовірності зсувних процесів у межах регіону;  $K_i$  - коефіцієнт ураженості регіону,  $N$  – кількість населення в межах окремих інженерно-геологічних регіонів;  $S_i$  - площі інженерно-геологічних регіонів.

Інтегральне оцінювання ризиків виконано шляхом накопичення їх і дозволяє оцінити, наскільки зростає небезпека в окремих інженерно-геологічних регіонах. На рис. 7, до прикладу, зображені найменші (Закарпатський внутрішній прогин) та найбільші (Передкарпатський прогин) розраховані ризики площинної ураженості (шкала ліворуч) та ризики для життєдіяльності населення (шкала праворуч).

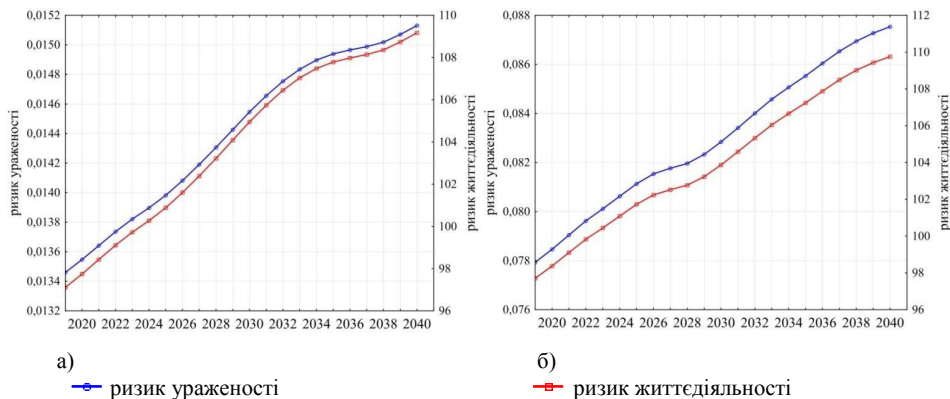


Рис 7. Природний ризик багаторічного прогнозу ймовірності зсувів (а – Закарпатський внутрішній прогин; б – Передкарпатський прогин)

Аналіз проведених розрахунків свідчить, що найнебезпечнішим з точки зору зростання територій, охоплених зсувними процесами, є регіон Передкарпатського прогину, в якому за прогнозний двадцятирічний період передбачається збільшення ураженості зсувами на 12,32%; для регіону Складчастих Карпат збільшення ураженості прогнозується на 12,08%; для регіону Закарпатського прогину – відповідно на 11,72%.

Ризик для життєдіяльності людей у зоні потенційного впливу зсувів теж найбільше зростає в регіоні Передкарпатського прогину – на 12,84%; в регіоні Складчастих Карпат – на 12,19%; в регіоні Закарпатського прогину – на 11,17%. Такий розподіл пояснюється тим, що Передкарпатський прогин характеризується найбільшою початковою ураженістю зсувами і найбільшою щільністю населення. Дані розрахунки переконують, що зростання ризику тісно пов'язане як з площами розвитку зсувних процесів, так і зі щільністю населення регіону.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі висвітлено актуальну наукову проблему часового довгострокового та середньострокового прогнозу зсувних процесів на регіональному рівні, вирішення якої зводиться до оцінки аналізу взаємозв'язку просторово-часових геофізичних та супутніх чинників на розвиток зсувної активності.

Основні теоретичні та наукові дослідження, виконані авторкою, дозволяють зробити наступні висновки.

1. Для Закарпатського внутрішнього прогину розвиток зсувів характерний в обводнених та роздроблених глинистих породах елювіально-делювіальних відкладів та у корі вивітрювання вулканічних порід, переважають зсуви течії. Абсолютні відмітки зсувів 379,3–472 м, потужність зсувних мас 10,6 м, крутизна схилів 20,8°. Для регіону Складчастих Карпат зсуви розвиваються у флішових породах, на межі стику структурно-тектонічних зон, за типом зміщення переважають зсуви течії з потужністю до 6м, на абсолютних відмітках 200–500 м, з крутизною схилів 15–25°, а також зсуви блокового ковзання потужністю 10–17 м, на абсолютних відмітках 580–990 м, з крутизною схилів 25–30°. Для регіону Передкарпатського прогину характерне поширення зсувів у четвертинних алювіальних, алювіально-делювіальних відкладах, які нагромаджуються у річкових долинах, на абсолютних відмітках 212–329 м, крутизна схилу 16,4–17,9°, потужність зсувних мас 4,2–5,6 м, переважають зсуви-течії. Аналіз ураженості зсувами Карпатського регіону дає підставу відокремити різні типи зсувів відносно інженерно-геологічних одиниць.

