

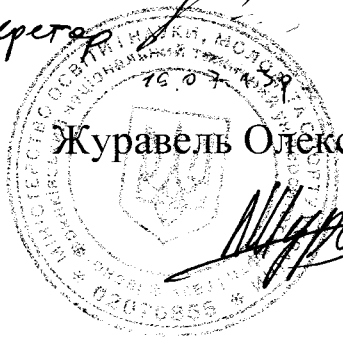
Міністерство освіти і науки України

Івано-Франківський національний технічний університет

нафти і газу

*Примірник дисертації з'явився за
змістом з іншими примірниками.*

Вчений секретар *Котин В.Р.* На правах рукопису



Журавель Олександр Михайлович

УДК 502/504:004.9:624.131.543

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РЕГІОНАЛЬНОГО
ПРОСТОРОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ЗСУВНОЇ
НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ ОБЛАСТІ
(на прикладі Івано-Франківської)**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Науковий керівник:

Кузьменко Едуард Дмитрович,

доктор геолого-мінералогічних наук,

професор

Івано-Франківськ - 2013

d 493



d493

ЗМІСТ

ЗМІСТ	2
ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ТА ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ЧИННИКІВ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ	21
РОЗДІЛ 3 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	39
3.1 Загальна фізико-географічна характеристика території Івано- Франківської області	41
3.2 Геоморфологічна характеристика.....	42
3.3 Геологічна будова.....	53
РОЗДІЛ 4	59
РОЗДІЛ 4 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНО-СТАТИСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОСТОРОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ.....	59
4.1 Характеристика зсувів, зафіксованих у межах Івано-Франківської області.....	59
4.2 Вихідні дані	63
4.3 Статистичний аналіз.....	83
РОЗДІЛ 5	105
РОЗДІЛ 5 ПОБУДОВА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ.....	105
5.1 Алгоритм створення та побудова системи прогнозування зсувної небезпеки для адміністративної області	105
5.2 Апробація системи прогнозування.....	118
ВИСНОВКИ.....	125
ЛІТЕРАТУРА.....	127
ДОДАТОК А	138
ДОДАТОК Б.....	139

ВСТУП

Одним з основних завдань, що вирішуються в межах концепції екологічної безпеки держави, є забезпечення сприятливих умов для господарської діяльності людини, створення комфортних умов проживання в умовах екологічної рівноваги.

Найбільш негативні наслідки для життєдіяльності людини мають небезпечні екзогенні геологічні процеси, а серед них особливо небезпечними є зсуви. Прояви зсувної активності приводять до змін рельєфу земної поверхні, руйнуванню житлових і промислових споруд, комунікацій, значних матеріальних збитків, а інколи і до людських жертв.

Катастрофічні активізації зсувних процесів, які відбувались в останні роки, привели до появи постанови Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1256 «Про затвердження комплексної програми протизсувних заходів на 2005-2015 роки».

Тенденція до активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів, що спостерігається в останні роки на території Західного регіону України, вимагає комплексної оцінки безпеки, проведення спеціальних досліджень по визначенню основних чинників, що зумовлюють ці процеси.

Однією зі складових частин комплексної програми протизсувних заходів є розробка геоінформаційної системи прогнозування активізації зсувних процесів, як складової забезпечення екологічної безпеки держави.

Актуальність теми.

У відповідності до національних доповідей про стан техногенної та природної безпеки в Україні за останні роки продовжуються розвиватись небезпечні зміни геологічного середовища і виникати надзвичайні ситуації, викликані активізацією екзогенних геологічних процесів [1-4]. Серед них особливе місце посідає активізація зсувних процесів. Аналіз динаміки розвитку зсувів свідчить про їх невинне поширення. Зокрема станом на 01.01.2006 р. було зареєстровано 20.8 тис. зсувів, на 01.01.2007 р. – 21.8 тис.

зсувів, на 01.01.2008 р. – 23.072 тис. зсувів, на 01.01.2010 р. – 23.116 тис. зсувів, з них 1679 активні, на 01.01.2012 р. – 23.937 тис. зсувів, з них 1751 активні. Також у [4] вказується, що «Зсуви мають значне поширення на території країни, ... їх кількість перевищує 22 900 і постійно змінюється за рахунок ліквідації (зрізання, зчищення), злиття чи формування нових зсувів під впливом природних і техногенних факторів. Активна господарська діяльність, відсутність належних інженерних та екологічних заходів щодо освоєння територій спричиняє активне поширення зсувів на території населених пунктів, що створює загрозу безпеці життєдіяльності населення, інфраструктурі та території в цілому». На сьогоднішній день просторовий прогноз зсувів обмежується побудовою карт ураженості територій, які в подальшому використовуються для розрахунку ризиків. Такий рівень прогнозування не задовольняє вимоги по наданню вихідних даних для розробки протизсувних заходів, тому що не містить обґрунтування зсувонебезпеки у відповідності до її чинників, а тому слід вважати доцільним розробку та створення системи просторового прогнозування зсувних процесів на кількісному ймовірнісному рівні з урахуванням чинників зсувонебезпеки. Розробка зазначеної системи розглядається як складова геологічного блоку Урядової інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій (УІАС НС), спрямованої на запровадження в Україні дійового механізму створення умов безпечного проживання людей та безаварійного функціонування промислово-господарських об'єктів і споруд.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційні дослідження виконано в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу в межах роботи автора за темами 15-5-27-1/05 «Проведення аналізу стану моніторингового дослідження зсувонебезпечних територій та визначення заходів щодо його удосконалення» № держ.реєстрації ОК 0306U001379, ГМ-21 «Розробка та створення системи прогнозування активізації екзогенних геологічних процесів (ЕГП) у складі УІАС НС» № держ.реєстрації 0103U006462 Геолфонду та г/т 032 «Створення

методики ведення моніторингу ЕГП на державному, регіональному та об'єктовому рівнях» № держ.реєстрації 0102U004989. Дані роботи виконувались на замовлення підприємств Державної геологічної служби України в межах виконання постанови Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1256 «Про затвердження комплексної програми протизсувних заходів на 2005-2015 роки».

Мета і задачі дослідження.

Метою досліджень є розробка геоінформаційної аналітичної системи просторового прогнозування розвитку та активізації зсувних процесів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Вибір та обґрунтування чинників розвитку зсувних процесів.
2. Оцінка на кількісному рівні інформативності обраних чинників.
3. Переведення на ймовірнісний рівень зсувної небезпеки.
4. Розробка методу автоматичного отримання кількісних значень чинників зсувної небезпеки з картографічних матеріалів.
5. Створення розрахункового модулю та візуалізація результатів у картографічному вигляді.

Об'єкт дослідження – зсувні процеси, що породжують проблему виникнення надзвичайних ситуацій.

Предмет дослідження – геологічне середовище на території Івано-Франківської області.

Методи дослідження:

1. Геологічний аналіз території з метою дослідження можливості ураження зсувними процесами.
2. Статистичний аналіз можливих географічних, геоморфологічних, геологічних, гідрологічних, метеорологічних, сейсмічних параметрів та наслідків господарської діяльності як чинників зсувної небезпеки для обґрунтування їх використання в прогнозній моделі.

3. Створення інтегральної еталонної характеристики як основи для подальшого прогнозування.
4. Реалізація розрахункової прогнозної моделі в середовищі геоінформаційної системи для конкретної території.

Наукова новизна одержаних результатів. Автор вносить на захист наступні положення:

1. Уперше обґрунтовано комплекс географічних, геоморфологічних, геологічних, гідрологічних, метеорологічних, сейсмічних, техногенних чинників зсувної небезпеки для території адміністративної області, на прикладі Івано-Франківської.
2. Уперше запропоновано використання еталонного інтегрального показника чинників зсувної небезпеки як основи розрахунку показника ймовірності виникнення чи активізації зсувних процесів та критерії його просторової зміни для побудови статистичної моделі регіонального просторового прогнозування зсувної небезпеки з визначенням ступеня впливу окремих чинників на розвиток зсувних процесів та доведення необхідності повного охоплення геологічних таксонів регіонального рівня поза межами адміністративно-територіальних одиниць.
3. Уперше створена геоінформаційно-аналітична система просторового прогнозування розвитку зсувних процесів для території адміністративної області, як складова екологічної безпеки території.

Практичне значення одержаних результатів.

Результати наведених в роботі досліджень передані в Державне науково-виробниче підприємство «Геоінформ України» з метою включення їх розділом в геологічний блок урядової аналітично-інформаційної системи з питань надзвичайних ситуацій. На регіональному рівні результати використані при оцінці небезпеки магістральних газопроводів в Карпатському регіоні, а також передані в головне управління МНС України в Івано-Франківській області, в обласну державну адміністрацію та в Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Івано-Франківській

області. Можливе подальше використання напрацьованих методологій при створенні системи прогнозування зсувної небезпеки для інших регіонів України. Зокрема, Державною геологічною службою України замовлені роботи по Чернівецькій, Івано-Франківській, Одеській, Закарпатській областях. Розроблена система може бути використана при кадастровій оцінці земель, при страхуванні промислових, господарських та житлових об'єктів, при проведенні проектних вишукувань з розвитку територій, спорудженню об'єктів народного господарства. Впровадження результатів роботи підтверджено відповідними актами (додатки А, Б).

Особистий внесок здобувача. Авторів належать ідеї та розробки, що представлені в даній роботі. Зокрема, автором виконано збір, обробку, статистичний аналіз та переведення у формат ГІС картографічних матеріалів по території Івано-Франківської області. Автором виконано обґрунтування чинників зсувної небезпеки та отримано еталонний інтегральний показник для території Івано-Франківської області. Автором розроблена геоінформаційна система просторового прогнозування зсувних процесів на кількісному ймовірнісному рівні.

Основні ідеї, наукові положення і теоретичні висновки дисертації сформульовані здобувачем особисто.

Основні результати досліджень відображені в чотирнадцяти публікаціях. Роботи [5-12, 14-18] опубліковані в співавторстві. У роботі [5] автор створив екологічний блок в муніципальній геоінформаційній системі. У роботі [6] автор розробив геоінформаційну систему регіонального рівня. У роботах [7, 10-12] автору належить ідея та реалізація по використанню геоінформаційної системи як інструменту отримання первинної інформації по чинниках зсувних процесів та середовища по представленню результатів прогнозування. У працях [8, 13-16] автором виконано комплекс досліджень, починаючи з систематизації вихідних матеріалів чинників зсувних процесів і закінчуючи розробкою геоінформаційної системи просторового прогнозування зсувної небезпеки для території адміністративної області. У

роботі [17] автор приймав участь в розробці алгоритмів реалізації основних наукових ідей та створив комп'ютеризовану систему прогнозування. У роботі [18] авторові належать ідеї по реалізації в середовищі ГІС побудови прогнозів зсувної небезпеки для лінійних об'єктів.

Апробація результатів дисертації.

Матеріали по темі дисертації були представлені на міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях:

- VI Міжнародній науковій конференції «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища», (м.Київ, 6-8 жовтня 2005 р.)
- Всеукраїнській науковій конференції «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища», (м.Київ, 21-24 вересня 2006 р.)
- Міжнародній науковій конференції «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища», (м.Київ, 20-23 вересня 2007 р.)
- VII Міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти», (м. Київ, 25–28 березня 2008 р.)
- XIV Міжнародному симпозиумі «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології», (м. Алушта, 8-13 вересня 2009 р.)
- IX Міжнародній науковій конференції «Моніторинг геологічних процесів» (м. Київ, 14-17 жовтня 2009 р.)
- X Міжнародній науковій конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти», (м. Київ, 10–13 травня 2011 р.)

Публікації. В даний час по розроблюваній темі автором опубліковано 14 праць, в тому числі 3 статті у фахових журналах, 1 стаття у відомчому журналі, 7 тез доповідей на міжнародних і республіканських конференціях, 1 монографія, отримано 1 патент та здійснено наукове відкриття.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна роботи складається із вступу, п'яти розділів, висновків, додатків. Повний обсяг дисертації – 139 сторінок, з них 2 додатки на 2 сторінках. Дисертація містить 38 рисунків, 18 таблиць і посилання на 87 літературних першоджерел на 11 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ТА ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Поняття екологічної безпеки держави передбачає комплекс заходів спрямованих на створення безпечних умов соціально-економічної діяльності людини. Теоретичні основи розвитку зсувних процесів розроблялися стосовно до задач їх просторового й часового прогнозу і викладені в ряді наукових праць, виконаних, в основному, співробітниками Всеросійського (раніше Всесоюзного) науково-дослідного інституту гідрогеології й інженерної геології [19-24].

При визначенні послідовності досліджень, спрямованих на розробку методики прогнозування зсувних процесів було проведено аналіз класичних схем прогнозування, що наведені в працях відомих фахівців, які плідно працювали в зазначеному напрямку і чий рівень дослідження розцінюється як класичний. Йдеться про праці Бондарика Г.К., Гулакяна К.Л., Шеко А.І., Ємельянової О.П., Круподерова В.С., Кюнтцеля В.В., Постоева Г.П. [19-24].

Згідно [20, 21], під регіональним прогнозом зсувів слід розуміти науково-обґрунтоване передбачення сфери їх прояву та часу виникнення або активізації в межах території, що вивчається. Прогноз може бути просторовим, просторово-часовим і часовим.

Головною задачею регіонального прогнозу зсувного процесу є визначення області його можливого виникнення і розвитку, типу механізму прояву та інтенсивності в часі. Рішення цієї задачі виконується в три стадії. На першій із них оцінюється можливість виникнення або активізації зсувного процесу в певних частинах території та встановлюється спрямованість процесу. На другій стадії прогнозується хід розвитку процесу в часі, у природніх умовах з урахуванням очікуваної дії впливу природних чинників. На третій стадії враховується взаємодія зсувного процесу з інженерними спорудами.

Одна з найкращих, з точки зору повноти та послідовності, класифікацій прогнозу зсувів наведена в роботі [19], частина її, що пов'язана з регіональними прогнозами, представлена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікація прогнозів зсувних процесів
(за К.А. Гулакяном, Д.Б. Саркісяном [19])

Задачі прогнозу	Часткові методи прогнозів та їх групи	Види прогнозів	
		просторові	часові
Встановлення можливостей виникнення зсувних процесів	Історико-геологічний	Регіональні	Довгострокові
Визначення областей розповсюдження та попередня оцінка направленості зсувних процесів	Районування за ступенем “зсувного ризику”. Методи аналогій	Регіональні	Довгострокові, середньострокові
Уточнення просторових параметрів ділянок розміщення зсувів і виявлення ходу їх розвитку в часі	Прогнозне картування за показниками ймовірності. Методи визначення періодів активізації	Регіональні	Довгострокові, середньострокові

Близька за змістом схема прогнозування, але більш деталізована наводиться в роботі [20] - див. рис. 1.1.

Найбільш влучна характеристика просторових прогнозів наведена В.В.Кюнтцелем в роботі [22] «Найбільш розроблені та перевірені в різних природних умовах методи просторового прогнозу зсувів. Тут намітились два основних напрямки. Перший з них спирається на принципи закономірностей локалізації зсувного процесу в певних областях геологічного простору та успадкованості характеру його подальшого розвитку. Методика цих прогнозів передбачає визначення на всій території досліджень деяких інженерно-геодинамічних показників. Побудова карт ураженості території різними екзогенними процесами, в тому числі зсувними, та їх активності доз-

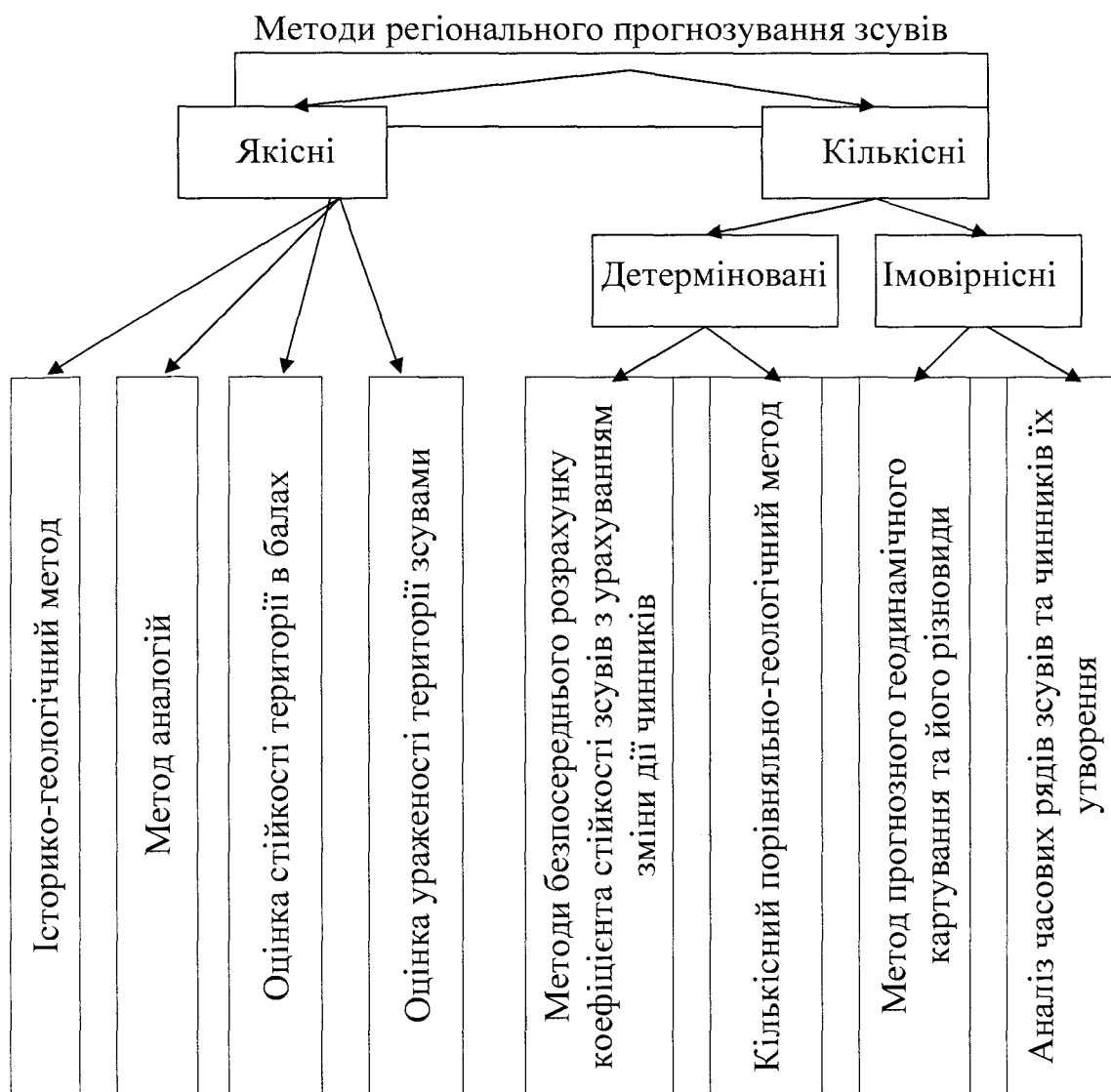


Рис. 1.1. Класифікація методів регіонального прогнозування зсувів (за В.В.Кюнтцелем, Г.І. Тарасовою [22])

воляє в ряді випадків дати орієнтовну прогнозу оцінку процесів, що вивчаються. Недоліки такого підходу полягають в узагальненій, емпіричній оцінці прогнозованих параметрів, труднощах розпізнавання проявів деяких категорій зсувів, недостатньому теоретичному обґрунтуванні успадкованості їх розвитку. Більш перспективним є інший напрямок розробки просторових регіональних прогнозів зсувів, заснований на врахуванні впливу на їх розвиток природних та антропогенних чинників...

Одним з варіантів такого прогнозу є спосіб оцінки стійкості території в балах. Оцінка потенційної стійкості території по відношенню до зсувного процесу проводиться з урахуванням літолого-генетичних особливостей

порід, структурно-тектонічних умов, крутизни схилів і деяких інших чинників. Однак така методика має якісний характер...

Більш універсальним та досконалим є метод, що заснований на кількісному урахуванні впливу сукупності чинників на стійкість території та режиму її переформування. В якості кількісної характеристики цих змін запропонований інтегральний показник, який визначає відносну ймовірність виникнення чи активізації зсувного процесу на території досліджень і має назву зсувного потенціалу.

Важливою особливістю цього методу прогнозу є можливість одночасного встановлення закономірності просторового розподілу зсувів і ступеня залежності їх від окремих чинників».

Відповідно до прийнятих уявлень, єдиним кількісним показником, що визначає ступінь стійкості схилу й можливість виникнення зсуву, є коефіцієнт стійкості схилу. Названий коефіцієнт визначається як відношення опору зсуву порід уздовж якої-небудь можливої поверхні ковзання до суми зусиль, які зміщують породи уздовж тієї ж поверхні. Виходячи з цього, можна виконувати просторовий прогноз розподілу зсувів відповідно до оцінки можливих змін коефіцієнта стійкості. Алгоритм такої оцінки викладений у ряді монографій, підручників, довідників, наприклад [20,23,24]. Для розрахунку коефіцієнта необхідно визначення ряду інженерно-фізичних властивостей гірських порід, зокрема, щільності, питомого зчеплення, кута внутрішнього тертя, гідрогеологічних характеристик.

Слід зазначити, що масові визначення цих параметрів в обсягах статистично достовірних вибірок у реальних умовах не уявляються можливими, а закономірності площинної мінливості кожного з розрахункових параметрів пов'язуються з безліччю природно-техногенних чинників, що не дозволяє використовувати даний підхід при побудові регіонального прогнозу зсувної небезпеки. Тому останнім часом набули популярності методи прогнозування, пов'язані з оцінкою ураженості територій [25-29].

Питання дослідження зсувних процесів в Карпатському регіоні та прогнозування зсувів найбільш повно висвітлені в роботах Рудька Г.І., зокрема в його докторській дисертації [30] та монографіях, де розділи щодо вивчення зсувів належать Г.І.Рудько [31-35]. Детальний аналіз зсувних процесів 1998 – 1999 рр. наведено в звітах Державного інформаційного геологічного фонду України [29,36]. Значну увагу в останні роки приділено геофізичним методам дослідження зсувонебезпечних схилів на локальному рівні прогнозування. Ці роботи виконувались ДГП “Укргеофізика”, ДГП “Геосервіс”, ДРГП “Північгеологія” та іншим організаціям.

У роботах Г.І.Рудька досліджені геодинаміка та закономірності розвитку небезпечних геологічних процесів для різноманітних інженерно-геологічних умов Карпатського регіону, наведене наукове та методичне обґрунтування системи регіонального літомоніторингу, запропоновані деякі методичні прийоми прогнозу небезпечних геологічних процесів, а також розробка управлінських рішень по оптимізації процесонебезпечних територій. Інженерно-геологічне районування для різних природно-техногенних систем і об’ємів геологічного простору Карпатського регіону виконано на регіональному та локальному рівнях. Зокрема, в рамках дрібномасштабного районування (масштаб 1:500 000) складено наступні карти: спеціалізована карта ураження території Карпатського регіону екзогенними рельєфоутворюючими процесами, карта ураження об’єктів народного господарства території західних областей України, карта закономірностей розповсюдження екзогенних рельєфоутворюючих процесів західних областей України, карта районування за ступенем складності еколого-геоморфологічних умов при народногосподарському освоєнні території, карта динаміки екзогенних рельєфоутворюючих процесів території західних областей України, схема організації моніторингу геоморфосфери західних областей України. Серед середньомасштабних карт (1:200 000) - карти закономірностей розвитку екзогенних рельєфоутворюючих процесів на території Чернівецької та Івано-Франківської областей, геоморфологічних умов розвитку та динаміки

екзогенних рельєфоутворюючих процесів, умов розвитку та динаміки екзогенних рельєфоутворюючих процесів. Великомасштабне районування стосується складання спеціалізованих карт масштабу 1:50 000 для окремих ділянок (трансектів) на території Чернівецької та Івано-Франківської областей. З точки зору дослідження зсувів особливої уваги заслуговує карта районування по схильності до катастрофічної активізації зсувного процесу на території Закарпатської області по річкових басейнах (відповідно до масштабу 1:500 000).

Кількісне прогнозування зсувів на регіональному рівні найбільш детально запропоновано в роботі [30]. При цьому розглядається два основних методи прогнозу: метод геологічних аналогій і методи математичного моделювання. Серед останніх в умовах південно-східного Передкарпаття розглянуто і застосовано довгостроковий прогноз пластичних зсувів методом гармонічного аналізу і прогноз структурних зсувів, розвинутих у глинах міоценового віку, шляхом побудови взаємнокореляційної функції, яка виражає взаємозв'язок зміщення зсувів і показника чинників, що впливають на стійкість зсувного схилу.

Аналізуючи роботи Г.І.Рудька, слід зауважити, що: 1) дрібно- і середньомасштабні карти, вказані вище, не відображають кількісний рівень типізації зсувів, який можна виконати статистичними методами; 2) відсутня універсальна система прогнозу зсувів, яка повинна базуватись на статистичному аналізі зсувів в залежності від всіх чинників, які є в розпорядженні дослідників згідно з геологічною вивченістю Карпатського регіону та даними щодо динамічних параметрів, які провокують зсуви.

У звітах ДІГФ “Геоінформ” [29, 36] на базі статистичної оцінки постійних і змінних чинників наведено кількісний аналіз причин зсувоутворення, запропоновано на базі фактичного матеріалу обґрунтування методичних положень зведеного регіонального прогнозу можливої активізації зсувного процесу в Закарпатському регіоні, структуризовано результати зведеного регіонального прогнозу можливої активізації зсувного

процесу з попередньою оцінкою територіального ризику впливу на окремі населенні пункти Закарпатської області. У звітах наведено детальну оцінку просторово-часових чинників утворення зсувів та їх можливої активізації в Закарпатській області. У той же час, автори звітів зазначають, що “...наведені висновки можна вважати попередніми...”, тому що “...використані методичні положення прогнозу регіональної активізації зсувів базувались на використанні обмеженої кількості їх просторово-часових параметрів”.

В одній з останніх дисертаційних робіт [37], присвячених питанню оцінки екологічної безпеки, наведено методику та побудовану за нею карту «Районування території Львівської області щодо здатності зсувів зумовлювати надзвичайні ситуації», на якій виділено п'ять типів територій – значного ризику, ризику, потенційного ризику, малого ризику та умови для розвитку зсувів відсутні. Побудова карти була виконана за тимчасовими методичними положеннями КВ УкрДГРІ, в яких рекомендується використання п'яти статичних чинників: потужність відкладів над ОДГ (деформуючий горизонт), літологічний склад гірських порід, що можуть зміщуватись (над ОДГ); сейсмічність (показники детального та мікросейсмічного районування); кут нахилу схилу, на якому розташована ділянка. Ризик виникнення чи активізації зсувних процесів оцінюється в балах.

У звіті про інженерно-геологічне вивчення [38], зокрема вказано, що «...Для оцінки ступеня небезпечності виникнення НС під впливом статичних чинників розвитку ЕГП при побудові карт прийнята бальна оцінка з врахуванням дії кожного чинника. Значення чинників у розвитку ЕГП оцінюється в кожному випадку по п'ятибальній шкалі відповідно наявної дії чинника на розвиток ЕГП:

- потенційна — 1 бал (менше 5 % ймовірності виникнення)
- існує обмежена — 2 бали (від 5 до 25 % ймовірності виникнення)
- існує — 3 бали (25-50 % ймовірності виникнення)
- існує в багатьох випадках - 4 бали (50-75 % ймовірності виникнення)

- існує в більшості випадків — 5 балів (більше 75% ймовірності виникнення).

Ділянки та райони на картах віднесені до різного рівня небезпечності щодо виникнення НС і поділяються відповідно сумарній бальній оцінці чинників на:

- малого ризику — менше 8 балів
- потенційного ризику — 8-16 балів
- ризику — 16 —24 балів
- значного ризику — більше 24 балів»

Наведені приклади побудов карт ризику, або інакше кажучи, ймовірності виникнення чи розвитку зсувних процесів враховують обмежену кількість чинників, обґрунтування вибору цих чинників не підтверджено математично, оцінка виводиться в умовних одиницях (балах).

Таким чином, ці картографічні моделі мають якісний характер, наведена градація має риси суб'єктивності, і вони не дають достатньо інформації для прийняття управлінських рішень чи даних для подальшого аналізу.

На 33 Міжнародному геологічному конгресі, який відбувся 6-14 серпня 2008 р. в Осло, було представлено більше 80 доповідей, які стосувались досліджень зсувних процесів [39-59]. Хоча більшість представлених робіт стосувалась вивчення зсувних процесів на локальному рівні (на прикладі конкретних зсувних об'єктів), понад 20 робіт стосувались проблем прогнозування розвитку зсувних процесів та оцінок ризиків (оцінок ймовірностей) від виникнення чи активізації зсувних процесів на регіональному рівні. Особливу увагу привернули роботи, найбільш близькі до теми дисертаційних досліджень:

1. Зокрема, у роботі румунських вчених [54] виконано оцінку зсувної ймовірності на підставі врахування 8 чинників: літологічного, морфологічного, кліматичного, гідрогеологічного, сейсмічного, антропогенного та рослинного покриву, оцінка яких виконана в балах і для зручності приведена до стандартної шкали в межах від 0 до 1. Карти по кожному з чинників

сумуються по регулярній мережі і відносяться до одного з 6 класів небезпеки. У зазначеній роботі використана методика, аналогічна тимчасовій методиці КВ УкрДГРІ, з певними відмінностями, що стосуються кількості врахованих чинників (8 проти 5), та кількості рівнів небезпечності (6 проти 4).

2. У роботі корейських геологів [55] для побудови карти зсувної небезпеки найбільш повно було використано методика, яка враховує оцінки стійкості зсувних схилів. У цій роботі було використано такі чинники: літологічний та топографічний (кут нахилу земної поверхні) та чотири чинники, що характеризують фізичні властивості ґрунтів. Як вже говорилося раніше, на жаль, відсутня можливість отримання фізичних властивостей в статистично достовірних об'ємах, достатніх для регіонального масштабу дослідження.

3. У роботі словацьких вчених [56] враховано літологію, кут нахилу денної поверхні, кривизну поверхні, віддаль до геологічних меж, віддаль до структурних елементів, віддаль до поверхневих вод, рослинний покрив та геоморфологічний чинник. Ця модель має найбільш повний перелік чинників зсувної активності різної природи. Але слід зауважити, що і в цій моделі, з моєї точки зору, є ряд недоліків. По перше, відсутнє математичне обґрунтування обраних чинників, по-друге, у модель не включені представники всіх типів чинників зсувної активізації просторового характеру, зокрема відсутні тектонічний, сейсмічний, антропогенний, по-третє, побудована карта ймовірності зсувної небезпеки за просторовими чинниками має стабільний характер і не може враховувати змін в навколишньому середовищі (карта побудована у вигляді растрового файлу регулярної мережі з розміром комірки 25 x 25 м), тому що значення у вузлах розраховані на підставі статистичної моделі, без можливостей модифікації.

4. Доповідь учених Узбекистану [57] навели результати оцінки ризику зсувних процесів для території гірського Узбекистану. В якості чинників зсувної небезпеки вони розглядали висоту над рівнем моря, кут нахилу денної поверхні, експозицію схилу, річкову мережу, наявність

сільськогосподарських угідь, геологічну будову, кількість опадів. Для кожного з обраних ними чинників побудувались карти ймовірності для території досліджень. Величину ймовірності зсувної небезпеки розраховували як функцію залежності від ймовірності кожного з чинників. В цій роботі наведено результати реалізації наукового відкриття (диплом № 310 Міжнародної асоціації авторів наукових відкриттів) [17] та способу прогнозу виникнення або активізації зсувів (патент на винахід № 2344227 Російської Федерації) [9].

Багато робіт представляють результати районування територій досліджень за враженістю зсувними процесами з врахуванням тих чи інших чинників, різних підходів до виділення окремих територій. Так, наприклад, в роботі польських вчених [58] приведено результати районування території в залежності від ураженості зсувними процесами. Основними характеристиками при районуванні були обрані гідрогеологічні особливості. Такі дослідження важливі для внесення в кадастри зсувів, але не достатні для вирішення завдання прогнозування.

Інші роботи базувались на побудові статистично-математичних моделей, в основі яких було використано дані по локальним об'єктам або дані по кількостях активізацій на одиницю площі або довжини (у випадку лінійних об'єктів).

В роботі китайських вчених [87] представлено методику прогнозування розвитку зсувних процесів за даними ДЗЗ. В якості вхідних матеріалів було використано космознімки з супутника Cbers (China-Brazil Earth Resources Satellite) та значення 20 чинників активізації зсувних процесів отримані на 30 відомих зсувах. Результати досліджень представлено у вигляді карти районування території досліджень з градацією: водні об'єкти (water), небезпечні території (dangerous), переважно стабільні (basically stable), стабільні (stable), нестабільні (unstable), що по суті є якісною оцінкою ризику виникнення чи активізації зсувних процесів.

Висновки до розділу 1.

Сучасна методологія просторового прогнозу зсувів, як складової геологічного блоку екологічної безпеки, викладена в класичних роботах [19–38], аналіз яких наведено в даному розділі. Вона апробована в окремих її частинах, але в повному об'ємі застосування для будь-якого регіону не знайшла.

Недоліком існуючих методик прогнозування рівня зсувної небезпеки є:

1. Залучення до прогнозу обмеженої кількості чинників, які не представляють повну сукупність природно-техногенних процесів, що ініціюють розвиток зсувних процесів.
2. Оцінка зсувної небезпеки в балах або умовних одиницях, що значною мірою є суб'єктивною.
3. Відсутність виявлення закономірностей на рівні законів розподілу і ймовірностей для окремих чинників в їх зв'язку з зсувними процесами.
4. Відсутність комплексного аналізу всіх можливих чинників.
5. Відсутність чіткого обґрунтування на кількісному рівні задіяних в прогнозній моделі чинників.
6. Неможливість отримання оцінки рівня зсувної небезпеки на імовірнісному рівні.

Таким чином, можна стверджувати, що існуючі методики створення регіональних прогнозних моделей зсувної небезпеки не повною мірою відповідають сучасним вимогам по управлінню природним середовищем.

Для забезпечення органів державного управління, управлінь з питань надзвичайних ситуацій, управлінь з охорони навколишнього природного середовища та місцевого самоврядування достовірною інформацією необхідно розробити прогнозну модель регіонального рівня, яка б давала оцінку зсувної небезпеки на ймовірнісному рівні та базувалась на комплексній інтегральній оцінці всіх обраних, статистично обґрунтованих зсувоініціюючих чинників. Для цього необхідно виконати дослідження чинників зсувної небезпеки статистичними методами з застосуванням геоінформаційних технологій.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ЧИННИКІВ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

При просторовому регіональному прогнозі зсувних процесів, тобто при вирішенні завдань досліджень закономірностей просторового розподілу зсувів головним завданням є визначення області можливого їхнього виникнення й розвитку, а також спрямованості процесу та інтенсивності його прояву на досліджуваній території. Такі оцінки ґрунтуються на урахуванні впливу на стійкість території різних природно-техногенних чинників (табл. 2.1).

В табл. 2.1 не вказано чинники, які відповідають локальному рівню вивчення зсувів й які не є сталими для характеристики зсувної активності при переході від ділянки до ділянки (рівень підземних вод, потужність зсувних відкладів), а також специфічні чинники, характерні, наприклад, для морських берегових ділянок (абразія, характеристика пляжу, азимут берегової лінії, висота берегового уступу).

Як видно з наведеної табл. 2.1, в жодному з прогнозів не було виконано комплексне врахування всіх груп зсувоініціюючих чинників, хоча б на якісному рівні.

У цьому розділі наведено:

1. Доказ зв'язку просторового розподілу зсувів з кожним із відомих і запропонованих тут чинників зсувної небезпеки.

2. Методика оцінки регіонального розподілу зсувів під інтегральним впливом просторових чинників.

Наведений у таблиці 2.1 перелік просторових чинників обраний із наступних міркувань:

- забезпечене представництво всіх груп чинників;
- чинники виключають одночасний вплив один на одного;
- коефіцієнт інформативності чинників приблизно однаковий (докази цих тверджень наведені в наступних розділах);

Просторові чинники зсувної небезпеки

№ п/п	Група чинників	Чинник	Кількісний показник чинника	Літературне джерело із пропозицією або згадуванням чинника	Літературне джерело з фактом реалізації кількісного показника чинника при прогнозі зсувів
1	Літолого-стратиграфічні	Літофаціальний тип підстелених гірських порід	Коефіцієнт ураженості літофаціальної зони	14-19	22
2	Інженерно-геологічні	Інженерно-геологічний район	Коефіцієнт ураженості в межах району	–	–
3	Геоморфологічні	Базис ерозії	Відстань до базису ерозії	14-19	–
4	Геоморфологічні	Вододіл	Відстань до вододілу	20	–
5	Геоморфологічні	Висота	Абсолютна оцінка над рівнем моря	27	–
6	Геоморфологічні	Крутість схилу	Кут нахилу денної поверхні	14-16,20 –25	20, 25, 26
7	Тектонічні	Тектонічні порушення	Відстань до тектонічного розламу	14-16,20 –25	–
8	Ландшафтні	Рослинність	Відстань до границі лісу	14, 20	–
9	Метеорологічні	Опади	Кількість опадів	14-16, 20	20
10	Техногенні	Наявність населених пунктів	Відстань до населеного пункту	14, 16, 20, 25	–

- чинники є об'єктивними, відповідають регіональному рівню та є загальнодоступними для користувача;
- кількісні показники кожного з чинників стосовно зсувної активності змінюються закономірно.

Таким чином, забезпечується системний підхід. Тут не враховані чинники, зміна яких відповідає локальному рівню вивчення зсувів і які не є стійкими для характеристики зсувної активності при переході від ділянки до ділянки (рівень підземних вод, потужність зсувних відкладів), а також специфічні чинники, характерні для окремих територій.

Літофаціальний тип підстилаючих гірських порід слід вважати одним з найбільш істотних природних чинників процесу зсувоутворення. Рухливі маси, що утворюються на поверхні підстелених порід, генетично пов'язані з ними. Окремі мінеральні, фізичні, літологічні характеристики поверхневих відкладів, які безпосередньо формують здатність до зсувоутворення, визначаються геологічними й фаціальними особливостями корінних порід.

З теоретичної точки зору цей чинник пояснюється диференціацією міцністних характеристик, що визначають стійкість схилу, для різних типів гірських порід. У самому загальному виді коефіцієнт стійкості зсуву відповідно до розрахункової схеми, наведеної на рис.2.1, визначається формулою

$$\eta = \frac{N \times \operatorname{tg} \varphi + C \times L}{T}, \quad (2.1)$$

де: η - коефіцієнт стійкості зсуву, N – складова сили тяжіння, що прагне утримати зсув у рівновазі, $N = P \times \cos \alpha$; $\operatorname{tg} \varphi = f$ – коефіцієнт внутрішнього тертя порід, що утворюють поверхню ковзання або зону ослаблення (основний горизонт, що деформується); C – зчеплення порід, що утворюють поверхню ковзання або прилягаючих до цієї поверхні; L – довжина поверхні ковзання I-I; α – кут нахилу поверхні ковзання; T – складова сили тяжіння (загальна маса порід P , що складають зсув).

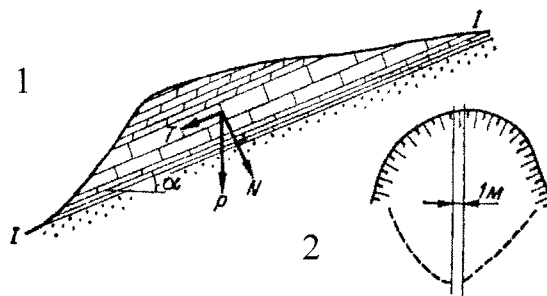


Рис. 2.1. Розрахункова схема зсуву з похилою плоскою поверхнею ковзання(за [59])

1 – профіль зсуву;

2 – план зсуву

З літофаціями тут зв'язані параметри $\operatorname{tg} \varphi$ й C . Диференціація параметрів установлюється експериментально, приклад (табл.2.2) наводиться з [60], дані параметри наводяться для основних типів деяких порід.

Міцнісні характеристики основних типів гірських порід

Матеріал	Межа міцності, бар	C, бар	$tg\varphi$
Філіт	55	20	1.1
Пісковик	480	120	1.1
Сланець глинистий	30	80	2.1
Сланець глинистий окремнілий	700	240	1.0
Алевроліт	115	28	1.3
Туф	15	5	0.9
Аргіліт	18	3.5	0.9
Конгломерат	210	180	1.4
Гранодіорит	1200	170	1.5
Базальт	680	320	1.2
Гнейс	630	110	1.3
Граніт	500	135	1.6
Вапняк	810	200	1.3

Інженерно-геологічне районування проводиться за комплексом геологічних чинників: рельєф, склад і властивості порід, гідрогеологічні умови, розвиток геодинамічних процесів та інші. На картах інженерно-геологічного районування територія підрозділяється на ділянки за ступенем їх придатності для господарського освоєння й стійкості до впливу небезпечних природних і природно-техногенних явищ. Залежно від масштабу й призначення, склад і детальність карт інженерно-геологічного районування можуть бути різними. Як зазначено в [62], «Інженерно-геологічні вишукування повинні забезпечувати комплексне вивчення інженерно-геологічних умов району, включаючи рельєф, геологічну будову, геоморфологічні й гідрогеологічні умови, склад, стан і властивості ґрунтів, геологічні й інженерно-геологічні процеси», при виконанні яких детально вивчаються: «Фізико-географічні й техногенні умови - клімат, рельєф, геоморфологія, рослинність, ґрунти, гідрографія, відомості про господарське освоєння й використанні території, техногенні навантаження; геологічна будова – стратиграфо-генетичні комплекси, умови залягання ґрунтів, літологічна й петрографічна характеристика виділених шарів ґрунтів за генетичними типами, тектонічна будова й неотектоніка; гідрогеологічні умови - положення рівня підземних вод, поширення, умови залягання, джерела живлення, хімічний склад підземних вод; властивості

ґрунтів - характеристика складу, стану, фізичних, механічних і хімічних властивостей виділених типів (шарів) ґрунтів та їх просторової мінливості; специфічні ґрунти - наявність і поширення специфічних ґрунтів (багатолітньомерзлих, просадних, набухаючих, органомінеральних та органічних, засоленних, елювіальних і техногенних), приуроченість цих ґрунтів до певних форм рельєфу й геоморфологічним елементам, межі поширення, потужність і умови залягання, генезис і особливості формування, характерні форми рельєфу, літологічний і мінеральний склади, стан і специфічні властивості цих ґрунтів; геологічні й інженерно-геологічні процеси - наявність, поширення й контури прояву геологічних та інженерно-геологічних процесів, типізація й приуроченість процесів до певних форм рельєфу, геоморфологічних елементів, типам ґрунтів, гідрогеологічним умовам, видам і зонам техногенного впливу; особливості розвитку кожного із процесів, причини, чинники й умови розвитку процесів; інженерно-геологічне районування - інженерно-геологічне районування території з обґрунтуванням і характеристикою виділених на інженерно-геологічній карті таксонів (районів, підрайонів, ділянок і т.п.)».

