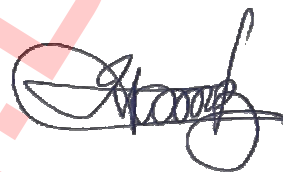


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

Касіянчук Дмитро Васильович



УДК 551:435.82+435.627+311.2

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ
ДЛЯ ПРИРОДНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ СКЛАДОВОЇ
ЕКЗОГЕННИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

Спеціальність: 21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Дисертацією є рукопис.

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

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

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Яковлєв Євген Олександрович,
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, головний науковий співробітник;

кандидат геологічних наук
Кошлякова Тетяна Олексіївна,
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», науковий співробітник відділу біогеохімії.

Захист дисертації відбудеться “30” червня 2016 р. о 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

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

Автореферат розісланий “27” травня 2016 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 20.052.05,

д.геол.н.



В.Р. Хомин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема безпеки населення та численних господарських об'єктів у районах розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів є однією з основних соціально-екологічних проблем сьогодення через збитки, що завдаються цими процесами. Основними видами екзогенних геологічних процесів, які заподіюють найбільш негативні наслідки, є зсуви, селі та карст.

Поєднання факторів техногенної та природної небезпеки значно збільшує ризики виникнення надзвичайних ситуацій та посилює їх негативні наслідки.

З метою запобігання зсувів, постановою Кабінету Міністрів України №1256 від 22 вересня 2004 р. затверджена “Комплексна програма протизсувних заходів на 2005-2015 роки”. Робота виконана у рамках загальнодержавної “Програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р.”.

Пошук та реалізація механізмів аналізу екзогенних геологічних процесів через розділення складових процесів їх активізації та розвитку на природні і техногенні дозволить якісніше та ґрунтовніше підходити до оцінки ризиків, які завдають ці процеси, для забезпечення екологічної безпеки регіону та держави у цілому.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі геотехногенної безпеки та геоінформатики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу у рамках держбюджетної теми “Екологічна безпека і землевпорядне забезпечення адміністративно-територіальних одиниць та експлуатаційна надійність промислових об'єктів” (ДР 0110U000339).

Крім того, автор брав участь у проведенні геолого-геофізичних досліджень зсувонебезпеки на території Причорномор'я (в межах Одеської області) та Карпатського регіону (в межах Івано-Франківської та Чернівецької областей)” та № Ф56/29-2014 “Прогнозування селевих процесів із застосуванням ГІС-технологій та розробка прогностичної моделі селевої небезпеки для території Карпат”.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є обґрунтування вибору факторів, які сприяють активізації та розвиткові небезпечних екзогенних геологічних процесів і ускладненню екологічної ситуації, для подальшої оцінки ризиків від їх проявів як основи визначення екологічної безпеки на прикладі території Карпатського регіону.

Для досягнення поставленої мети були виокремлені наступні завдання:

- провести аналіз відомих факторів активізації екзогенних геологічних процесів та виділити з них природну та техногенну складову;
- запропонувати нові техногенні та часові фактори розвитку і активізації екзогенних геологічних процесів;
- обґрунтувати вибір факторів утворення екзогенних геологічних процесів та визначити закономірності їх розподілу з метою попередження їх негативного впливу на навколишнє середовище;
- розробити методику оцінок еколого-геологічних ризиків з використанням геоінформаційних систем;
- побудувати карти оцінки еколого-геологічних ризиків просторового розвитку екзогенних геологічних процесів.

Об'єктом досліджень є прояви екзогенних геологічних процесів, як загроза екологічній безпеці Карпатського регіону.

Предметом досліджень є методи еколого-геологічної оцінки ризиків для природної та техногенної складової факторів екзогенних геологічних процесів.

Наукова новизна одержаних результатів:

1) уперше обґрунтовано необхідність роздільного дослідження природних і техногенних факторів та визначені нові факторні характеристики розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів;

2) уперше визначено ступінь впливу природних і техногенних факторних характеристик на розвиток зсувних, селевих і карстових процесів з використанням відповідних інтегральних показників небезпеки проявів екзогенних геологічних процесів у Карпатському регіоні;

3) уперше встановлено залежність взаємозв'язку фаз Місяця та температурних показників з активізацією зсувних процесів з подальшим використанням отриманих закономірностей у запропонованій моделі часового прогнозу екзогенних геологічних процесів;

4) уперше сформовано та апробовано алгоритм просторового аналізу оцінки еколого-геологічних ризиків з урахуванням кількісних імовірнісних прогнозних характеристик екзогенних геологічних процесів як основи побудови карт ризиків безпеки територій.