2. Динаміка активізації зсувів відносно тектонічного районування свідчить, що найбільший розвиток зсувів характерний для покривно-лускового стилю тектоніки, коли породи зім'яті у складки, розділені крутими насувами, ускладнені розломами – Кросненська зона, Поркулецький, Дуклянський, Рахівський покриви Складчастих Карпат, Станіславська підзона Передкарпатського прогину, Центральна зона Закарпатського внутрішнього прогину. Встановлено приуроченість зсувів до геофізичних аномалій, які відображають розломні зони та зони тріщинуватості гірських порід, свідчить про доцільність застосування гравірозвідки та магніторозвідки для картування послаблених зон гірських порід. Від'ємні гравітаційні аномалії відображають четвертинні відклади, високі градієнтні зони контролюють тектонічні порушення. Інтенсивні аномалії магнітного поля Закарпатського внутрішнього прогину пояснюються впливом вулканічних порід високої намагніченості. Осадкові та метаморфічні породи картуються аномаліями різного знаку через невелику намагніченість та

контрастність щільності порід. Більшість зсувів тяжіє до від'ємних гравітаційних аномалій, спричинених приповерхневими осадовими розуцільненими породами, яким у зонах зсувів притаманна втрата міцності, а також до додатних магнітних аномалій, що пов'язано з типом порід та геометрією приповерхневих товщ, яка сформована під впливом виступів фундаменту.

3. За результатами статистичного аналізу характеристик зсувів відносно літологофаціальних комплексів підстелених порід встановлено, що більшість зсувів (63% від загальної кількості) поверхневого покриву розвиваються в породах туфо-глинисто-піщаної, глинисто-піщано рівнинної, глинисто-піщано-карбонатно флішоїдної товщі мають глетчероподібну форму, зсуви на території глинисто-піщано-флішової фації – циркоподібні, для теригенно-вулканогеннокарбонатного покриву і піщано-мергельно-вапняково-доломітової товщі – зсуви фронтального типу. При цьому, встановлено ступінь зв'язку характеристик зсувів з морфологією рельєфу: абсолютна відмітка, відстань до базису ерозії, крутизна повздовжнього профілю та геометричними характеристиками зсувів. Переважна більшість зсувів розвивається на схилах з кутами 15-30° на висоті 300-700 м. Прямий зв'язок (0.16-0.39) між абсолютними відмітками та відстанями до базису ерозії свідчить про вплив річкової ерозії на розвиток зсувів. Встановлено, що найбільш ураженими є схили східної, південної та західної експозицій. Аналіз теоретичного закону розподілу крутизни поздовжнього профілю показав двомодальний розподіл і дозволив класифікувати різні типи зсувів за механізмом зміщення – зсуви течії та зсуви блокового ковзання. Площинна диференціація зазначених чинників тяжіє до інженерно-геологічного районування, тому часовий прогноз доцільно здійснювати в межах кожного з цих регіонів.

4. За результатами кореляційного та спектрального аналізу Фур'є встановлено взаємозв'язок геофізичних (сонячної активності, сумарної річної енергії землетрусів), супутніх чинників (рівнів ґрунтових вод, атмосферних опадів і температури повітря) з розвитком зсувів. Виявлено, що сонячна активність та енергія землетрусів випереджають активізацію зсувів на період від одного до п'яти років, що, можливо, пояснюється попереднім впливом сонячних ритмів на циркуляційні процеси атмосфери Землі та підготовчими діями сейсмічних процесів через збільшення тріщинуватості порід, наростання напружено-деформованого стану, які через роки призводять до розвитку зсувних процесів. Встановлено, що серед часових чинників немає домінуючого, тому слід враховувати кожен з них.