Більшість вищевказаних характеристик і параметрів, що враховуються при інженерно-геологічному районуванні, тією чи іншою мірою впливають на зсувну активність. Частина із цих характеристик врахована нами окремо, частина (наприклад, властивості ґрунтів), в аналізі не була задіяна. Тому, для більш повного врахування чинників зсувної небезпеки запропонована градація за інженерно-геологічним районуванням як результат комплексного впливу взаємновпливаючих і взаємообумовлених інженерно-геологічних характеристик у всьому їхньому різноманітті.

Вплив базису ерозії, який ототожнюється з річковими долинами або найбільш пониженими елементами рельєфу, слід розглядати в першу чергу з позицій бічної ерозії схилу. Поглиблення річкових долин згодом веде до збільшення глибини ерозії й у такий спосіб до поновлення зсувної активності. Відповідно до [20] розглянемо варіант впливу бічної ерозії на можли-

вість утворення зсуву із круглоциліндричною поверхнею ковзання за умови, що схил складний однорідною й ізотропною породою, або майже горизонтальними шарами різного складу, або шарами ізотропного складу, залягають моноклінально. У цьому випадку при зрізці (підмиві) схилу паралельного самому собі геологічна будова схилу на місці розташування поверхні ковзання, також пересувається паралельно собі, практично не змінюється (рис. 2.2).

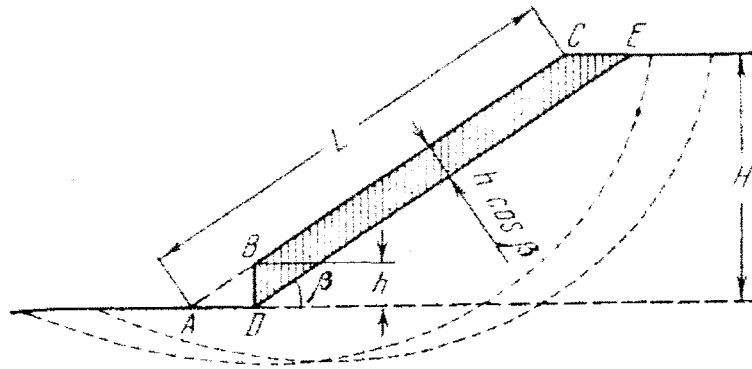


Рис.2.2. Схема впливу бічної ерозії (підрізування) на умови рівноваги схилу (за [21])

Якщо через підшову підтятого укосу D провести лінію DE, паралельну первісній поверхні укосу AC, то умови рівноваги уявлюваного укосу DE і первісного AC будуть однаковими, а умови підтятого укосу DBC будуть відповідати умовам первісного укосу, але пригруженого вагою порід W в обсязі DBCE. При досить високому в порівнянні з висотою підрізування h схилі (що відповідає умовам гірських районів і прилягаючих передгірних прогинів)

$$W \cong \gamma L h \cos \beta, \quad (2.2)$$

Формула (2.2) пояснює можливість виникнення зсуву при бічній ерозії (підрізці) схилу.

Тенденцію збільшення зсувної активності з наближенням до базису ерозії, тобто вибір як чинника зсувної активності відстані до базису ерозії пояснюється дією гідродинамічного тиску (рис.2.3). Як відомо, він спрямований уздовж лінії фільтраційного потоку й тим більше, чим менше водопроникність порід. Питома величина його $D_{ГД}$ рівна $I \gamma_{В}$, де I – напірний градієнт, $\gamma_{В}$ - щільність води [59].

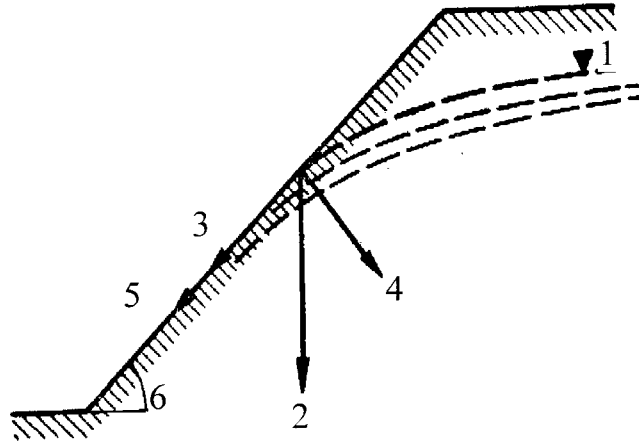


Рис.2.3. Схема сил, що діють у межах схилу або укосу при гідродинамічному тиску(за [59])

1 - рівень ґрунтових вод (ГВ), 2 - сила ваги (P), 3 - сумарна складова сили тяжіння, що прагне змістити маси гірських порід униз по схилу (T), 4 - сумарна складова сили тяжіння, орієнтована перпендикулярно до існуючої або передбачуваній поверхні ковзання, що прагне утримати маси гірських порід у рівновазі (N), 5 - сила гідродинамічного тиску ($D_{ГД}$), 6 - кут нахилу (α)

У періоди зміни напірного градієнта гідродинамічний тиск може стати причиною порушення стійкості мас гірських порід на схилі. З рис.2.3 видно, що сумарна складова сили тяжіння T збільшується на величину гідродинамічних сил $D_{ГД}$, і коефіцієнт стійкості схилу при цьому зменшується:

$$\eta = \frac{fN + CL}{T + D_{ГД}} \quad (2.3)$$

Зсув ухилу рівня ґрунтових вод (ГВ) веде до зменшення гідродинамічного тиску зі збільшенням відстані до базису ерозії.

Вплив доріг, шосе пояснюється двома причинами: 1) підрізуванням схилу; 2) впливом мікросейсм, можливих при русі транспорту.

Відстань до вододілу. Дослідним шляхом установлена залежність збільшення зсувної активності зі зменшенням відстані до вододілу. Відомо, що для вододільних зон характерне збільшення тріщинуватості гірських порід, а також високий ступінь їх вивітрювання [63]. Ці явища ведуть до розвитку двох чинників, що ініціюють зсувоутворення:

1) інтенсивна інфільтрація атмосферних опадів у гірські породи з наступною фільтрацією уздовж схилів, з урахуванням погіршення їх фільтраційних характеристик;

2) зменшення міцності й відповідно стійкості порід на вододільних ділянках з наступним відновленням міцнісних характеристик униз по схилу.

Аналітично ці чинники пояснені в попередніх пунктах. У якості додаткового аргументу можна привести опис можливого механізму впливу інфільтрованих підземних вод на активізацію й розподіл зсувів з роботи [35]: «У період танення снігу й випадання дощу відбувається інтенсивна інфільтрація атмосферних опадів. Вода по дрібних тріщинах направляється до водоносного горизонту. Відбувається різкий підйом ґрунтових вод. Досить незначного зниження проникності порід, щоб утворювалася підземна «загата». У делювіально-пролювіальних відкладах завжди є ділянки з різною проникністю. Ці «загати» приводять до різкого підвищення гідродинамічного й гідростатичного рівня на локальних ділянках.

Відбувається так званий гідродинамічний «вибух», який розриває структурні зв'язки ґрунту й приводить до формування дрібних опливин. Так і пояснюється той факт, що опливини часто виникають на середині схилу й гасяться, не досягаючи основ схилу. Як тільки причина виникнення зникає - опливина стабілізується».

Ще одним аргументом може бути деляпсивний характер розвитку зсувів в делювіально-алювіальному покриві, описаний в [20]. «Виникаючи в підшві схилу, зсуви у своєму русі позбавляють опори лежачі вище по схилу покривні утворення, які також починають рухатися. У результаті цього деляпсивного розвитку зсуви покривних утворень поступово ростуть, переважно нагору...». При одноманітному складі покривних утворень ріст зсувів нагору припиняється у випадку, коли зсув досягає вододілу. Наведений в [20] графік розподілу відстаней від голови зсуву до найближчого вододілу в межах схилу довжиною до 700 м, підтверджує зазначену тенденцію.

Закономірність розподілу зсувів по абсолютній висоті в Карпатах відзначається у звітах [29, 36]: «Має місце логнормальна залежність їх гіпсометричного розподілу». При цьому зі збільшенням висоти кількість зсувів зменшується. Пояснення цьому в літературі немає. На мою думку, єдиним прийнятним обґрунтуванням тут може бути зменшення сили тяжіння гірських порід з висотою. Розрахунок виправлення за висоту точки спостереження сили тяжіння відомий у гравіметрії [64], - відповідне виправлення зветься у вільнім повітрі, або редукції Фая й рівне:

$$\Delta g_{\phi} \approx -0.3086 \times h, \quad (2.4)$$

де: Δg - прискорення сили тяжіння в $\text{м/с}^2 \times 10^{-5}$; h – висота над рівнем моря (геоїда) у метрах.

Формула (2.4) наближена, тому що виведена в припущенні, що Земля являє собою кулю.

Коректуючи редукцію у вільному повітрі на величину нормального значення сили тяжіння на рівень моря γ_0 , одержуємо нормальне значення сили тяжіння в точці спостереження на висоті h :

$$\gamma = \gamma_0 - 0.3086 \times h, \quad (2.5)$$

Фактично величина Δg_{ϕ} , зазначена у формулі (2.4), повинна бути зменшена за рахунок впливу мас, розташованих між рівнем моря й точкою спостереження. Це виправлення за проміжний шар обчислюється в припущенні, що дія мас розташованих між точкою спостереження й рівнем моря, еквівалентно дії горизонтального шару, що нескінченно простирається в усі сторони, потужністю, рівній висоті точки спостереження над рівнем моря. Формула для виправлення за проміжний шар має вигляд:

$$\Delta g = 2 \times \pi \times k \times \delta \times h = 0.0419 \times \delta \times h, \quad (2.6)$$

де: k - гравітаційна постійна; δ - щільність порід проміжного шару.

Суму виправлень за вільне повітря й проміжний шар ураховує редукція Буге:

$$\Delta g_B = -0.3086 \times h + 0.0419 \times \delta \times h, \quad (2.7)$$

Тоді значення сили тяжіння в точці спостереження на висоті h буде:

$$\gamma = \gamma_0 - (0.3086 - 0.0419 \times \delta) \times h, \quad (2.8)$$

У формулі (2.8), виходячи з реальних значень δ , зі збільшенням висоти значення γ зменшується. Отже, із зіставлення формул (2.1) і (2.8) випливає доказ справедливості тенденції до зменшення зсувної активності зі збільшенням висоти.

Кут нахилу денної поверхні схилу є одним з визначальних чинників утворення зсувів. Крутість поверхні контролює співвідношення між силами тертя потенційно зсувних мас із підстилаючими породами (геологічними утвореннями) і складову сили тяжіння, яка спрямована уздовж схилу. Таким чином, крутість схилу визначає ступінь рівноваги сил, які втримують зсувні маси від їхнього ковзання, тобто визначає напружений стан схилу. Це впливає з формули (2.1).

У роботі [59] відзначено, що: «зсуви найчастіше поширені в гірських районах, на ділянках з різко пересіченим рельєфом, на високих і крутих схилах річкових долин, на берегових схилах водойм, на відкосах виїмок і кар'єрів. Загалом, рельєф місцевості, орографічне положення району створюють запаси потенційної енергії, яка обумовлює розвиток зсувних явищ». Вплив цього чинника підкреслено в [65].

Природні схили завжди прагнуть до виположування, до крутості, що відповідає куту природнього укосу порід, що їх складають, тобто до такої найбільшої крутості, при якій вони перебувають у стійкому стані: не оповзають, не обсипають і т.д. Таким чином, на крутих схилах зсуви утворюватися не можуть – це схили обвалів і осипів.

Отже приймаємо як гіпотезу, що підлягає експериментальному доведенню, розглянуту тенденцію до збільшення зсувної активності до певної крутості, а потім до її подальшого зниження зі збільшенням крутості.

Тектонічний чинник чисельно виражається через відстань до тектонічного розлому, що виходить на денну поверхню. У літературних джерелах [20, 23] цей чинник іменується як «вплив сучасних тектонічних рухів» на

зсувну активність. Під сучасними тектонічними процесами розуміється наступне:

- 1) повільне підняття й опускання великих територій;
- 2) утворення тріщин і розломів і диференціальні, часом швидкі, зсуви по них;
- 3) землетруси.

В обґрунтуванні просторового зв'язку зсувної активності з наявністю тектонічних порушень які приводяться на описовому рівні в [23], відзначено, що «вплив сучасних тектонічних рухів на сучасні геологічні процеси не є безпосереднім і реалізується через такі найважливіші чинники як рельєф, рівень підземних вод». У [20] відзначається активізація ерозійних процесів. В [19] уводиться чинник «густоти тектонічних порушень» без пояснень. На активізацію зсувів «у межах тектонічно активних зон, що акумулюють обводнювання», звертається увага в [25]. На наш погляд, тенденція зв'язку просторового розподілу зсувів з тектонічними порушеннями пояснюється насамперед розвитком у межах останніх зон тріщинуватості й дроблення, які загасають від центру порушень до периферійних частин [66]. Наявність зон тріщинуватості реалізується через два основні чинники:

- 1) зменшення стійкості внаслідок зменшення кута внутрішнього тертя й зчеплення гірських порід;
- 2) утворення водоносних горизонтів і наявність фільтрації підземних вод уздовж схилів.

Рослинність присутня в природній обстановці схилів майже у всіх випадках виникнення зсувів. Багато дослідників зсувного процесу вказують на зв'язок рослинного покриву з активізацією зсувів, причому особлива увага приділяється впливу деревної рослинності. Вплив лісу на коефіцієнт стійкості схилів дуже різноплановий, він може бути безпосереднім і непрямим, позитивним і негативним.

Безпосередній вплив проявляється через механічний вплив (вплив ваги маси дерев на схил, збільшення міцності верхньої товщі ґрунтів у результаті їх армування кореневою системою або зменшення міцності при розклинненні щільних порід коріннями) і вплив на водний, вологісний і

термічний режим схилів [67]. Непрямий вплив проявляється у впливі дерев на інтенсивність ерозії, на характер і інтенсивність вивітрювання й т.п.

Автор роботи [20] зв'язує вплив лісового покриву із глибиною дзеркала ковзання. Якщо поверхня ковзання розташована нижче кореневого шару, виходить, рослинність впливає тільки на величину прикладених до схилу сил (зміна величини сил, пов'язаних з водовмістом у верхній товщі гірських порід, вага самої рослинності). При розташуванні поверхні ковзання в кореновому шарі, додається вплив рослинності на міцність ґрунтів. Гірські породи, що складають схил, і деревний покрив являють собою єдину систему, яка перебуває в рівновазі; порушення властивостей одного з компонентів системи може викликати порушення стійкості схилу в цілому.

Пропонується в якості параметра показника впливу рослинного покриву на прояв зсувів розглядати мінімальні відстані від зсувів до границі лісу. У результаті аналізу цієї величини була виявлена наступна закономірність: при наближенні до границі лісу ймовірність виникнення зсувів зростає. Для пояснення цього факту необхідно докладніше розглянути вплив лісу на умови, які впливають на стійкість схилів.

Лісові масиви значно впливають на процеси й умови навколишнього середовища: клімат, температуру, опади, стік, фізичні властивості й вологість ґрунту, ґрунтові води.

Важливим і найбільш дискусійним питанням є питання про кліматичну й гідрологічну роль лісу. Більшість учених схиляється до того, що ліс сприяє зволоженню ґрунту. Лісові масиви створюють шорсткість підстилаючої поверхні, що затримує вологі потоки повітря. Крім того зволожуюча роль лісу багатьма дослідниками пояснюється, як результат мікрокліматичного впливу. Як відомо, хмари утворюються тем швидше, чим нижче температура повітря й вище вологість повітря, ліс створює саме такі умови. Залежно від зімкнутості крон дерев ліс згладжує амплітуду температури - узимку в лісі тепліше, а влітку прохолодніше [68, 69].

У порівнянні з безлісними ділянками, у лісі спостерігається зростання опадів. При цьому збільшення лісистості приводить до росту опадів у зимове й у літнє півріччя, річна сума опадів зростає приблизно на 5-6% на кожні 10% лісистості. Поряд з ростом звичайних вертикальних опадів спостерігається ріст горизонтальних опадів (роси, інею) [70].

На активізацію зсувних явищ на схилах найбільш істотний вплив можуть мати вплив лісу на стік води (поверхневий, внутрішньогрунтовий і ґрунтовий) і похідні від цього - вологість ґрунтів, а також рівні ґрунтових вод.

Щодо впливу лісу на стік існує повна єдність поглядів. Ліс зменшує поверхневий стік і переводить частину його у внутрішній (внутрішньогрунтовий і ґрунтовий). Поверхневий стік води зменшується внаслідок: нерівномірності поверхні ґрунту; виразності мікрорельєфу (наявність купин, пнів, невеликих западинок і т.д.); слабого промерзання ґрунту; утворення в ґрунті мікропорожнин (на місці згнилого коріння, ходів землерийних тварин і т.д.); впливу підстилки, що відіграє роль фільтра при проходженні води зверху вниз і перешкоджаючої її пересуванню в похилому напрямку. Усе це сприяє швидкому просочуванню води в ґрунт [68].

У результаті проведених експериментів по штучному зрошенню схилів для дослідження інфільтраційних властивостей лісових ґрунтів для різної крутості схилів, встановлено, що найкращу інфільтрацію мають ґрунти під природніми буковими деревостоями (усмоктують 95,5-96,5% від опадів), під хвойними породами (ялина) ґрунт усмоктує 20-93%, під пасовищами – близько 12-42%. [69].

Відомі роботи з вивчення зміни елементів водного балансу при вирубці лісів у Карпатах шляхом порівняльних досліджень на еталонній ділянці, де ліс збережено, а також на ділянці рубки. Встановлено, що ґрунтовий стік за період 11-15 років після рубки скорочується приблизно на 50%. Поверхневий стік за десятилітній період став на 230% більше еталонного, а за наступні п'ять років – на 66%. Сумарне випарювання за 10

років після рубки знизилося приблизно на 20%, але за наступні 5 років помітно збільшилося [71].

Вищенаведене дає підстави для наступних висновків. Фактично існуюча тенденція до збільшення кількості зсувів з наближенням до границі лісового масиву з теоретичної точки зору пояснюється наступним:

1) підвищеною кількістю опадів;

2) переведенням поверхневого стоку в ґрунтовий за рахунок гарної дренажності порід у лісовому масиві; внутрішнім стоком вод (внутрішньогрунтовим і ґрунтовим) уздовж схилу;

3) підвищенням гідродинамічного тиску, спрямованого уздовж фільтраційного потоку й зростаючого в міру зменшення водопроникності порід з віддаленням від лісу.

Додатковим чинником є вирубування лісу, яке ведеться в основному від границі вглиб лісового масиву. Механічний вплив вирішальну роль не відіграє.

Вплив атмосферних опадів на інтенсивність зсувних процесів визначається через зволоження ґрунтів і в якості істотного чинника не викликає сумнівів. Проте, осереднені дані по атмосферних опадах у вигляді їх річних сумарних значень викликають різні оцінки фахівців у змісті необхідності й форми їх обліку під час прогнозних оцінок поширення й активізації зсувів. Цитата з роботи [22]: "Випадання атмосферних опадів. Вплив цього чинника на поширення зсувів у межах європейської території ЄСРЄ оцінити досить складно, тому що останні зустрічаються практично у всіх кліматичних зонах - як в областях підвищеного зволоження, так і в аридних умовах. У тундрі (на півночі європейської території ЄСРЄ), що відноситься до області явно надлишкового зволоження, зсуви зустрічаються так само рідко, як і в південних причорноморських і прикаспійських степах».

Цей та інші відомі факти показують, що річна кількість опадів, що випадають, не належить до провідних чинників, що визначають розміщення зсувів на досліджуваній території. Однак за інших рівних умов кількість

атмосферних опадів може суттєво впливати на ступінь активності й інтенсивності зсувного процесу. У першу чергу це проявляється на зсувах-потоках та інших поверхневих зсувах.

Проте в літературі не знайдено жодного заперечення щодо впливу кліматичних умов, зокрема інтенсивності й кількості атмосферних опадів, на прояви зсувних явищ. У роботі [59] кліматичні особливості поставлені на перше місце серед умов, які найбільше часто сприяють утворенню зсувів: «Уже зверталася увага на те, що періоди утворення зсувів і різноманітних зсувних рухів повсюдно збігаються з періодами дощів, танення снігу і т.д. Для таких явищ особливо сприятливі райони, яким властиві тривалі, мрячні дощі, що сприяють значному й глибокому промочуванню й насиченню водою гірських порід на схилах. У районах з інтенсивними зливовими опадами більша частина води швидко стікає з вододілів і схилів і лише незначна частина йде на інфільтрацію. У посушливих районах інтенсивно розвивається випарювання вологи й висушування гірських порід на схилах, що, природно, підвищує їхню стійкість».

З погляду теоретичних викладень, зволоження ґрунтів за рахунок опадів впливає на активність зсувоутворення із двох основних позицій: 1) за рахунок гідродинамічного тиску від фільтраційного потоку; 2) за рахунок зменшення кута внутрішнього тертя.

Пункт 1 можна обґрунтувати на прикладі методу розрахунку стійкості зсувів, що мають похилу поверхню ковзання.

Якщо зсув піддається дії гідродинамічного тиску від фільтраційного потоку, то, згідно з теоретичними основами механіки гірських порід, фільтраційні сили в цьому випадку розподіляються перпендикулярно до поверхні ковзання й відповідно зменшують нормальний тиск. При цьому в рівнянні, що визначає коефіцієнт стійкості зсуву, нормальна складова записується з урахуванням величини гідродинамічних сил, що зменшують складову сили тяжіння N . Згідно [59], коефіцієнт стійкості зсуву з урахуванням дії гідродинамічного тиску $D_{ГД}$ визначається за формулою:

$$\eta = \frac{f \times (N - D_{\text{дг}}) + C \times L}{T}, \quad (2.9)$$

Значення f, C, L, T дивися в поясненнях до формули (2.1).

Другий шлях урахування гідродинамічного тиску зводиться до зменшення внутрішнього тертя порід, і в розрахунку ухвалюється значення фіктивного кута внутрішнього тертя φ_ϕ . Цей кут визначають із рівняння

$$\varphi_\phi = \beta \times \varphi, \quad (2.10)$$

де: $\beta = \gamma' / \gamma$; γ' - щільність гірських порід під водою (полегшених вагою витиснутого об'єму води); γ - щільність породи природньої вологості, що залягає вище рівня води; φ - кут внутрішнього тертя порід.

Наведені викладення були б слушні, якби рівень річних опадів був у територіальному плані пропорційний водонасиченості порід і підвищенню рівня підземних вод. Очевидно, що тут задіяний ряд похідних чинників, і в першу чергу умови вертикальної інфільтрації й наступної фільтрації підземних вод. Наведені літературні дані – зіставлення їх з теоретичними уявленнями дозволяє стверджувати: ряд «більше опадів – більше зсувів» слід розглядати як якісну тенденцію, яку не можна не враховувати при встановленні закономірності розподілу зсувів.

Відстань до населеного пункту. У роботі [22] зазначено, що «Методика врахування впливу антропогенних чинників на зсуви ще недостатньо розроблена...» проте, виділені різні за характером, механізмом й величиною впливу геотехногенні системи. Для більшості населених пунктів характерним є вплив комунально-промислового, водогосподарського, транспортного, сільськогосподарського й лісопромислового комплексів. Конкретну величину такого впливу і його інтенсивність дуже важко оцінити не тільки на кількісному, але й на якісному рівнях, шляхом проведення додаткових обстежень території.

Виконані автором статистичні дослідження, наведені в наступних розділах, дозволили встановити, що за винятком зсувів, які розташовані у межах населених пунктів, усі вони знаходяться гіпсометрично вище.

Виходячи із класичних уявлень про чинники, які впливають на виникнення й активізацію зсувів, вагомість даного чинника можна пояснити підрізкою схилів, зміною природнього режиму підземних і ґрунтових вод, збільшенням навантаження на верхню частину зсувного схилу (для зсувів у межах населених пунктів) та ін. Можна тільки стверджувати, що крім зазначених чинників, безумовно має місце збільшення щільності дорожньої мережі при наближенні до населених пунктів, збільшення інтенсивності руху транспорту, значна зміна природнього режиму підземних вод [72], для великих населених пунктів можна вказати також на зміну мікроклімату.

Встановлені закономірності не суперечать загальноприйнятим уявленням про механізми виникнення й активізації зсувних процесів. Вони поєднують уявлення різних дослідників, наповнюють їх математичним і фізичним змістом, дають можливість оцінки зсувної небезпеки території шляхом розрахунку ймовірності виникнення або активізації зсувних процесів.

Методика оцінки регіонального розподілу зсувів під інтегральним впливом просторових чинників полягає в розрахунку функції еталонного для даної території комплексного інтегрального показника розвитку чи активізації зсувних процесів.

Розрахунок інтегрального показника, який визначає просторовий розподіл зсувів, виконується наступним чином. Спершу необхідно провести комплекс статистичних досліджень з метою розрахунку коефіцієнта інформативності кожного з використаних в моделі регіональних чинників зсувної небезпеки. Проводиться визначення статистичних характеристик відповідних розподілів фактичних значень отриманих для зафіксованих зсувів та виконується процедура нормалізації по кожному з чинників, в результаті якої отримують нормалізовані значення чинників Π_{ij} , де i – номер точки спостереження, j – номер чинника. Значення інтегрального показника розраховується за формуллю:

$$\Pi \Sigma_i = \sum \Pi_{ij} \times V_j, \quad (2.11)$$

де V_j - ваговий коефіцієнт інформативності j -го чинника.

Детально процедура розрахунку еталонного інтегрального показника наведена в четвертому розділі дисертації.

Висновки до розділу 2.

У даному розділі наведено теоретичне обґрунтування чинників виникнення або активізації зсувних процесів, які необхідно враховувати при побудові регіонального просторового прогнозу зсувної небезпеки.

Наведено методику оцінки регіонального розподілу зсувів під інтегральним впливом просторових чинників. У наступних розділах подано експериментальне підтвердження наведених теоретичних положень.

До зазначених чинників пропонується обов'язково включати наступні: геологічні, літолого-стратиграфічні, геоморфологічні, інженерно-геологічні, тектонічні, ландшафтні, метеорологічні, техногенні.

РОЗДІЛ 3

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Для доведення теоретичних положень та обґрунтування параметрів розробленої прогнозної моделі оцінки зсувної небезпеки для досліджень необхідно було обрати територію зі значною ураженістю зсувними процесами, складними геологічними, геоморфологічними, кліматичними та фізико-географічними умовами. З точки зору автора, територія Івано-Франківської області відповідає всім вказаним вимогам.

Для обґрунтування достатньо проаналізувати дані Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, що наведені у національних доповідях про стан техногенної та природної безпеки в Україні за останні роки [1-4]. В доповіді за 2008 рік [2] надано діаграму динаміки зсувних процесів в розрізі адміністративних областей (рис.3.1)

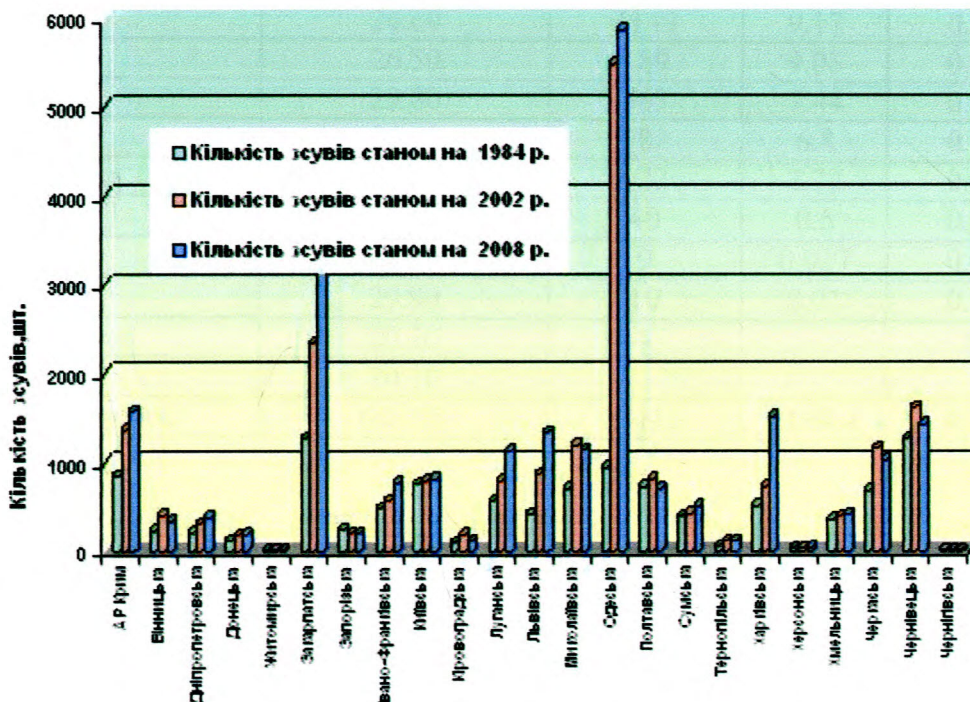


Рис.3.1. Динаміка зсувів у межах адміністративних областей (за [2])

З діаграми (рис.3.1) можна зробити висновок, що Івано-Франківська область не належить до території зі значною ураженістю зсувними процесами. Але в [3] приведено загальну характеристику поширення зсувів в Україні (таблиця 3.1), яку автор доповнив даними по відсотку ураженості території.

Таблиця 3.1

Загальна характеристика поширення зсувів в Україні

Назва адміністративної одиниці	Площа адміністративної одиниці, тис. кв. км	Загальна кількість зсувів, шт	Площа зсувів, кв.км	Відсоток ураженої території, %
Чернівецька	8.10	1467	760	9.383
Закарпатська	12.80	3251	379.54	2.965
Івано-Франківська	13.90	790	299	2.151
Львівська	21.80	1347	292.5	1.342
Полтавська	28.80	824	63.9	0.222
АР Крим	27.00	1582	58.9	0.218
Одеська	33.30	5868	70	0.210
Черкаська	20.90	1027	33.94	0.162
Харківська	31.40	1615	40.3	0.128
Дніпропетровська	31.90	382	40.5	0.127
Хмельницька	20.60	419	20.98	0.102
Тернопільська	13.80	117	11.74	0.085
Київська	28.90	814	23.75	0.082
Вінницька	26.50	339	16.55	0.062
Запорізька	27.20	206	12.13	0.045
Миколаївська	24.60	1149	9.17	0.037
Донецька	26.50	189	9.03	0.034
Сумська	23.80	567	7.44	0.031
Луганська	26.70	982	6.8	0.025
Кіровоградська	24.60	122	2.72	0.011
Херсонська	28.50	40	0.5	0.002
Чернігівська	31.90	9	0.027	0.000
Житомирська	29.90	10	0.01	0.000
Волинська	20.20	-	-	-
Рівненська	20.10	-	-	-
Всього по Україні	603.70	23116	2159.4	0.358

З таблиці видно, що найбільш ураженими є території адміністративних областей, розташованих в межах Українських Карпат та Буковини.

Нижче наведено детальна характеристика фізико-географічних умов, геоморфологічної та геологічної будови території досліджень.

3.1 Загальна фізико-географічна характеристика території Івано-Франківської області

Івано-Франківська область розташована на південному заході України. Вона межує з Львівською, Тернопільською, Чернівецькою та Закарпатською областями, на крайньому півдні на протязі 50 км границя області є державним кордоном України з Румунією.

Площа Івано-Франківської області (рис.3.2) дорівнює 13,9 тис. квадратних кілометрів (2,3% від території України). Її конфігурація нагадує ромбовидну форму, витягнену по довгій осі з півночі на південь. Загальна протяжність території від крайньої північної точки до крайньої південної досягає понад 185 км, а з заходу на схід в найбільш розширеній частині – майже 150 км.

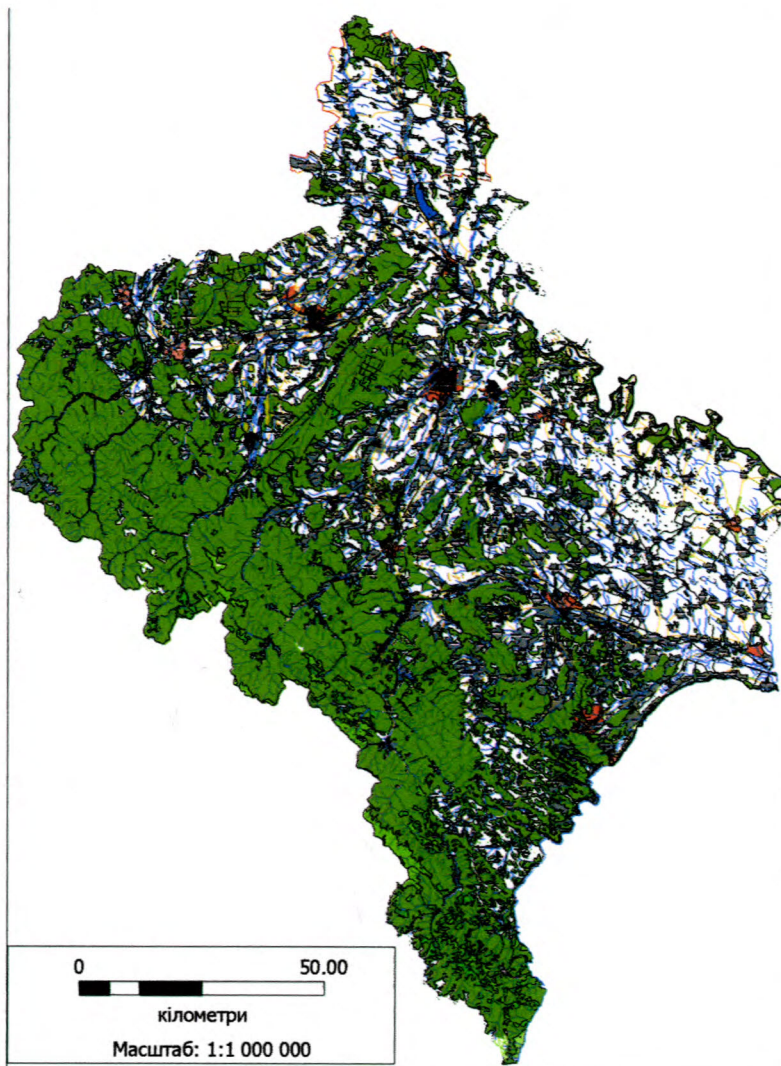


Рис.3.2. Фізико-географічна карта Івано-Франківської області

Границі Івано-Франківської області завдяки своєрідній конфігурації території і особливостям природних рубежів (гірські хребти, ріки) дуже звивисті і мають велику загальну протяжність – приблизно 760 км.

Чисельність населення — 1409,8 тис. чоловік (2,9% населення України), у тому числі міське — 593 тис. чоловік (42,1%) і сільське — 816,8 тис. чоловік (57,9%). Середня щільність населення — 101 особа на кв. км.

До складу області входять 14 районів, 15 міст, у тому числі 5 міст обласного підпорядкування (Івано-Франківськ, Калуш, Коломия, Яремча Болехів), 24 селища міського типу і 765 сільських населених пунктів.

3.2 Геоморфологічна характеристика

У геоморфологічному відношенні Івано-Франківська область розташована на території Східно-Європейської платформи, Передкарпатського прогину та Гірських Карпат. Геоморфологічні дослідження ведуться на протязі багатьох років і все ще не завершені. Лише за останні роки було опубліковано більше 10 наукових праць, в яких автори пропонують для використання різні методичні підходи з метою виділення різноманітних геоморфологічних таксонів. Для побудови прогнозової моделі нами була використана карта геоморфологічного районування, побудована на підставі літературних джерел [73-87] (рис.3.2).

Прут-Дністровська геоморфологічна область займає північну частину Івано-Франківської області і має площу 3 400 км².

Прут-Дністровське межиріччя складається з трьох елементів мегарельєфу: 1) вершинних поверхонь грядово-горбистого пластово-ерозійного межиріччя, представленого плоскими останцями колись єдиної вершинної поверхні з абсолютними висотами 320-350 м; 2) схилових поверхонь грядово-горбистого пластово-ерозійного межиріччя, які у вигляді смуги з абсолютними висотами 300-320 м, шириною в кілька кілометрів простягається з північного заходу на південний схід; 3) вододільні плоскі і горбисті поверхні, ускладнені карстовими формами, з абсолютними висотами

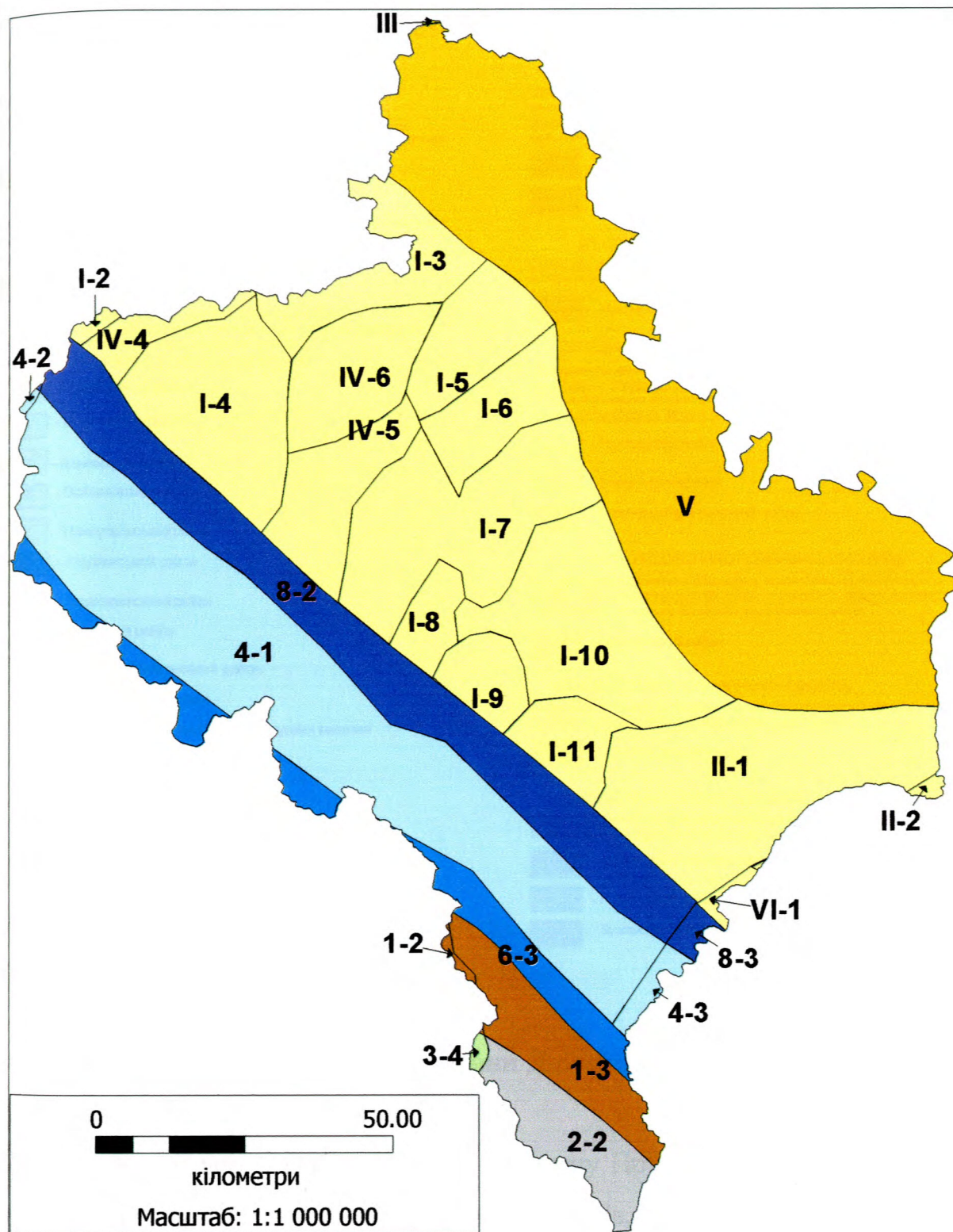


Рис. 3.3. Карта геоморфологічного районування території Івано-Франківської області

Умовні позначення до рис.3.3

<p>ОБЛАСТЬ РОЗТОЧЧЯ І ОПІЛЛЯ Складена крейдовими пісковиками, мергелями, неогеновими пісками, пісковиками та літотамнівими вапняками з дубово-сосновими та буково-грабовими лісами, з дерново-підзолистими і світлосірими лісовими ґрунтами на супісках та лесовидних суглинках</p> <p>III</p>	<p>ВИСОКОПІРНО-ПОЛОНИНСЬКА ОБЛАСТЬ Складена піщаним і піщано-глинистим флішем з альпійськими луками та субальпійським криволіссям на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах і ялиновими та буково-ялицево-ялиновими лісами на бурих гірсько-лісових ґрунтах</p> <p>1-2 - Свідовець-Братківський район 1-3 - Гринявський район</p>
<p>ПРУТ-ДНІСТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ Піднята хвиляста рівнина складена міоценовими глинами, вапняками і пісками з залишками дубово-грабово-букових лісів і орними землями з сірими лісовими і чорноземними ґрунтами на лесовидних суглинках і глинах.</p> <p>V</p>	<p>МІЖПІРНО-ВЕРХОВИНСЬКА ОБЛАСТЬ Складена глинистим та піщано-глинистим флішем з ялиново-ялицево-буковими лісами на бурих гірсько-лісових ґрунтах</p> <p>6-3 - Утловинний район</p>
<p>ПЕРЕДПІРНО-ВИСОЧИННА ОБЛАСТЬ Складена глинами, алевролітами і пісковиками з буково-дубовими лісами на дерново-підзолисто-глеєвих ґрунтах. Ландшафт - Денудаційно-аккумулятивних височин</p> <p>I-2 - Моршинський район I-3 - Присвіцький район I-4 - Долинський район I-5 - Войнилівський район I-6 - Прилуквинський район I-7 - Краснянський район I-8 - Горохолінський район I-9 - Лоевський район I-10 - Середньо-Майданський район I-11 - Печенжинський район</p>	<p>СЕРЕДНЬОПІРНО-СКИБОВА ОБЛАСТЬ Складена піщаним та піщано-глинистим флішем з буково-ялицевим-ялиновими лісами на бурих гірсько-лісових ґрунтах і гірсько-сосновим криволіссям та кам'яними розсипами на найвищих вершинах Горган</p> <p>4-1 - Горганський район 4-2 - Бескидський район 4-3 - Покутсько-Буковинський район</p>
<p>Ландшафт - Горбисто-грядових ерозійно-зсувних височин</p> <p>II-1 - Косівський район II-2 - Брусницький район</p> <p>Ландшафт - Акумулятивних улоговин</p> <p>IV-4 - Болехівський район IV-5 - Рожнятівський район IV-6 - Калушський район</p> <p>Ландшафт - Заболочених рівнин</p> <p>VI-1 - Багнецький район</p>	<p>ОБЛАСТЬ ВИСОКОПІРНО-ПОЛОНИНСЬКОГО ЯДРА Складена кристалічними сланцями, кварцитами та вапняками з субальпійськими луками на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах і ялиновими лісами на бурих гірсько-лісових ґрунтах</p> <p>2-2 - Чивчинський район</p>
	<p>СЕРЕДНЬОПІРНО-ПОЛОНИНСЬКА ОБЛАСТЬ Складена піщаним та піщано-глинистим флішем з ялицево-буковими лісами на бурих гірсько-лісових ґрунтах</p> <p>3-4 - Стг-Плайський район</p> <p>НИЗЬКОПІРНО-СКИБОВА ОБЛАСТЬ Складена глинистим флішем з ялицево-буковими лісами на бурих гірсько-лісових ґрунтах</p> <p>8-1 - Бескидсько-краєвий район 8-2 - Горганський-краєвий район 8-3 - Буковинсько-краєвий район</p>

280-300 м, з пологим нахилом до долини Дністра, розповсюджені в північній частині Прут-Дністровської області.