Практичне значення одержаних результатів. Побудовані схематичні карти ймовірності зсувної, карстової, селевої небезпек, що дали змогу відзначити існування значної відмінності складових, які сприяють розвиткові й активізації екзогенних геологічних процесів. Побудовані карти еколого-геологічних ризиків зсувної та карстової небезпеки на прикладі Івано-Франківської області та обґрунтована просторово-часова модель ризиків для території східної частини басейну ріки Верхньої Тиси (Закарпатська область), що дозволяє оцінити основні ризики безпеки життєдіяльності людей на території дослідження та забезпечити швидке реагування для унеможливлення погіршення екологічної ситуації.

Матеріали дослідження впроваджені в навчальному процесі та Державній службі України з надзвичайних ситуацій, що підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем особисто вивчено, проаналізовано та узагальнено матеріали з активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів. Проведено детальний аналіз просторових і часових закономірностей розподілів параметрів утворення зсувів, карсту та селів і даних по їх розвитку. Виконаний детальний аналіз складових розвитку екзогенних геологічних процесів, доведено необхідність роздільного дослідження, шляхом розділу їх на природні і техногенні процесоініціюючі фактори, запропонована та реалізована нова методологія еколого-геологічної оцінки ризиків для відповідних факторних характеристик. Основні ідеї, наукові положення і теоретичні висновки дисертації сформульовані здобувачем особисто.

Основні результати досліджень відображені в публікаціях [1-12]. Наукові публікації [2-5, 7-11] є одноосібними. З них [1, 7-8, 12] реферуються БД SCOPUS. У них автором обґрунтовано вибір факторів для аналізу екзогенних геологічних процесів, та доведено необхідність їх роздільного дослідження; побудовано та

проаналізовано карти ймовірностей розвитку екзогенних геологічних процесів для природної та техногенної складових; забезпечено нові підходи до створення нової методології оцінки еколого-геологічних ризиків (на прикладі існуючих систем прогнозування). У [1] автором виконано побудову карт імовірностей та зсувних ризиків, у [6] запропоновано підходи до аналізу даних і представлення результатів. У [12] автору належить ідея, постановка задачі, обґрунтування вибору методики еколого-геологічної оцінки ризиків.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень доповідались на міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях: XI Міжнародна наукова конференція “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” (м. Київ, 13-16 травня 2013 р.); XII Міжнародна наукова конференція “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” (м. Київ, 12-15 травня 2014 р.), 3-ій Міжнародний конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування” (м. Львів, 17-19 вересня 2014 р.), Всеукраїнська науково-практична конференція “Геодезія. Землеустрій. Природокористування: присвячується пам’яті П.Г. Черняги” (м. Рівне, 5-6 листопада 2014р.), XIII Міжнародна наукова конференція “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” (м. Київ, 12-15 травня 2015 р.), Міжнародна наукова конференція, присвячена 150-річчю з дня народження академіка Г.М. Висоцького (м. Суми, 20-23 травня 2015 р.).

Публікації. Основні положення, викладені у дисертації, опубліковані у 12 працях (9 одноосібних): 6 збірниках наукових праць, рекомендованих ДАК України, які реферуються міжнародними науково-метричними базами, з них 1 в науковому журналі, що реферується в БД SCOPUS; 6 тез доповідей, з яких 3 реферуються БД SCOPUS.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна роботи складається із вступу, 5 розділів, додатків. Повний обсяг дисертації – 154 сторінки, з них 16 додатків на 16 сторінках. Дисертація містить 39 рисунків, 24 таблиці та посилання на 129 літературних першоджерел на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми, сформовано мету і завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено результати апробацій і реалізації основних положень роботи.

У першому розділі на основі літературних джерел розглянуто важливу проблему розвитку та активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів (ЕГП), таких як зсув, карст і селі.

Основоположниками в розвитку теоретичних засад із вивчення просторово-часових умов розвитку екзогенних геологічних процесів, зокрема зсувів, є Г.К. Бондарик (1981), К.Л. Гулакян і В.В. Кюнцель (1977), О.П. Ємельянова (1971, 1978), А.І. Шеко, В.С. Круподеров і Г.П. Постоєв (1984, 1999) та ін. Серед українських учених слід виділити праці О.М. Адаменка (1995), М.Г. Демчишина (1991, 1999), О.М. Журавля (2007, 2013) О.М. Іванік (2010), Л.М. Климчук (2009), Е.Д. Кузьменка (2004, 2007, 2011), О.М. Оліферова (2007), Г.І. Рудька (1999, 2001, 2006) та ін. Проблема оцінки ризиків екзогенних геологічних процесів висвітлена в

наукових роботах Г.І. Рудька (2005), Є.О. Яковлева (2008), L. Cascini (2005), C. Margottini (2013, 2015), F. Guzzetti (2005), R. Fell (1994), F. C. Daia (2002) та ін.