5. Розроблена методологія середньострокового прогнозу зсувів на основі квазисинусоїдальної часової закономірності трьох періодів атмосферних опадів протягом року, яка узгоджується з ритмами сонячної активності. Доведено, що екстремальна річна кількість опадів, яка перевищує норму на 20 і більше відсотків, з високою ймовірністю є чинником масової активізації зсувів. Виконано середньостроковий та довгостроковий прогноз зсувів шляхом комплексного використання геофізичних та супутніх чинників для окремих інженерно-геологічних регіонів. На основі отриманих даних, активізація зсувів передбачається для: Закарпатського внутрішнього прогину у 2020-2022 та 2026-2031 рр; для регіону Складчастих Карпат – 2020-2024 та 2028-2032 рр., для території Передкарпатського прогину – 2020-2025 та 2030-2036 рр. з деякими

невеликими періодами затишшя. Середньостроковий прогноз показав, що найбільш ймовірним місяцем літньої активізації зсувів слід вважати другу половину червня і липень місяць. Отримані часові прогнози можна буде корегувати за допомогою нових моніторингових досліджень.

6. Виконано оцінювання ризику в межах окремих регіонів, яке враховує моніторингові дані активізації зсувів, особливості інженерно-геологічних умов, щільність населення, а також просторово-часові геофізичні та супутні чинники. Аналіз розрахунків свідчить що найнебезпечнішим з точки зору територій, охоплених зсувними процесами, є регіон Передкарпатського прогину, в якому за прогнозний двадцятирічний період передбачається збільшення ураженості зсувами на 12,32%; для регіону Складчастих Карпат відповідно – на 12,08%; для регіону Закарпатського прогину – на 11,72%. Ризик для життєдіяльності людей у зоні потенційного впливу зсувів теж найбільше зростає в регіоні Передкарпатського прогину – на 12,84%; в регіоні Складчастих Карпат – на 12,19%; в регіоні Закарпатського прогину – на 11,17%. Такий розподіл ризиків доводить, що зростання небезпеки від зсувів тісно пов'язане як з площами розвитку зсувних процесів, так і зі щільністю населення регіону.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Монографія (розділи в монографії):

1. Дослідження зсувних процесів геофізичними методами: колективна монографія. За ред. проф. Е.Д. Кузьменка. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 294 с. (Розділ 5: Комплексна інтегрована кількісна інтерпретація геолого-геофізичних даних. Автори: Кузьменко Е.Д., Вдовина О.П., Крив'юк І.В., **Штогрин Л.В.**); (Розділ 6: Апробація методики комплексних геолого-геофізичних досліджень зсувонебезпечних схилів. Автори: Кузьменко Е.Д., Вдовина О.П., Крив'юк І.В., **Штогрин Л.В.**).

2. Прогнозування зсувів: колективна монографія. За ред. проф. Е.Д. Кузьменка. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. – 601с. (Розділ 6: Районування території Карпат за окремими чинниками зсувної небезпеки. Автори: Вдовина О.П., Карпенко О.М., Климчук Л.М., Красноок Л.М., Кузьменко Е.Д., Чепурний І.В., **Штогрин Л.В.**); (Розділ 10: Середньострокове прогнозування зсувів за опадами. Автори: Вдовина О.П., Кузьменко Е.Д., **Штогрин Л.В.**).

### Статті у закордонних та фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

3. Кузьменко Е.Д., Блінов П.В., Климчук Л.М., Карпенко О.М., Петрик М.В., **Штогрин Л.В.** Карпатські зсуви: деякі геоморфологічні характеристики та зв'язок їх з літологією. *Журнал “Геоінформатика”*. Київ: Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю Інституту геологічних наук НАН України, 2004. № 1. С. 74-83.

4. Гошовский С.В., Кузьменко Э.Д., Блинов П.В., Карпенко А.Н., **Штогрин Л.В.** Долгосрочный прогноз оползней в Закарпатском регионе: 1. Пространственное распределение оползней. Ритмичность как теоретическая основа временного прогнозирования. *Журнал “Геоінформатика”*. Київ: Центр

менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю Інституту геологічних наук НАН України, 2004. № 2. С. 40-49.