Долина Прута займає південну половину Прут-Дністровської області і приурочена до системи глибинних розломів, що відділяють Східно-Європейську платформу від Передкарпатського прогину. Ця довгоживуча активна розломна зона з підпорядкованими їй розломами - супутниками більш низького порядку визначила сучасну розгалужену річкову мережу басейну р.Прут. Багаточисельні ліві притоки з характерною лівобічною асиметрією приурочені до зон бокових розломів, що чітко дешифрується на космо- і аерофотознімках.

Формування долини р.Прут, за даними О.М.Адаменка, А.В.Гольберта, В.О.Осіюка та ін. [75], обумовлено нерівномірним підняттям території сучасного межиріччя Дністер-Прут протягом середнього пліоцену – антропогену.

Максимальна амплітуда цього неотектонічного підняття 400 м, при чому тільки за четвертинний період морфоструктура межиріччя виросла на 100-150 м. Процес підняття був безперервно-ритмічним, що привело до формування цілої системи надзаплавних терас. При цьому пліоценові тераси мають різницю в цоколях 15-25 м, а плейстоценові - 5-15 м.

Передгірно-височинна геоморфологічна область розташована південніше і займає площу в 5 835 км². На цій території виділено 4 типи ландшафтів: денудаційно-аккумулятивних височин, горбисто-грядових ерозійно-зсувних височин, аккумулятивних улоговин та заболочених рівнин, які в свою чергу поділяються на 16 ландшафтних районів.

Абсолютні висоти коливаються в межах 600-800 м. До Передкарпатської височини крайові хребти в межах басейну р.Бистриця-Надвірнянська утворюють досить виразний уступ з відносними висотами 200-400 м. Крайове низькогір'я являє собою горбисту місцевість з пологосхилими, куполоподібними горбами. Схили переважно розорані. Тут простежується чергування низькогірно-горбистого рельєфу з досить широкими улоговинами, створеними поперечними ріками та їх численними притоками в зонах м'яких флішевих верств. Улоговини мають добре розвинені цокольні (змішані) тераси. У цілому, низькогір'я характеризується м'якими обрисами. Майданське та Битківсько-Гвіздецьке структурні низькогір'я зі скульптурно-ерозійними формами, являють собою складки, так званих, нижніх молас Передкарпатського прогину, складених пісковиками та конгломератами. Складки простягаються вздовж краю Карпат, відділяючись від них широким пониженням, на якому є численні сліди древніх потоків, що протікали цим пониженням на рівні с.Лоевої. Абсолютні висоти структурного низькогір'я

досягають 700 м, схили його сильно розчленовані долинами потічків, що створює загалом складний низькогірний рельєф.

За густотою горизонтального розчленування рельєф низькогір'я належить до середньорозчленованого (віддаленість ліній вододілів від тальвегів ерозійних форм 500-1000 м), за глибиною вертикального розчленування до дрібно-розчленованого (100-250 м), за крутизною земної поверхні до гористого ($7-24^{\circ}$).

Рельєф Бистрицької улоговини флювіально-аккумулятивний ускладнений долинно-балковими формами. Акумуляція флювіогляціалу і алювію відбувалась нерівномірно, що пов'язано з кліматичними змінами і тектонічними рухами в Карпатах та Передкарпатті, внаслідок чого утворилась ціла серія терас. Ці тераси утворюють своєрідні аккумулятивні поверхні або рівні.

По густоті горизонтального розчленування рельєф Скибової зони Карпат належить до значно-розчленованого (віддаленість ліній вододілів від тальвегів ерозійних форм 100-500 м), по глибині вертикального розчленування та середньорозчленованих (250–500 м), по крутизні земної поверхні до горбистого та гірського ($7 - 24^{\circ}$ і більше 24°).

Рельєф Бистрицької улоговини по густоті горизонтального розчленування належить до слабо- і середньорозчленованого (100 м, 500–1000 м); по глибині вертикального розчленування до дрібно- та середньорозчленованого рельєфу хвилястих рівнин (10–25, 25–50 м), по крутизні земної поверхні до рівнинно-хвилястого ($0,5 - 1^{\circ}$) та пагорбкуватого ($1 - 4^{\circ}$).

Біля 50% території покрито лісами, в літологічній будові території з поверхні приймають участь алювіально-делювіальні суглинки, які середньостійкі до розмиву, та елювіально-делювіальні суглинки, глини, супіски з включеннями глибово-гальково-щебнистого матеріалу, які відносяться до стійких до розмиву порід.

Низькогірно-скибова геоморфологічна область займає центральну частину Івано-Франківської області у вигляді смуги, що простягається з

північного заходу на південний схід. Ширина смуги коливається від 4 до 11 км, загальна площа області 1 227 км². Поділяється на 3 райони: Бескидсько-краєвий, Горганський-краєвий та Буковинсько-краєвий.

Абсолютні висоти коливаються в межах 600-1200 м.

Район низькогірного рельєфу Скибових Горганів приурочений до Берегової і частково до Орівської скиб. Смуга низькогірних крайових хребтів шириною від 2–3 до 5–6 км простежується вздовж краю Карпат від долини рік Мізуньки і Свічі на північному заході до верхів'їв рік Ослави і Лючки на південному сході. Абсолютні висоти коливаються в межах 700–950 м. Максимум висот припадає на південно-західну частину району, що приурочена до насуву Орівської скиби, але не перевищує 1 000–1 100 м. Простежується декілька хребтів, які розділені долинами рік і потоків на окремі невеликі масиви з куполоподібними вершинами. Більшість з них мають вирівняні пригребеневі поверхні шириною 100–200 м з відносними висотами від 300 до 500 м, які є залишками давньої поверхні вирівнювання. До Передкарпаття низькогір'я підходить чітким орографічним уступом, відносні висоти якого місцями (межиріччя Чечви–Лімниці, Бистриці-Надвірнянської–Пруту) досягає 250–300 м. У межах району виділюють три підрайони: Вигодсько–Перегінський, Манявсько–Битківський і Делятинський.

Вигодсько–Перегінський підрайон займає межиріччя Мізуньки–Свічі–Лімниці. До складу підрайону належить три морфоструктури — Вигодська улоговина, Грабівське (межиріччя Свічі–Чечви) і Дубівське (межиріччя Чечви–Лімниці) низькогір'я, які можна виділити як окремі мікрорайони.

Манявсько–Битківський підрайон розміщений на межиріччі Лімниці – Бистриці Солотвинської – Бистриці Надвірнянської. Берегова скиба на межиріччі обох Бистриць має максимальну ширину (Битківський покрив), яку перекриває потужний насув Орівської скиби. Крім того, в околицях Биткова зафіксовано декілька тектонічних вікон з моласовими відкладами воротищенської серії. Провідну роль у будові низькогір'я відіграють відклади дрібно-

ритмічного флішу нижньо-і верхньоменілітової світ, а також бистрицької і частково стрийської світ.

Делятинський підрайон займає межиріччя Бистриці-Надвірнянської-Пруту, а також невелику ділянку на правобережжі Пруту (Ославське низькогір'я). Берегове низькогір'я звужене тут до 4–5 км, а на правобережжі Пруту до 1.5–3 км. У будові межиріччя беруть участь відклади менілітової, бистрицької, манявської і вигодської світ. Поперечними розломами межиріччя розбите на окремі блоки, до яких приурочені куполоподібні вершини, що нагадують ерозійно-денудаційні останці. Перевищення над денудаційно-аккумулятивною поверхнею Передкарпаття в околицях сіл Стримба і Лоева досягає 250–300 м.

Схили невисоких хребтів і окремих вершин сильно розчленовані численними притоками рік Бистриці Надвірнянської і Пруту. В долинах цих рік сформувалися у межах низькогір'я улоговиноподібні розширення – Пнів-Надвірнянське і Делятинське.

У Скибових Горганах гірські хребти, які простягаються з північного заходу на південний схід, збігаються з простяганням скиб і окремих лусок. Проте, на відміну від Бескидів тут часто нема прямолінійної форми хребтів. Потужні відроги, які відходять від головних хребтів у різних напрямках, утворюють компактні гірські масиви. Дуже часто простежується асиметрія гірських хребтів — північно-східні схили є крутіші, ніж південно-західні.

Значну роль у формуванні своєрідних ландшафтів Скибових Горганів відіграють потужні виходи ямненських пісковиків у пригребневих частинах хребтів, які утворюють великі поля кам'яних розсипищ. Крім того, у рельєфі Скибових Горганів відображено те, що вони є найактивнішим неотектонічним регіоном Скибових Карпат. Про це свідчить значна висота гір, велика амплітуда вертикального розчленування, слабка збереженість залишків давніх поверхонь вирівнювання, глибоко врізані поперечні долини з крутими схилами.

У районі середньогірних Скибових Горганів виділяють такі підрайони: 1) Сехліський; 2) Аршице–Яйко Ілемський; 3) Чортківсько–Станімирський; 4) Сивулянський; 5) Пасічнянсько–Яремчанський; 6) Довбушанський; 7) Запрутських Горганів. Морфологічні відмінності рельєфу підрайонів пов'язані з приуроченістю їх до поздовжніх морфоструктур (скиб): північно-східна смуга пов'язана переважно з Орівською і Сколівською скибами, південно-західна — зі скибами Парашки і Зелем'янки, частково Сколівською. Поперечні межі підрайонів проходять по долинах головних рік — Мизунки, Свічі, Лімниці, Бистриці Солотвинської, Бистриці Надвірнянської і Пруту.

Сехліський підрайон займає межиріччя Мізуньки–Свічі–Лімниці до межиріччя Свічі–Лімниці в межах Орівської і Сколівської морфоструктур. Від долини р.Мізуньки Орівська морфоструктура розширюється від 5–6 до 8–10 км. Взаємовідношення між скибами тут ускладнені насувами різної амплітуди, особливо потужний насув скиби Парашки на Сколівську.

Аршице–Яйко Ілемський підрайон приурочений до морфоструктур Парашки, Зелем'янки і Рожанки на межиріччях Мізуньки–Свічі–Лімниці. Для підрайону характерна значна розчленованість гірських хребтів на окремі групи, особливо у найбільше розширеній тут морфоструктурі Зелем'янки. Пригребеневі частини більшості хребтів і гірських груп приурочені до виходів масивних ямненських пісковиків, що сприяло утворенню великих полів кам'яних розсипів, компактності хребтів та окремих вершин, порівняно слабкому розчленуванню схилів.

Переважно на північно-східних схилах багатьох вершин збереглися сліди нівальнольодовикової обробки у вигляді лійкоподібних заглибин, що нагадують кари. Ріки і потоки в межах підрайону мають переважно ущелиноподібні долини з крутими схилами.

Чортківсько–Станімирський підрайон займає межиріччя Лімниці – Бистриці Солотвинської – Бистриці Надвірнянської в межах Орівської і Сколівської скиб. На межиріччі Лімниці – Бистриці-Солотвинської до підрайону належать морфоструктури хребта Гринькова (Орівська скиба) і

хребта Верх Пасічний–Полецька (Сколівська скиба). На межиріччі обох Бистриць — це морфоструктури хребтів Чортка (Орівська скиба) і Станимира (Сколівська скиба).

Оскільки в будові підрайону, особливо Орівської морфоструктури, провідну роль відіграють аргіліти й алевроліти стрийської світи, то більшість гірських хребтів і вершин мають м'які обриси. Ямненські пісковики відслонені вузькими смугами переважно вздовж гребенів найвищих хребтів, які вкриті кам'яними розсипами. Підрайон сильно розчленований численними ріками і потоками, які часто мають ущелиноподібні долини з дуже крутими й урвистими схилами. Багато з них є селенебезпечними. Головні ріки (Лімниця, Бистриця Солотвинська, Бистриця Надвірнянська) у межах підрайону мають порівняно широкі терасовані ділянки долин.

Сивуляньський підрайон охоплює найвищу частину Скибових Горганів і, відповідно, всіх Скибових Карпат. Приурочений до скиб Парашки і Зелем'янки на межиріччі Лімниці і Бистриці-Надвірнянської.

Пасічнянсько-Яремчанський підрайон розміщений на межиріччі Бистриці Надвірнянської і Пруту в межах Орівської морфоструктури. Орівська морфоструктура тут має максимальну ширину — до 14 км. У будові підрайону переважають відклади стрийської світи верхньої крейди. Масивні ямненські пісковики відслонені вузькими смугами переважно у південно-східній частині підрайону. Територія сильно розчленована численними ріками і потоками, які часто мають вигляд невеликих ущелин.

Довбушанський підрайон охоплює межиріччя Бистриці-Надвірнянської–Пруту в межах морфоструктур Сколівської і Парашки. Підрайон сильно розчленований притоками рік Бистриці Надвірнянської, Пруту, Зелениці, Прутця Яблунецького та ін.

Підрайон Запрутських Горганів займає правобережну частину басейну р.Прут і охоплює морфоструктури, які сформувалися на скибах Орівській, Сколівській, Парашки і Зелем'янки. Скиби Сколівська і Зелем'янки на

правобережжі р.Прут занурюються і перекриті, відповідно, скибою Парашки й олігоценовими відкладами зони Кросно.

Орівська морфоструктура займає більше половини території Запрутських Горганів. Ширина вздовж долини р.Прут становить близько 12–14 км. У рельєфі є декілька хребтів карпатського простягання, приурочених до окремих складок (лусок), у будові яких домінує дрібноритмічний фліш стрийської світи.

Південна частина підрайону Запрутських Горганів пов'язана зі звуженими скибами Сколівською, Парашки і Зелем'янки (скиби Сколівська і Зелем'янки тут занурюються і виклинює). У рельєфі представлена хребтами, пригребеневі частини яких складені ямненськими пісковиками. Хребти мають скелясті гребені, на схилах і гребенях — кам'яні розсипи.

Район низькогірного рельєфу Покутсько-Буковинських Карпат. Низькогірний рельєф сформувався на Бориславсько-Покутському покриві Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. Східніше межиріччя Пруту і Пістинки структури покриву виходять на поверхню у вигляді антиклінальних складок, ядра яких утворені стійкими відкладами стрийської (верхня крейда) і ямненської (палеоцен) світи.

У рельєфі чітко простежуються антиклінальні хребти і синклінальні долини. Вони утворюють декілька низькогірних гірських ланцюгів з переважними абсолютними висотами 700–900 м. Наростають абсолютні та відносні висоти від краю вглиб гір. Ширина Покутсько-Буковинського низькогір'я зменшується з північного заходу на південний схід від 15 км до 10–5 км у Буковинській частині. За особливостями рельєфу район розділений на два підрайони: Покутське низькогір'я і Буковинське низькогір'я, межа між якими проходить по долині р.Черемош.

Покутське низькогір'я дуже чітко виділене морфоструктурами, що сформувалися на антиклінальних складках. Одновисотні хребти і куполоподібні вершини відповідають відпрепарованим денудацією ядрам складок.

Буковинське низькогір'я охоплює територію на схід від долини Черемошу до кордону з Румунією. Складки Покутського покриву тут звужуються, зливаються між собою і виклинюються.

Район середньогірного рельєфу скибових Покутсько-Буковинських Карпат розміщений між Прут–Черемоським вододілом на північному заході і кордоном з Румунією на південному сході в межах морфоструктур Парашки й Орівської. На півночі район межує з Покутсько-Буковинським низькогір'ям, на півдні – з Ворохта-Путильським низькогір'ям Вододільно-Верховинських Карпат. Для району характерна добре виражена асиметрія гірських хребтів, значне вертикальне і горизонтальне розчленування, переважання вузьких і глибоких річкових долин, наявність великих за розмірами водозбірних лійок (котлів) у верхів'ях, переважання вузьких хребтів, часто із скелястими гребенями у покутській частині та масивних хребтів із зубчастими гребенями у буковинській частині району.

За морфологічними ознаками, морфоструктурними і морфоскульптурними особливостями район середньогірного рельєфу скибових Покутсько-Буковинських Карпат розділяють на два підрайони: Покутське середньогір'я і Буковинське середньогір'я. Межа поміж ними проходить по долині р.Черемош.

Покутське середньогір'я поміж вододілом рік Пруту–Черемошу та долиною р.Черемош приурочене до скиб Орівської і Парашки. Орівська скиба на цій ділянці різко звужена з 8–10 км до 3–5 км, з південного заходу перекрита скибою Парашки, а в північно-східному напрямі насунена на Покутський покрив.

Із розміщеною південніше морфоструктурою Парашки у межах підрайону пов'язана найвища частина Покутсько-Буковинського середньогір'я. Більшість вершин має гострокутну форму, іноді у вигляді конуса, вкриті кам'яними розсипами. Кам'яні розсипи покривають також значні площі схилів. Через це ландшафт Покутського середньогір'я близький до горганського типу.

Буковинське середньогір'я розміщене між долиною р.Черемош і кордоном з Румунією, охоплює морфоструктуру Орівську та Парашки. З Орівською морфоструктурою пов'язані два паралельні хребти, які приурочені до двох паралельних складок і розділені вузькою синкліналлю Писаного Каменю.

Як видно з рисунку 3.3 та наведеного опису територія Івано-Франківської області має досить складну геоморфологічну будову. Складний рельєф, висока ступінь розчленованості створює умови для розвитку небезпечних геологічних процесів.

3.3 Геологічна будова

При вивченні екзогенних геологічних процесів (ЕГП), та зсувних процесів, зокрема, особливу увагу приділяють геологічній будові території досліджень (рис.3.4). Адже саме геологічне середовище є середовищем розвитку ЕГП, як у природних так і в техногенно-порушених умовах.

Під геологічним середовищем, при побудові прогнозних моделей, буде розглянуто не лише стратиграфо-генетичні комплекси відкладів, а й літологічний склад, тектонічну будову, інженерно-геологічне районування.

В даному розділі будуть розглянуті ті основні різновидності порід, які найбільш чутливі до розвитку ЕГП.

Стратиграфо-генетичні комплекси відкладів Східно-Європейської платформи характеризуються "спокійними", майже горизонтально залягаючими осадовими породами протерозойського, палеозойського, мезозойського і кайнозойського віку.

Четвертинні відклади в межах південно-західної околиці Східно-Європейської платформи мають широке, майже повсюдне розповсюдження. Найбільш розповсюджені елювіальні та елювіально-делювіальні утворення. З ними пов'язана більшість зсувів, які розвиваються на схилах рік і струмків. Потужність основних зсувних порід, як правило, контролюється потужністю

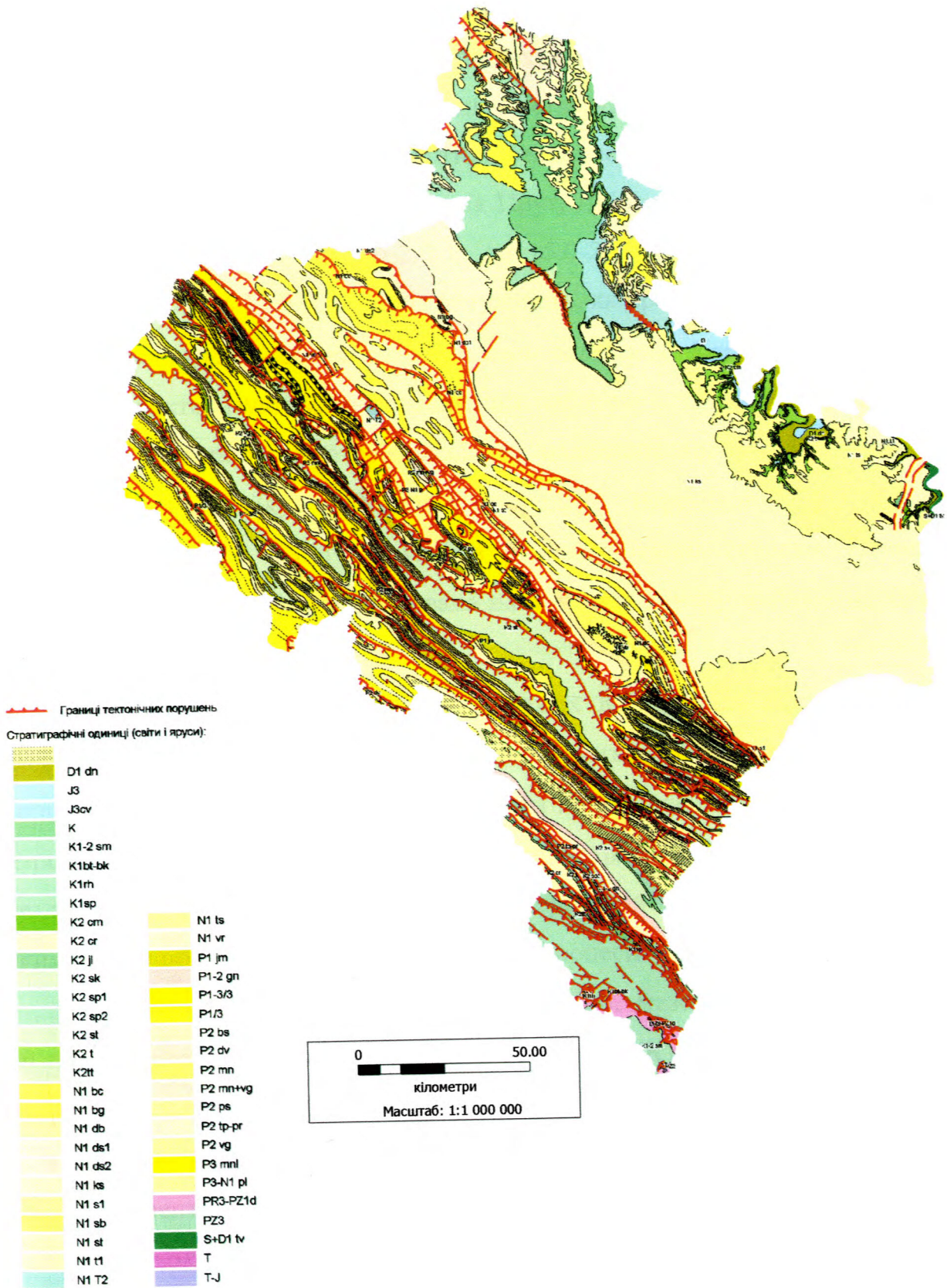


Рис. 3.4. Геологічна карта території Івано-Франківської області

делювіальних відкладів і змінюється від 2-3 м до 10-15 м. Широке розповсюдження мають алювіальні утворення, які представлені галькою, щебенем, глинами, суглинками, торфом, пісками. З четвертинними глинами і суглинками високих терас рік пов'язані багаточисельні зсуви зрушення, що знаходяться, як правило, на правому березі рік Прут, Дністер. Потужність алювіальних відкладів складає від 1.0-2.0 м до 15.0-20.0 м. Алювіальні відклади місцями досягають 15.0 м, середня потужність, як правило, складає 5.0-8.0 м.

Стратиграфо-генетичні комплекси відкладів Карпатської гірської області характеризуються різноманітним набором осадових, магматичних і метаморфічних порід протерозойського, палеозойського, мезозойського і кайнозойського віку. Осадові породи, переважно у вигляді двохкомпонентного флішу, зім'яті в різноамплітудні складки. Невелика частина порід слабо метаморфізована на контакті з інтрузивними породами (Мармарошський масив).

Екзогенні геологічні процеси в межах Карпатської гірської області мають широке розповсюдження і характеризуються чітко вираженою в просторі та часі негативною дією, як на об'єкти природного середовища, так і на народногосподарські об'єкти. При розгляді стратиграфо-генетичних комплексів порід більш детально буде дана характеристика тих компонентів, з якими тісно пов'язані екзогенні геологічні процеси.

Екзогенні процеси у відкладах палеозою, мезозою мають обмежене розповсюдження. Відклади крейдової системи (К) в межах Карпатської гірської області мають дуже широке розповсюдження. Вони незгідно залягають на юрських і більш давніх породах. Представлені, як правило, двохкомпонентним флішем.

Нижньокрейдіві відклади мають широкий розвиток в Дуклянській і Кросненській зонах. Представлені глинистою товщею зі значним вмістом мергелистих прошарків. Зустрічаються пісковики, вапняковисті аргіліти, алевроліти. Потужність порід нижньої крейди складає від 200 до 400 м. У відкладах нижньої крейди відмічені зсувні й ерозійні процеси. Пісковики є

складовою частиною сельових потоків.

Серед різноманітних літолого-фаціальних різновидностей крейдових відкладів найбільш сприятливим середовищем розвитку екзогенних геологічних процесів є породи тонкоритмічного двохкомпонентного флішу, який з одного боку легко руйнується, а з другого боку, може бути середовищем розвитку декількох генетичних типів зсувів (зсуви-потоки, зсуви зрушення, зсуви ковзання).

Кайнозойська група (KZ) в межах Карпатської складчастої області представлена товщею осадових відкладів, більша частина яких зім'ята в різноамплітудні складки і розбита складною системою розломів, ускладнена насувами.

Відклади палеогенової системи (P) широко розвинені в межах Карпатської складчастої області, представлені флішем і є середовищем розвитку як твердої сельової складової, так і основою зсувних схилів. Відмічається повний розріз палеогену, що представлений трьома відділами: палеоцену, еоцену, олігоцену.

Найбільш древніми відкладами палеоцену (P₁) є відклади ямненської світи. Вони мають широке розповсюдження в Скибовій зоні Карпат і представлені переважно сірими кварцовими пісковиками, дрібнозернистими слюдистими, товсто шаруватими. Потужність світи 275-350 м. Пісковики утворюють обвали, попадаючи в русла гірських рік, пісковики є чудовим матеріалом формування водокам'яних селей. Середня потужність відкладів палеогену складає 300-400 м, рідше до 600-800 м.

Еоценові відклади (P₂) у вигляді смуги північно-східного простягання мають широке розповсюдження в Скибовій зоні Карпат і представлені манявською, вигодсько-пасічнянською світами, в межах яких відмічається широкий розвиток зсувів ковзання та зсувів-потоків. З відкладами бистрицької світи пов'язаний розвиток ряду структурно-тектонічних зсувів. Таким чином, еоценові породи є сприятливим середовищем для розвитку екзогенних процесів завдяки наявності в розрізі прошарків легкоруйнівних

аргілітів. Особливо сильно зсувним процесам піддаються відклади Кросненської зони, у межах привододільних частин. Потужність еоценових відкладів коливається в межах від 300 до 1000 м.

Відклади олігоцену (P_3) мають широкий розвиток і відіграють досить значну роль у процесі розвитку ЕГП. Породи олігоцену розповсюджені в Скибовій, Кросненській і Дуклянській зонах. У Скибовій і Кросненській зонах вони представлені потужною товщею сірих піщано-глинистих порід з пачкою менілітових відкладів в основі. Для розвитку ЕГП найбільшу роль відіграють породи менілітової світи, яка складена глинистим флішем, що представлений чорними аргілітами з прошарками пісковиків, у підозві яких знаходиться кремнієвий горизонт. Середня частина розрізу представлена чергуванням сірих, темно-сірих аргілітів із прошарками сірих міцних пісковиків і алевролітів. Верхня частина розрізу представлена листуватими чорними аргілітами, що чергуються з прошарками сірих міцних пісковиків і алевролітів. Характерними для розрізу є прошарки доломітів, мергелів, туфів. Пісковики менілітової світи є одним із компонентів твердої складової сельових потоків. Крім цього, у межах зон їх розповсюдження відмічається також *зсуви-обвали, зсуви-потоки*. Потужність світи 120-150 м.

В межах Дуклянської зони олігоценіві відклади представлені, головним чином, пісковиками з тонкими прошарками аргілітів з підпорядкованим значенням мергелів, які відносяться до маловиженської і дусинської світ. Ці породи менше підлягають розвитку ЕГП. Їх середня потужність складає 300-500 м.

Загалом характеризуючи стратиграфо-генетичні комплекси порід Карпатської гірської області, слід відмітити широкий розвиток ЕГП в межах Карпат, особливо при техногенному впливі на породи схилів (прокладання доріг, інженерних комунікацій, будівельні роботи тощо). Велика кількість літолого-фаціальних різновидностей порід не дають можливості однозначно виділити і конкретизувати середовище розвитку ЕГП в межах Карпатської гірської області. Це пов'язано в першу чергу з невитриманістю міцнісних

властивостей порід, різною потужністю делювіальних відкладів, гідроген-логічними особливостями, тектонікою, сучасними вертикальними рухами.

Висновки до розділу 3.

У даному розділі наведено опис фізико-географічних, кліматичних, ландшафтних та геологічних умов Івано-Франківської області. Як видно з наведеного вище, територія області має надзвичайно складну геологічну будову, особливо в частині Гірських Карпат. Рельєф території області складний, сильно розчленований, з густою річковою мережею. У ландшафтному районуванні Івано-Франківської області виділяють 9 ландшафтних областей і 29 ландшафтних районів.

У таких природних умовах розвиток зсувних процесів має масовий характер і поширений на значних площах. Слід зауважити, що з точки зору моделювання, територія Івано-Франківської області надзвичайно складна.

РОЗДІЛ 4

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНО-СТАТИСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОСТОРОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

4.1 Характеристика зсувів, зафіксованих у межах Івано-Франківської області

Підприємствами Державної геологічної служби ведуться роботи по наповненню бази даних державного кадастру зсувів. На території Івано-Франківської області зафіксовано 790 зсувів, з них до державного кадастру внесено 766. В якості атрибутивної інформації по кожному зі зсувів фіксуються геометричні, геоморфологічні, геологічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні характеристики, усього понад 40 параметрів.

За типом зсуву виділено: циркоподібних — 304, фронтальних — 435, складних — 9, неправильних — 13, каплевидних — 3, витянутих — 2.

За генезисом серед зсувів виділені зсуви течії — 577, структурно-пластичні — 148, зміщення — 19, ковзання — 16, ковзання-течії — 6.

За механізмом зміщення зсувних мас виділено: втрата первинної структури порід в зонах зміщення внаслідок зміни їх вологості — 12, зміщення блоків порід по ослаблених зонах на нижні гіпсометричні горизонти — 160, воднопластична течія глинистих порід по підготовленій поверхні — 470, втрата первинної структури порід в зонах зміщення в наслідок зміни їх вологості — 38, в однорідних породах, поверхня ковзання круглоциліндрична — 84, зміщення блоків порід по ослаблених зонах — 2

За формою зсувного схилу виділено звивистих — 417, ввігнутих — 52, опуклих — 90, прямих — 80, ввігнуто-опуклих — 15, хвилястих — 9, фронтальних — 100, підковоподібних, капле видних та опукло-ввігнутих по 1.

За типом поверхні ковзання серед зсувів Івано-Франківської області виділено: ввігнутих — 39, хвилястих — 403, ступінчастих — 298, опуклих — 6, прямолінійних — 10, звивистих — 5, плоских — 2, прямих — 2, ввігнуто-опуклих — 1.

Склад зсувних мас наведено в таблиці 4.1, всього виділено 35 відмінностей.

Таблиця 4.1

Літолого-віковий склад зсувних порід

Опис зсувних мас	Кількість зсувів
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш P_{2-3}	21
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш P_3	97
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш $K_{2sr}+P_{1-3}$	15
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш K_{1-2}	61
Аргіліти, алевроліти, фліш PR-PZ	5
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш K_1	9
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш K_{2sr}	4
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш K_2-P_3	1
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1sb+bc}	34
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глинистий фліш K_2-P_3	151
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1s1}	67
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глинистий фліш $N_{1ks}-P_3$	18
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глинистий фліш N_{1ks}	2
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща, фліш P_{2-3}	6
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща, фліш P_{1-3}	18
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща, фліш $K_{2sr}+P_{1-3}$	3
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща, фліш K_{2sr}	9
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща, фліш P_3	10
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1ks}	162
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1db+bc}	9
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1sb+bc}	1
Піщано-глиниста, галечникова товща aiv	1
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1ds}	8
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1t2}	4
Піщано-глинистий фліш K_2	1
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1ts}	5
Суглинки, глини. піщано-глиниста товща N_{1db+bc}	6
Аргіліти, алевроліти, делювіальні суглинки, фліш P_{2-3}	9
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1db+bc}	4
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща N_{1bc}	5
Перешарування аргілітів, глин, піщано-глинистий фліш P_{2-3}	11
Перешарування аргілітів, глин, піщано-глинистий фліш K_{2sr}	4
Перешарування аргілітів, глин, піщано-глинистий фліш $K_{2sr}+P_{1-3}$	3
Перешарування аргілітів, глин, піщано-глинистий фліш P_3	1
Суглинки, глини e-d Q; піщано-глиниста товща K_{2sr}	1

Також було проведено статистичні аналізи з метою встановлення можливих зв'язків між характеристиками зсувів, наведеними в державному кадастрі, та обґрунтованими в розділі 2 чинниками зсувної небезпеки.

На рис.4.1 наведено тематичну карту розподілу зсувів різного генетичного типу в межах інженерно-геологічних районів на території досліджень.

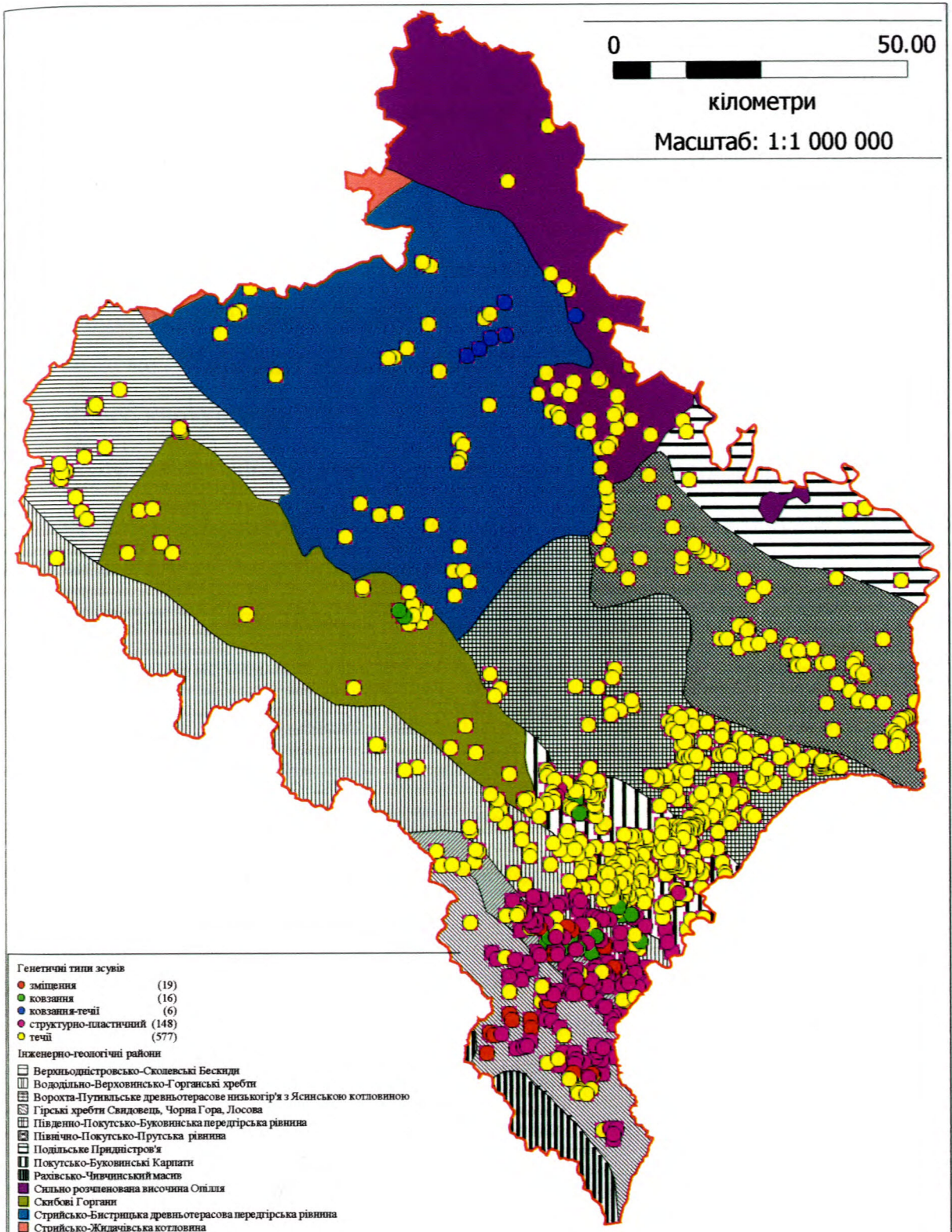


Рис. 4.1. Тематична карта розподілу зсувів різного генезису по інженерно-геологічним районам на території Івано-Франківської області

Результати кореляційного аналізу, проведеного з метою встановлення можливого зв'язку між генетичним типом, формою зсуву та інженерно-геологічними районами (ІГР) на території Івано-Франківської області, дають підстави стверджувати про відсутність такого зв'язку:

- коефіцієнт кореляції між генетичним типом та ІГР – 0.22;
- коефіцієнт кореляції між формою зсуву та ІГР – 0.01;
- коефіцієнт кореляції між генетичним типом та формою зсуву – 0.07.

Цей же висновок, повністю підтверджується і результатами тематичного картування.

Статистичний аналіз інших зафіксованих у кадастрі параметрів зсувів дає підстави для припущення про недоцільність їх використання при побудові регіональних прогнозних моделей.

Ще одне припущення, яке можна зробити на підставі аналізів результатів статистичних досліджень, полягає в тому, що для моделей регіонального масштабу не суттєвими є генетичний тип зсуву, форма зсуву та геометричні розміри.

Таким чином, при створенні регіональної системи просторового прогнозування зсувної небезпеки необхідно дотримуватись принципової схеми побудови, яка передбачає:

- 1) збір всіх доступних вихідних даних – як картографічних, так і атрибутивних (описових) на територію досліджень;
- 2) приведення вихідних картографічних матеріалів до єдиного формату обраної геоінформаційної системи та масштабу;
- 3) створення еталонної бази даних по чинниках, що впливають на модельований процес;
- 4) статистичний аналіз величин чинників з еталонної бази даних та визначення найбільш вагомих та інформативних чинників;
- 5) розробка ймовірнісної статистично-математичної моделі виникнення чи активізації процесу;
- 6) оптимізація картографічних та атрибутивних даних у відповідності

до створеної ймовірнісної статистично-математичної моделі для використання в ГІС;

- 7) створення програмних модулів ГІС;
- 8) перевірка параметрів моделі на даних, що не були задіяні при розробці математичної моделі;
- 9) розробка інтерфейсу користувача і засобів для представлення результатів моделювання.

Саме за такою схемою було виконано побудову регіональної системи просторового прогнозування зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області.

4.2 Вихідні дані

Виходячи з уявлень про просторові чинники зсувної небезпеки та їх теоретичне обґрунтування, наведене в розділі 2, у першу чергу, виникає необхідність у представленні вихідних даних у формі, придатній для використання в ГІС, та їх приведенні до єдиного масштабу, який відповідає масштабу досліджень.

Оскільки більшість існуючих картографічних матеріалів для території адміністративної області побудовані в масштабі 1 : 200 000, то і при побудові регіональної системи прогнозування зсувної небезпеки було використано цей же масштаб.

В якості базової ГІС для розробки системи прогнозування зсувної небезпеки було обрано повнофункціональну геоінформаційну систему MapInfo корпорації Pitney Bowes Software Inc.

Досвід виконання подібних робіт свідчить, що переважаюча кількість картографічних матеріалів існують лише на паперових носіях і в більшості випадків вони мають різний масштаб. У зв'язку з цим виникає потреба в перетворенні існуючих карт у цифровий вигляд і приведення їх до єдиного масштабу.

Картографічні матеріали та відповідні атрибутивні дані представлені в цифровому вигляді в інших форматах, необхідно перетворити в формат обраної ГІС.

При виконанні даної роботи автором було виконано оцифровку тектонічної карти Українських Карпат, побудованої під редакцією В.В.Глушко, С.С.Круглова в 1986 р.; карту ґрунтів Івано-Франківської області, складену колективом авторів інституту «Укрземпроект» та Українського науково-дослідного інституту ґрунтознавства ім.О.М.Соколовського в 1967 р.; карту гідроізогіпс водоносного горизонту четвертинних відкладів Івано-Франківської області, складену під редакцією В.П.Федосєєва, Б.Д.Стеценко, Є.А.Тімченко в 1993 р.; карту ландшафтного районування Карпатського регіону, автори Г.П.Міллер, А.В.Мельник, О.М.Федірко, 1996 р.; гідрогеологічну карту дочетвертинних відкладів Івано-Франківської області, автор І.Ф.Войтович, 2004 р.; карту розподілу середньорічної кількості опадів на території Івано-Франківської області.

У зв'язку з тим, що на існуючій у форматі MapInfo фізико-географічній карті області рельєф представлений у вигляді горизонталей, проведених через 40 метрів, виникає потреба в побудові цифрової моделі рельєфу (ЦМР). Автор виконав побудову ЦМР на підставі існуючої карти рельєфу з залученням даних з математичної основи та даних з карти масштабу 1 : 100 000, а також характерних точок рельєфу (вершин гір, пагорбів, пунктів державної геодезичної мережі, пунктів тріангуляції та відміток урізів водотоків). Для побудови ЦМР були задіяні біля 3 000 000 фактичних значень. Цифрова модель рельєфу будувалась з кроком 20 x 20 м і охоплює територію області з буферною зоною в 15 км. Буферна зона навколо контуру області необхідна для усунення, так званих, крайових ефектів при побудові ЦМР машинним способом (рис.4.2).

На підставі побудованої ЦМР було виконано побудову карти кутів нахилу денної поверхні та карту експозиції схилів, представлених також у вигляді безперервних поверхонь (рис.4.3, 4.4).