5. Гошовский С.В., Кузьменко Э.Д., Блинов П.В., Карпенко А.Н., **Штогрин Л.В.** Долгосрочный прогноз оползней в Закарпатском регионе: 2. Временной прогноз. Обоснование периода последующей массовой активизации. *Журнал “Геоінформатика”*. Київ: Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю Інституту геологічних наук НАН України, 2004. № 3. С. 64-72.

6. **Штогрин Л.В.** Результати застосування методу порівняльної оцінки стійкості схилів у Закарпатському регіоні та визначення деяких прогнозних параметрів. *Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал “Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ”*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2004. № 3 (12). С. 66-71.

7. Кузьменко Е.Д., Ляшук Д.Н., Чебан В.Д., **Штогрин Л.В.** Обґрунтування вибору геофізичних, геологічних та геоморфологічних параметрів для оцінки зсувонебезпеки і методика їх комплексної інтерпретації. *Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: збірник наукових праць*. Київ, 2005. С. 333-349.

8. Кузьменко Е.Д., Журавель О.М., Чепурна Т.Б., Чепурний І.В., **Штогрин Л.В.** Прогнозування екзогенних геологічних процесів Частина 1. Теоретичні передумови прогнозування екзогенних геологічних процесів. Закономірності активізації зсувів. *Журнал “Геоінформатика”*. Київ: Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю Інституту геологічних наук НАН України, 2011. № 3. С.61-74.

9. Кузьменко Е.Д., Чепурний І.В., Нікіташ О.О., **Штогрин Л.В.** Довгострокове прогнозування зсувних процесів на території Правобережжя Київського водосховища. *Науковий журнал “Геодинаміка”*. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2012. № 1(12). С.93-102.

10. Кузьменко Е.Д., Крив’юк І.В., **Штогрин Л.В.** Розробка методики прогнозування зсувів із застосуванням геофізичних методів. *Науковий журнал “Геодинаміка”*. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2013. № 1(14). С. 176–187.

11. Кузьменко Е.Д., **Штогрин Л.В.**, Чепурний І.В. Аналіз впливу геологічної будови гірських порід на характеристики зсувів. *Науковий журнал “Геодинаміка”*. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2014. № 2(17). С. 112-124.

12. **Штогрин Л.В.**, Касіячук Д.В. Про можливий зв'язок між періодичністю опадів, активізацією зсувів та фазами Місяця. *Науковий журнал “Збірник наукових праць УкрДГРІ”*, Київ: УкрДГРІ, 2015. № 4, С. 93-102.

13. L. Davybida, D. Kasiyanchuk, **L. Shtohryn**, E. Kuzmenko, M. Tymkiv. Hydrogeological Conditions and Natural Factors Forming the Regime of Groundwater Levels in the Ivano-Frankivsk Region (Ukraine). *Journal of Ecological Engineering*. – Польща, Варшава, Issue 19(6), 2018.– pp. 34-44.

14. **Shtohryn L.**, Kasiyanchuk D., Kuzmenko E. The problem of long-term prediction of landslide processes with in the Transcarpatian inner depression of the Carpathian region of Ukraine. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, February 2020, Vol. 15, No.1, p. 157 – 166.

**Інші публікації за темою дисертації у наукових фахових виданнях  
України:**

15. Кузьменко Е.Д., **Штогрин Л.В.** Про необхідність комплексного використання часових чинників при середньо- та довгостроковому прогнозуванні зсувних процесів. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*, Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011. №2(28). С. 63-73.

**Тези та матеріали наукових конференцій, які додатково відображають  
наукові результати і засвідчують апробацію дисертації:**

16. Кузьменко Е.Д., Карпенко О.М., **Штогрин Л.В.**, Петрик М.В. До питання короткострокового прогнозу зсувів в Закарпатті. *Екологічні проблеми нафтогазового комплексу: тези доповідей науково-практичної конференції*. Київ: Знання, 2004. С. 84-86.