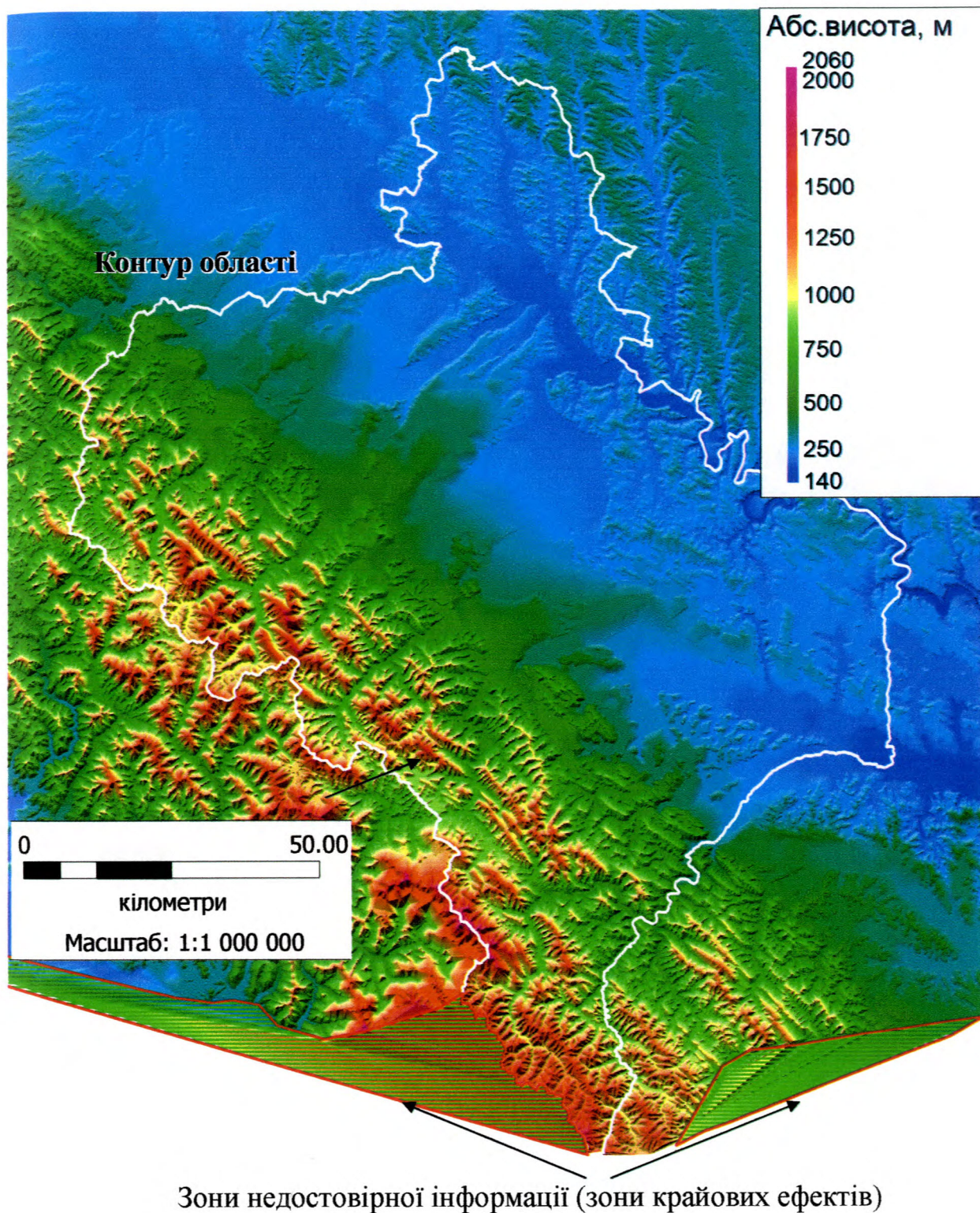


Рис. 4.2. Цифрова модель рельєфу Івано-Франківської області

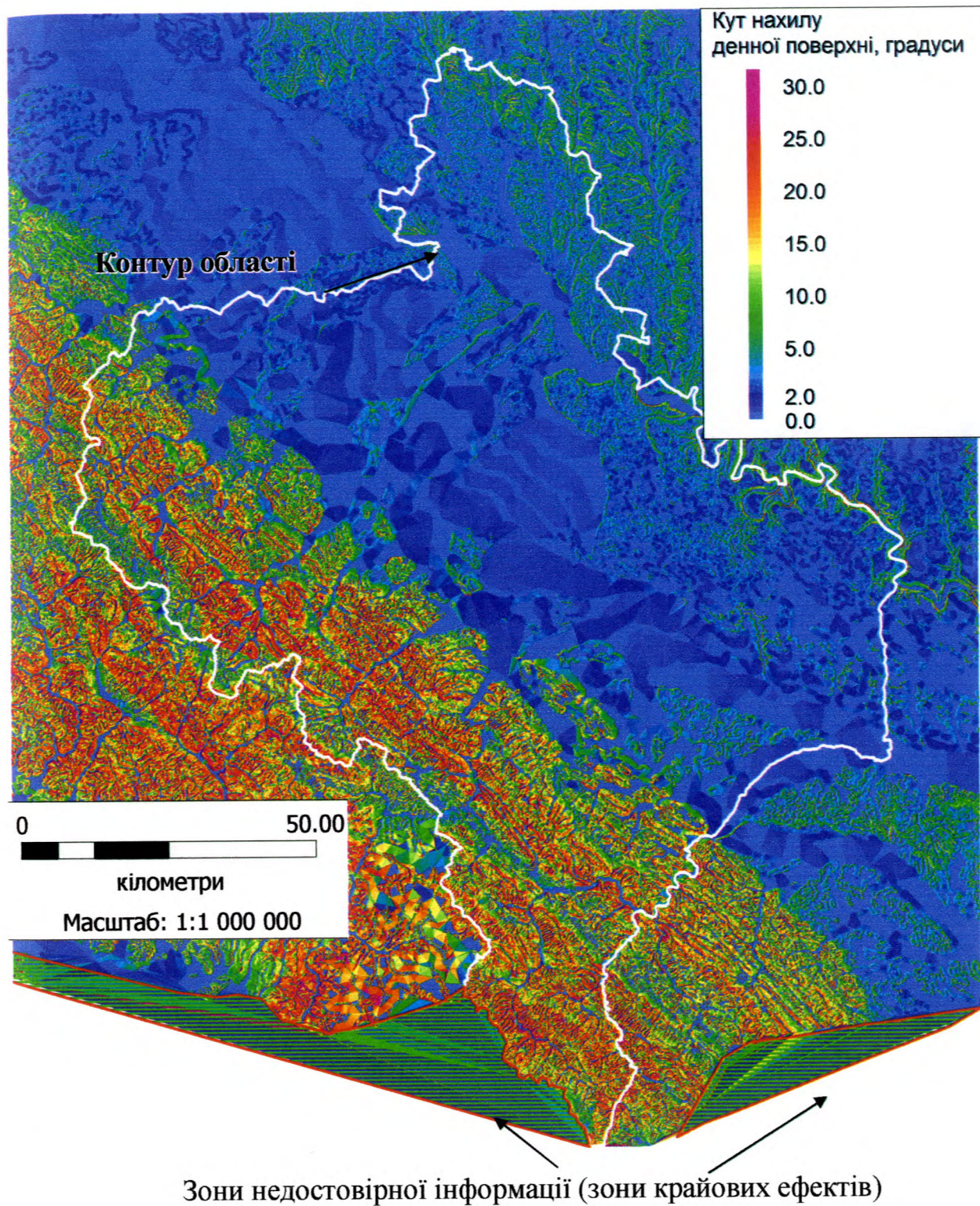


Рис. 4.3. Карта кутів нахилу денної поверхні Івано-Франківської області

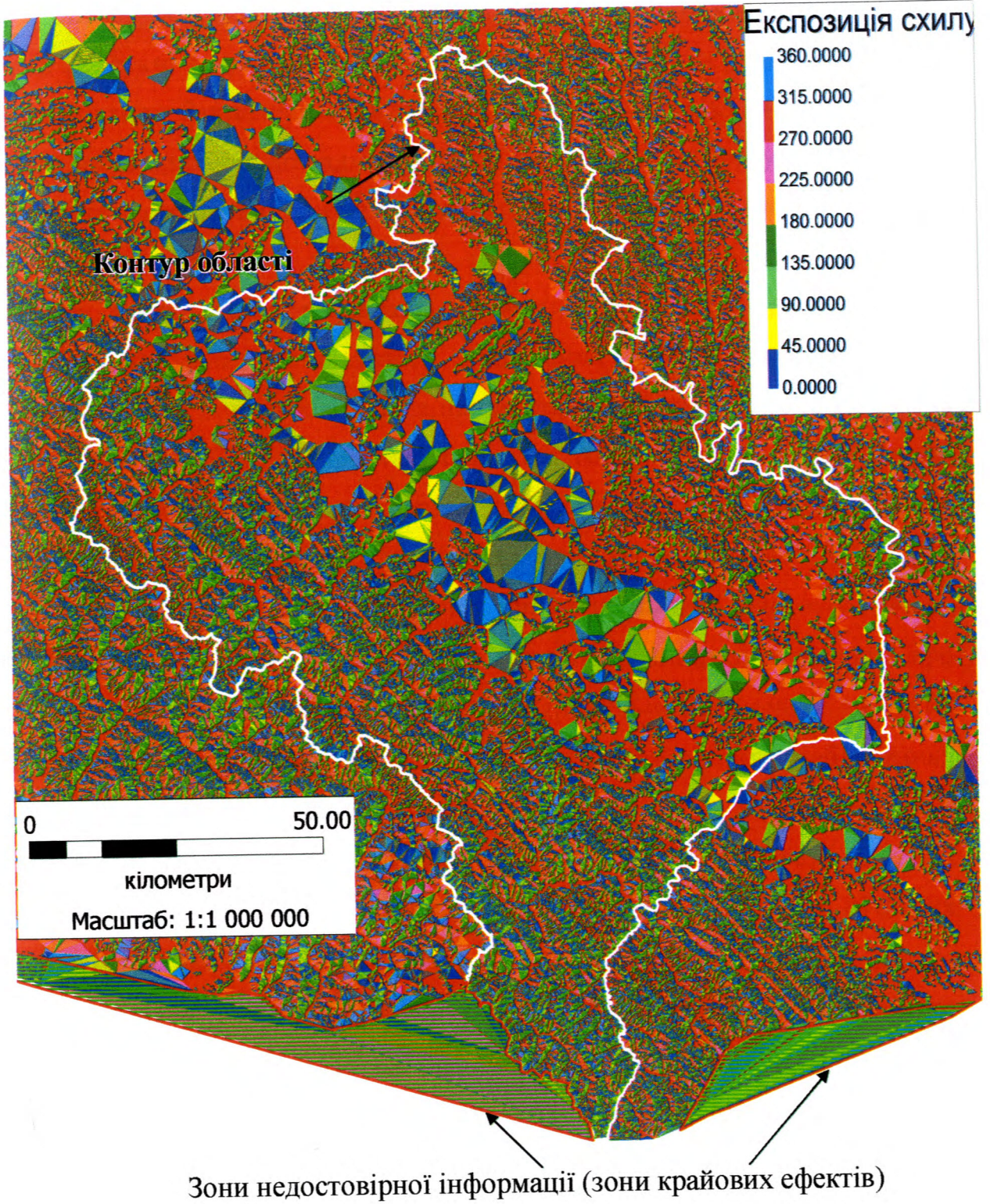


Рис.4.4. Карта експозиції схилів денної поверхні Івано-Франківської області

При побудові цифрової моделі рельєфу та похідних карт (кутів нахилу денної поверхні та експозиції схилів) необхідно звертати увагу на точність вихідних даних. Захоплення можливістю отримати карти ізоліній з будь-яким кроком може привести до надмірної деталізації, що в свою чергу приводить до отримання помилкових вихідних даних. При виконанні таких побудов максимально допустима деталізація не повинна перевищувати половину вихідних даних. Загалом, бажано залучати дані з карт більш крупних масштабів та дані дистанційного зондування Землі. Особливої уваги потребують зони річкових долин та привершинні ділянки. Ці зони на картах масштабів 1 : 200 000, як правило, обмежені горизонталями з однаковими значенням, що при побудові карт кутів нахилу денної поверхні дасть величину в 0 градусів, тобто плоску поверхню, що не відповідає дійсності. Наявність в базі даних зсувоініціуючих чинників значної кількості значень кутів нахилу близьких до нуля, в більшості випадків свідчить про необхідність уточнення карт рельєфу та карти кутів нахилу денної поверхні. Уточнення існуючих карт дозволяє підвищити достовірність побудованих безперервних поверхонь та всієї моделі загалом.

Цифрова модель рельєфу також була використана в якості вихідних даних для побудови карти водорозділів, карти тальвегів, карт річкових басейнів різних порядків.

Таку значну увагу цифровій моделі рельєфу та похідним картам було приділено в зв'язку з тим, що за [21], загальна рівновага схилу визначається співвідношенням п'яти величин: крутизни схилу, загальної висоти схилу H , кута внутрішнього тертя ґрунту φ , його зчеплення C і об'ємної ваги γ . При однакових геологічних умовах, тобто при постійних значеннях величин φ , C , γ критична крутизна схилів визначається функцією тільки однієї величини H , тобто висоти схилу [21]. Таким чином, в однорідних геологічних умовах, за О.П.Ємельяною, висота схилу є основним показником, що визначає його крутизну.

Оскільки визначення кута внутрішнього тертя ґрунту φ , його зчеплення

С і об'ємної ваги γ вимагає проведення додаткових польових робіт і є неможливим у статистично вагомих обсягах, для регіональних прогнозних моделей надзвичайно важливими стають значення абсолютної висоти, куту нахилу денної поверхні та віддалей від найближчих водорозділів та тальвегів. Ці величини дозволяють побічно оцінити величину геопотенціалу.

Урахування в моделі геологічних чинників зсувної небезпеки було здійснено шляхом залучення до аналізу та подальшого використання відповідних картографічних матеріалів: геологічної карти (рис.3.4), тектонічної схеми (рис.4.5), карти інженерно-геологічного районування (рис.4.6), карти розривних порушень (рис.4.7), гідрогеологічної карти (рис.4.8).

Антропогенний вплив на природні процеси виникнення та активізації зсувних явищ було враховано шляхом визначення величин техногенних чинників: віддалі зсувів від меж населених пунктів та віддалі зсувів від автомобільних та залізничних шляхів. Визначення фактичних значень виконувалось по цифровій географічній карті Івано-Франківської області (рис.3.2).

Аналіз чинників зсувонебезпеки іншого типу – метеорологічних (рис.4.9) і геоморфологічних (рис.3.3 та рис.4.10) було виконано на підставі даних, отриманих із відповідних карт.

У відповідності до алгоритму побудови моделі, наступним кроком було створення бази даних вихідних фактичних значень усіх залучених до аналізу чинників.

Для розрахунку інтегральної еталонної характеристики для кожного зареєстрованого в державному кадастрі зсуву визначались значення по кожному чиннику.

Отримання значень виконувалось в середовищі ГІС за наступною схемою.

Для чинників зсувної небезпеки, які представлені у вигляді картографічних площинних об'єктів, попередньо розраховувалась оцінка ураженості територій окремого об'єкту, яка базується на співвідношенні, що виражається формулою (4.1):

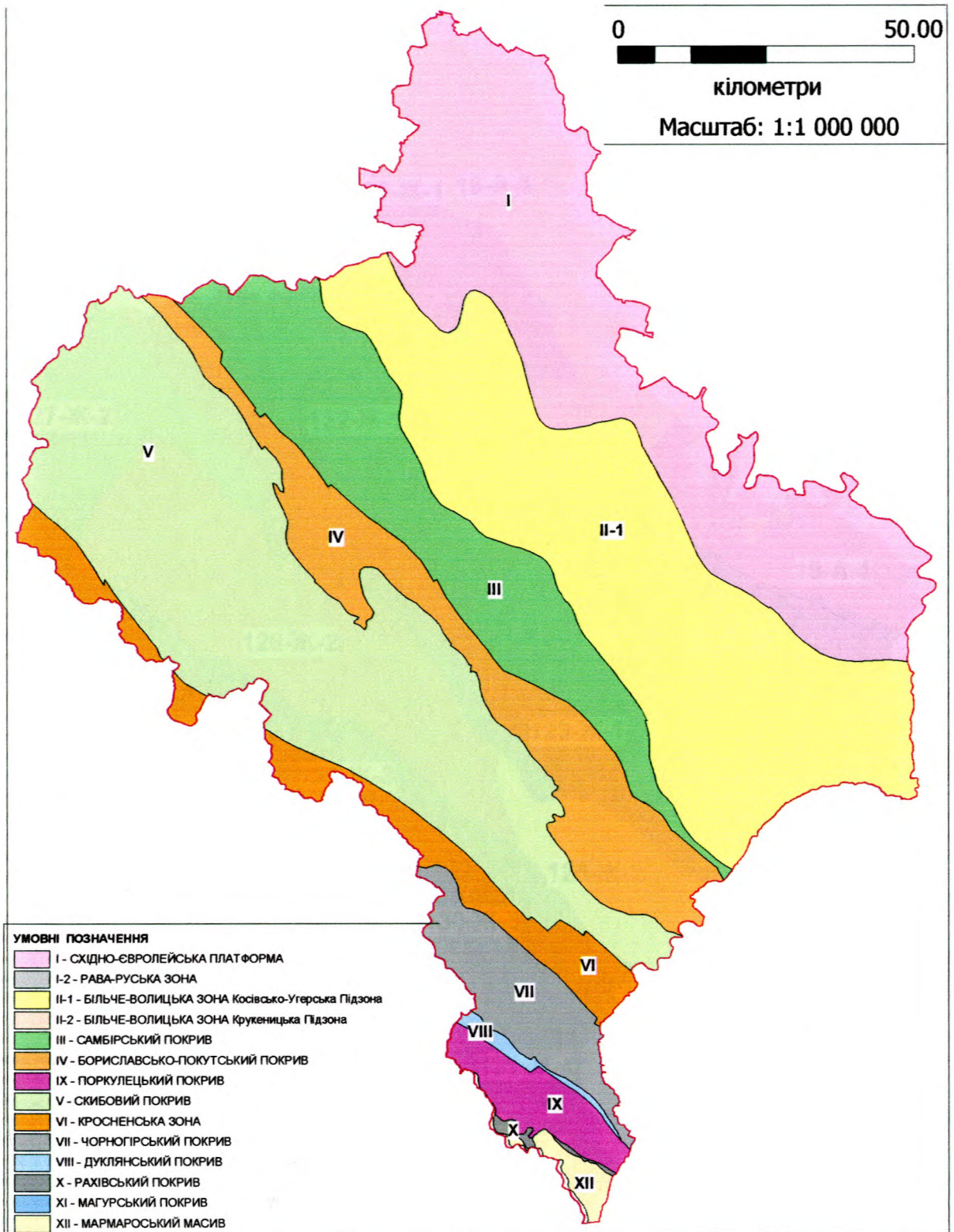


Рис.4.5. Схема тектонічного районування території Івано-Франківської області

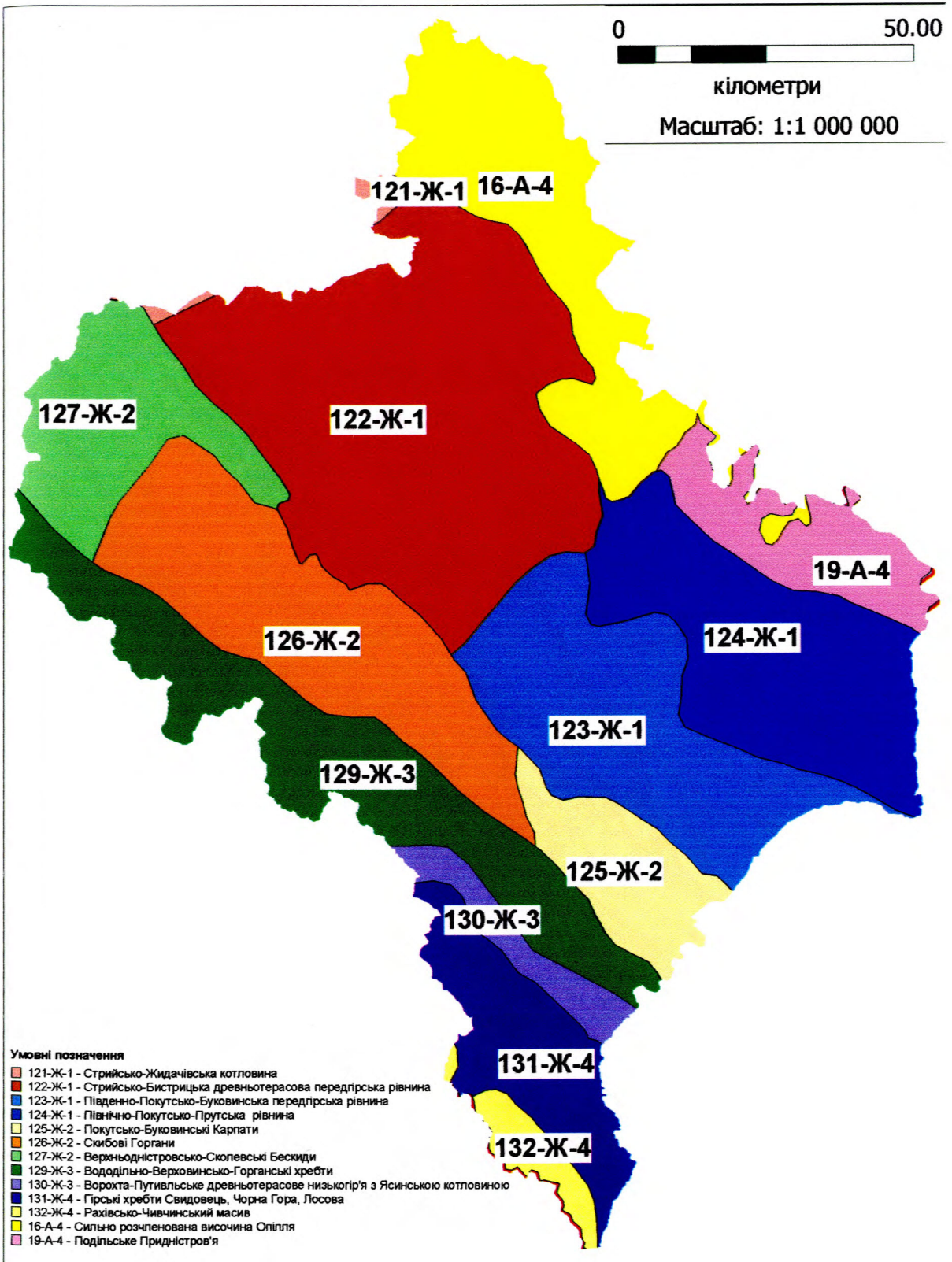


Рис.4.6. Карта інженерно-геологічного районування території Івано-Франківської області

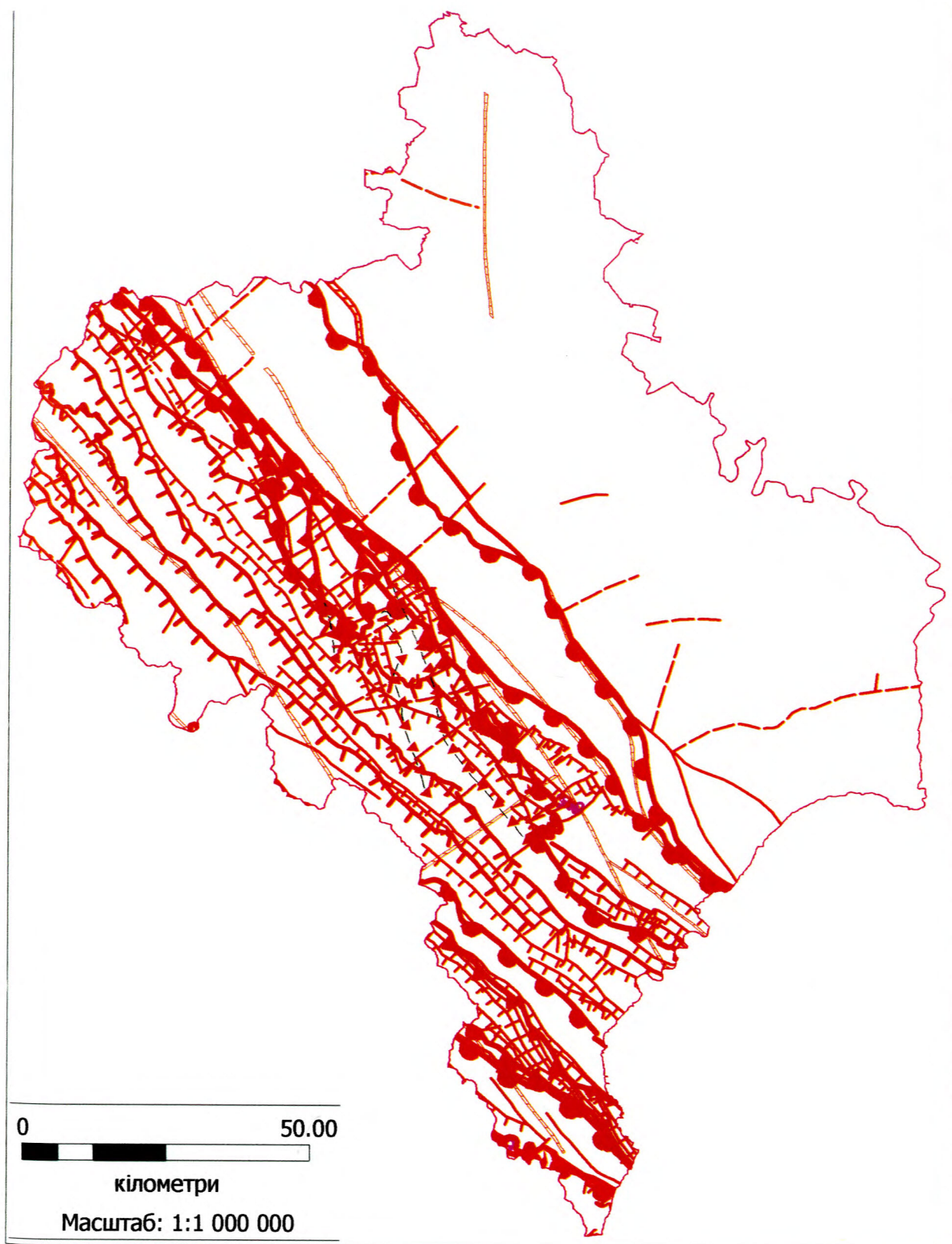


Рис.4.7. Карта розривних порушень на території Івано-Франківської області

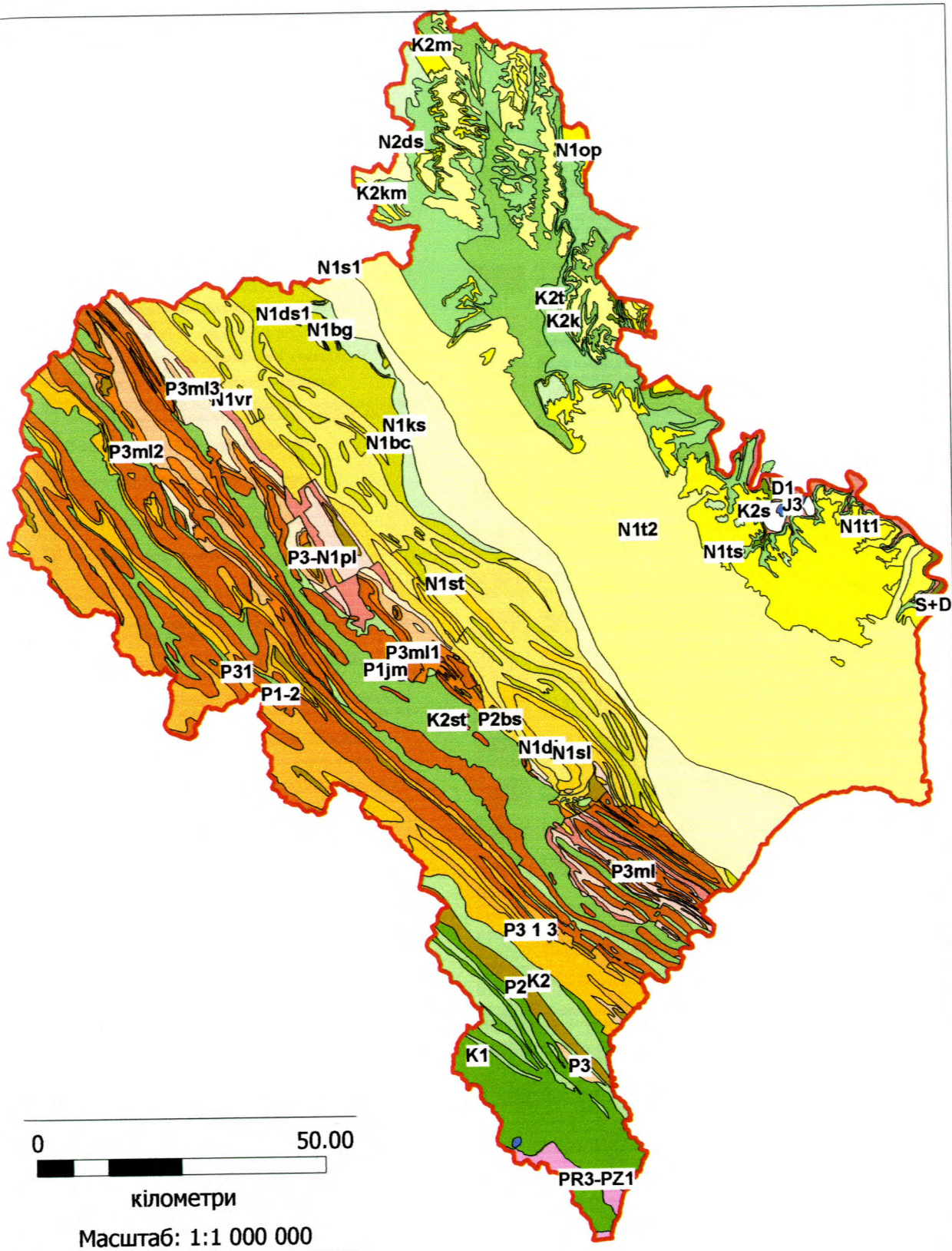


Рис.4.8. Гідрогеологічна карта дочетвертинних відкладів Івано-Франківської області

Умовні позначення до рис.4.8

Волино-Подільський артезіанський басейн

N_{1c}	Води спорадичного поширення у відкладах нижньосарматського підярусу міоцену. Прошарки піску, пісковиків, вапняків в товщі глин.
N_{1t}	Води спорадичного поширення у відкладах верхньоторонського підярусу міоцену. Прошарки вапняків, пісковиків в товщі глин.
N_{1ks}	Води спорадичного поширення у відкладах косівської світи. Прошарки пісковиків, вапняків в товщі глин.
N_{1t}	Води спорадичного поширення у відкладах нижньоторонського підярусу (нерозчленованого) міоцену. Пісковики, мергелі в товщі глин.
N_{1ts}	Води спорадичного поширення у відкладах тираської світи. Метасоматичні сірконосні та несірконосні.
N_{1op}	Води спорадичного поширення у відкладах описької світи. Вапняки літотамневі, піски, пісковики.
K₂	Водоносний комплекс у відкладах верхньокрейдового віку. Мергелі, пісковики, вапняки, крейда, опока.
K_{2m}	Верхня крейда. Маастріхський ярус.
K_{2km}	Верхня крейда. Кампанський ярус.
K_{2st}	Верхня крейда. Сантонський ярус.
K_{2k}	Верхня крейда. Коньякський ярус.
K_{2t}	Верхня крейда. Туронський ярус.
J₁	Водоносний горизонт у відкладах верхньоюрського віку. Вапняки, аргіліти.
D₁	Водоносний горизонт у відкладах нижньодевонського віку. Пісковики, алевроліти.
S+D₁	Водоносний горизонт в силурійських та нижньодевонських відкладах. Алевроліти, пісковики, аргіліти.

Передкарпатський артезіанський басейн

N_{1d}	Води спорадичного поширення у відкладах нижньодащавської підсвіти. Прошарки і лінзи піску та пісковиків в товщі глин.
N_{1t}	Води спорадичного поширення у відкладах верхньоторонського підярусу міоцену. Прошарки пісковиків, вапняків в товщі глин.
N_{1ks}	Води спорадичного поширення у відкладах косівської світи. Прошарки алевролітів, пісковиків в товщі глин.
N_{1t}	Води спорадичного поширення у відкладах нижньоторонського підярусу міоцену. Прошарки алевролітів, пісковиків, туфів в товщі глин.
N_{1ts}	Води спорадичного поширення у відкладах тираської світи. Вапняки, пісковики в товщі глин та соленосних брекчій.
N_{1dg}	Води спорадичного поширення у відкладах богородчанської світи. Прошарки пісковиків, пісків, мергелів та туфів в товщі глин.
N_{1k}	Води спорадичного поширення у відкладах баличеської світи. Прошарки пісковиків, брекчій в товщі глин соленосних.
N_{1st}	Води спорадичного поширення у відкладах стебницької світи. Прошарки пісковиків, брекчій в товщі глин соленосних.

N_{1w}	Води спорадичного поширення у відкладах воротищенської серії. Прошарки і лінзи пісків, пісковиків, піскуватих глин, конгломератів, тинардит-мірабілітової породи в зоні контакту з соляним дзеркалом - кавернозні солі.
N_{1db}	Води спорадичного поширення у відкладах добротівської світи. Прошарки пісковиків, алевролітів в товщі глин.
N_{1st}	Води спорадичного поширення у відкладах слобідської світи. Прошарки і лінзи пісковиків, конгломератів в товщі глин засолонених.
P_{2-N_{1pl}}	Води спорадичного поширення в олігоцен-міоценових відкладах нерозчленованих (поляницька світа). Прошарки пісковиків, аргілітів, алевролітів в товщі глин.
P₂	Води спорадичного поширення у відкладах олігоценового віку (нерозчленованих). Прошарки пісковиків, алевролітів, аргілітів.
P_{2ml}	Води спорадичного поширення у відкладах нижньоменілітової світи. Аргіліти з прошарками пісковиків, алевролітів.
K₂	Водоносний комплекс верхньокрейдових відкладів. Вапняки, пісковики.

Гідрогеологічна область складчастих Карпат

P_{2-N_{1pl}}	Води спорадичного поширення в олігоцен-міоценових відкладах нерозчленованих. Прошарки пісковиків, аргілітів, алевролітів в товщі глин.
P₂	Води спорадичного поширення у відкладах олігоценового віку (нерозчленованих). Прошарки пісковиків, алевролітів, аргілітів.
P₂	Води спорадичного поширення у відкладах нижньо-олігоценового віку. Пісковики, аргіліти та алевроліти.
P_{2ml}	Води спорадичного поширення у відкладах менілітової світи (нерозчленованої). Аргіліти, алевроліти, пісковики.
P_{2ml}	Води спорадичного поширення у відкладах верхньо-менілітової підсвіти. Аргіліти з прошарками пісковиків і туфів.
P_{2ml2}	Води спорадичного поширення у відкладах середньо-менілітової підсвіти. Алевроліти, аргіліти.
P_{2ml}	Води спорадичного поширення у відкладах нижньо-менілітової підсвіти. Аргіліти з прошарками пісковиків, алевролітів; в підшві - кремневій горизонт.
P₂	Води спорадичного поширення у нерозчленованих еоценових відкладах. Аргіліти, алевроліти, пісковики.
P_{2b}	Еоцен. Бистрицька світа.
P₂	Водоносний комплекс в падеоцен-соценових відкладах. Пісковики, алевроліти, аргіліти.
P_{2m}	Палеоцен. Ямненська світа.
K₂	Водоносний комплекс верхньокрейдових відкладів. Вапняки, пісковики, мергелі, алевроліти.
K_{2st}	Верхня крейда. Стрийська серія.
K₂	Водоносний комплекс нижньокрейдових відкладів. Пісковики, аргіліти, алевроліти, мергелі, вапняки.
J₁	Водоносний комплекс верхньоюрських відкладів. Вапняки.
PR-P₂	Водоносний комплекс протерозой-палеозойських відкладів.

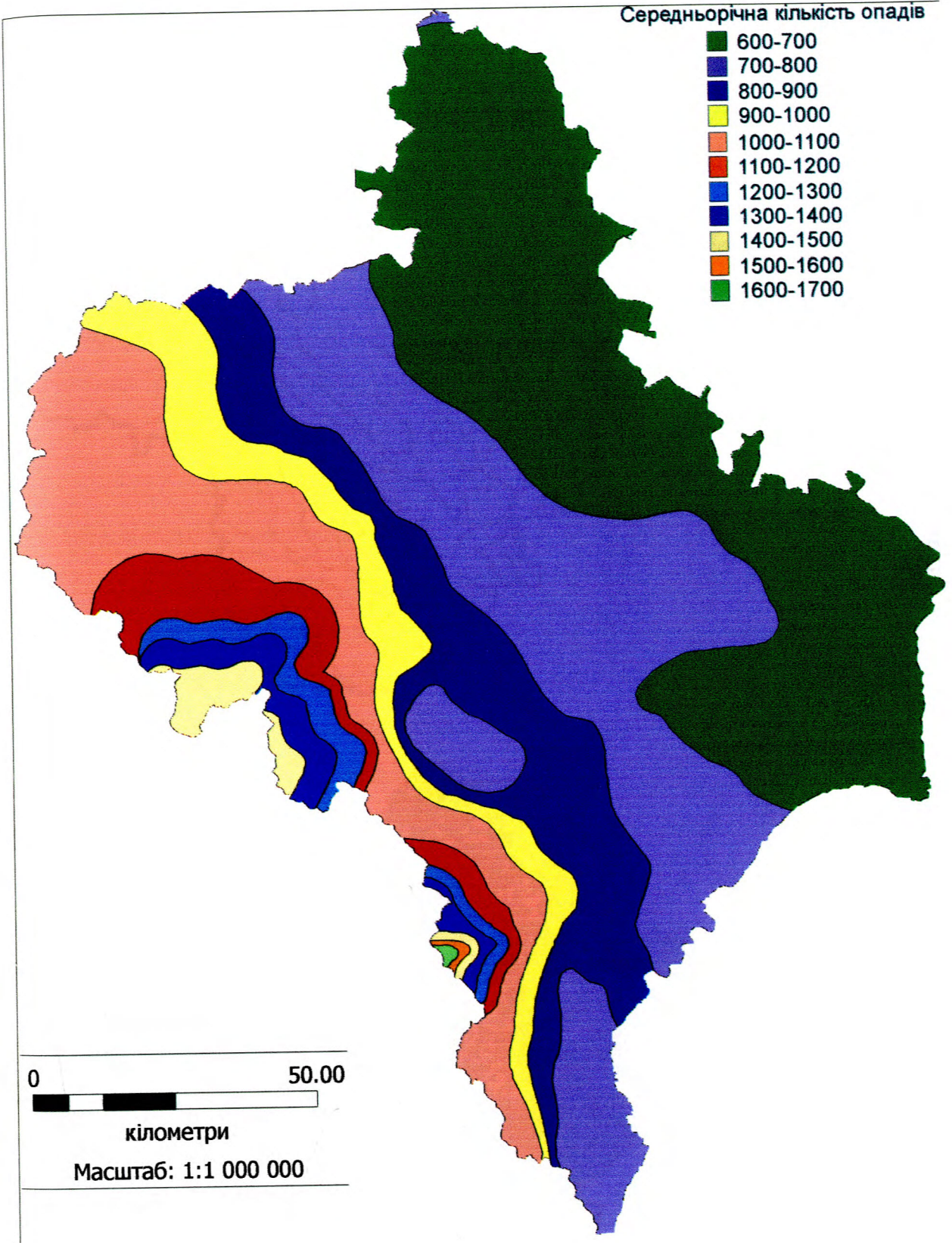


Рис.4.9. Карта розподілу середньорічної кількості опадів на території Івано-Франківської області

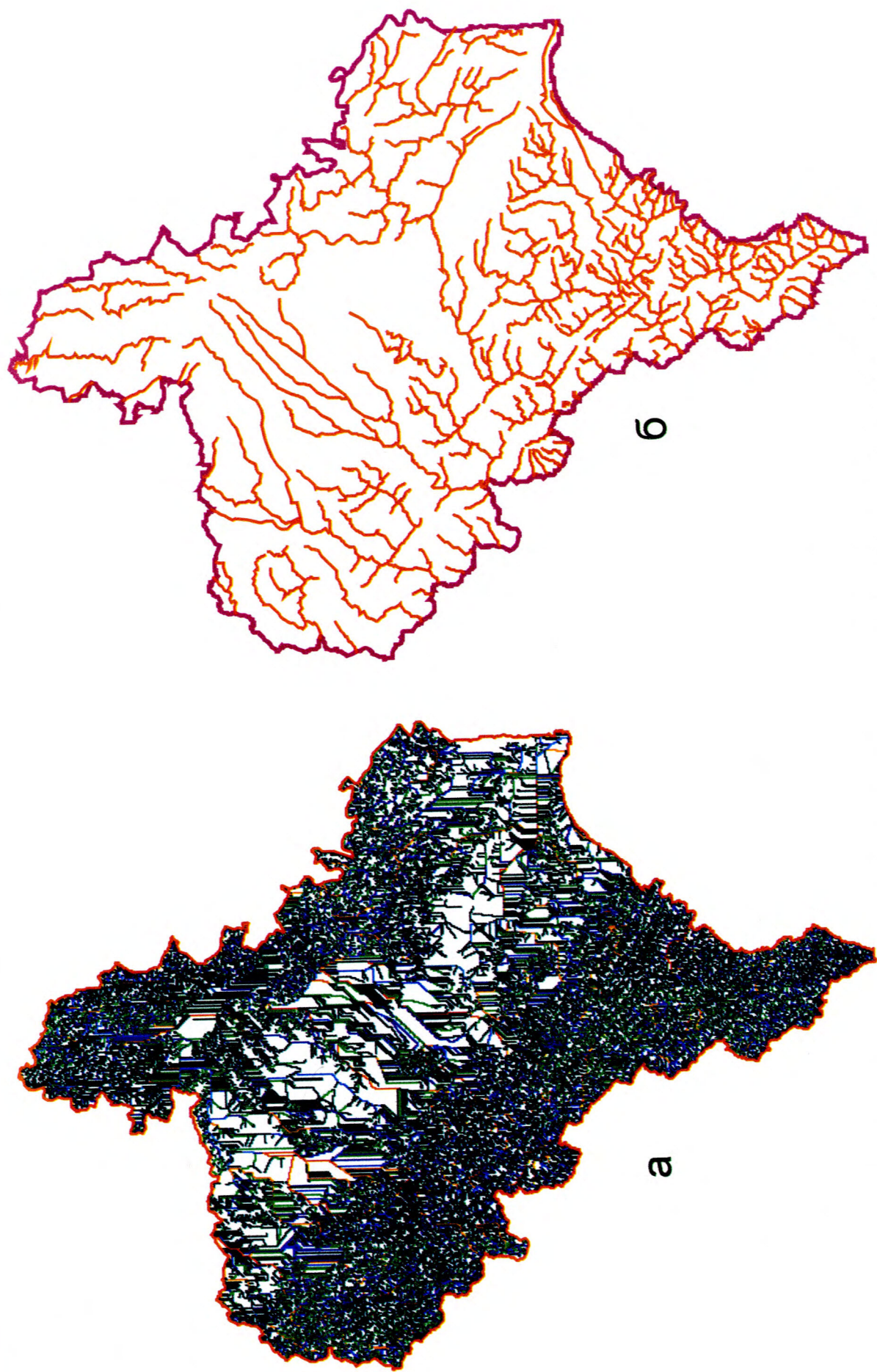


Рис. 4.10. Карта тальвегів (а) та карта водорозділів (б) Івано-Франківської області

$$CmUp_i = \frac{n_i}{s_i} \frac{N}{S}, \quad (4.1)$$

де: $CmUp_i$ - ступінь ураженості зсувами і-тої таксономічної одиниці;
 n_i - кількість проявів зсувів в межах і-тої таксономічної одиниці;
 N - загальна кількість проявів зсувів в межах території досліджень;
 s_i - площа і-тої таксономічної одиниці;
 S - загальна площа території досліджень.

Для безрозмірної величини, отриманої за вищенаведеною формулою (4.1), було запропоновано назву коефіцієнт контрастності [17].

Слід зауважити, що підхід до аналізу геологічного середовища або геологічних процесів на території, яка обмежується адміністративним поділом, дає не зовсім коректні дані.

Для обґрунтування цього твердження наведу приклад розрахунку коефіцієнта контрастності для інженерно-геологічних районів. На рис.4.11 наведено фрагмент інженерно-геологічної карти з нанесеним контуром Івано-Франківської області, створений таким чином щоб відобразити повністю всі таксономічні одиниці (інженерно-геологічні райони), що повністю або частково знаходяться на території адміністративної області.

Як видно з наведеного рис.4.11, значні площі інженерно-геологічних районів знаходяться за межами Івано-Франківської області, відповідна кількість зафіксованих зсувів також знаходиться за її межами.

У таблиці 4.2 наведено коефіцієнти контрастності для кожного з інженерно-геологічних районів розраховані, як без врахування всієї площі району (лише в межах Івано-Франківської області), так і з врахуванням всієї площі таксономічної одиниці, та відповідно всіх зсувів зафіксованих на цій території. Потовщеним шрифтом виділено значення, що суттєво розрізняються.

З наведеної таблиці 4.2 видно, що на території адміністративної області зафіксовано 766 зсувів, в той час коли на території задіяних інженерно-геологічних районів їх зафіксовано 3449.

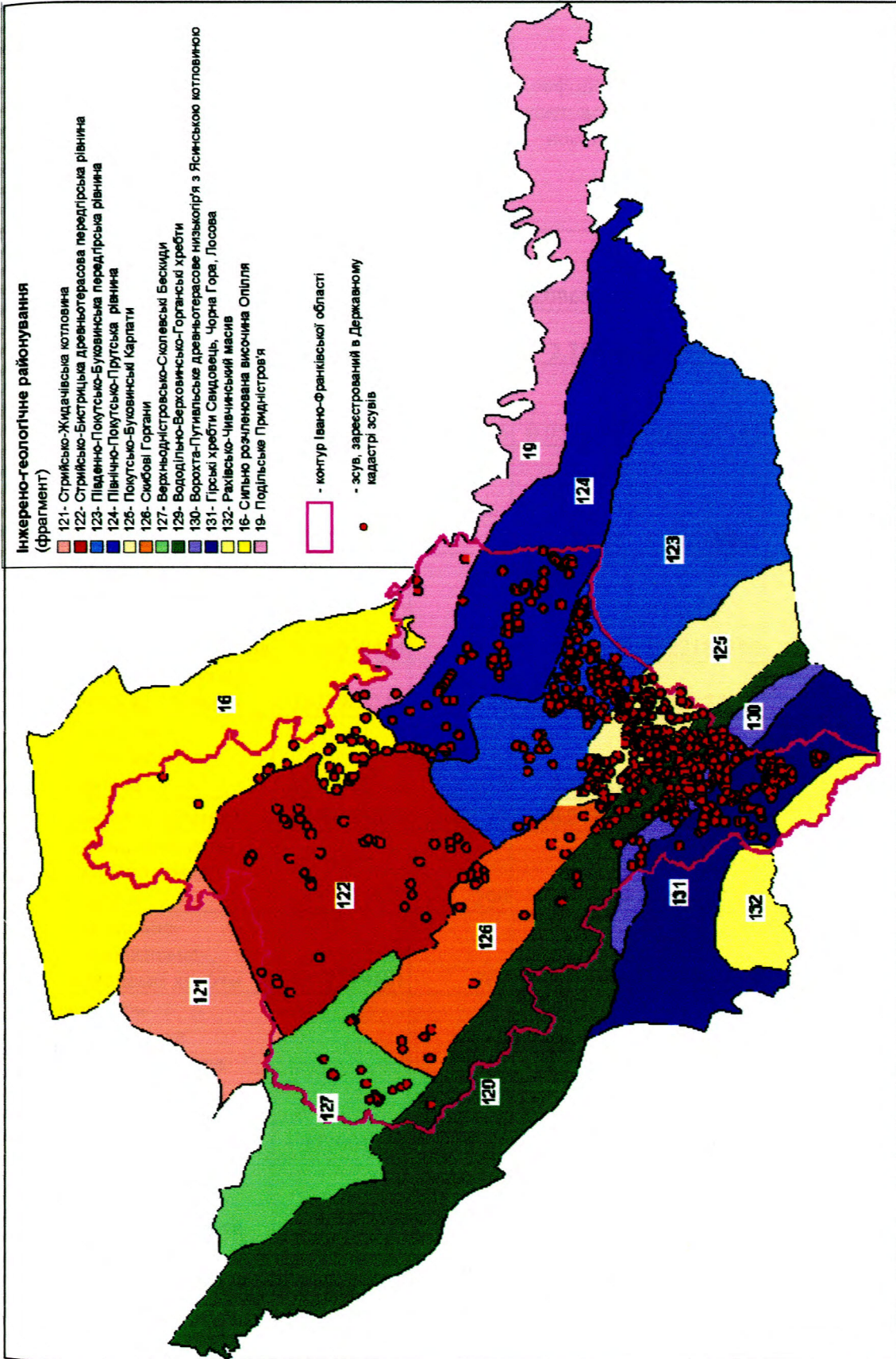


Рис. 4.1.1. Карта інженерно-геологічного районування (фрагмент)

Таблиця 4.2

Розрахунок коефіцієнта контрастності інженерно-геологічних районів

Номер	Інженерно-геологічний район	Площа загальна, м ²	Кількість зареєстрованих зсувів	Коефіцієнт контрастності	Площа в межах Івано-Франківської області, м ²	Кількість зареєстрованих зсувів в межах Івано-Франківської області	Коефіцієнт контрастності (в межах Івано-Франківської області)
16	Сильно розчленована височина Опілля	4752325011	31	0.0968358	1410288183	31	0.4002
19	Подільське Придністров'я	2618366855	403	2.28484	598299512.9	6	0.1826
121	Стрийсько-Жидачівська котловина	1362195702	5	0.0544893	56265992.83	0	0
122	Стрийсько-Бистрицька древньотерасова передгірська рівнина	3303941528	40	0.179725	3156768866	36	0.2076
123	Південно-Покутсько-Буковинська передгірська рівнина	4216630484	822	2.89392	1522181100	149	1.782
124	Північно-Покутсько-Прутська рівнина	3372968154	365	1.60643	1538177861	76	0.8995
125	Покутсько-Буковинські Карпати	1346606333	217	2.39221	553153366.9	182	5.9899
126	Скибові Горгани	1586181250	29	0.27141	1592782692	29	0.3315
127	Верхньодністровсько-Сколевські Бескиди	1858943151	299	2.38773	880669136.5	16	0.3308
129	Вододільно-Верховинсько-Горганські хребти	4642219181	765	2.44634	1437395504	87	1.1019
130	Ворохта-Путивльське древньотерасове низькогір'я з Ясинською котловиною	572001520	128	3.32195	258898104.4	79	5.5551
131	Гірські хребти, Чорна Гора, Свидовець Лосова	2304199282	270	1.7395	742678942.3	75	1.8385
132	Рахівсько-Чивчинський масив	673475533.9	75	1.65318	192772111.8	0	0
	Всього	32610053984	3449		13940331373	766	

Подібна картина в значній відмінності розрахунків коефіцієнтів контрастності спостерігається для будь-яких таксономічних одиниць, в основі яких лежить не територіально-адміністративний поділ.

Подальше використання таких даних при статистичному аналізі може привести і приводить до накопичення похибок у моделі та в результаті, до отримання неякісної, малодостовірної системи прогнозування зсувної небезпеки. Розгляд геологічної інформації в межах адміністративно-територіальної одиниці не дає можливості відповідати сьогоднішнім вимогам до достовірності результатів наукових досліджень.

Значення фактичних величин чинників зсувної небезпеки, які можна отримати безпосередньо з карт, для кожного зі зсувів фіксувалося безпосередньо засобами ГІС, головним чином за допомогою розроблених запитів або програмних розрахункових модулів, створених автором.

Запити для отримання значення чинників зсувної небезпеки розроблялись на діалекті SQL MapInfo, який підтримує просторові оператори по визначенню взаємного просторового розташування картографічних об'єктів і дозволяє використовувати вбудовані статистичні та просторові функції.

Програмні модулі були розроблені автором на внутрішній мові програмування MapBasic геоінформаційної системи MapInfo. MapBasic дозволяє автоматизувати процедури визначення географічних і геометричних параметрів картографічних об'єктів, проводити розрахунки будь-якої складності, отримувати статистичні характеристики як по картографічному шару загалом, так і по окремим вибраним об'єктам та атрибутивним даним.

Географічні та геометричні величини розраховуються з точністю, яка визначається обраною проекцією та системою координат, а також максимальними та мінімальними координатами конкретного картографічного шару (таблиці) MapInfo. З метою підвищення точності визначення геометричних характеристик можна застосувати спосіб штучного зменшення граничних значень координатного охоплення кожного з задіяних картографічних шарів.

Всі картографічні матеріали задіяні в моделі були претворені в проекцію WGS 84 (World Geodetic System 1984). Граничні координати охоплення автором були штучно зменшені і охоплювали територію розміром 200 x 250 км. Таке зменшення дало можливість досягнути точності геометричних вимірів до 0.1 метра, що значно вище від нормативної точності нанесення меж на картах відповідного масштабу. Так, наприклад, для квадрату зі сторонами в 10 000 м були отримані такі геометричні характеристики при використанні вбудованих функцій MapInfo: площа – з стандартними граничними координатами - 9 615 505.45 м², зі зменшеними - 100 000 000.75 м²; периметр відповідно - 39 923.06 м та 40 000.00015 м.

Точність нанесення картографічних об'єктів відповідає точності базових картографічних матеріалів або точності визначення координат при проведенні польових досліджень.

Точність визначення географічних координат отриманих за допомогою запитів або програмних модулів – сантиметрова. В багатьох випадках при отриманні необхідних значень чинників зсувної небезпеки (розрахунок мінімальних віддалей, визначення абсолютної висоти і т.п.), необхідно штучно обмежувати точність розрахунків метровим діапазоном, або можливою точністю вимірів в польових умовах.

Точність значень чинників отриманих за допомогою запитів та програмних модулів на порядок перевищує точність вимірів по паперових картах або при використанні інструментів для ручних вимірів в ГІС, та відповідає точності вихідних карт. В таблиці 4.3 наведено фрагмент бази даних по фактичних значеннях чинників зсувної небезпеки отриманих при виконанні роботи.

Таким чином, за допомогою ГІС-технологій було створену базу даних фактичних значень чинників зсувної небезпеки для зареєстрованих в державному кадастрі зсувів на території Івано-Франківської області. Визначені значення чинників після відповідного статистичного аналізу надалі будуть використані для розрахунку інтегральної еталонної характеристики зсувної небезпеки для території досліджень.

Таблиця 4.3

Витяг з бази даних фактичних значень чинників зсувної небезпеки для зсувів зареєстрованих в державному кадастрі

Кадастровий номер	Геологічний вік порід	Віддаль до ріки	Віддаль до дороги	Віддаль до межі населеного пункту	Віддаль до тальвегу	Віддаль до межі лісу	Віддаль до водорозділу	Віддаль до розривного порушення
I-II-П-Кс-19	N1sb+bc	883	433	385	348	615	1633	137
I-II-П-Кс-24	N1sb+bc	418	1660	-145	107	488	1006	1325
I-II-П-Кс-20	N1sb+bc	1032	786	283	477	755	1883	491
I-II-П-Кс-23	N1sb+bc	698	1714	87	100	302	871	1219
I-II-П-Кс-21	N1sb+bc	1188	924	86	177	115	1700	319
I-II-П-Кс-22	N1sb+bc	1151	1521	-233	448	-21	1101	792
I-II-П-Кс-26	N1sb+bc	465	2075	444	81	-331	92	2101
I-II-П-Кс-25	N1sb+bc	220	2324	233	95	122	439	2008
I-II-П-Кс-40	N1sl	825	218	-123	476	-218	375	1250

Кадастровий номер	Коефіцієнт контрастності для ґрунтового покриву	Коефіцієнт контрастності для гідрогеологічних таксонів	Коефіцієнт контрастності для ландшафтних таксонів	Коефіцієнт контрастності для тектонічних таксонів	Коефіцієнт контрастності для інженерно-геологічних таксонів	Середньорічна кількість опадів
I-II-П-Кс-19	5.89966	2.27264	3.5854	0.480497	2.89392	713
I-II-П-Кс-24	5.89966	2.27264	3.5854	0.480497	2.89392	703
I-II-П-Кс-20	5.89966	2.27264	3.5854	0.480497	2.89392	711
I-II-П-Кс-23	5.89966	2.27264	3.5854	0.480497	2.89392	705
I-II-П-Кс-21	5.89966	2.27264	3.5854	0.480497	2.89392	714
I-II-П-Кс-22	5.89966	2.27264	3.5854	0.480497	2.89392	710
I-II-П-Кс-26	5.57726	2.27264	3.5854	1.22343	2.89392	689
I-II-П-Кс-25	5.89966	2.27264	3.5854	1.22343	2.89392	689
I-II-П-Кс-40	0.795858	0.379553	3.5854	2.51447	2.39221	732

Кадастровий номер	Висота над рівнем моря	Експозиція схилу	Кут нахилу денної поверхні	Середньорічна кількість опадів
I-II-П-Кс-19	368	297	6.31072	713
I-II-П-Кс-24	400	269	0.004	703
I-II-П-Кс-20	389	297	6.32963	711
I-II-П-Кс-23	400	269	0.004	705
I-II-П-Кс-21	400	269	0.004	714
I-II-П-Кс-22	400	269	0.004	710
I-II-П-Кс-26	458	209	10.2996	689
I-II-П-Кс-25	455	258	13.1937	689
I-II-П-Кс-40	447	125	10.2156	732

4.3 Статистичний аналіз

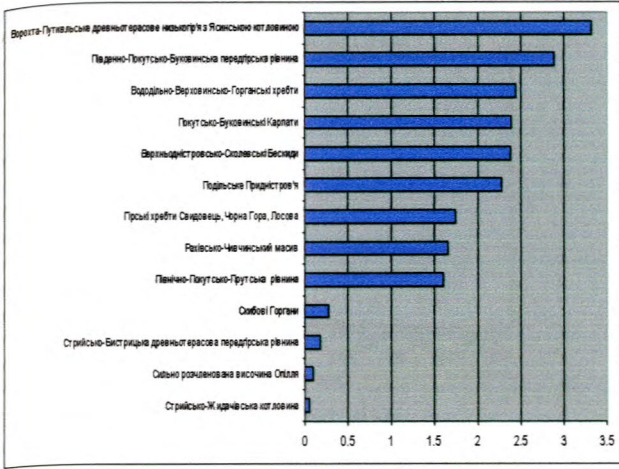
Для побудови регіональної просторової моделі зсувної небезпеки в дисертаційній роботі було використано системний підхід емпірично-статистичних досліджень, описаний у [17]. Методи математичної статистики використовуються з метою виявлення особливостей впливу як кожного з досліджуваних чинників різної природи на зсувні процеси на досліджуваній території, так і їх комплексного впливу.

Вище вже наводилась формула (4.1), за якою виконується розрахунок коефіцієнта контрастності. За цією формулою було виконано розрахунок коефіцієнтів контрастності для всіх задіяних у дослідженні таксономічних одиниць різних типів і на підставі отриманих значень проведено ранжування. Приклади такого ранжування наведені на рис.4.12. Гістограму ранжування для типів ґрунтів на рис.4.12 не приведено, у зв'язку з тим, що на території Івано-Франківської області виділено 175 ґрунтових відмінностей. Як видно з наведених гістограм, значення коефіцієнту контрастності для всіх задіяних таксонів коливається в межах від 0 до 3.5-4, і лише для ландшафтного та гідрогеологічного районування перевищує вказані межі. Це свідчить ще одним доказом на користь гіпотези про комплексний характер впливу дії чинників зсувної небезпеки, обраних для аналізу, на зсувні процеси.

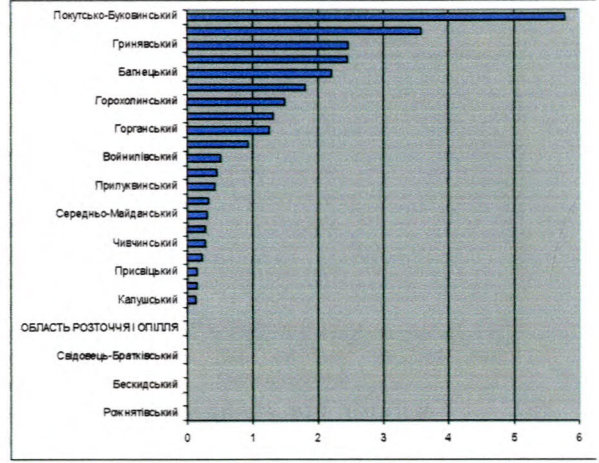
Для чинників зсувонебезпеки, значення яких виражаються безперервними величинами, виконано перевірку на відповідність нормальному закону розподілу.

На рис. 4.13 зображені гістограми розподілів ймовірностей значень параметрів, визначених безпосередньо за відповідними електронними картами у точках, де зафіксовані зсуви.

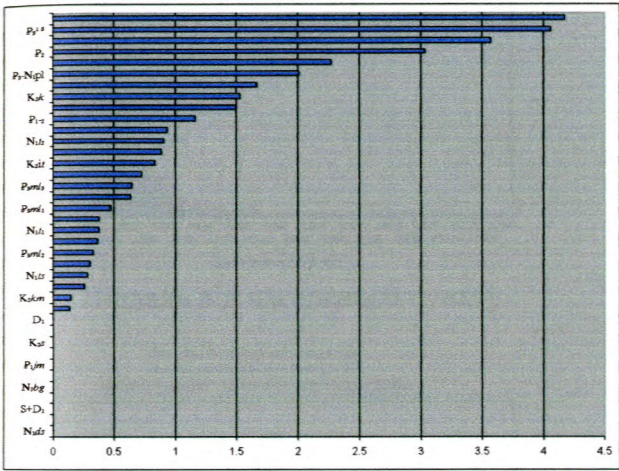
Графік гістограми розподілу абсолютної висоти над рівнем моря, наведений на рис.4.14, вимагає більшої уваги і потребує додаткових пояснень. Аналіз рис.4.14 дає підстави для перевірки гіпотези про наявність щонайменше двох зон з різними законами розподілу. Для перевірки цієї гіпотези на



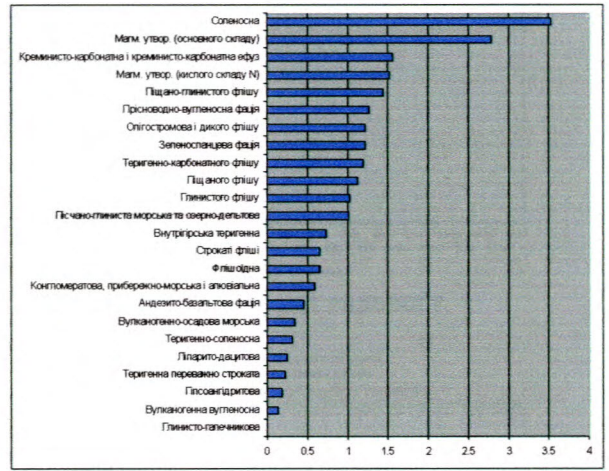
Інженерно-геологічні райони



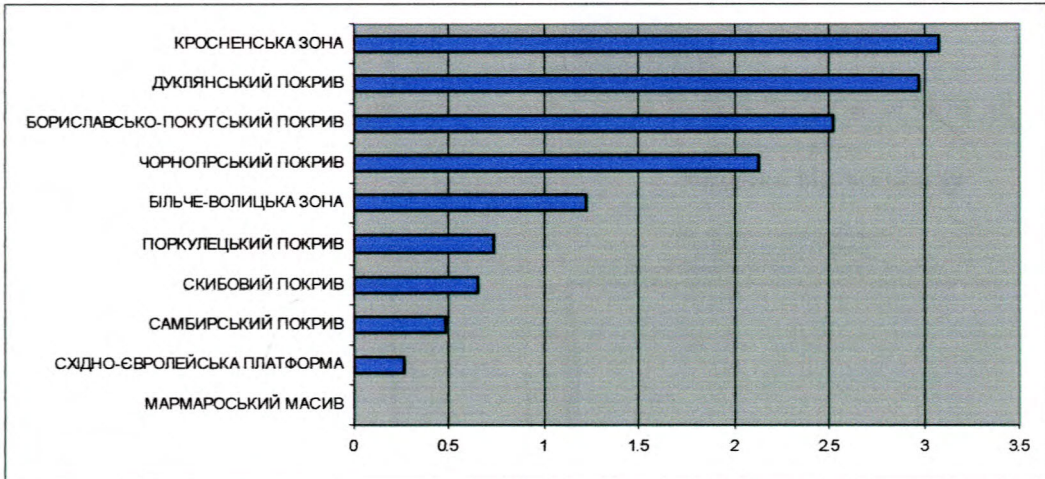
Ландшафтне районування



Гідрогеологічне районування

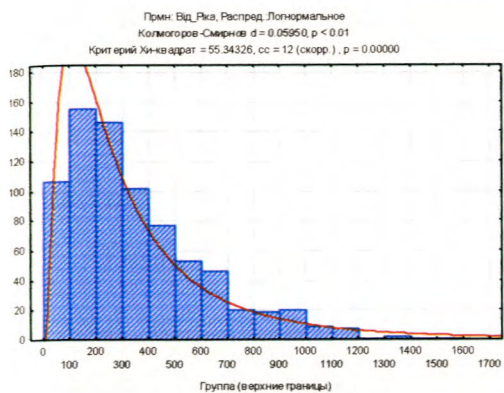


Літолого-стратиграфічне районування

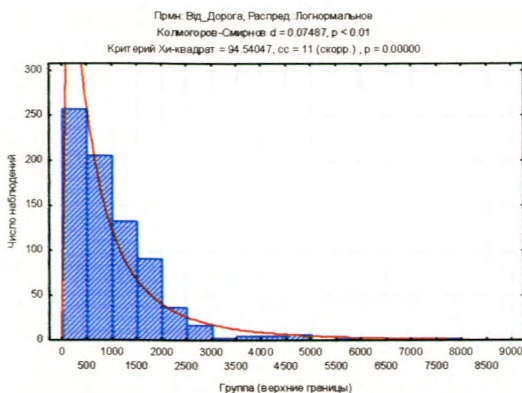


Тектонічне районування

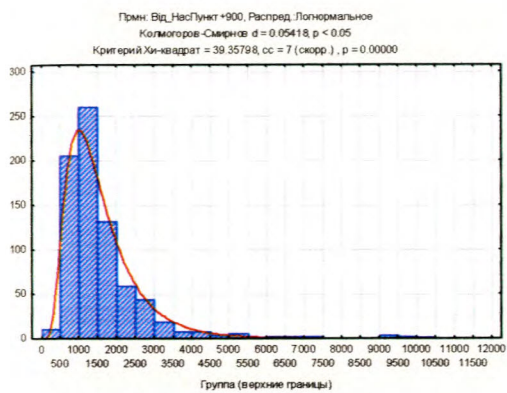
Рис. 4.12. Гістограма ранжирування структурно-тектонічних зон за схильністю до зсувонебезпеки.



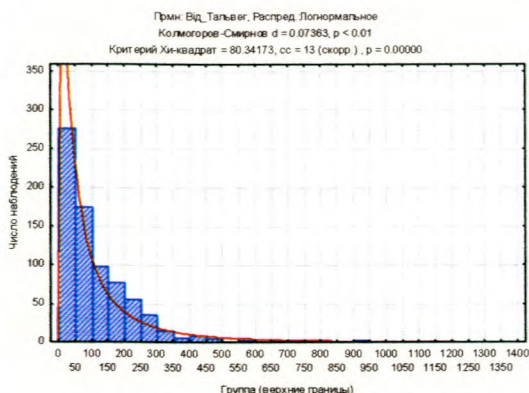
Віддаль від ріки



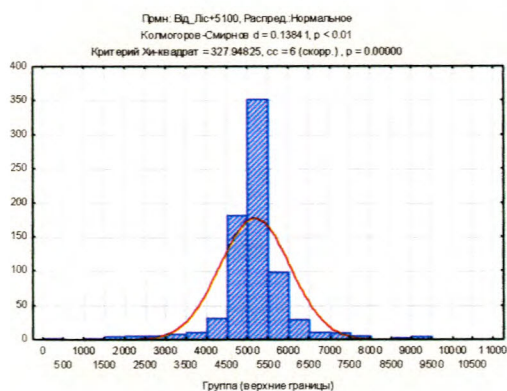
Віддаль від дороги



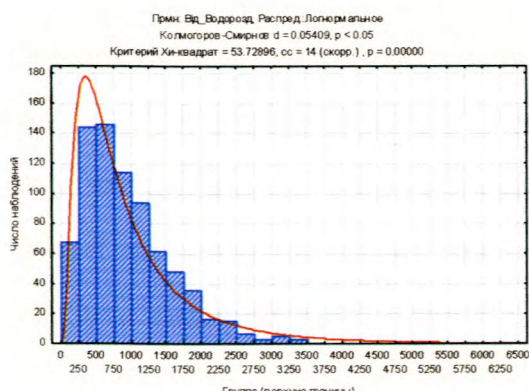
Віддаль від населеного пункту



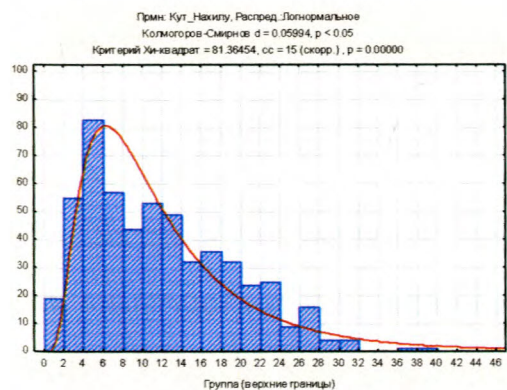
Віддаль від тальвегу



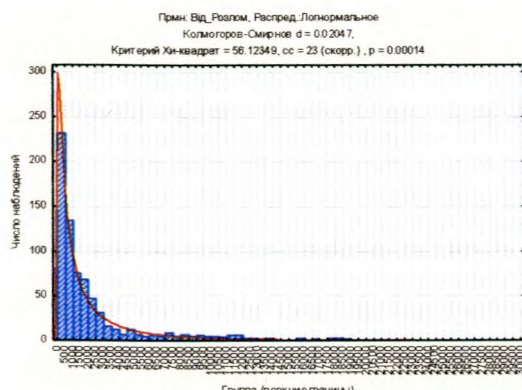
Віддаль від межі лісу



Віддаль від вододілу



Кут нахилу денної поверхні



Віддаль від тектонічного порушення

Рис. 4.13. Графіки фактичних розподілів ймовірностей абсолютних значень параметрів та їх теоретичних аналогів

рис.4.15 наведено гістограми розподілу абсолютної висоти для зсувів, які розташовані в межах інженерно-геологічних областей А-4 та Ж-1 (А - перша зона зсувонебезпеки, позначимо її ЗЗН-1) і за їх межами (Б – друга зона зсувонебезпеки, позначимо її ЗЗН-2).

Подібна картина спостерігається і з розподілом ще одного чинника зсувної небезпеки – середньорічною кількістю опадів (рис.4.16). Пояснення цього факту не становить жодних складнощів – загальноприйнятим є факт тісного зв'язку між абсолютною висотою над рівнем моря і кількістю опадів. Крім того, даний факт свідчить про правомірність поділу території Івано-Франківської області на дві зони зсувної небезпеки зі своїми власними функціями ймовірності. Наведені далі результати кластерного та факторного аналізів також підтверджують висунуту гіпотезу. Можливо, також необхідні додаткові дослідження, для більш точного проведення меж інженерно-геологічних областей.

У таблиці 4.4 наведені значення парних коефіцієнтів кореляції між досліджуваними чинниками зсувної небезпеки для всіх зафіксованих на території досліджень зсувів. У таблицях 4.5 та 4.6 наведені значення парних коефіцієнтів кореляції між досліджуваними чинниками зсувної небезпеки для зсувів зафіксованих на території зони ЗЗН-1 та території зони ЗЗН-2. Існує велика ймовірність, що такий поділ може бути використаний і для суміжних адміністративних областей.

Для виявлення дублюючих чинників з метою зменшення їх загальної кількості та уникнення «подвійної ваги» було проведено кластерний аналіз з побудовою дендрограм евклідових відстаней між окремими чинниками (рис.4.17).

Як видно з наведеного рис.4.17, фактичні данні чинників зсувної небезпеки вимагають певних математичних перетворень для їх більш ефективного аналізу. У першу чергу необхідно привести всі значення до одного виду, для цього для віддалей, абсолютних висот, середньорічної кількості опадів, кутів нахилу денної поверхні достатньо виконати логарифмування цих величин.

Прмн: Висота, Распред.:Нормальное
Критерий Хи-квадрат = 476.22624, сс = 21 (скорр.) , $p = 0.00000$

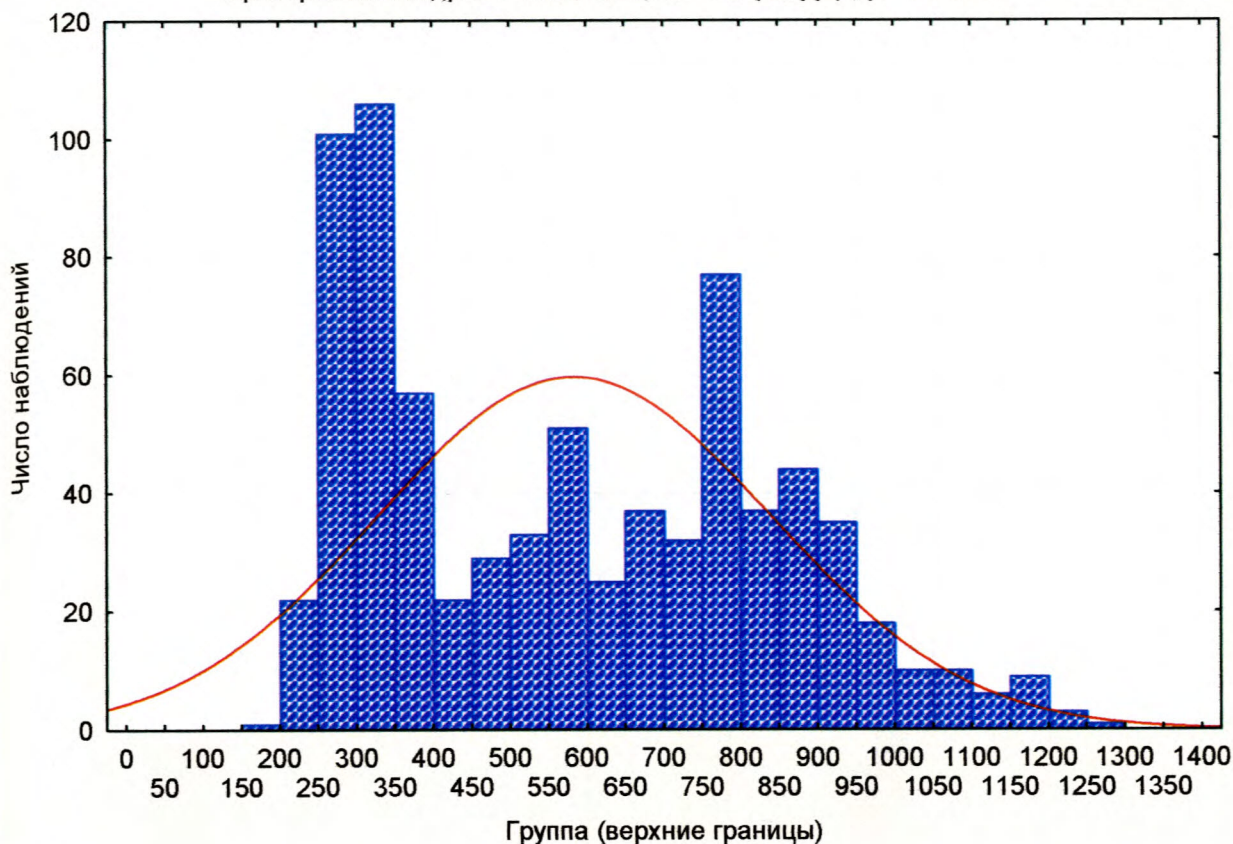
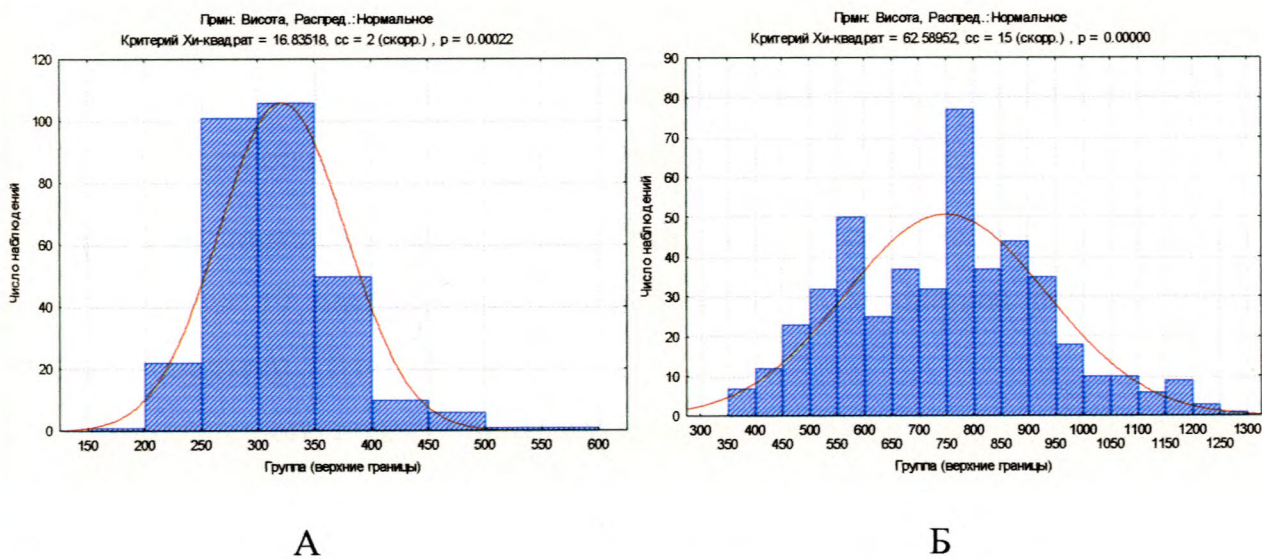


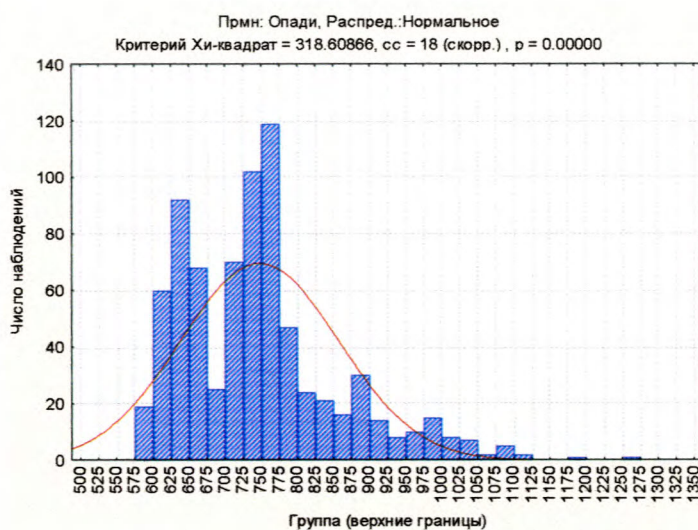
Рис. 4.14. Графік фактичного розподілу ймовірності абсолютної висоти над рівнем моря (всі зафіксовані зсуви)



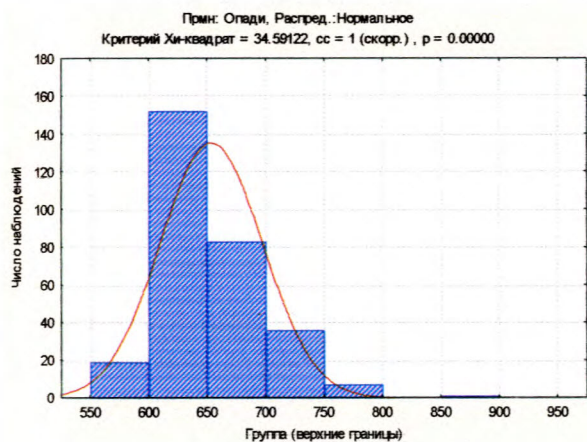
А

Б

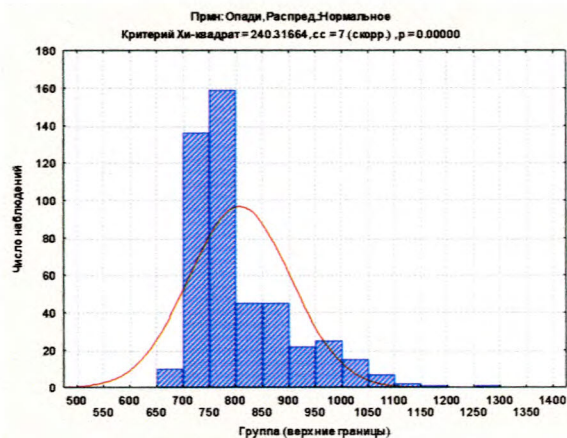
Рис. 4.15. Графік фактичного розподілу ймовірності абсолютної висоти над рівнем моря (А – 33Н-1, Б – 33Н-2)



А



Б



В

Рис. 4.16. Гістограми фактичного розподілу ймовірності середньорічної кількості опадів (А – всі зафіксовані зсуви, Б – 33Н-1, В – 33Н-2)

На рис.4.18 наведено дендрограму результатів кластерного аналізу для перерахованих 17 чинників зсувної небезпеки по виділених раніше зонах зсувної небезпеки 33Н-1 та 33Н-2 .

З подальшого аналізу доцільно вилучити чинник коефіцієнт контрастності дочетвертинних відкладів тому що, як видно з наведеного рис.4.18, саме він дає найбільший внесок до евклідових віддалей. На рис.4.19 наведено дендрограму результатів кластерного аналізу для 16 чинників зсувної небезпеки по виділених раніше зонах зсувної небезпеки 33Н-1 та 33Н-2.