17. Кузьменко Е.Д., **Штогрин Л.В.**, Крив'юк І.В., Гончарук А.П., Скороход Г.А. Просторовий прогноз ймовірності зсувонебезпеки на окремих ділянках південного берега Криму. *Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: матеріали VI міжнародної наукової конференції*. Київ: Вид-во Київського національного університету, 2005. С. 105-106.

18. **Штогрин Л.В.** Порівняльна характеристика карпатських зсувів. *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS-технології: матеріали XVII міжнародного науково-технічного симпозіуму*, Алушта, 10-15 вересня 2012 р. Львів: Львівське астрономо-геодезичне товариство, 2012. С. 95-101.

19. **Штогрин Л.В.** Застосування кластерного аналізу для оцінки просторового розподілу зсувів. Всеукраїнська науково-практична конференція *"Геодезія. Землеустрій. Природокористування: присвячується пам'яті П.Г.Черняги"*: збірник тез. Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2014. С. 218-219.

20. **Штогрин Л.В.**, Штогрин Т.М. Ураженість зсувами відповідно до тектонічного районування на прикладі Карпатського регіону. *Перспективи нарощування ресурсної бази нафтогазової енергетики: матеріали міжнародної науково-технічної конференції*. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2016. С. 314-317.

21. Kasiyanchuk, D., **Shtohryn, L.**, Yazlovetska, N., Levitska, M. Methodology of time forecast of exogenous geological processes Methodology of time forecast of exogenous geological processes. [Електронний ресурс]: *17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects*, 14-17 May 2018, Kyiv.

22. Kuzmenko E., Cherpurna T., **Shtohryn L.**, Cherpurnyi I., Matvii Ye\*. On the issue of predicting the activation of EGP in the Transcarpathian region. [Електронний ресурс]: *18th International Conference Geoinformatics –Theoretical and Applied Aspects*, 13-16 May 2019, Kyiv.

23. **Л. Штогрин.** Застосування статистичних методів для прогнозування зсувних процесів [Текст]. Міжнародна наукова інтернет-конференція *"Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення"*. Збірник тез доповідей: випуск 47 (м. Тернопіль, 8 квітня 2020 р.). Тернопіль. 2020. С. 57-58.

24. L. Davybyda, D. Kasiyanchuk, **L. Shtohryn.** Spatial analysis of the relation between the distribution of dangerous exogenous geological processes and landscape

hydrogeological complexes in Transcarpathian.[Електронний ресурс]: Online access: <https://openreviewhub.org/geoterrace/paper-2020/spatial-analysis-relation-between-distribution-dangerous-exogenous-geological>, *GeoTerrace – 2020*, 07-09 December 2020, Lviv.

25. **Л.В. Штогрин**, Д. В. Касянчук. Оцінювання екологічного ризику площинної ураженості зсувами в межах інженерно-геологічних регіонів. [Текст]. Міжнародна науково-технічна конференція онлайн “*Нафтогазова галузь: перспективи нарощування ресурсної бази*”. Збірник тез доповідей: (м. Івано-Франківськ, 8-9 грудня 2020 р.). Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2020. С.166-167.

## АНОТАЦІЯ

**Штогрин Л.В. Просторово-часові геофізичні та супутні чинники прогнозування зсувних процесів у Карпатському регіоні України.** Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – Геофізика. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2021. Спеціалізована вчена рада К 20.052.01.

Дисертаційна праця присвячена вирішенню актуальної задачі – часовому прогнозу зсувних процесів на регіональному рівні з метою оперативного реагування на ймовірну небезпеку зсувів та зменшенню ризиків від їх наслідків.

Враховуючи схему інженерно-геологічного районування України за геолого-геоморфологічними та структурно-тектонічними умовами досліджувались закономірності розповсюдження та розвитку зсувних процесів у Карпатському регіоні.