**Матриця парних коефіцієнтів кореляції між чинниками зсувної
небезпеки для всіх зафіксованих на території досліджень зсувів**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rі дочетвертинних відкладів (1)	1.00	-0.02	0.09	0.20	-0.08	-0.24	0.13	0.04	-0.14	-0.11
Відстань до ріки, м (2)	-0.02	1.00	-0.06	-0.08	0.21	0.11	-0.10	0.17	-0.01	-0.10
Відстань до дороги, м (3)	0.09	-0.06	1.00	0.66	-0.01	-0.32	0.00	-0.07	-0.17	-0.05
Відстань до нас.пункт, м (4)	0.20	-0.08	0.66	1.00	-0.08	-0.42	-0.01	-0.07	-0.21	-0.09
Відстань до тальвегу, м (5)	-0.08	0.21	-0.01	-0.08	1.00	0.05	0.01	-0.01	-0.00	-0.03
Відстань до лісу, м (6)	-0.24	0.11	-0.32	-0.42	0.05	1.00	0.00	0.22	0.09	-0.04
Відстань до водорозділу, м (7)	0.13	-0.10	0.00	-0.01	0.01	0.00	1.00	0.07	-0.10	-0.03
Відстань до розлому, м (8)	0.04	0.17	-0.07	-0.07	-0.01	0.22	0.07	1.00	-0.18	-0.31
Rі Грунту (9)	-0.14	-0.01	-0.17	-0.21	-0.00	0.09	-0.10	-0.18	1.00	0.30
Rі гідрогеологічної зони (10)	-0.11	-0.10	-0.05	-0.09	-0.03	-0.04	-0.03	-0.31	0.30	1.00
Rі ландшафтної зони (11)	-0.35	0.13	-0.11	-0.18	0.11	0.01	-0.07	0.01	0.13	0.04
Rі тектонічної зони (12)	-0.12	-0.09	-0.02	0.02	-0.03	-0.19	-0.16	-0.52	0.22	0.46
Rі інженерно-геологічного району (13)	-0.31	0.02	-0.07	-0.13	0.05	-0.01	-0.20	-0.46	0.34	0.42
Rі літофаціальної зони (14)	-0.15	-0.14	0.09	0.12	-0.04	-0.24	-0.05	-0.57	0.31	0.33
Висота (15)	0.18	-0.20	0.26	0.34	-0.13	-0.43	-0.13	-0.53	0.07	0.28
Кут нахилу денної поверхні (16)	0.08	0.04	0.17	0.24	0.02	-0.18	-0.16	-0.22	0.08	0.03
Опади (17)	0.24	-0.22	0.31	0.40	-0.15	-0.40	0.04	-0.51	-0.03	0.32

	11	12	13	14	15	16	17
Rі дочетвертинних відкладів (1)	-0.35	-0.12	-0.31	-0.15	0.18	0.08	0.24
Відстань до ріки, м (2)	0.13	-0.09	0.02	-0.14	-0.20	0.04	-0.22
Відстань до дороги, м (3)	-0.11	-0.02	-0.07	0.09	0.26	0.17	0.31
Відстань до нас.пункт, м (4)	-0.18	0.02	-0.13	0.12	0.34	0.24	0.40
Відстань до тальвегу, м (5)	0.11	-0.03	0.05	-0.04	-0.13	0.02	-0.15
Відстань до лісу, м (6)	0.01	-0.19	-0.01	-0.24	-0.43	-0.18	-0.40
Відстань до водорозділу, м (7)	-0.07	-0.16	-0.20	-0.05	-0.13	-0.16	0.04
Відстань до розлому, м (8)	0.01	-0.52	-0.46	-0.57	-0.53	-0.22	-0.51
Rі Грунту (9)	0.13	0.22	0.34	0.31	0.07	0.08	-0.03
Rі гідрогеологічної зони (10)	0.04	0.46	0.42	0.33	0.28	0.03	0.32
Rі ландшафтної зони (11)	1.00	0.03	0.37	0.18	-0.33	-0.17	-0.34
Rі тектонічної зони (12)	0.03	1.00	0.56	0.44	0.45	0.21	0.42
Rі інженерно-геологічного району (13)	0.37	0.56	1.00	0.40	0.17	0.07	0.16
Rі літофаціальної зони (14)	0.18	0.44	0.40	1.00	0.44	0.19	0.34
Висота (15)	-0.33	0.45	0.17	0.44	1.00	0.56	0.74
Кут нахилу денної поверхні (16)	-0.17	0.21	0.07	0.19	0.56	1.00	0.31
Опади (17)	-0.34	0.42	0.16	0.34	0.74	0.31	1.00

**Матриця парних коефіцієнтів кореляції між чинниками зсувної
небезпеки для зсувів зафіксованих на території ЗЗН-1**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ri дочетвертинних відкладів (1)	1.00	0.05	0.06	0.14	-0.06	-0.18	0.07	0.02	0.00	0.10
Відстань до ріки, м (2)	0.05	1.00	0.25	0.00	0.03	-0.05	0.01	-0.02	-0.10	-0.09
Відстань до дороги, м (3)	0.06	0.25	1.00	-0.13	0.09	-0.16	0.21	-0.18	-0.30	-0.21
Відстань до нас.пункт, м (4)	0.14	0.00	-0.13	1.00	-0.08	0.05	-0.18	0.10	0.14	0.08
Відстань до тальвегу, м (5)	-0.06	0.03	0.09	-0.08	1.00	0.00	0.05	-0.03	-0.26	-0.15
Відстань до лісу, м (6)	-0.18	-0.05	-0.16	0.05	0.00	1.00	-0.01	-0.13	-0.01	-0.18
Відстань до водорозділу, м (7)	0.07	0.01	0.21	-0.18	0.05	-0.01	1.00	-0.13	-0.48	-0.24
Відстань до розлому, м (8)	0.02	-0.02	-0.18	0.10	-0.03	-0.13	-0.13	1.00	0.40	0.32
Ri Ґрунту (9)	0.00	-0.10	-0.30	0.14	-0.26	-0.01	-0.48	0.40	1.00	0.51
Ri гідрогеологічної зони (10)	0.10	-0.09	-0.21	0.08	-0.15	-0.18	-0.24	0.32	0.51	1.00
Ri ландшафтної зони (11)	0.05	-0.05	-0.20	0.11	-0.21	-0.18	-0.53	0.33	0.61	0.57
Ri тектонічної зони (12)	0.08	-0.07	-0.18	0.13	-0.13	-0.23	-0.54	0.30	0.52	0.70
Ri інженерно-геологічного району (13)	-0.03	-0.01	-0.23	0.13	-0.08	-0.02	-0.61	0.36	0.64	0.58
Ri літофаціальної зони (14)	0.06	0.01	-0.10	0.17	-0.35	0.06	-0.50	0.02	0.39	-0.01
Висота (15)	-0.11	-0.08	0.00	-0.08	-0.03	0.03	0.15	0.03	0.01	0.08
Кут нахилу денної поверхні (16)	0.11	0.03	0.07	-0.07	0.11	-0.15	0.17	0.07	-0.14	-0.09
Опади (17)	-0.10	-0.07	-0.18	0.09	-0.24	0.15	-0.56	0.04	0.25	-0.21

	11	12	13	14	15	16	17
Ri дочетвертинних відкладів (1)	0.05	0.08	-0.03	0.06	-0.11	0.11	-0.10
Відстань до ріки, м (2)	-0.05	-0.07	-0.01	0.01	-0.08	0.03	-0.07
Відстань до дороги, м (3)	-0.20	-0.18	-0.23	-0.10	0.00	0.07	-0.18
Відстань до нас.пункт, м (4)	0.11	0.13	0.13	0.17	-0.08	-0.07	0.09
Відстань до тальвегу, м (5)	-0.21	-0.13	-0.08	-0.35	-0.03	0.11	-0.24
Відстань до лісу, м (6)	-0.18	-0.23	-0.02	0.06	0.03	-0.15	0.15
Відстань до водорозділу, м (7)	-0.53	-0.54	-0.61	-0.50	0.15	0.17	-0.56
Відстань до розлому, м (8)	0.33	0.30	0.36	0.02	0.03	0.07	0.04
Ri Ґрунту (9)	0.61	0.52	0.64	0.39	0.01	-0.14	0.25
Ri гідрогеологічної зони (10)	0.57	0.70	0.58	-0.01	0.08	-0.09	-0.21
Ri ландшафтної зони (11)	1.00	0.68	0.64	0.19	-0.06	-0.04	0.09
Ri тектонічної зони (12)	0.68	1.00	0.61	0.26	-0.07	-0.11	0.11
Ri інженерно-геологічного району (13)	0.64	0.61	1.00	0.17	-0.04	-0.11	0.09
Ri літофаціальної зони (14)	0.19	0.26	0.17	1.00	-0.07	-0.13	0.79
Висота (15)	-0.06	-0.07	-0.04	-0.07	1.00	-0.18	0.00
Кут нахилу денної поверхні (16)	-0.04	-0.11	-0.11	-0.13	-0.18	1.00	-0.14
Опади (17)	0.09	0.11	0.09	0.79	0.00	-0.14	1.00

Таблиця 4.6

Матриця парних коефіцієнтів кореляції між чинниками зсувної небезпеки для зсувів зафіксованих на території ЗЗН-2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рі дочетвертинних відкладів (1)	1.00	-0.07	-0.08	0.25	0.14	-0.07	0.05	0.06	-0.05	0.06
Відстань до ріки, м (2)	-0.07	1.00	0.71	0.02	-0.45	0.05	0.04	-0.28	-0.11	-0.10
Відстань до дороги, м (3)	-0.08	0.71	1.00	-0.02	-0.56	0.09	-0.01	-0.31	-0.15	-0.15
Відстань до нас.пункт, м (4)	0.25	0.02	-0.02	1.00	0.07	-0.12	-0.01	-0.01	-0.03	0.02
Відстань до тальвегу, м (5)	0.14	-0.45	-0.56	0.07	1.00	-0.09	-0.06	0.33	0.23	-0.01
Відстань до лісу, м (6)	-0.07	0.05	0.09	-0.12	-0.09	1.00	0.10	-0.02	0.01	0.01
Відстань до водорозділу, м (7)	0.05	0.04	-0.01	-0.01	-0.06	0.10	1.00	0.09	0.14	0.28
Відстань до розлому, м (8)	0.06	-0.28	-0.31	-0.01	0.33	-0.02	0.09	1.00	0.20	0.10
Рі Ґрунту (9)	-0.05	-0.11	-0.15	-0.03	0.23	0.01	0.14	0.20	1.00	-0.05
Рі гідрогеологічної зони (10)	0.06	-0.10	-0.15	0.02	-0.01	0.01	0.28	0.10	-0.05	1.00
Рі ландшафтної зони (11)	-0.04	-0.11	-0.06	-0.01	0.10	-0.05	-0.18	0.01	0.31	-0.34
Рі тектонічної зони (12)	0.07	-0.14	-0.23	0.03	0.30	-0.12	0.01	0.33	0.38	0.00
Рі інженерно-геологічного району (13)	-0.09	0.06	0.13	-0.10	-0.12	0.03	0.13	0.15	0.06	-0.06
Рі літофаціальної зони (14)	-0.05	0.29	0.33	0.00	-0.29	-0.11	-0.09	-0.28	-0.01	-0.40
Висота (15)	-0.11	-0.01	-0.02	-0.02	-0.05	0.04	-0.06	-0.04	-0.05	-0.02
Кут нахилу денної поверхні (16)	0.22	0.13	0.18	0.26	-0.06	-0.13	0.00	-0.06	-0.13	-0.08
Опади (17)	-0.11	0.35	0.42	-0.12	-0.26	0.21	-0.07	-0.36	0.14	-0.32

	11	12	13	14	15	16	17
Рі дочетвертинних відкладів (1)	-0.04	0.07	-0.09	-0.05	-0.11	0.22	-0.11
Відстань до ріки, м (2)	-0.11	-0.14	0.06	0.29	-0.01	0.13	0.35
Відстань до дороги, м (3)	-0.06	-0.23	0.13	0.33	-0.02	0.18	0.42
Відстань до нас.пункт, м (4)	-0.01	0.03	-0.10	0.00	-0.02	0.26	-0.12
Відстань до тальвегу, м (5)	0.10	0.30	-0.12	-0.29	-0.05	-0.06	-0.26
Відстань до лісу, м (6)	-0.05	-0.12	0.03	-0.11	0.04	-0.13	0.21
Відстань до водорозділу, м (7)	-0.18	0.01	0.13	-0.09	-0.06	0.00	-0.07
Відстань до розлому, м (8)	0.01	0.33	0.15	-0.28	-0.04	-0.06	-0.36
Рі Ґрунту (9)	0.31	0.38	0.06	-0.01	-0.05	-0.13	0.14
Рі гідрогеологічної зони (10)	-0.34	0.00	-0.06	-0.40	-0.02	-0.08	-0.32
Рі ландшафтної зони (11)	1.00	0.38	-0.03	0.22	0.04	0.04	0.25
Рі тектонічної зони (12)	0.38	1.00	-0.04	-0.09	-0.02	0.00	-0.01
Рі інженерно-геологічного району (13)	-0.03	-0.04	1.00	0.23	0.03	0.05	0.08
Рі літофаціальної зони (14)	0.22	-0.09	0.23	1.00	-0.04	0.40	0.40
Висота (15)	0.04	-0.02	0.03	-0.04	1.00	-0.23	0.07
Кут нахилу денної поверхні (16)	0.04	0.00	0.05	0.40	-0.23	1.00	0.02
Опади (17)	0.25	-0.01	0.08	0.40	0.07	0.02	1.00

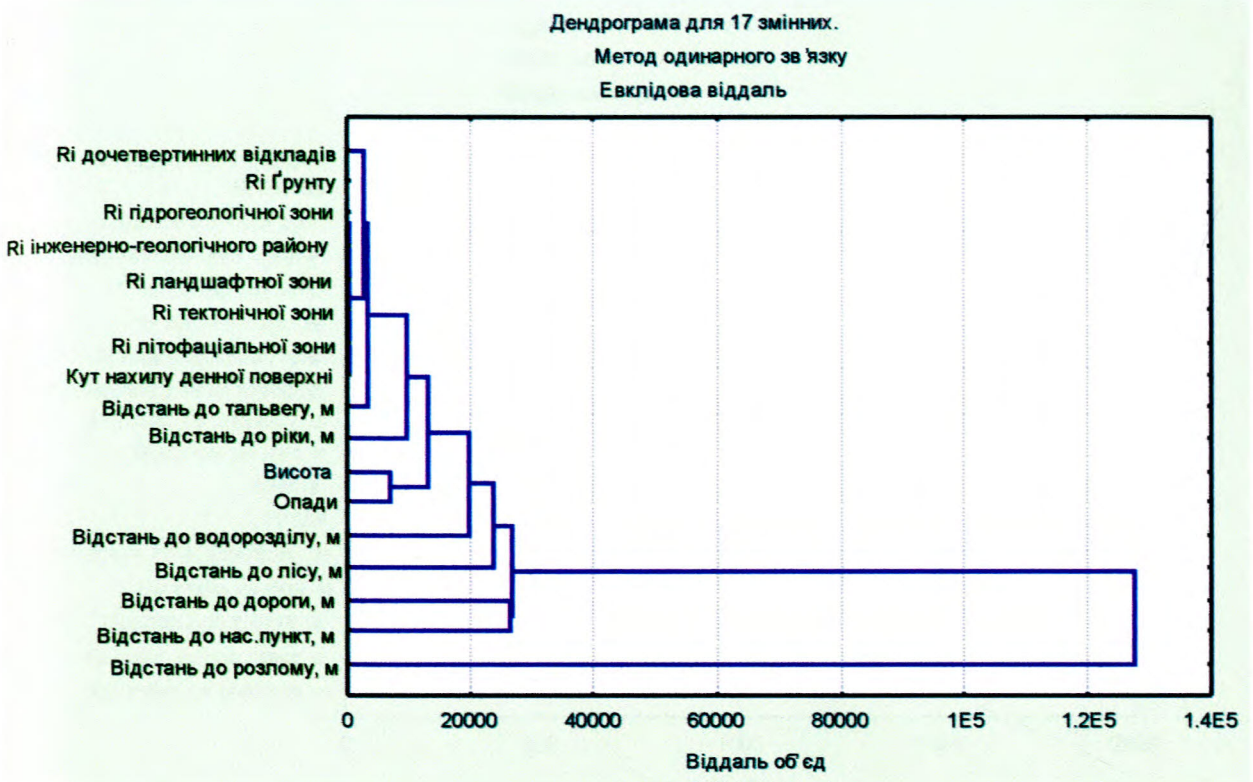
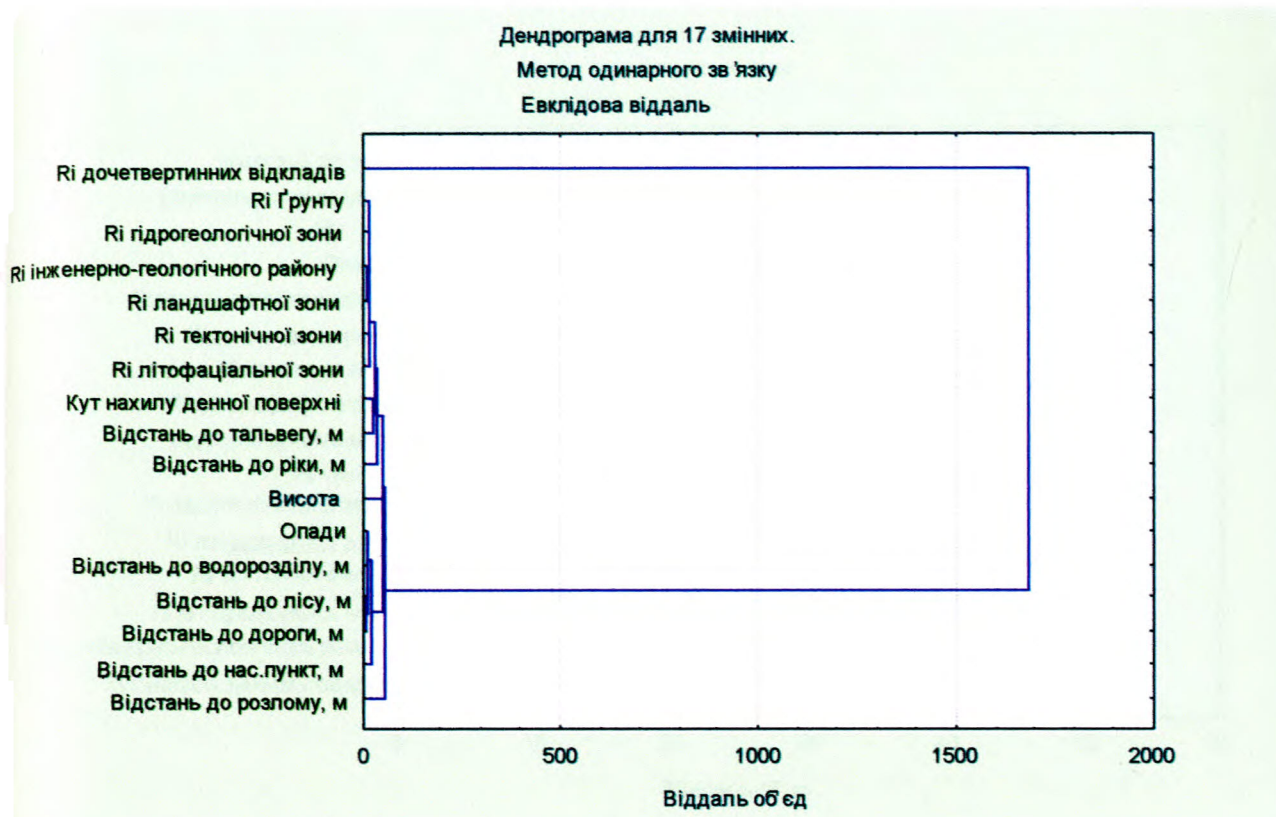


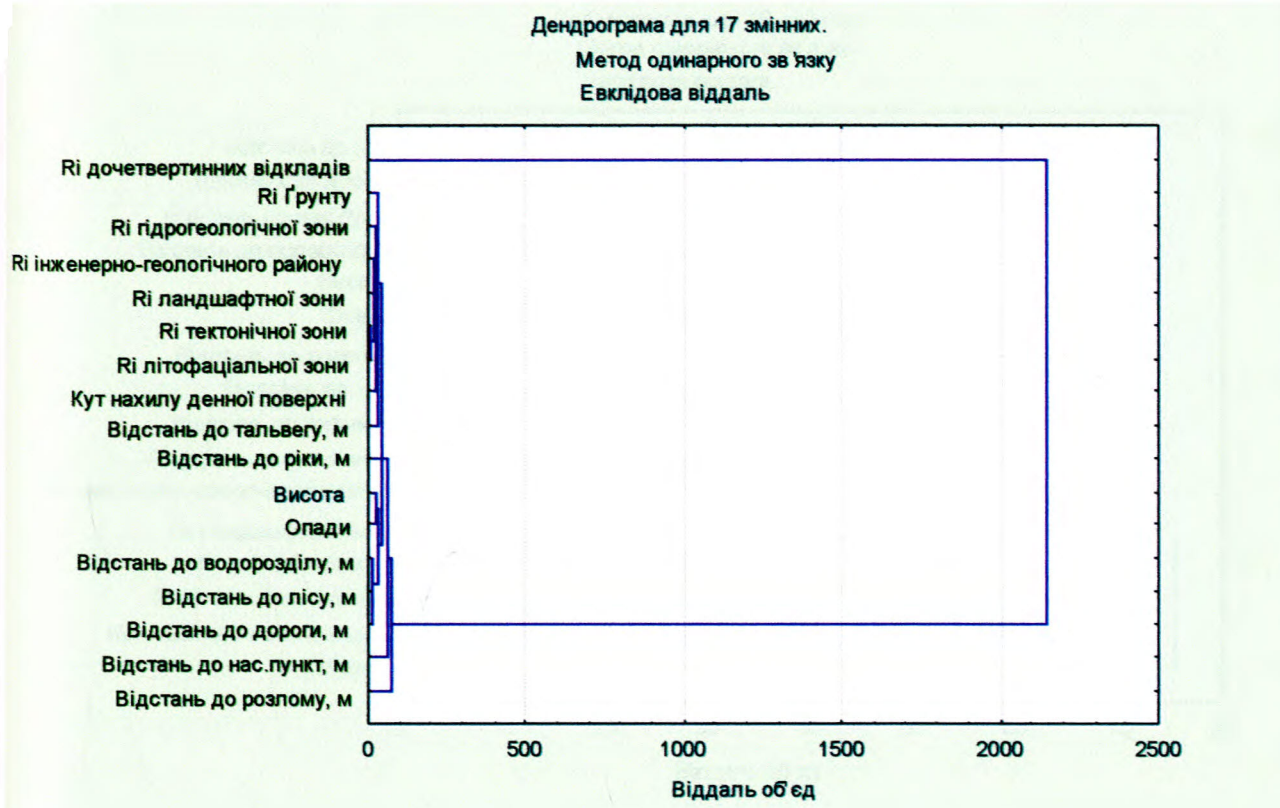
Рис. 4.17. Дендрограма результатів кластерного аналізу для 17 чинників зсувної небезпеки

На наведених дендограмах (рис.4.19) чітко видно пари чинників зсувної небезпеки, які дублюють один одного і ймовірно мають однаковий або подібний вплив на зсувні процеси. Подальші статистичні дослідження полягали в послідовному вилученні з аналізу дублюючих чинників, розрахунку матриць парних кореляцій і проведенні кластерного та факторного аналізів для обраних чинників зсувної небезпеки. Такі дослідження проводились окремо для вибірок, створених зі зсувів, що розташовані в межах виділених зон зсувної небезпеки. На попередніх етапах дослідження були вилучені такі чинники, як розмір елементарного водного басейну, глибина залягання першого від поверхні водоносного горизонту, гідроізогіпси міоцену та четвертинних відкладів.

Нижче наводяться результати статистичного аналізу, виконаного автором, з метою виявлення основних інформативних чинників зсувної небезпеки на регіональному рівні.



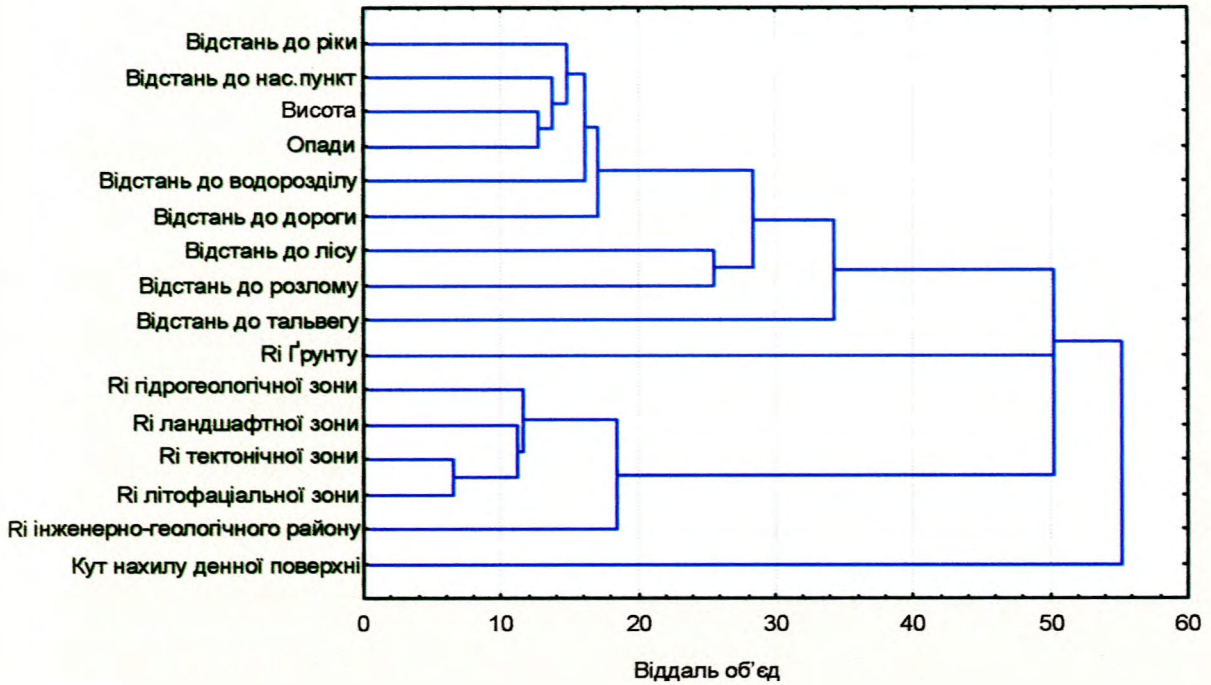
33Н-1



33Н-2

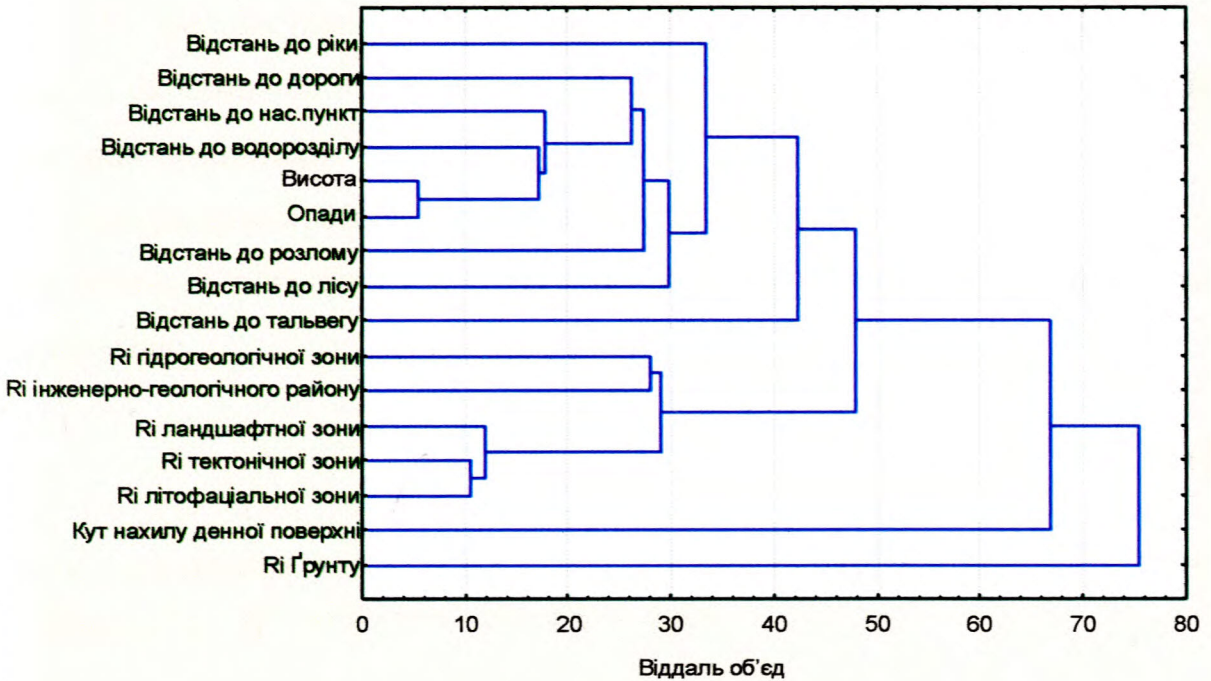
Рис. 4.18. Дендрограма результатів кластерного аналізу для 17 чинників зсувної небезпеки після перетворення

Дендрограма для 16 змінних.
Метод одинарного зв'язку
Евклідова віддаль



33Н-1

Дендрограма для 16 змінних.
Метод одинарного зв'язку
Евклідова віддаль



33Н-2

Рис. 4.19. Дендрограма результатів кластерного аналізу для 16 чинників зсувної небезпеки після перетворення

У таблицях 4.7 та 4.8 наведено результати факторного аналізу чинників зсувної небезпеки для ЗЗН-1, а в таблицях 4.9 та 4.10 - для ЗЗН-2, аналіз яких дозволив виявити головні причини основної мінливості зафіксованих величин чинників зсувної небезпеки та оцінити ступінь незалежності внеску окремих чинників в сумарну дисперсію зсувного процесу.

З чинників, що були проаналізовані для другої зони вилучено коефіцієнт контрастності ґрунтів. Це пояснюється тим, що гірська частина Івано-Франківської області на карті ґрунтів за виключенням невеликих по площі зон віднесена до не обстежених територій.

Аналіз таблиць 4.7 та 4.9 підтверджує відомий факт про те, що основна дисперсія в геологічних процесах створюється кількома першими факторами. Чим більше параметри є незалежними, тобто мають різну природу, тим більше їхній внесок у дисперсію інших факторів. В нашому випадку сумарна дисперсія перших 4 факторів становить майже 60% для ЗЗН-1 та 70% для ЗЗН-2, що свідчить про досить незалежний вплив окремих чинників на рівень зсувної небезпеки.

Це дає підстави стверджувати, що статистично доведено різну природу впливу окремих чинників на зсувні процеси, а також істотний вплив кожного з вибраних чинників.

Розрахунок коефіцієнтів інформативності (власних вагових коефіцієнтів) кожного з задіяних в моделі чинників зсувної небезпеки виконано за формулою:

$$Rnp_i = \frac{\sum_j |r_{i,j}|}{\sum_i \sum_j |r_{i,j}|} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

де $r_{i,j}$ - значення коефіцієнта парної кореляції між i, j змінними в матриці коефіцієнтів кореляції (див. табл.4.5 та 4.6.)

Коефіцієнти інформативності задіяних чинників зсувної небезпеки також були розраховані окремо для кожної з виділених зон. Результати розрахунку наведені в таблицях 4.11 та 4.12.

Таблиця 4.7

Матриця факторних навантажень основних чинників зсувної небезпеки, розрахованих способом головних компонент (без обертання факторних осей) розрахована для ЗЗН-1

Факторна характеристика	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
Відстань до ріки	0.059677	-0.38733	0.607113	0.231165	-0.052156	0.027597
Відстань до дороги	-0.2174	0.022738	0.318135	-0.3265	0.7812097	0.17455
Відстань до нас.пункт	-0.30997	-0.0466	0.513059	-0.54063	-0.060761	0.100392
Відстань до тальвегу	0.143937	-0.1259	0.253007	0.677791	0.3372534	0.170038
Відстань до лісу	-0.36588	-0.26884	-0.2226	0.07213	0.2431494	-0.68434
Відстань до водорозділу	-0.13435	0.487489	-0.39365	0.097585	0.3683873	-0.04873
Відстань до розлому	-0.66184	-0.33075	-0.18234	0.135976	-0.117201	0.386157
Ri Ґрунту	0.426806	-0.31661	-0.15532	0.217271	0.0842643	0.181775
Ri гідрогеологічної зони	0.818979*	-0.04298	-0.09139	0.02349	0.0579675	0.09901
Ri ландшафтної зони	0.629313	-0.54503	-0.21454	-0.15836	0.0697411	0.091551
Ri тектонічної зони	0.785728	-0.29419	0.011504	-0.15853	0.0163012	-0.08794
Ri інженерно-геологічного району	0.789397	-0.30064	0.004932	-0.18252	0.0784923	-0.18615
Висота	0.58025	0.594323	0.368036	0.067439	-0.029567	0.006934
Кут нахилу денної поверхні	-0.24798	-0.31566	0.5352	0.203488	-0.065711	-0.35592
Опади	0.447098	0.757405	0.185465	0.105655	-0.077786	-0.11393
Общ.дис.	3.845096	2.190481	1.569743	1.133330	0.972002	0.923349
Доля общ.	0.256340	0.146032	0.104650	0.075555	0.064800	0.061557

Факторна характеристика	Фактор 7	Фактор 8	Фактор 9	Фактор 10
Відстань до ріки	0.0291893	-0.33001	0.497218	0.2127245
Відстань до дороги	-0.121808	-0.05291	-0.154042	0.2449795
Відстань до нас.пункт	-0.087322	0.23935	0.218102	-0.4676777
Відстань до тальвегу	0.29146	0.40588	-0.026401	-0.2078217
Відстань до лісу	-0.202382	0.28236	0.242309	0.034847
Відстань до водорозділу	0.1186133	-0.48769	0.221175	-0.3671231
Відстань до розлому	-0.141473	-0.02832	0.040314	-0.0047154
Ri Ґрунту	-0.735562	-0.02202	0.020258	-0.1228292
Ri гідрогеологічної зони	-0.086158	-0.03341	-0.00428	-0.121673
Ri ландшафтної зони	0.1918944	-0.08316	0.074974	-0.0020229
Ri тектонічної зони	0.0565079	-0.03205	-0.144126	-0.0791778
Ri інженерно-геологічного району	0.1219881	0.02187	0.06704	-0.0097632
Висота	-0.079322	0.0417	0.080184	0.0483366
Кут нахилу денної поверхні	-0.081383	-0.36052	-0.417948	-0.2088408
Опади	-0.223879	0.05909	0.024887	0.0654131
Общ.дис.	0.849714	0.797332	0.641524	0.589684
Доля общ.	0.056648	0.053155	0.042768	0.039312

* - потовщеним шрифтом виділено істотні значення факторних навантажень

Таблиця 4.8

Матриця факторних навантажень основних чинників зсувної небезпеки, розрахованих способом головних компонент (з обертанням факторних осей способом Варімакс) розрахована для ЗЗН-1

Факторна характеристика	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
Відстань до ріки	-0.06797	0.020176	0.961072	0.086659	-0.024255	0.022384
Відстань до дороги	0.073813	0.030471	0.022237	0.011754	-0.988505	-0.00884
Відстань до нас.пункт	0.112044	0.046516	0.056488	-0.06275	-0.11238	0.004387
Відстань до тальвегу	-0.03589	-0.02788	0.079384	0.990223	-0.011633	0.005733
Відстань до лісу	0.097805	0.193366	-0.02176	-0.0046	-0.009003	-0.95875
Відстань до водорозділу	0.128234	-0.06408	-0.10457	-0.04287	-0.029358	-0.00763
Відстань до розлому	0.526848	0.675393	0.071463	-0.00487	0.0371655	0.064652
Ri Грунту	-0.21709	-0.01804	0.032376	0.02719	0.0196272	-0.02755
Ri гідрогеологічної зони	-0.64042	-0.30231	-0.03328	0.101147	0.0918955	0.206643
Ri ландшафтної зони	-0.82073*	0.250806	0.114987	0.018444	0.0541036	0.102807
Ri тектонічної зони	-0.82123	-0.14671	-0.03469	0.013102	0.0502029	0.118349
Ri інженерно-геологічного району	-0.86306	-0.17119	0.088652	0.020085	0.0414242	-0.04491
Висота	-0.12548	-0.86661	0.091764	0.08755	-0.002995	0.236625
Кут нахилу денної поверхні	0.081561	0.104746	0.171802	0.038867	-0.032633	-0.04341
Опади	0.065544	-0.91941	-0.08223	-0.03104	0.0639805	0.104465
Общ.дис.	2.90434	2.31469	1.0193	1.016033	1.01398	1.062917
Доля общ.	0.193623	0.154313	0.067953	0.067736	0.0675987	0.070861

Факторна характеристика	Фактор 7	Фактор 8	Фактор 9	Фактор 10
Відстань до ріки	0.0287003	0.10739	0.168229	-0.058221
Відстань до дороги	-0.020723	-0.02798	0.029744	-0.1067666
Відстань до нас.пункт	-0.080752	0.09318	0.060199	-0.9723231
Відстань до тальвегу	0.0270874	0.04051	0.035101	0.0593751
Відстань до лісу	0.0193641	-0.00852	0.041684	0.0050436
Відстань до водорозділу	-0.054072	-0.97073	-0.074955	0.0936511
Відстань до розлому	0.1822706	0.04892	-0.053718	-0.0395556
Ri Грунту	0.9431094	0.06176	-0.006765	0.0849176
Ri гідрогеологічної зони	0.3547736	-0.04271	-0.119865	0.1092413
Ri ландшафтної зони	0.1424477	0.05983	-0.161347	0.1155092
Ri тектонічної зони	0.1623186	0.13843	0.078307	0.05433
Ri інженерно-геологічного району	0.0751586	0.1079	-0.054173	0.0350853
Висота	0.0305024	-0.00547	-0.085868	-0.0211221
Кут нахилу денної поверхні	-0.011336	0.07865	0.955505	-0.0629726
Опади	0.0783246	-0.06744	-0.091016	0.0731144
Общ.дис.	1.119830	1.018209	1.022442	1.020514
Доля общ.	0.074655	0.067881	0.068163	0.068034

* - потовщеним шрифтом виділено істотні значення факторних навантажень

Матриця факторних навантажень основних чинників зсувної небезпеки, розрахованих способом головних компонент (без обертання факторних осей) розрахована для ЗЗН-2

Факторна характеристика	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
Відстань до ріки	0.041875	0.047999	-0.67041	0.021533	-0.285972	0.233964
Відстань до дороги	-0.51725	0.246515	-0.07328	0.313394	0.0810152	-0.4172
Відстань до нас.пункт	-0.75258*	0.272545	0.059248	0.093907	0.1257324	-0.08726
Відстань до тальвегу	-0.03072	0.131015	-0.63761	0.067266	-0.085314	-0.29821
Відстань до лісу	0.483363	-0.30884	-0.29023	-0.20526	-0.154707	0.137963
Відстань до водорозділу	-0.02217	0.055654	0.378533	0.274611	-0.83383	-0.099
Відстань до розлому	0.109532	0.106522	-0.00718	0.760981	0.1603259	0.489215
Рі гідрогеологічної зони	0.104871	-0.65147	0.034026	0.448148	0.0580532	0.030557
Рі ландшафтної зони	0.512295	0.434733	-0.01349	0.414558	0.0867747	-0.23354
Рі літолого-фаціальна зона	-0.21108	-0.76824	-0.0564	-0.068	-0.003322	-0.17082
Рі інженерно-геологічного району	0.214698	-0.6413	-0.18818	0.308797	0.1134765	-0.32916
Висота	-0.75943	-0.19034	-0.15819	-0.0221	0.1445262	0.250351
Кут нахилу денної поверхні	-0.31688	0.137424	-0.68426	0.095936	-0.17755	0.051907
Опади	-0.65014	-0.29781	0.216088	0.108463	-0.249953	0.100388
Общ.дис.	2.546671	2.023021	1.67232	1.302789	0.9950175	0.861953
Доля общ.	0.181905	0.144501	0.119451	0.093056	0.0710727	0.061568

Факторна характеристика	Фактор 7	Фактор 8	Фактор 9	Фактор 10	Фактор 11
Відстань до ріки	0.059131	0.56923	-0.248959	0.0363564	-0.087433
Відстань до дороги	0.4470086	0.02648	-0.213086	-0.3394743	0.0295929
Відстань до нас.пункт	0.0567775	0.02055	-0.08488	0.2759797	0.0131185
Відстань до тальвегу	-0.559399	-0.29587	-0.219416	-0.117483	0.0860415
Відстань до лісу	0.4531248	-0.3915	-0.219179	0.0479156	0.2553575
Відстань до водорозділу	-0.016181	-0.05239	0.158276	-0.1178456	-0.030613
Відстань до розлому	-0.092841	-0.02237	0.041724	-0.2019782	0.2530294
Рі гідрогеологічної зони	0.0116411	-0.19093	-0.236699	0.074365	-0.507235
Рі ландшафтної зони	0.0261685	-0.01238	0.042281	0.4312568	0.0632868
Рі літолого-фаціальна зона	-0.124582	0.13694	0.14858	-0.0425513	0.169132
Рі інженерно-геологічного району	0.0791549	0.21735	0.212166	0.0584632	0.1664231
Висота	0.0006533	-0.15149	0.159395	-0.0421568	-0.026228
Кут нахилу денної поверхні	0.1859879	-0.19938	0.435275	0.1463371	-0.126964
Опади	-0.071657	-0.02637	-0.280587	0.3269847	0.2457139
Общ.дис.	0.7960008	0.7352	0.656071	0.5903622	0.5410419
Доля общ.	0.0568572	0.05251	0.046862	0.0421687	0.0386458

* - потовщеним шрифтом виділено істотні значення факторних навантажень

Таблиця 4.10

Матриця факторних навантажень основних чинників зсувної небезпеки, розрахованих способом головних компонент (з обертанням факторних осей способом Варімакс) розрахована для ЗЗН-2

Факторна характеристика	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
Відстань до ріки	-0.02406	0.017209	0.137744	0.024382	-0.0461	-0.00351
Відстань до дороги	0.088778	-0.01915	0.084559	0.02549	0.0265473	0.971737
Відстань до нас.пункт	0.577815	-0.19494	0.238032	-0.07559	-0.146689	0.380024
Відстань до тальвегу	-0.02419	-0.00115	0.130477	-0.00153	-0.054045	0.027885
Відстань до лісу	-0.087	0.060713	0.027991	-0.0477	-0.056571	-0.10184
Відстань до водорозділу	0.078437	-0.03627	-0.00555	0.024698	0.9762171	0.019507
Відстань до розлому	-0.01018	-0.00901	0.004035	0.980371	0.0237975	0.02041
Рі гідрогеологічної зони	0.045632	0.200716	-0.04364	0.087526	0.015826	-0.03718
Рі ландшафтної зони	-0.13626	-0.03106	0.012243	0.153294	0.0048224	-0.0273
Рі літолого-фаціальна зона	0.202832	0.710241	-0.02122	-0.13288	-0.014102	-0.10399
Рі інженерно-геологічного району	-0.07838	0.864392	0.016551	0.055324	-0.046531	0.013787
Висота	0.392762	-0.00447	0.451596	0.09414	-0.201366	0.129581
Кут нахилу денної поверхні	-0.00125	0.00583	0.927471	-0.00411	0.0122997	0.094401
Опади	0.897574*	0.070334	-0.03606	-0.00222	0.1562348	0.054993
Общ.дис.	1.384576	1.341619	1.168858	1.031732	1.051781	1.142509
Доля общ.	0.098898	0.095830	0.083490	0.073695	0.075127	0.081608

Факторна характеристика	Фактор 7	Фактор 8	Фактор 9	Фактор 10	Фактор 11
Відстань до ріки	0.1075794	-0.97529	0.053796	0.0074842	-0.02593
Відстань до дороги	0.0318062	-0.00065	-0.100824	0.0369246	-0.031566
Відстань до нас.пункт	-0.038598	0.06615	-0.382187	-0.0107979	-0.106595
Відстань до тальвегу	0.9804666	-0.10582	0.00261	-0.0334804	-0.015823
Відстань до лісу	0.0009154	-0.05256	0.967118	-0.0300363	0.0749821
Відстань до водорозділу	-0.055224	0.04692	-0.047311	-0.0323672	0.0147249
Відстань до розлому	-0.001586	-0.02403	-0.041339	-0.1070273	0.0845527
Рі гідрогеологічної зони	-0.016715	0.02766	0.078081	0.0354498	0.9670457
Рі ландшафтної зони	0.0442153	0.03252	0.001431	-0.9113892	-0.023911
Рі літолого-фаціальна зона	0.035314	0.03775	0.002588	0.404117	0.1334899
Рі інженерно-геологічного району	-0.020945	-0.04704	0.101377	-0.1190003	0.2299948
Висота	-0.010801	0.10118	-0.189256	0.5481205	0.0427048
Кут нахилу денної поверхні	0.1621376	-0.17911	0.039267	0.0122782	-0.053855
Опади	-0.023429	0.00984	-0.04864	0.2125316	0.082069
Общ.дис.	1.009317	1.020177	1.154505	1.3711767	1.0441955
Доля общ.	0.072094	0.072870	0.082465	0.0979412	0.0745854

* - потовщеним шрифтом виділено істотні значення факторних навантажень

Таблиця 4.11

**Результати розрахунків коефіцієнту інформативності всіх задіяних в
аналізі чинників для ЗЗН-1**

Чинник	Ваговий коефіцієнт інформативності в розрахунках, %
Відстань до ріки	0.77
Відстань до дороги	0.25
Відстань до нас.пункт	11.45
Відстань до тальвегу	9.34
Відстань до лісу	8.74
Відстань до водорозділу	7.55
Відстань до розлому	10.19
Ri Ґрунту	10.45
Ri гідрогеологічної зони	1.17
Ri ландшафтної зони	8.84
Ri тектонічної зони	1.01
Ri інженерно-геологічного району	11.72
Висота	6.97
Кут нахилу денної поверхні	9.87
Опади	1.67

Таблиця 4.12

**Результати розрахунків коефіцієнту інформативності всіх задіяних в
аналізі чинників для ЗЗН-2**

Чинник	Ваговий коефіцієнт інформативності в розрахунках, %
Відстань до ріки	5.91
Відстань до дороги	7.37
Відстань до нас.пункт	10.20
Відстань до тальвегу	5.71
Відстань до лісу	8.07
Відстань до водорозділу	5.35
Відстань до розлому	5.36
Ri гідрогеологічної зони	6.94
Ri ландшафтної зони	7.06
Ri літолого-фаціальна зона	6.23
Ri інженерно-геологічного району	5.77
Висота	10.01
Кут нахилу денної поверхні	7.22
Опади	8.80

Аналізуючи дані, наведені в таблицях 4.11 та 4.12, особливу увагу слід приділити чинникам зсувної небезпеки з малими величинами коефіцієнтів інформативності. Отримані низькі значення інформативності, а відповідно і

низькі внески у величину ймовірності зсувної небезпеки для таких чинників як віддаль від ріки, віддаль від дороги, коефіцієнти контрастності гідрогенлогічної та тектонічних зони можна пояснити виходячи з наступних міркувань.

У переліку чинників зсувної небезпеки присутні два параметри, вплив яких на зсувні процеси близький за своїм характером, – віддаль від найближчої ріки та віддаль від найближчого тальвегу. Територія, що названа мною ЗЗН-1, має переважно рівнинний характер рельєфу та відносно негусту річкову мережу. Крім того на географічних картах, що відповідають регіональним масштабам досліджень (1 : 100 000 – 1 : 200 000), нанесені лише основні водотоки, що не дозволяє з необхідною детальністю врахувати даний параметр як одну з побічних характеристик геодинамічного потенціалу. Побудована карта тальвегів враховує всі особливості рельєфу і відповідно дає більше інформації про геодинамічний потенціал. Густота населених пунктів і відповідно щільна мережа доріг не дає можливості віднести цей параметр (віддаль до найближчої дороги) до вагомих для цієї території чинників зсувної небезпеки. Гідрогеологічне та тектонічне районування (див рис.4.5 та 4.8) дає підстави для вилучення з переліку чинників цих параметрів як малоінформативних – лише дві таксономічних одиниці для тектонічного районування та 5 для гідрогеологічного. Низька інформативність чинника середньорічна величина опадів пояснюється також надзвичайно малою диференційованістю середньорічних опадів на виділеній території – рівень коливається від 650 до 750 мм/рік.

Що стосується території, названою ЗЗН-2, то тут картина дещо інша. Інформативність використаних чинників зсувної небезпеки коливається в межах від 5 до 10%, що підтверджує тезу про незалежність обраних чинників між собою та їх різноплановий характер впливу на зсувні процеси.

Після вилучення параметрів з надзвичайно низькою інформативністю для території ЗЗН-1 і повторних розрахунків були отримані нові коефіцієнти інформативності, що наведені в таблиці 4.13.

Результати розрахунків коефіцієнту інформативності задіяних чинників зсувної небезпеки для ЗЗН-1

Чинник	Ваговий коефіцієнт інформативності в розрахунках, %
Відстань до нас.пункт	11.07
Відстань до тальвегу	10.24
Відстань до лісу	10.34
Відстань до водорозділу	9.27
Відстань до розлому	10.12
Ri Ґрунту	10.08
Ri ландшафтної зони	9.32
Ri інженерно-геологічного району	11.06
Висота	8.38
Кут нахилу денної поверхні	10.12

Для отримання величини ймовірності зсувної небезпеки необхідно виконати розрахунок інтегрального показника або функції комплексного показника, що пов'язаний із просторовим розподілом зсувів. Після визначення статистичних характеристик розподілів кожного чинника й виконання процедури нормалізації (в термінах програми Statistica – стандартизація) по кожному з чинників, отримуємо нормалізоване значення чинникової характеристики P_{ij} , де i - номер точки спостереження, j - номер чинник зсувонебезпеки. Значення сумарного показника P_{Σ_i} розраховується за формулою.

$$P_{\Sigma_i} = \sum P_{ij} \times V_j, \quad (4.3)$$

де P_{ij} – нормалізовані значення чинників; V_j – вагові коефіцієнт інформативності j -го чинника

Для отриманої вибірки інтегрального показника зсувної небезпеки, розподіл ймовірностей якого підлягає нормальному закону (рис.4.20-4.21), розраховуються значення середнього арифметичного й середньоквадратичного відхилення. Після цього, з використанням відомої формули, яка описує диференційну криву нормального закону розподілу ймовірностей випадкової величини ($f(P_{ij})$), з перерахунком усіх значень функції ймовірностей таким чином, щоб її максимальне значення рівнялося б одиниці, оцінюються ймовірність зсувної небезпеки в будь-якій точці території:

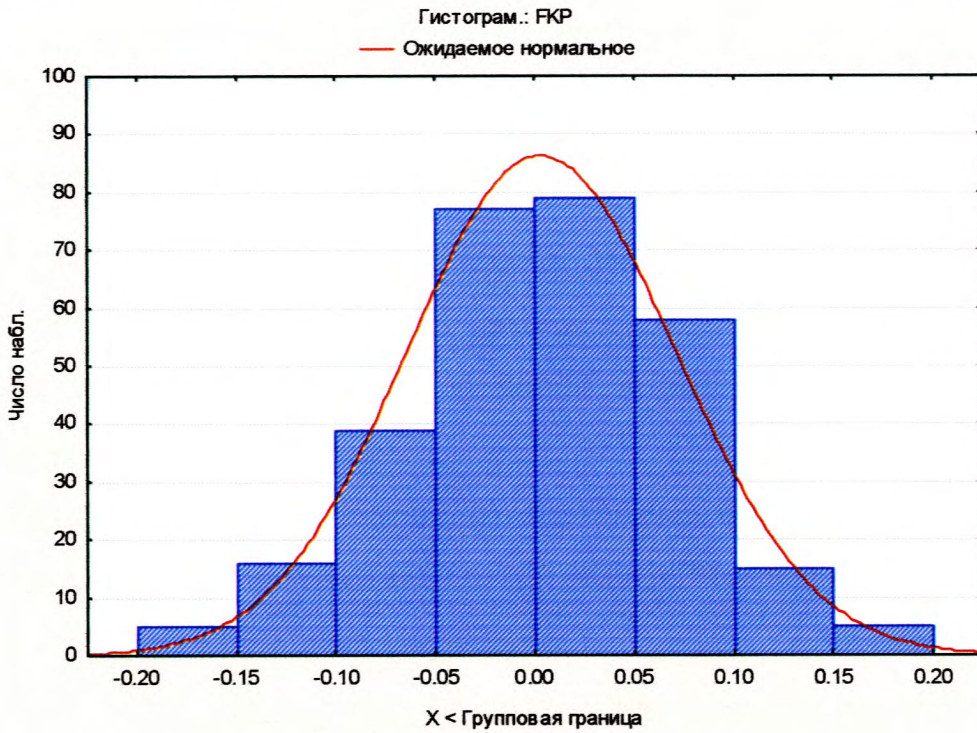


Рис. 4.20. Гістограма інтегрального показника зсувної небезпеки, розрахованого з урахуванням всіх факторів і їхніх вагових коефіцієнтів інформативності для території ЗЗН-1

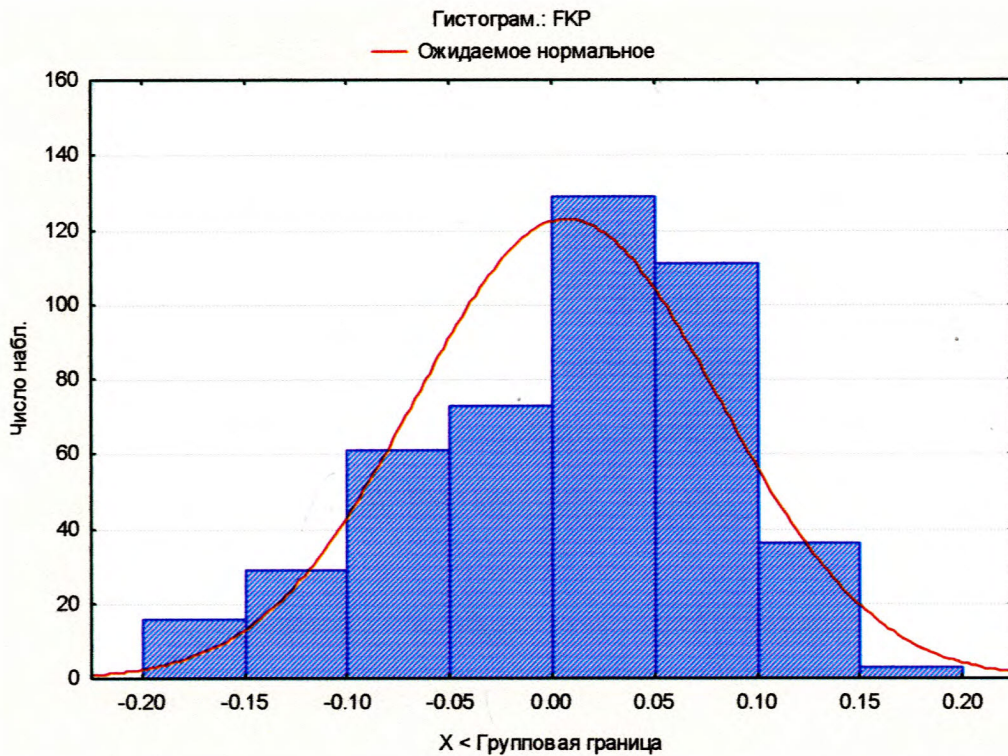


Рис. 4.21. Гістограма інтегрального показника зсувної небезпеки, розрахованого з урахуванням всіх факторів і їхніх вагових коефіцієнтів інформативності для території ЗЗН-2

$$f(P_{ij}) = \frac{1}{2\pi} \cdot e^{-\frac{P_{ij}}{2}} \cdot \max(f(P_{ij}))^{-1}, \quad (4.4)$$

де $\max(f(P_{ij}))^{-1}$ - уведення поправки для виконання умови, що максимум кривої рівний 1.

У цьому випадку оптимальні умови для утворення зсувів наступають тоді, коли значення ймовірності розподілу комплексного інтегрального показника, що враховує вплив чинників різної природи, досягає свого максимуму.

Після проведення розрахунків були отримані функціональні залежності ймовірності зсувної небезпеки від комплексного інтегрального показника.

Для території ЗЗН-1 вона має вигляд:

$$Ймов.ЗЗН - 1 = e^{-(25.8456 \cdot (Инт.пок)^2)} * 100\%, \quad (4.5)$$

А для території ЗЗН-2 функція виражається формулою:

$$Ймов.ЗЗН - 2 = e^{-(28.57804 \cdot (Инт.пок)^2)} * 100\%, \quad (4.6)$$

Висновки до розділу 4.

У даному розділі наведено вихідні картографічні матеріали, на підставі яких виконувались визначення фактичних значень просторових чинників зсувної небезпеки та результати їх статистичного аналізу та обробки. У результаті проведених статистичних досліджень визначені регіональні чинники зсувної небезпеки, доведено наявність на території області двох зон зсувної небезпеки зі своїми власними функціями комплексних показників, встановлено вигляд функцій ймовірності зсувної небезпеки для кожної з виділених зон.

Створено математичну модель активізації зсувних процесів для її реалізації в геоінформаційному середовищі.

РОЗДІЛ 5

ПОБУДОВА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

При виконанні науково-дослідних робіт за темою ГМ-21 «Розробка та створення системи прогнозування активізації екзогенних геологічних процесів (ЕГП) у складі УІАС НС» № держ.реєстрації 0103U006462 Геолфонду автор розробив аналітичну геоінформаційна систему просторово-часового прогнозування зсувних процесів [10-12]. Створена геоінформаційна система працює на території експериментальної ділянки, розміром 50 на 100 км, і дозволяє отримувати прогнозні значення для будь-якої вказаної точки або будь-якого площинного об'єкту розташованих в її межах. Подібний підхід до побудови прогнозу зсувної небезпеки повністю відповідав вимогам замовника і власним уявленням автора про потреби потенційних користувачів і способи представлення результатів моделювання.

Однак, створена геоінформаційна система не зовсім відповідала потребам великого сегменту потенційних користувачів, для яких найбільший інтерес представляє дещо інший тип представлення результатів прогнозування. Мова йде про власників та користувачів господарських об'єктів, які на картах представлені лінійними об'єктами. В першу чергу, це транспортні системи – трубопровідні, автомобільні та залізничні шляхи. Для такого типу об'єктів автор розробив геоінформаційну систему прогнозування зсувної небезпеки спеціалізовану для лінійного типу об'єктів [7, 18].

5.1 Алгоритм створення та побудова системи прогнозування зсувної небезпеки для адміністративної області

Накопичений автором досвід розробки геоінформаційних систем прогнозування дозволяє запропонувати наступну схему побудови.

1) Створення геоінформаційної системи прогнозування починається одночасно зі створенням аналітичної моделі, на стадії аналізу всієї наявної

інформації придатної для розробки математично-статистичної моделі. На цьому етапі виконується приведення наявних картографічних даних до єдиного формату та масштабу, розробка структури атрибутивних даних, виконується вибір представлення картографічних об'єктів (лінійне, площинне чи у вигляді безперервних поверхонь). Даний етап є досить важливим, оскільки ГІС використовується і як база просторово-координованих даних, так і як інструмент аналізу та набору вихідної інформації для статистичних досліджень.

Структура атрибутивних даних (описових характеристик) картографічних об'єктів створюються відповідно для кожного задіяного в моделі картографічного шару. В загальному випадку атрибутивні дані повинні забезпечувати легкість ідентифікації кожного об'єкту, забезпечувати повноту характеристик, бути достатньою як для фахівця в прикладній галузі, так і для пересічного користувача системи. Така вимога випливає з відкритості системи для модифікації та можливості використання карт для інших цілей або в інших геоінформаційних системах. При заповненні атрибутивних даних слід уникати надмірного вживання індексів, скорочень, абревіатур крім загальноприйнятих. При необхідності винесення на карту пояснюючих написів їх слід також внести до атрибутивних даних. Обовязково в структурі атрибутивних даних необхідно передбачити поле (стовпчик) для зберігання числових значень задіяних в математичній моделі. Це, по-перше, значно прискорює набір вихідної інформації для розрахунку інтегрального показника зсувної небезпеки, по-друге, дозволяє досить легко виконати модернізацію системи прогнозування зсувної небезпеки при отриманні нових даних, по-третє, дозволяє автоматизувати сам процес модернізації. В першу чергу це стосується геологічних, геоморфологічних, літолого-фаціальних, гідрогеологічних та інших карт, що містять площинні об'єкти, для яких розраховувались коефіцієнти контрастності.

Окремо слід звернути увагу на підвищення інформативності та зручності використання картографічних матеріалів за рахунок використання

графічних можливостей ГІС-оболонки. Бажано використовувати загальноприйняті умовні позначення для точкових, лінійних та площинних об'єктів, з врахуванням можливостей обраної ГІС-оболонки.

Карта зсувів отримана з Державної служби геології та надр України також була змінена в частині структури атрибутивних даних. Автором були добавлені поля: віддаль до ріки, віддаль до дороги, віддаль до межі населеного пункту, віддаль до тальвегу, віддаль до межі лісу, віддаль до водорозділу, віддаль до розривного порушення, коефіцієнт контрастності для ґрунтового покриву, коефіцієнт контрастності для гідрогеологічних таксонів, коефіцієнт контрастності для ландшафтних таксонів, коефіцієнт контрастності для тектонічних таксонів, коефіцієнт контрастності для інженерно-геологічних таксонів, середньорічна кількість опадів, висота над рівнем моря, експозиція схилу, кут нахилу денної поверхні, середньорічна кількість опадів. Після заповнення атрибутивними даними таблиці були виконані дослідження описані в розділі 4.

2) Після побудови математично-статистичної моделі необхідно виконати її аналіз з метою встановлення найбільш оптимальної форми представлення в геоінформаційній системі обраних чинників зсувної небезпеки (картографічна база даних). Зазвичай, чинники, що представлені у вигляді площинних об'єктів (геологічні, літолого-стратиграфічні, геоморфологічні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні і т.ін. таксони), не потребують жодних перетворень. У випадку, коли на території досліджень присутні дві або більше зон із різними еталонними інтегральними показниками зсувної небезпеки, необхідно виконати розділення тих таксонів, які одночасно належать декільком зонам.

Більших перетворень вимагають чинники, які представлені безперервними величинами і можуть бути представлені як у вигляді лінійних об'єктів (ізолінії), так і у вигляді площинних об'єктів (проміжки між ізолініями) або безперервних поверхонь, наприклад, абсолютна висота над рівнем моря, кут нахилу денної поверхні і таке інше. Для зручності використання та

прискорення розрахунків значень ймовірності зсувної небезпеки карти таких чинників необхідно перебудувати у вигляді площинних об'єктів з фіксованими значеннями в абсолютних величинах (метрах, градусах), причому крок поділу повинен відповідати крокові для граничних значень, який було використано при аналізі та побудові математичної моделі. Такий підхід значно скорочує необхідний час для отримання фактичного значення чинника у вигляді, зручному для використання у функції інтегрального показника зсувної небезпеки, та час для виконання розрахунків.

Так, на рис.4.13-4.16 наведені гістограми розподілу фактичних значень зсувоініціюючих чинників, відповідні карти доцільно було будувати з таким же способом виділення окремих об'єктів: рельєф – площинні об'єкти обмежені горизонталями проведеними через 50 м, кути нахилу денної поверхні – площинні об'єкти обмежені ізолініями в 2 градуси, середньорічна кількість опадів - площинні об'єкти обмежені ізолініями в що відповідають зміні в 50 мм/рік.

3) Після підготовки всіх необхідних картографічних матеріалів переходять до розробки програмно-розрахункового модулю визначення величини зсувної небезпеки в обраній в якості базової геоінформаційній системі та розробці інтерфейсу користувача системи прогнозування.

Розробка геоінформаційної системи просторового прогнозування ймовірності виникнення чи активізації зсувних процесів на території Івано-Франківської області була виконана саме за наведеною схемою.

Як вказувалось в розділі 4.2 в якості базової геоінформаційної системи було обрано повнофункціональну геоінформаційну систему MapInfo корпорації Pitney Bowes Software Inc. Такий вибір обґрунтовується наступними міркуваннями:

1) MapInfo є базовою ГІС Міністерства охорони навколишнього природного середовища України;

2) відносно не висока вартість програмного забезпечення (біля 2 000 доларів США);

- 3) апаратно-платформова незалежність;
- 4) легкість освоєння для фахівців в предметних галузях;
- 5) наявність достатньої кількості картографічних матеріалів в форматі MapInfo і легкість конвертації з інших форматів;
- 6) зручність користування.

Розробка ГІС просторового прогнозування зсувної небезпеки почалася на стадії підготовки вихідних даних та побудови статистичної моделі. Робота яка була виконана автором на цій стадії описана в розділі 4.

Виконаними автором статистичними дослідженнями було обґрунтовано наявність на території області двох зон з різними функціональними залежностями ймовірності зсувної небезпеки від комплексного інтегрального показника, але оскільки виділені зони були приурочені до існуючих інженерно-геологічних областей, потреби в розділенні картографічних представлень задіяних чинників не виникло.

Використання геоінформаційної системи просторового прогнозування ймовірності виникнення чи активізації зсувних процесів на території Івано-Франківської області передбачається для вирішення різного кола завдань – від адміністративного управління до запобігання чи мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій. Широке застосування передбачає і широке коло користувачів різного фахового спрямування і з різними навичками роботи з геоінформаційними системами.

Відповідно, ГІС просторового прогнозування зсувної небезпеки розроблялась із врахуванням можливості її використання фахівцями в прикладних галузях з мінімальними навичками роботи з операційною системою та ГІС MapInfo.

Після програмної реалізації в середовищі MapBasic процедур визначення фактичних значень по кожному з задіяних в моделі чинників і розрахунку комплексного інтегрального показника та величини ймовірності зсувної небезпеки, було виконано розробку інтерфейсу користувача.

Для досягнення максимального збереження звичного оточення користувача MapInfo і забезпечення повнофункціональності самої ГІС доступ до системи прогнозування здійснено за допомогою створення додаткового пункту меню «Utilities» команда «Прогноз зсувної небезпеки».

На рис.5.1 наведено фрагмент знімку екрану з діючою системою прогнозування зсувної небезпеки. На врізці наведено перелік доступних користувачу команд, при виборі яких фахівець у предметній галузі (проектант, управлінець, дослідник чи просто зацікавлена особа) може отримати прогноз зсувної небезпеки для об'єкту чи території, що його цікавить.

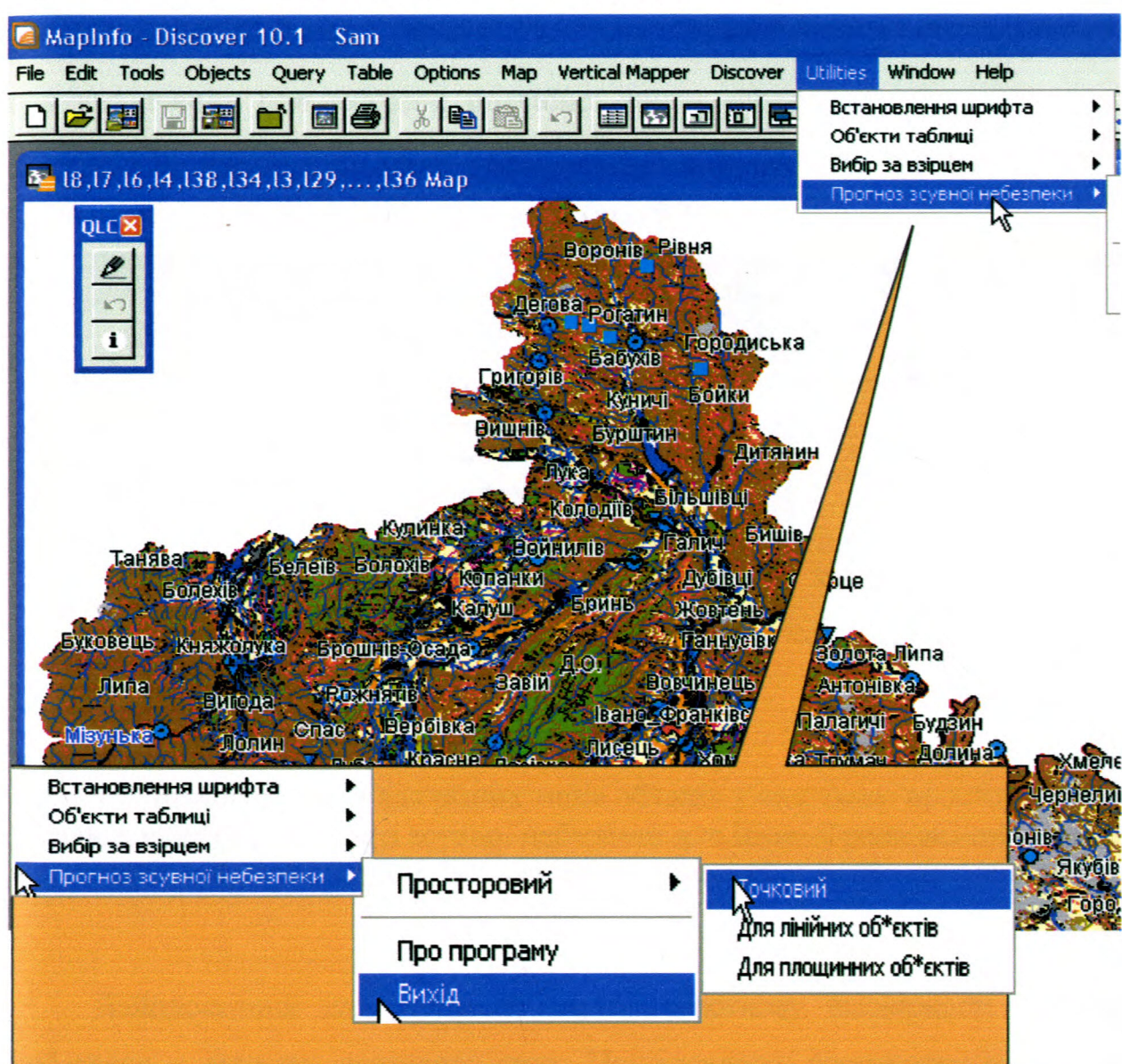


Рис.5.1. Фрагмент знімку екрану з діючою системою просторового прогнозування ймовірності зсувної небезпеки для Івано-Франківської області

Як видно з наведеного на рис.5.1 переліку доступних команд, в системі реалізовано три типи просторового прогнозу в залежності від типу об'єкту і потреб користувача:

- точковий прогноз;
- прогноз для лінійного об'єкту;
- площинний прогноз для вказаної території.

Побудова прогнозу виконується в режимі реального часу в середовищі ГІС MapInfo. У залежності від обраного типу прогнозу користувач вказує відповідний об'єкт на карті або створює потрібний йому об'єкт на косметичному шарі. Передбачена можливість вводу більш точних координат ніж визначених при вказанні потрібної точки або об'єкту на карті та у випадку лінійних або площинних об'єктів завдання параметрів для відображення результатів моделювання (рис.5.2).

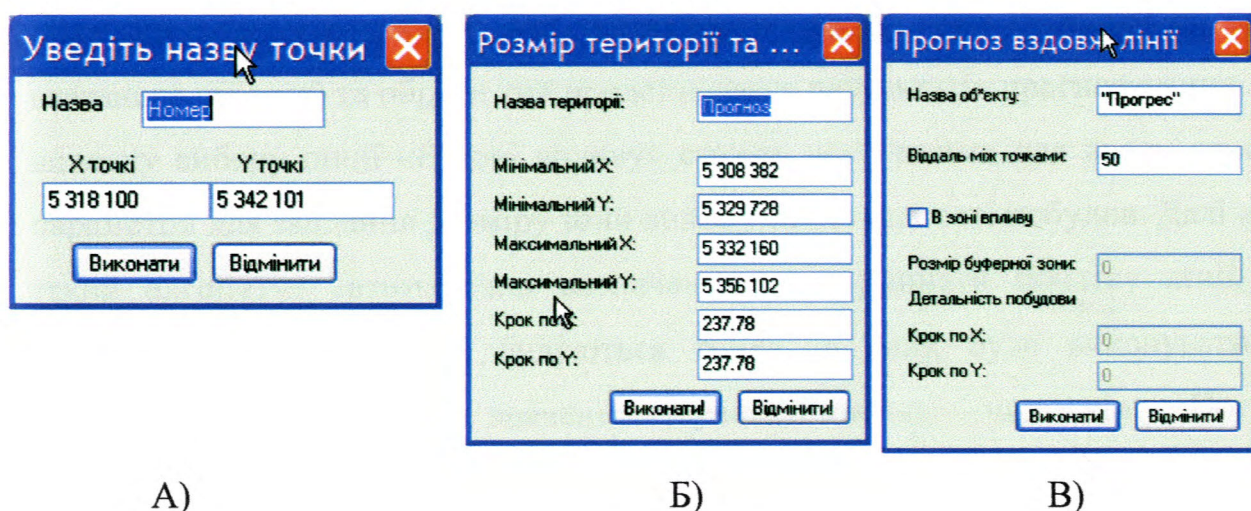


Рис.5.2. Діалогові вікна для різних типів об'єктів у системою просторового прогнозування ймовірності зсувної небезпеки для Івано-Франківської області (А – для точки на місцевості, Б – для площинного об'єкту, В – для лінійного об'єкту)

Найпростіший для реалізації варіант прогнозу ймовірності зсувної небезпеки у випадку точкового типу. Послідовність розрахунку величини зсувної небезпеки повністю відповідає наступній схемі:

- в автоматичному режимі виконується визначення фактичних значень зсувоїніціуючих чинників, задіяних в моделі;
- у відповідності до отриманої функції ймовірності комплексного показника виконується розрахунок величини ймовірності зсувної небезпеки;
- результат моделювання представляється у вигляді точкового об'єкту, позначеного спеціальним символом у вікні карти з атрибутивною інформацією про величину ймовірності зсувної небезпеки та дати побудови прогнозу.

Для отримання прогнозу для лінійних і площинних об'єктів моделювання алгоритм дещо інший.

У випадку потреби визначення зсувної небезпеки вздовж існуючого або проектного лінійного об'єкта користувач повинен вказати у відповідному вікні (див. рис.5.2) дискретність визначення (віддаль між точками вздовж вказаного об'єкта) та обрати тип представлення результатів прогнозування. У випадку вибору опції «В зоні впливу» стають доступними для вводу даних параметри для завдання розміру зони впливу та детальності побудов. Далі діє такий алгоритм: автоматично визначаються координати початку лінії, з вказаним кроком по вісі будуються точки, в яких буде виконуватись визначення фактичних значень зсувоїніціуючих чинників. Потім виконується розрахунок величини ймовірності зсувної небезпеки для кожної точки. Результати розрахунку зберігаються у вигляді тимчасової таблиці MapInfo. Користувач отримує результат у вигляді графіку зміни величини зсувної небезпеки вздовж обраного лінійного об'єкту.

Для площинних об'єктів і для прогнозу зсувної небезпеки у зоні впливу лінійного об'єкту (захисна зона, смуга відчуження тощо) використано однаковий підхід. Для лінійного об'єкту спершу автоматично будується буферна зона за вказаними користувачем параметрами. Далі алгоритм побудови ідентичний. Виконується визначення координат мінімального описаного прямокутника, і користувачу надається можливість вказати назву

об'єкту, уточнити координатні межі та задати параметри побудови прогнозної карти (рис.5.2). Указані користувачем чи визначені автоматично координатні межі розширюються на 10% відносно початкового розміру, але не більше ніж на 1 км. Таке розширення розмірів території прогнозування необхідне для усунення можливих крайових ефектів при представленні результатів у вигляді карти ймовірності виникнення або активізації зсувних процесів. Наступним кроком є побудова регулярної мережі, за вказаними користувачем параметрами, у кожному вузлі якої виконується визначення фактичних значень чинників зсувної небезпеки. Після визначення всіх необхідних значень зсувоініціюючих чинників виконується розрахунок величини ймовірності зсувної небезпеки в цих точках. Результати побудови прогнозної моделі представляються у вигляді карти рівнів зсувної небезпеки на задану територію.

Як видно з наведених вище знімків екранів (рис.5.1, рис.5.2) робота з системою прогнозування зсувної небезпеки виконується в діалоговому режимі, при якому навіть не підготовленому користувачу досить просто отримати необхідну інформацію. Використання системи не вимагає від користувача хоча б мінімальних знань з геології, картографії, геоінформатики чи геостатистики. Достатньо мати елементарні навички роботи з операційною системою та ГІС MapInfo. В той же час, збережено повну функціональність, інструментарій та звичне оточення для досвідчених користувачів MapInfo, що дає можливість використання розробленої системи прогнозування також в якості додаткового модуля або інструментарію в інших існуючих геоінформаційних системах, що працюють під управлінням ГІС MapInfo.

Приклади виконання прогнозів для різного типу об'єктів представлені на рис.5.3-5.5.

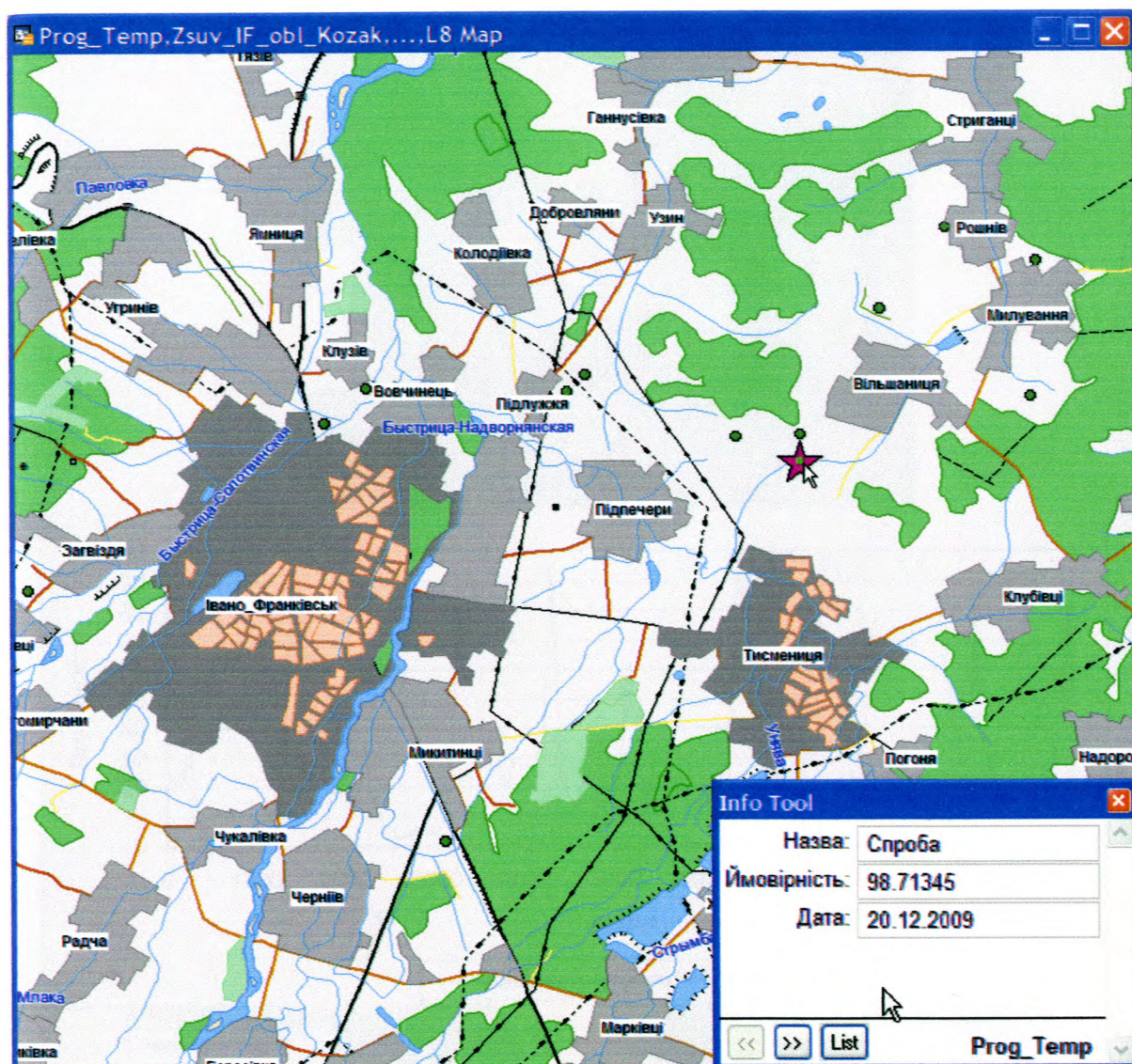


Рис.5.3. Приклад виконання точкового прогнозу

Для зручності користування та з метою запобігання випадкового видалення необхідних картографічних шарів при запуску системи прогнозування завантажується згенерований програмою робочий набір MapInfo. У вікно карти виводиться загально-географічна карта області масштабу 1 : 200 000, які найбільш розповсюджені і не потребують наявності спеціальних дозволів для використання. Для зручності орієнтування на карті винесені назви населених пунктів та основних річок (див рис.5.3). Спеціальні картографічні шари, які можуть представляти інтерес лише для фахівців, на карту не виводяться, але вони доступні для перегляду та корегування за допомогою штатних засобів MapInfo.

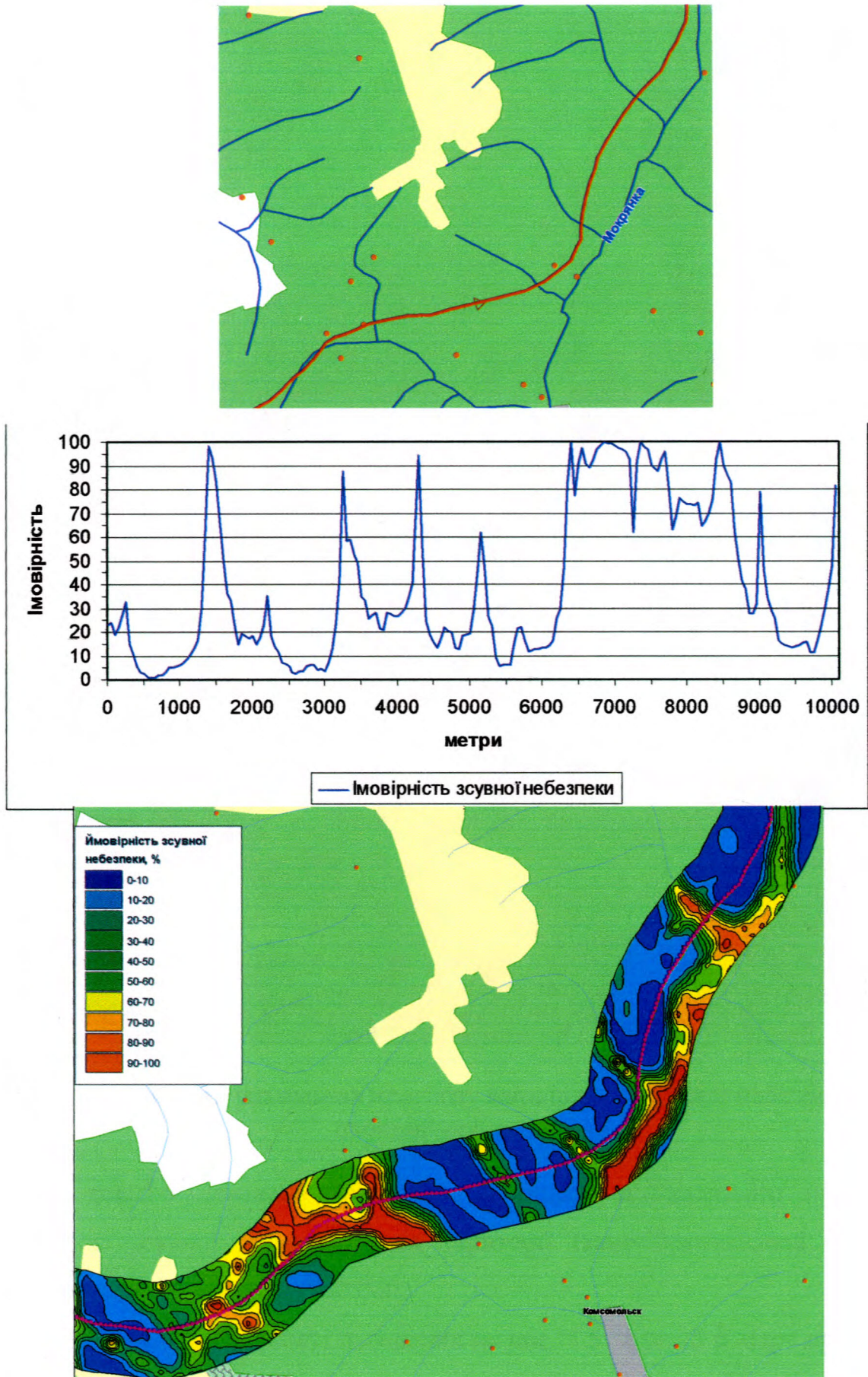


Рис.5.4. Приклад виконання прогнозу ймовірності зсувної небезпеки для лінійного об'єкту (нитка газопроводу)

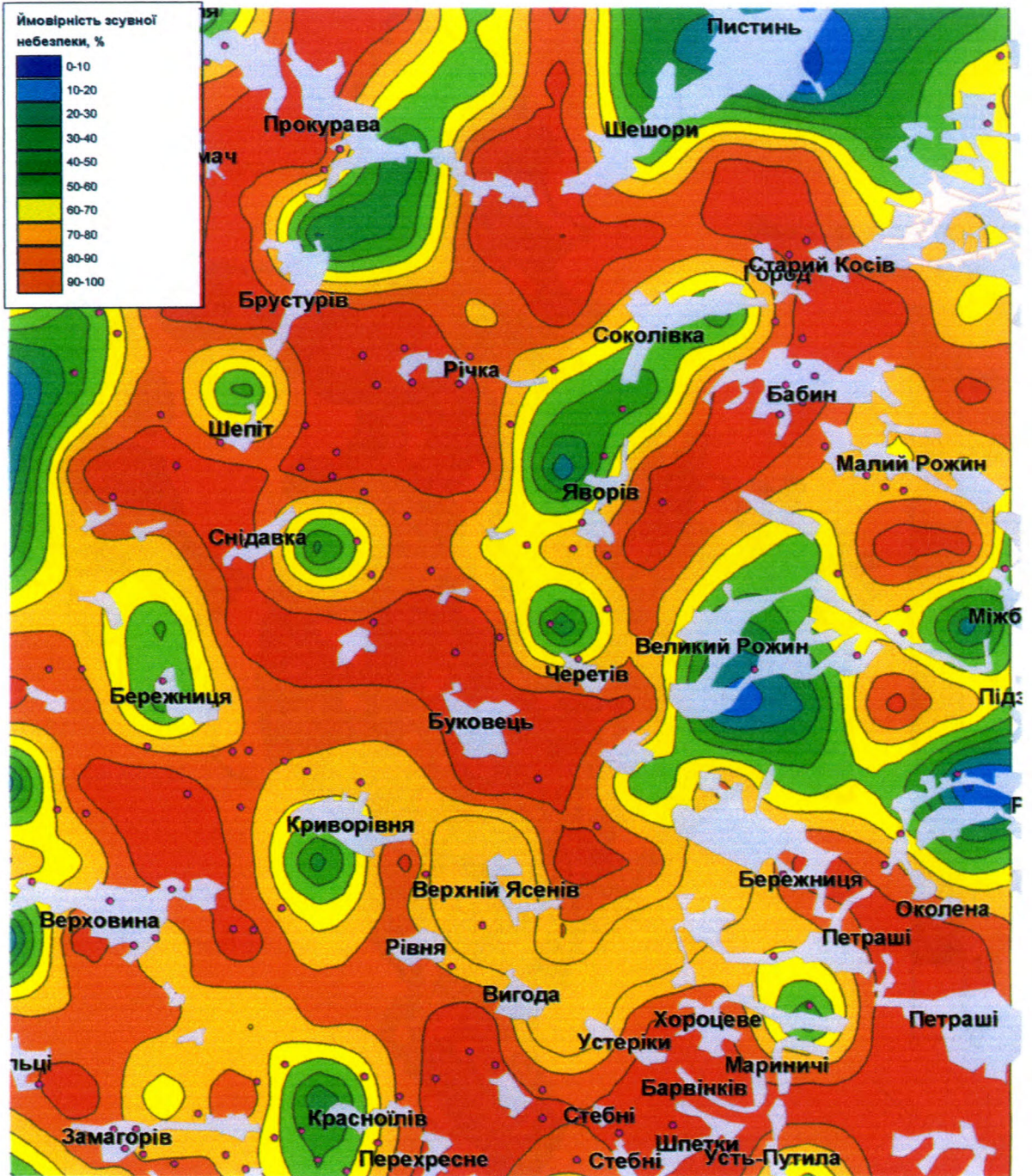


Рис.5.5. Приклад виконання прогнозу ймовірності зсувної небезпеки площинного типу

На рис.5.6 наведено результати побудови просторового прогнозу ймовірності зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області побудований в масштабі 1 : 750 000.

Порівняння детальності наведених на рис. 5.5 та рис.5.6 карт прогнозу підтверджує тезу про недоцільність побудови регіональних прогнозів в масштабах що менше за 1 : 100 000.