Відображення зсувів в аномаліях сили тяжіння та магнітного поля свідчить про доцільність застосування геофізичних методів для картування послаблених зон гірських порід: від’ємні гравітаційні аномалії оконтурюють осадові четвертинні відклади, високі градієнтні зони контролюють тектонічні порушення; інтенсивні аномалії магнітного поля пояснюються впливом вулканічних порід високої намагніченості, а осадові та метаморфічні породи відображаються аномаліями різного знаку через невелику намагніченість та контрастність щільності порід. Оцінено кількісний зв’язок між зонами тектонічних порушень і зсувними процесами. Дане дослідження у майбутньому може застосовуватись підчас просторового прогнозування розвитку зсувів на територіях зі спорідненими структурно-тектонічними умовами.

На основі ґрунтового статистичного аналізу та обробки багаторічних рядів спостережень активізації зсувів та просторово-часових геофізичних – сонячної активності, сумарної річної енергії землетрусів та супутніх чинників – рівнів ґрунтових вод, атмосферних опадів і температури повітря визначено основні періоди активізації зсувів та оцінено внесок кожного чинника в комплексний показник ймовірності розвитку зсувів.

Доведено можливість середньострокового прогнозування зсувів завдяки виявленій ритмічності опадів у межах року. Розроблені часові моделі (довгострокового та середньострокового) прогнозу зсувів дозволяють передбачати

ймовірний розвиток зсувних процесів, враховуючи особливості окремих інженерно-геологічних регіонів.

Результати, що отримані під час досліджень можуть використовуватись для прогнозу небезпеки виникнення зсувів та завчасного попередження, при розробленні протизсувних заходів, прийнятті управлінських рішень, спрямованих на зменшення наслідків від стихійного лиха.

**Ключові слова:** геофізика, активізація зсувів, зсувонебезпека, інженерно-геологічне районування, тектонічна зона, розломи, геофізичні аномалії гравітаційних і магнітних полів, часові ряди, чинники, часовий прогноз, ризику.

## ABSTRACT

**Shtohryn L. Spatio-temporal geophysical and related factors for landslide processes forecasting within the Carpathian region of Ukraine.** Qualification scientific paper, manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Geological Sciences, specialty 04.00.22 – Geophysics.-Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2021. Specialized Academic Council K20.052.01.

The dissertation is devoted to the solution of the problem of time forecasting of landslide processes. Regularities of distribution and development of landslide processes in the Carpathian region were studied, taking into account the scheme of engineering-geological zoning of Ukraine according to geological-geomorphological and structural-tectonic conditions.

The peculiarities of the reflection of the tectonic structure, zones of decompression, fragmentation of rocks and lithological composition in gravimagnetic fields on a regional scale are examined, and their association with landslide processes is evaluated for the first time. The connection between the impact of the fault zones on landslide processes can be used in the future for spatial forecasting of the development of landslides in territories with related structural-tectonic conditions.

Time forecasting of landslide hazard is performed on the basis of thorough statistical analysis and processing of long-term series of observations of landslide activation and spatio-temporal geophysical - solar activity, seismicity and related factors: groundwater levels, precipitation and air temperature. The main periods of landslide activation and the contribution of each time factor are identified and evaluated in a comprehensive indicator of the probability of landslides. Forecast weather models were built taking into account the differences of engineering and geological conditions for different regions.

The possibility of medium-term forecasting of landslides is proved due to the revealed rhythm of precipitation within a year. Time models (long-term and medium-term) of the landslide forecast have been developed and the assessment of the ecological risk of planar landslides within individual engineering-geological regions has been performed taking into account time series. This will increase environmental safety in the event of a possible intensification of landslides, by early warning and management decisions aimed at reducing the consequences of natural disasters.

**Keywords:** geophysics, activation of landslides, landslides hazard, anomalies of gravitational and magnetic fields, tectonic faults, time series, factors, time forecast, risk.





Формат видання 148×210мм.  
Формат паперу і частка аркуша 210×297/4.  
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк цифровий.  
Ум. друк. арк. 1.5. Тираж 100 прим. Зам. Д007569/21  
Віддруковано з оригіналів автора.

---

Друкарня “Фоліант”  
76000, м. Івано-Франківськ  
вул. Старозамкова, 2  
www.foliant.if.ua  
e-mail: foliant.drukarnja@gmail.com  
тел.-факс: +38(0342) 50-21-65  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
Серія ІФ № 24 від 20.07.2004