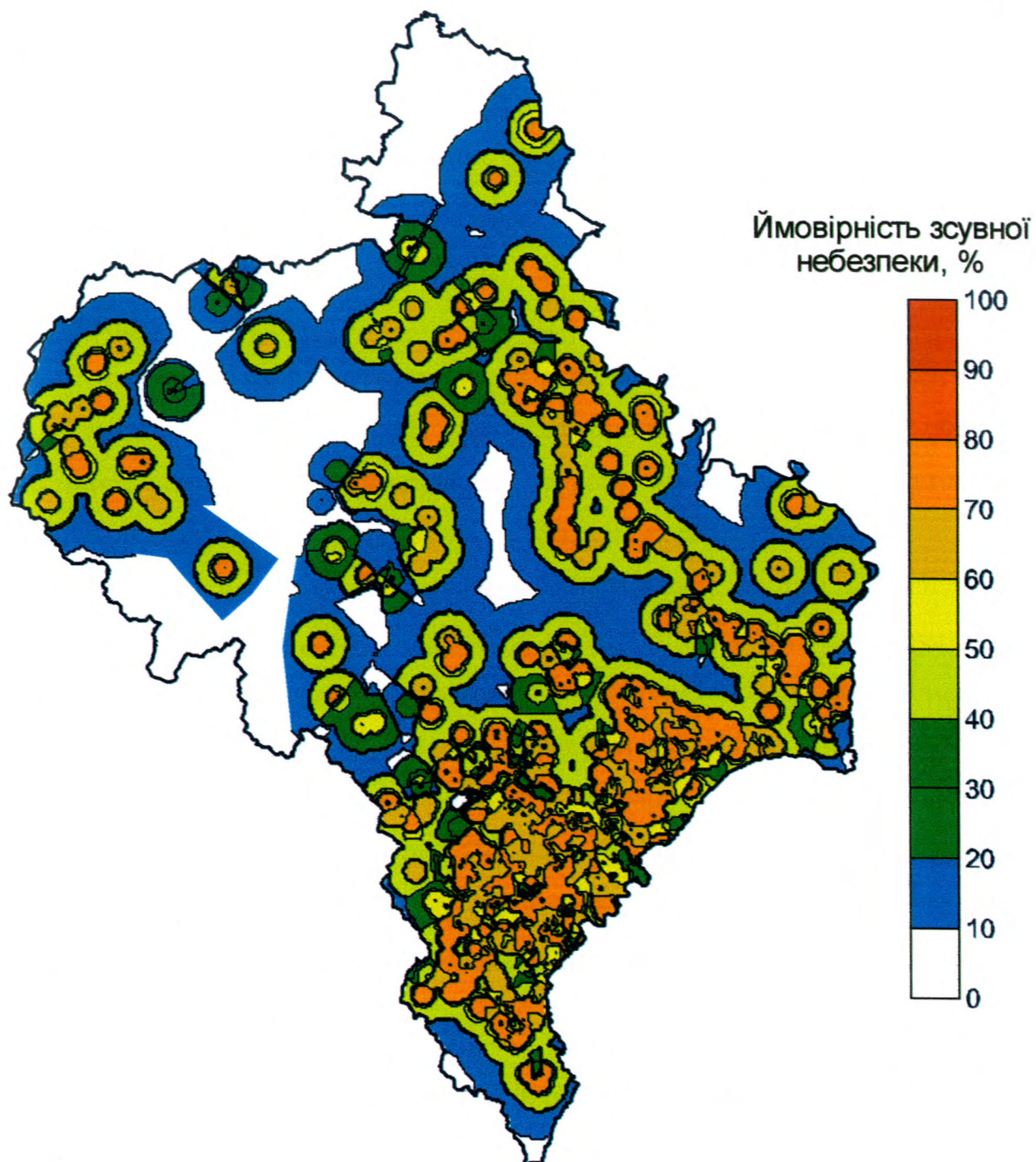


Рис.5.6. Карта просторового прогнозу ймовірності зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області (масштаб 1 : 750 000).

Розроблена геоінформаційна система просторового прогнозування ймовірності зсувної небезпеки повністю відкрита для змін та доповнень використаних картографічних матеріалів. Користувач має змогу редагувати відповідні картографічні шари, уточнювати місцезположення меж різних

об'єктів, створювати нові об'єкти, видаляти неіснуючі, виконувати актуалізацію картографічної інформації за даними дистанційного зондування Землі або наземних зйомок і обстежень. Зокрема з 10 версії MapInfo стало можливим використання в сеансах роботи загальнодоступних картографічних сервісів, в першу чергу компаній Bing та OSM Roads, що дає можливість використовувати дані дистанційного зондування Землі без додаткових затрат.

Розрахунковий модуль закритий для змін від пересічного користувача. Але може легко враховувати нову інформацію, що стосується уточнень математичної моделі ймовірності зсувної небезпеки. Такі уточнення виконуються автором моделі або розробником системи.

В даний час автор за замовленням Державної служби геології та надр України приймає участь у виконанні робіт по розробці геоінформаційних систем просторово-часового прогнозування зсувної небезпеки для територій Одеської, Чернівецької та Закарпатської адміністративних областей.

Роботи по створенню системи просторово-часового прогнозування зсувної небезпеки для території Південно-Західного інженерно-геологічного підрайону Південного берегу Криму успішно завершени і система передана в Кримське відділення Українського державного геолого-розвідувального інституту.

5.2 Апробація системи прогнозування

Роботи по створенню системи просторово-часового прогнозування зсувної небезпеки для Івано-Франківської області були завершені в 2008 році і передані для використання в головне управління МНС України в Івано-Франківській області, в обласну державну адміністрацію та в Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області.

Часовий прогноз для території Івано-Франківської області наведено на рис.5.7.

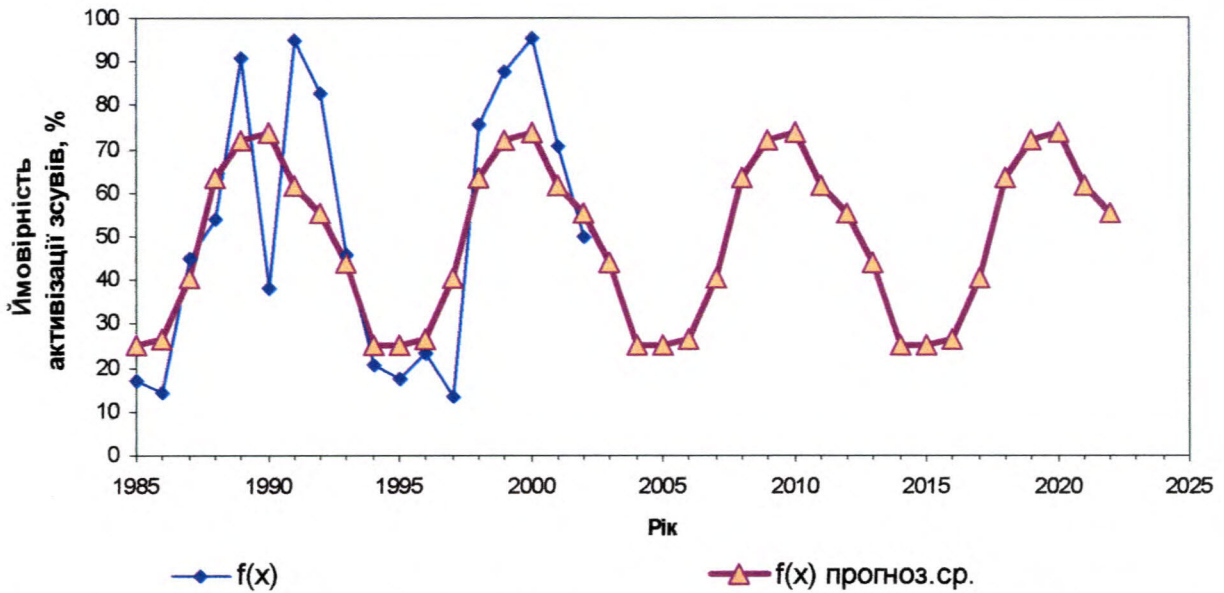


Рис.5.7 Часовий ряд прогнозової ймовірності активізації зсувів на території Івано-Франківської області

Як видно з наведеного графіку, після завершення розробки системи прогнозування, найближчий небезпечний період активізації зсувних процесів припадає на 2010-2011 роки. В зв'язку зі структурними змінами в Державній службі геології та надр України були значно скорочені спостереження за екзогенними геологічними процесами (ЕГП). Основною фіксуючою небезпечні геологічні процеси державною службою сьогодні виступають обласні управління МНС, що в свою чергу певною мірою спотворює статистику геологічних процесів, в зв'язку з тим, що фіксуються в першу чергу небезпечні ЕГП які загрожують житловим та промисловим будівлям і спорудам. На карті просторового прогнозу ймовірності зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області наведеній на рис 5.6 можна чітко виділити окремі райони з високою ймовірністю активізації зсувних процесів, зокрема це територія Косівського та Верховинського районів.

Унаслідок інтенсивних дощів 22-28 червня та 07-08 липня 2010 року була зафіксована масова активізація зсувів з руйнацією житлових будівель в Івано-Франківській області, зокрема в Косівському районі. Цей факт свідчить

про те, що вивчення зсувних процесів та встановлення ризику розвитку небезпечних геологічних процесів є актуальним.

Косівська районна державна адміністрація листом № 259/01-21/04 від 27.07.2010 р. звернулась до ректора Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Крижанівського Є.І. з проською про залучення спеціалістів ІФНТУНГ для обстеження місць зсувонебезпечних ділянок на території Косівського району та визначення можливих заходів щодо їх ліквідації або необхідності відселення громадян. Автор приймав участь у виконанні цих робіт.

Автором було виконано побудову прогнозу зсувної небезпеки для вказаної території (рис.5.8).

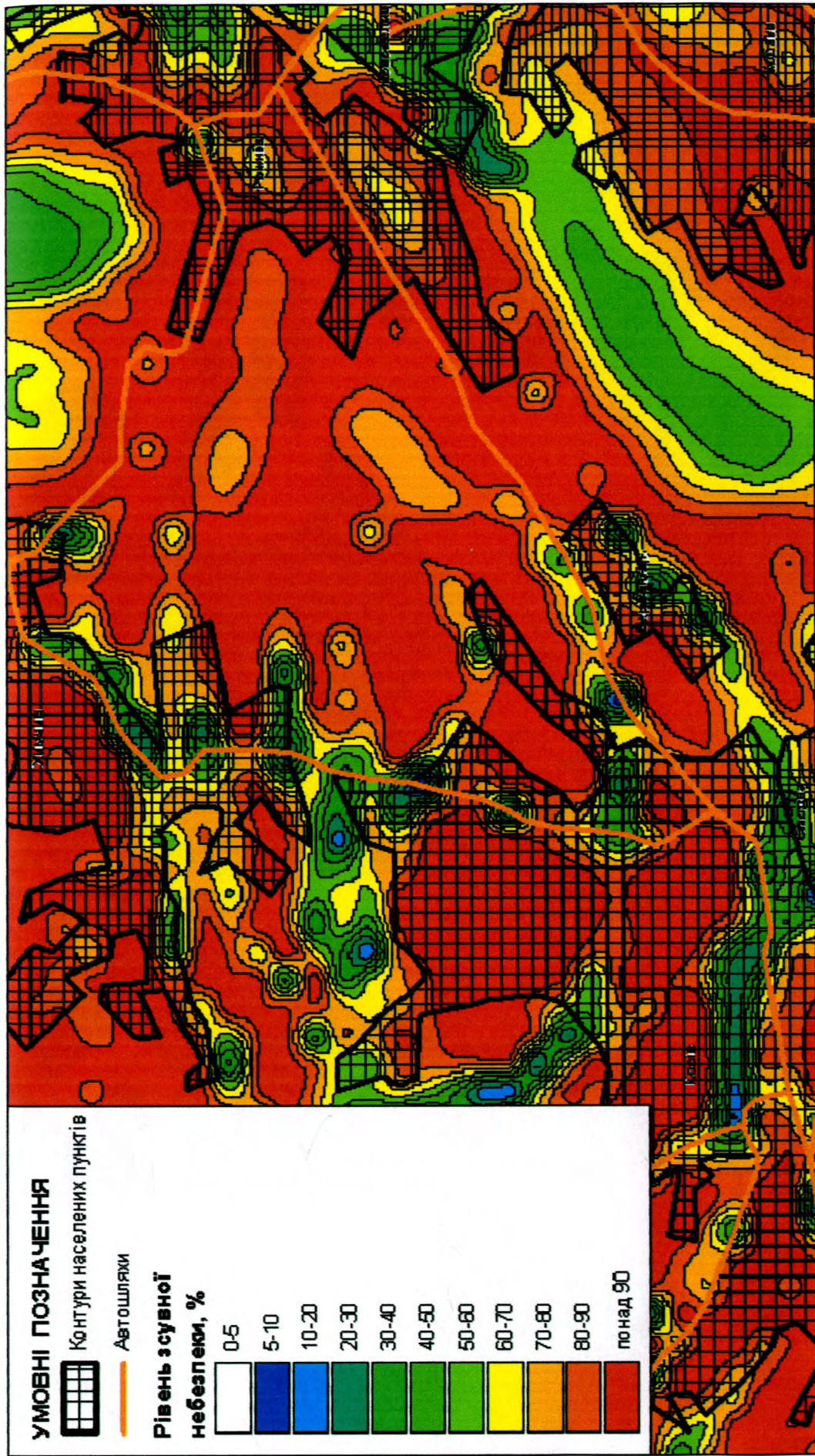
Проведені візуальні обстеження та GPS-координування 23 зсувних ділянок дали можливість співставити нові дані з існуючими матеріалами.

Як видно з рис.5.9, значна частина обстежених зсувних тіл знаходиться в межах давніх зсувних ділянок.

Для всіх закоординованих зсувів за допомогою геоінформаційної системи було виконано розрахунок ймовірності зсувної небезпеки, результати наведені в таблиці 5.1.

На обстеженій ділянці «Кобаки-1» ймовірність активізації зсувних процесів коливається в межах від 60% до 80%, на ділянці «Кобаки-2» ймовірність активізації зсувних процесів коливається в межах від 60% до 70%, на ділянці «Рожнів-1» ймовірність активізації зсувних процесів коливається в межах від 95% до 98%, на ділянці «Рожнів-2» ймовірність активізації зсувних процесів коливається в межах від 92% до 100%,

Слід вказати, що аномальність метеорологічних параметрів, яка спостерігається в останні роки (значна кількість аномально високих показників максимальних та мінімальних температур, опадів, тривалість обложних дощів), вказує на необхідність уточнення параметрів часового прогнозу, шляхом врахування нових даних в існуючій моделі.



. Рис. 5.8 Карта прогнозної ймовірності активізації зсувних процесів на 2010 р. для території Косівського району Івано-Франківської області

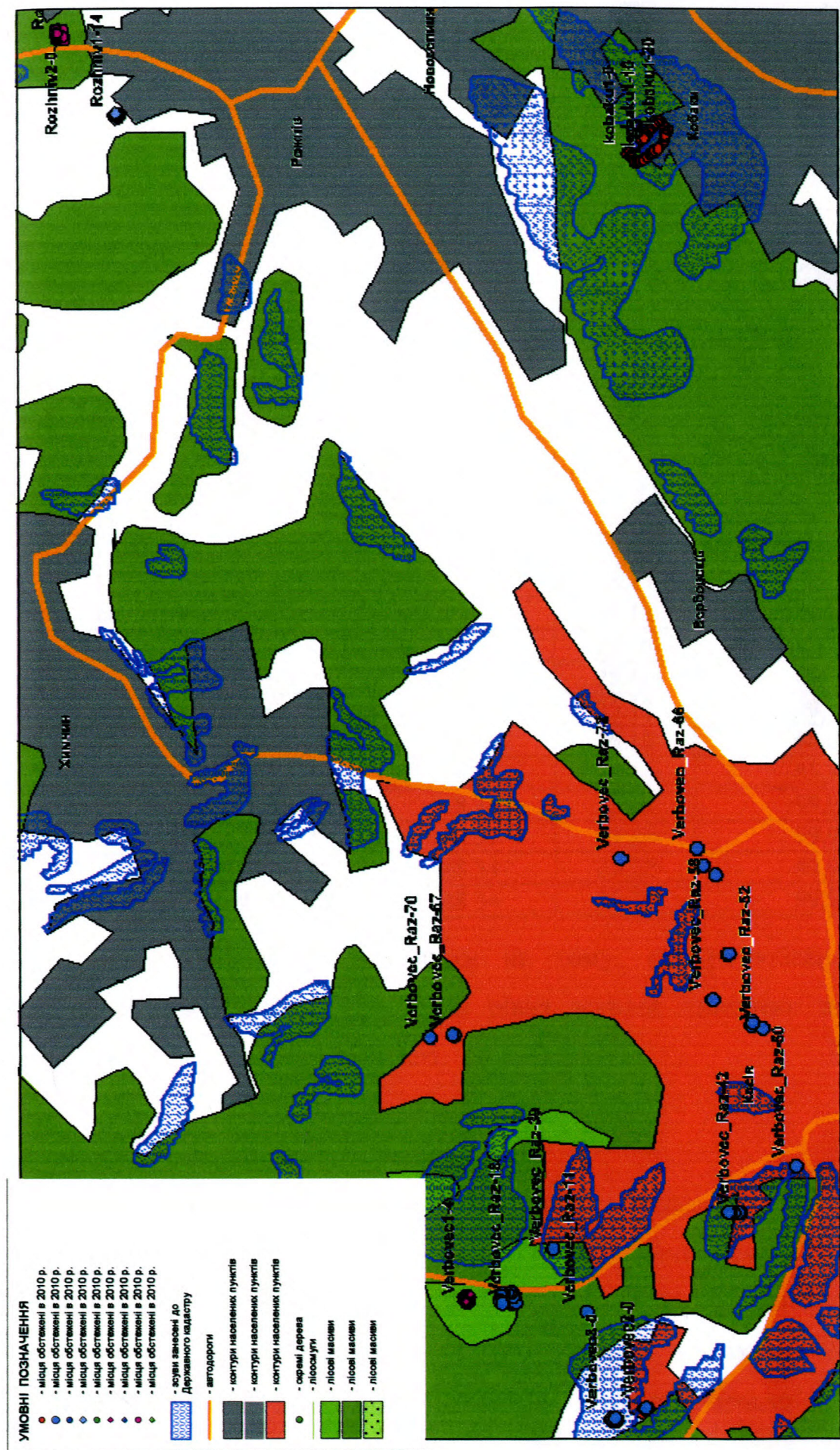


Рис.5.9 Карта розташування зсувів на території Косівського району (ділянка робіт)

Таблиця 5.1

Розрахована ймовірність зсувної небезпеки для закоординованих при виконанні польових робіт точок

№ за пор.	Номер зсуву по кадастру	Широта	Довгота	Ймовірність зсувної небезпеки, %
1	ІФ-Кс-1	48.34	25.07	83,5
2	ІФ-Кс-2	48.34	25.07	83,5
3	ІФ-Кс-3	48.34	25.09	90,7
4	ІФ-Кс-4	48.35	25.09	96,2
5	ІФ-Кс-5	48.35	25.09	95,7
6	ІФ-Кс-6	48.35	25.09	96,3
7	ІФ-Кс-7	48.33	25.1	92,2
8	ІФ-Кс-8	48.33	25.1	94,5
9	ІФ-Кс-9	48.33	25.1	99,1
10	ІФ-Кс-10	48.33	25.1	92,4
11	ІФ-Кс-11	48.33	25.12	93,5
12	ІФ-Кс-12	48.33	25.12	97,8
13	ІФ-Кс-13	48.33	25.13	93,4
14	ІФ-Кс-14	48.33	25.13	99,1
15	ІФ-Кс-15	48.33	25.14	90,7
16	ІФ-Кс-16	48.33	25.14	85,3
17	ІФ-Кс-17	48.35	25.12	99,1
18	ІФ-Кс-18	48.36	25.12	98,6
19	ІФ-Кс-19	48.34	25.14	85,8
20	ІФ-Кс-20	48.38	25.22	99,9
21	ІФ-Кс-21	48.39	25.23	99,9
22	ІФ-Кс-22	48.34	25.22	99,9
23	ІФ-Кс-23	48.34	25.22	99,9

Але, слід також наголосити на тому, що розроблена система просторово-часового прогнозування рівня зсувної небезпеки підтвердила свою високу ступінь достовірності.

Висновки до розділу 5.

У даному розділі наведено принципи побудови геоінформаційної системи просторового прогнозування ймовірності зсувної небезпеки, створеної для території Івано-Франківської області. Представлено алгоритми визначення величин зсувоініціюючих чинників та розрахунку ймовірності зсувної небезпеки. У геоінформаційній системі реалізовано математичну

модель, описану в розділі 4. Одним із основних засобів підвищення екологічної безпеки є прогнозування та моделювання розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів. Створена ГІС-система дозволяє оцінити ризик виникнення зсувів для будь-якої території з можливістю отримання результатів при проведенні моделювання розвитку територій та наслідків господарської діяльності. Своєчасне залучення даних прогнозування при плануванні та розробці запобіжних заходів дозволить мінімізувати негативні наслідки природних явищ. В створеній геоінформаційній системі вперше реалізовано представлення величини зсувної небезпеки на кількісному рівні. Створена аналітична геоінформаційна система просторово-часового прогнозування зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області має високу ступінь достовірності. Розроблену систему прогнозування слід розглядати як основу постійно діючої моделі що вдосконалюється в динаміці її розвитку.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі висвітлено актуальну науково-прикладну задачу екологічної безпеки - регіонального просторового прогнозу розвитку зсувних процесів. Теоретичні та експериментальні дослідження, виконані автором, дозволяють зробити наступні висновки.

1. Активний розвиток і значне поширення зсувних явищ на території України вимагають розробки ефективних інструментів для визначення можливості виникнення чи активізації зсувних процесів на різних територіях.

2. Проведені теоретичні дослідження та їх практична реалізація дозволяють зробити висновок про ефективність запропонованого комплексу статистичних аналізів для побудови математичних моделей та геоінформаційних систем прогнозування ймовірності небезпечних геологічних процесів і зсувів зокрема: формування бази даних зсувів, обґрунтування і вибір зсувоініціюючих чинників, визначення законів розподілу, уніфікація законів розподілу, оцінка інформативності чинників, розрахунок інтегральних показників, розрахунок прогнозної ймовірнісної функції.

3. Вибір комплексу значимих за характером впливу просторових чинників зсувної небезпеки для території адміністративної області є обґрунтованим. Задіяні в моделі та геоінформаційній системі просторові чинники відносяться до різних груп - геологічних, геоморфологічних, гідрогеологічних, тектонічних, кліматичних і техногенних характеристик навколишнього середовища.

4. Просторовий прогноз ймовірності зсувної небезпеки здійснюється в середовищі геоінформаційної системи загального призначення на основі виявленого закономірного зв'язку просторових зсувоініціюючих чинників з просторовим розподілом зсувів.

5. Кінцевим результатом досліджень є створена автором геоінформаційна система регіонального просторового прогнозування

активізації зсувних процесів, як складової екологічної безпеки території Івано-Франківської області. Розроблена система може бути поширена на території інших адміністративних областей України.

На даний час за участю автора аналогічна система впроваджена для території Чернівецької області, завершено розробку системи прогнозування зсувної небезпеки для Закарпатської області, проводиться адаптація та створення системи прогнозування зсувів для територій Одеської та Львівської областей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році / – К. : ДП “Агентство “Чорнобильінформ”, 2008. – 230 с.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році / – К. : ДП “Агентство “Чорнобильінформ”, 2009. – 230 с.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 році / – К.: ДП “Агентство “Чорнобильінформ”, 2010. – 252 с.
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році / – К.: ДП “Агентство “Чорнобильінформ”, 2012. – 360 с.
5. Екологія міста Івано-Франківська. Монографія / [О.М.Адаменко, Є.І.Крижанівський, Є.М.Нейко та ін.]. – Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. – 200 с. – ISBN 966-7515-30-3
6. Адаменко О.М. Ієрархія геоінформаційних систем екологічної безпеки Центральної та Східної Європи, Карпатського Єврорегіону, адміністративної області, районів та міст Західного регіону України. / [О.М.Адаменко, Я.О.Адаменко, О.М.Журавель та ін.]. // Вісник Дніпропетровського університету. Геологія. Географія. Вип.5. Дніпропетровськ: видавництво Дніпропетровського університету, 2003. - С.131-133.
7. Прогноз розвитку зсувних процесів як фактор забезпечення надійності експлуатації трубопроводів / Е.Д.Кузьменко, Є.І.Крижанівський, О.М.Карпенко, О.М.Журавель // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. - 2005. - № 4 (17). - С. 24-35.
8. Кузьменко Е.Д. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 1. Теоретичні передумови прогнозування екзогенних геологічних процесів. Закономірності активізації зсувів. / Е.Д.Кузьменко,

О.М.Журавель, Т.Б.Чепурна, І.В.Чепурний, Л.В.Штогрин // Геоінформатика. – 2011. – № 3. – С.61-74.

9. Патент 2344227 С2 RU. МПК Е 02 Д 1/00. Способ прогноза возникновения или активизации оползней. Говдяк Р.М. (UA), Путайло А.Ф. (RU), Крыжанивский Е.И.(UA), Кузьменко Э.Д. (UA), Карпенко А.Н. (UA), Журавель А.М. (UA); Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа (UA); Заявл. 10.01.2007; Опубл. 20.01.2009. Бюл. №2, 17 с.
- 10.Кузьменко Э.Д. Аналитическая геоинформационная система пространственно-временного прогнозирования оползневых процессов: / Э.Д.Кузьменко, А.Н.Карпенко, А.М.Журавель // матеріали VI Міжнар. наук. конф. ["Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища"], (Київ, 6-8 жовтня 2005 р.) / - Київський нац. ун-т ім.Т.Г.Шевченко. – К.: Київський нац. ун-т ім.Т.Г.Шевченко, 2005. - С. 16-18.
- 11.Kuzmenko E. System of space-time forecast of landslide processes / E.Kuzmenko, Y.Kryzhanivsky, A.Karpenko and A.Zhuravel // Proceedings XVIII-th Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association.- September 3-6, 2006. – Belgrade, Serbia. – 2006. – P. 310-312.
- 12.Кузьменко Е.Д. Закономірний зв'язок між величинами ймовірностей виникнення зсувів та зсувної небезпеки при комплексному впливі природно-техногенних факторів (теоретичні засади та система прогнозування) / Е.Д.Кузьменко, Є.І.Крижанівський, О.М.Карпенко, О.М.Журавель // матеріали третьої Міжнародної науково-практичної конференції [„Екологічні проблеми нафтогазового комплексу”], (Закарпатська обл., 26 лютого – 2 березня 2007 р.) / – К.: НПЦ ”Екологія Наука Техніка”, 2007. – С. 71-74.
- 13.Журавель О. Геоінформаційна система прогнозування зсувної небезпеки для адміністративної області (на прикладі Івано-Франківської) / Е.Д.Кузьменко, О.М.Журавель, О.М.Мандрик //

матеріали XIII Міжнародного науково-технічного симпозиуму ["Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології"], (Алушта, 9-14 вересня, 2008 р.) / – Львівське астрономо-геодезичне товариство – Л.: Львівське астрономо-геодезичне товариство, 2008. – С. 146-148.

14. Журавель О.М. Система просторового прогнозування зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області як складова УІАС НС / О.М.Журавель // Моніторинг геологічних процесів: IX міжнар. наук. конф., 14-17 жовт. 2009 р. – К., 2009. – С.238-239.
15. Кузьменко Е.Д. Прогнозування екзогенних геологічних процесів [Електронний ресурс] / Е.Д.Кузьменко, О.М.Журавель, Т.Б.Чепурна, І.В.Чепурний, Л.В.Штогрин // Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти: X міжнар. наук. конф., 10-13 травня 2011р.– К.: Всеукраїнська асоціація геоінформатики, 2011. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) : кольор. ; 12 см. – (Геоінформатика 2011). – Систем. вимоги: Pentium-266 ; 32 Mb RAM ; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. — Назва з титул. екрану.
16. Кузьменко Э.Д. Геоинформационные системы прогнозирования экзогенных геологических процессов: проектирование, реализация, управление. / Кузьменко Э.Д., Журавель А.М., Кривюк И.В., Чепурный И.В. // Матеріали XVI Міжнародного науково-технічного симпозиуму ["Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології"], (Алушта, 12-17 вересня 2011 р.) / – Львівське астрономо-геодезичне товариство, 2011. -С.172-175
17. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения оползней и оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие. Диплом №310. /Кузьменко Э.Д., Крыжанивский Е.И., Карпенко А.Н., Журавель А.М.// Научные открытия: сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. – 2006. – Москва: МААНОИ, 2007. –

С. 64-65.

18. Кузьменко Е.Д. Мониторинг зсувних процесів на трасах газопроводів / Е.Д.Кузьменко, О.М.Журавель, В.П.Рудко, М.Д.Степ'юк // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 3. – С.55-57.
19. Гулакян К. А. Прогнозирование оползневых процессов / Гулакян К. А., Кюнтцель В. В., Постоев Г. П. – М. : Недра, 1977. – 135 с.
20. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов / Емельянова Е. П. – М. : Недра, 1978. – 308 с.
21. Емельянова Е. П. Сравнительный метод оценок устойчивости склонов и прогноза оползней / Емельянова Е. П. – М. : Недра, 1971. – 104 с.
22. Кюнтцель В. В. Закономерности оползневого процесса на европейской территории СССР и его региональный прогноз / Кюнтцель В. В. – М. : Недра, 1980. – 213 с.
23. Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды / [Шеко А. И., Постоев Г. П., Круподеров В. С. и др.] ; – М. : ВСЕГИНГЕО, 1999. – 78 с.
24. Методы долговременных региональных прогнозов экзогенных геологических процессов / под ред. А. И. Шеко и В. С. Круподерова. – М. : Недра, 1984. – 167 с.
25. Гошовський С. В. Інженерно-геологічний аналіз, моніторинг та захист території від зсувів / Гошовський С. В., Рудько Г. І., Блінов П. В. – Львів : ЗУКЦ, 2004. – 151 с.
26. Демчишин М. Г. Современная динамика склонов на территории Украины (инженерно–геологические аспекты) / Демчишин М. Г. – К. : Наукова думка, 1992. – 253 с.
27. Ерыш И. Ф. Оползни Крыма. Ч.1 История отечественного оползневедения / И. Ф. Ерыш, В. Н. Соломатин. – Симферополь : Апостроф, 1999. – 249 с.
28. Ерыш И.Ф. Оползни Крыма. Ч.2 Методы изучения оползней / И. Ф.

- Ерыш, В. Н. Соломатин – Симферополь : Апостроф, 1999. – 175 с.
- 29.Прогнозна оцінка можливої активізації зсувного процесу на території Закарпатської області у 2000 р. : звіт про науково-дослідну роботу / [Е.О.Яковлев, Л.М.Красноок, Г.В.Лескова та ін.]. – Киев : ДІГФ „Геоінформ”, 2000. – 73 с.
- 30.Рудько Г. И. Геодинамика и прогноз опасных геологических процессов Карпатского региона : автореф. дис. на соискание научн. степени доктора геол.-минерал. наук : спец 04.00.07 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» / Рудько Георгий Ильич. – К., 1991. – 65 с.
- 31.Адаменко О.М. Основы экологической геологии (на примере экзогеодинамических процессов Карпатского региона Украины) / О.М. Адаменко, Г. И. Рудько. – К. : Манускрипт, 1995. – 211 с.
- 32.Адаменко О. М. Екологічна геологія : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько. – К. : Манускрипт, 1998. – 348 с.
- 33.Рудько Г. Закономірності та екологічний ризик розвитку небезпечних геологічних процесів Карпатського регіону України : Монографія / Г. Рудько, І. Якимів – Івано-Франківськ : Факел, 1999. – 139 с.
- 34.Адаменко О. Екологічна геоморфологія : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Адаменко О., Рудько Г., Ковальчук І. – Івано-Франківськ : Факел, 2000. – 411 с.
- 35.Гірські автомобільні дороги / Під ред. В.О. Герасимчука. – Ужгород: Вид. "Закарпаття", 2000. – 269 с.
- 36.Зведений регіональний прогноз можливої активізації зсувного процесу на території Закарпатської області на протязі 1999 – 2010 р.р.: звіт про науково-дослідну роботу / [Л. М. Климчук, Л. М. Красноок, Г. В. Лескова та ін.]. – Киев : ДІГФ "Геоінформ", 1999. – 36 с.
- 37.Гошовський В.С. Екологічна безпека техноприродних геосистем адміністративних областей (на прикладі Львівської області): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 21.06.01. «Екологічна

- безпека» / В.С. Гошовський. – Івано–Франківськ, 2008.– 16 с.
38. Узагальнення матеріалів по вивченню екзогенних геологічних процесів по території діяльності підприємства та інженерно-геологічне довивчення території Львівської та частково Закарпатської областей з метою геологічного обґрунтування протизсувних заходів та геологічного забезпечення УІАС НС: звіт про науково-дослідну роботу / [Стахів Т., Павлюк В., Гаврилишин І. та ін.]. – Львів: ДП “Західукргеологія”, 2006. – 299 с.
 39. GIS-Based landslide susceptibility mapping with validation and comparison of spatial prediction models at the basin scale [Електронний ресурс] / Bai Shibiao, Wang Jian, Lu Guonian, Kanevski Mikhail, Pozdnoukhov, Alexei// Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 електрон. опт. диск (CD ROM).
 40. Managing landslides in the Panama Canal [Електронний ресурс] / Duncan J. Michael // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 електрон. опт. диск (CD ROM).
 41. Reducing landslide risk in Sichuan Province, China [Електронний ресурс] / Bobrowsky Peter, Yin Yueping, Zheng Wanmo, Li Xiaochun, Singhroy Vern, Wang Baolin, Couture Rajean // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 електрон. опт. диск (CD ROM).
 42. A spatially distributed deterministic model for the management of shallow landslide risk [Електронний ресурс] / Leoni Lorenzo, Benedetti Angelo I., Catani, Filippo, Falorni Giacomo, Pellegrino Daniele, Righini Gaia, Rudari Roberto, Segoni Samuele // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 електрон. опт. диск (CD ROM).
 43. Spatial analysis of permanent scatterers (PS) for identifying slow moving

- landslides [Электронный ресурс] / Lu Ping, Falorni Giacomo, Catani Filippo, Casagli Nicola // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
44. The changing pattern of landslide risk in Europe [Электронный ресурс] / Nadim Farrokh // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
45. Landslides in the mountain regions: Hazards, resources and information [Электронный ресурс] / Raisa Gracheva, Alexandra Golyeva // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
46. Environmental consequence of unplanned urbanization and landslide hazards in Chittagong City, Bangladesh [Электронный ресурс] / Hossain A.T.M. Shakhawat // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
47. Fractal analysis of landslide boundary traces applied to evaluate slope instability [Электронный ресурс] / Wu Shuren, Wang Huabin, Shi Jusong, Zhang Yongshuang // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
48. Design of emergency landslide remediations supported by finite and distinct elements analysis [Электронный ресурс] / Benedetti Gianluca, Giacchetti Giorgio, Marchi Gianfranco, Landuzzi Alberto // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
49. Monitoring urban landslide-prone areas [Электронный ресурс] / Parizzi Maria Giovanna, Cajazeiro Joana Maria, Nogueira Christiano, Figueiredo Poliany // Materials of proceedings 33rd International Geological congress,

- 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
50. Geological, geographical and man-made factors controlling landslide potential of Rize province, NE Turkey [Электронный ресурс] / Teyses Okan, Gene S.Can, Tari Ufuk, Erturac M. Korhan // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
51. Urban sprawl and landslide risk in Italy: Outcome of IFFI Project [Электронный ресурс] / Trigila Alessandro, Iadanza Carla, Spizzichino Daniele // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
52. Landslides on accumulation reservoirs - A field applicable hazard and risk evaluation scheme [Электронный ресурс] / Thuering Manfred, Cannata Massimiliano, Hammer Juerg // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
53. Remote monitoring of landslide processes on the north-west coastal slopes of the Black sea with the use of artificial micro seismic waves [Электронный ресурс] / Olena Dragomyretska // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
54. The implementation of landslide hazard and risk mapping in the regional development programs of Romanian territory [Электронный ресурс] / Dorin Dordea, Ioan Casapu, Viorel Sprinceana, Anca Dobrescu, Dragos Gabudianu // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
55. Probabilistic prediction and risk assessment of landslides on natural terrain [Электронный ресурс] / Byung-Gon Chae, Yong-Chan Cho, Young-Suk

- Song, Kyeong-Su Kim, Choon-Oh Lee // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
56. Landslide susceptibility changes in Slovenia as a consequence of landslide triggering factor changes [Электронный ресурс] / Marko Komac, Mateja Jemec // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
57. Remote Sensing and GIS technologies for landslide geohazard monitoring [Электронный ресурс] / Diana Zakhidova, Akbar Abdurakhmanov // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
58. Landslide processes in the Vistula River Valley [Электронный ресурс] / Danuta Ilcewicz-Stefaniuk, Michal Stefaniuk // Materials of proceedings 33rd International Geological congress, 6–14th august 2008, Oslo, Norway.– Oslo, 2008 – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).
59. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика/ Ломтадзе В. Д. – Л : Недра, 1977. – 479 с.
60. Справочник физических констант горных пород / Под ред. С. Кларка мл. – М. : Мир, 1969. – 543 с.
61. Ярг Л. А. Изменение физико–механических свойств пород при выветривании / Ярг Л. А. – М. : Недра, 1974. – 140 с.
62. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. СНиП 11–02–96. Утвержден: 29.10.1996. Минстрой России. Постановление 18–77.
63. Яковлев А.М. Бурение скважин в глинистых породах / А.М. Яковлев, А.Д. Береснева. – М : ВИЭМС, 1989. – 50 с.
64. Серкерев С.А. Гравиразведка и магниторазведка / Серкерев С.А. М. : Недра, 1999. – 437 с.

65. Young A. The rate of slope retreat. / Young A. – Inst. Brit. Geogr. Spec. Publ., 1974. – N7. – pp.65–78.
66. Косыгин Ю.А. Основы тектоники. / Косыгин Ю.А. – М.: Недра, 1988. – 462 с.
67. Турманина В.И. Опыт изучения взаимодействия растительности с оползневыми процессами склонов / Турманина В.И. - К.: Изд. Киевского ун-та, 1964. – С. 204–207. (Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними).
68. Мелехов И.С. Лесоведение. / Мелехов И.С. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 408 с.
69. Чубатий О.В. Водоохоронні гірські ліси. / Чубатий О.В. – Ужгород: Карпати, 1980. – 408 с.
70. Харитонов Г.А. Водорегулирующая и противоэрозионная роль леса в условиях лесостепи. / Харитонов Г.А. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 256 с.
71. Чубатий О.В. Гірські ліси – регулятори водного режиму. / Чубатий О.В. – Ужгород: Карпати, 1984. – 104 с.
72. Инженерний захист та освоєння територій. Довідник / За ред. В.С. Ніщука. – Київ: Основа, 2000. – 344 с.
73. Рундквист И.К. Геодинамическое картирование Ивано-Франковской области для выявления сейсмоопасных участков. Геоэкологія України. / Рундквист И.К., Захаров В.И., Питкянен Ф.А. - К., "Манускрипт", 1993. - С.50-55.
74. Швєбс Г.И. Прорыв в прошлое. Научно-эзотерическое миропонимание Кн.1 / Швєбс Г.И. – Одеса: "Маяк", 1998. - 300 с.
75. Четвертичная палеогеография экосистемы Нижнего и Среднего Прута. / [Адаменко О.М. Гольберт А.В., Осіюк В.А.] - К.: "Манускрипт", 1997. - 232 с.
76. Геренчук К.И. О морфологической структуре горных ландшафтов (на примере Украинских Карпат). Материалы к VI Всес. совещ. по вопро-

- сам ландшафтознавства. / Геренчук К.И., Миллер Г.П., Трохимчук С.В. -
Алма-Ата, 1963. – 210 с.
77. Генсірук С.А. Ліси Українських Карпат та їх використання. -К.:
Урожай. 1964
78. Гуцуляк В.М. Ландшафтний аналіз території м.Чернівці для цілей
екологічного моніторингу. / Гуцуляк В.М. // Геоecологія України. – К.:
"Манускрипт", 1993. – С. 85-91.
79. Мельник А.В. Основи регіонального еколого-ландшафтного аналізу. /
Мельник А.В. – Львов: Літопис, 1997. - 230 с.
80. Кравчук Я.С. Геоморфологія Передкарпаття. / Кравчук Я.С. – Львів:
Меркатор, 1999. – 188 с.
81. Кравчук Я.С. Геоморфологія Скибових Карпат. / Кравчук Я.С. – Львов:
Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2005. – 232 с.
82. Кравчук Я.С. Геоморфологічна регіоналізація Полонинсько-Чорногір-
ських Карпат / Кравчук Я.С., Іваник М.І. – Львів: Видавничий центр
ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – С. 52–64. – (Проблеми геоморфології і
палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: Збірник
наукових праць)
83. Сливка Р.О. Геоморфологія Вододільно-Верховинських Карпат. /
Сливка Р.О. – Львів, 2001. – 149 с.
84. Природа Українських Карпат / За ред. К.І. Геренчука. – Львів: Видав-во
Львівського ун-ту, 1968. – 265 с.
85. Рудько Г. Інженерно-геоморфологічний аналіз Карпатського регіону
України. / Рудько Г., Кравчук Я. – Львів, 2002. – 172 с.
86. Цись П.М. Геоморфологія УРСР. / Цись П.М. – Львів: Вид-во при
Львівському ун-ті, 1962. – 224 с.
87. Spatial Forecast of Landslides in Three Gorges Based On Spatial Data
Mining [Електронний ресурс] / Xianmin Wang, Ruiqing Niu //
<http://www.mdpi.com/journal/sensors> Sensors 2009, 9, 2035-2061;
doi:10.3390/s90302035

ДОДАТОК А

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник управління з питань
надзвичайних ситуацій та у справах
захисту населення від наслідків
Чорнобильської катастрофи
Івано-Франківської обласної адміністрації

« » _____ 2010 р.
Стебунський В.М.



АКТ

впровадження результатів досліджень наведених у кандидатській дисертації
Журавель О.М. «Геоінформаційна система регіонального просторового
прогнозування зсувної небезпеки для адміністративної області
(на прикладі Івано-Франківської)»

Даним Актом підтверджується передача в управління з питань надзвичайних ситуацій Івано-Франківської обласної державної адміністрації завершеної геоінформаційно-аналітичної системи регіонального просторового прогнозування зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області.

Підготовлено набір електронних карт чинників зсувної небезпеки в форматі ГІС MapInfo, які дозволяють оцінити топографічні, літолого-стратиграфічні, інженерно-геологічні, геоморфологічні, метеорологічні, тектонічні, ландшафтні і техногенні чинники зсувної небезпеки та їх комплексний вплив на рівень зсувної небезпеки.

Розроблена система регіонального просторового прогнозування зсувної небезпеки дозволяє підвищити ефективність заходів із запобігання аварійних ситуацій при будівництві та експлуатації інженерних, промислових і побутових споруд, при захисті населення від стихійних лих. Система є важливим інструментом аналізу при проектуванні розвитку територій, розробці заходів по запобіганню виникненню надзвичайних ситуацій геологічного характеру.

Результати наведених робіт входять складовою частиною до геологічного забезпечення урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій.

Перший заступник начальника управління



Паламарчук М.М.

ДОДАТОК Б

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач сектору економіки
природоохоронної діяльності,
геологічного моніторингу,
та з громадськістю та ЗМІ



М.Клюйко
08 жовтня 2010 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

«Геоінформаційної системи регіонального просторового прогнозування зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області»
(автор *О.М.Журавель*)

Даним Актом підтверджується передача в Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області завершеної геоінформаційно-аналітичної системи регіонального просторового прогнозування зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області.

Підготовлено набір електронних карт чинників зсувної небезпеки в форматі ГІС MapInfo, які дозволяють оцінити топографічні, літолого-стратиграфічні, інженерно-геологічні, геоморфологічні, метеорологічні, тектонічні, ландшафтні і техногенні чинники зсувної небезпеки та їх комплексний вплив на рівень зсувної небезпеки.

Розроблена система регіонального просторового прогнозування зсувної небезпеки є ваговою частиною заходів із запобігання аварійних ситуацій при будівництві та експлуатації інженерних, промислових і побутових споруд, при захисті населення від стихійних лих. Система є важливим елементом аналізу при проектуванні розвитку територій, розробці заходів по запобіганню виникненню надзвичайних ситуацій геологічного характеру.

Результати наведених робіт входять складовою частиною до геологічного забезпечення урядової інформаційно-аналітичної системи з питань