Розробка методів прогнозу та оцінки ризиків на даний час ґрунтується на підставі загальних теоретичних розробок із прогнозування та теоретичних положень інженерно-геологічних прогнозів. Проте, на сьогодні не існує єдиної сформованої ідеології роздільного аналізу ЕГП від впливу природно чи техногенно обумовлених чинників, які сприяють їх активізації.

Серед недоліків існуючих методів аналізу та оцінки екологічних ризиків від проявів небезпечних ЕГП є: залучення до математичного блоку обмеженої кількості чинників, які не відображають повну сукупність процесів, що ініціюють розвиток зсувів, карсту та селів; оцінка ризиків безпеки в умовних одиницях; відсутність досліджень та виявлення закономірностей на рівні законів розподілу і ймовірностей для окремих факторних характеристик в їх зв'язку з ЕГП; відсутність чіткого обґрунтування на кількісному рівні задіяних в аналітичній моделі природних та техногенних чинників.

Це не відповідає сучасним вимогам по управлінню природним середовищем, оскільки враховується тільки одна складова – природна. Для того, щоб виконати ґрунтовні дослідження техногенної та природної складових необхідно провести ряд статистичних досліджень із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій.

У другому розділі дається оцінка природних умов території, як основи для проведення ґрунтовних досліджень причин їх активізації.

Для дослідження факторів, які активізують ЕГП, вибрана у межах Карпатського регіону територія, де їх розвиток та представлення є одним із найвищих, а саме у межах Івано-Франківської області.

Основним чинником активізації ЕГП виступає змінний рельєф місцевості. Область характеризується складною геологічною будовою, значною річковою мережею та різнотипними ландшафтами. Усі ці фактори у поєднанні із густою заселеністю як рівнинних, так і гірських територій, а також значним промисловим розвитком, у тому числі вирубками лісів, сприяють розвитку ЕГП.

На території України, в межах 200 міст і селищ зафіксовано 2 584 зсувонебезпечні ділянки. Станом на кінець 2014 року загальна кількість зсувів на території України складає більше 12 820 тисяч одиниць, загальна площа зсувів становить 2 135,17 км². В активному стані перебуває 1777 одиниць, площею 93,73 км². Зсуви переважно охоплюють незначні площі, але їх прояви здатні до швидких деформацій та руйнувань об'єктів господарської діяльності. Зокрема, у Івано-Франківській області майже 2 % території вражені зсувними процесами, їх площа складає близько 250 км², а загальна кількість становить понад 805 зсувонебезпечних ділянок, 80 % з яких пов'язані з господарською діяльністю: вирубка лісів, руйнування схилів дорожніми роботами, неправильний вибір агротехніки для сільськогосподарських робіт на схилах тощо.

Загальна кількість карстопроявів, що поширені на території України, перевищує 24 тисячі одиниць. Переважна їх кількість зосереджена на 37,75 % території країни, де породи, що здатні карстуватись, знаходяться на глибинах, яких досягла господарська діяльність. На досліджуваній території їх кількість сягає понад 2000 одиниць. Одним з головних факторів розвитку карсту для Карпатського

регіону є значне поширення сульфатних і карбонатних відкладів. На рівнинах карстові породи частіше прикриті горизонтально перешарованими товщами осадових порід, з різними водотривами, які уповільнюють рух підземних вод і не сприяють проникненню її на глибину. У гірсько-складчастих районах гірські породи більш дислоковані, тріщинуваті та роздроблені, що полегшує проникнення корозійного процесу на глибину.

Інтенсивний розвиток селевого процесу відмічається у гірських і передгірських областях Карпат і Криму. У Карпатському регіоні нараховуються три селеактивні басейни, що охоплюють територію Закарпатської, Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької областей, де налічується 219 великих селевих водотоків. Активізація відмічається у верхів'ях 270 дрібних водотоків на площі 1803 км². Найбільшою селеактивністю характеризуються басейни рр. Черемош і Прут.

Виходячи зі значного поширення та представленості усіх типів ЕГП, вибрана територія для досліджень впливу груп факторів на процеси активізації та розвитку небезпечних геологічних процесів є важливою з точки зору проблематики та складності оцінки її складових, і сприятиме покращенню екологічної безпеки регіону.

У третьому розділі дисертаційної роботи представлений детальний аналіз складових факторів, які використовуються при аналізі та прогнозуванні ЕГП.

Вибір кількісних факторних просторових характеристик здійснюється за наступними критеріями: 1) наявність літературних даних про зв'язок між ЕГП та певною факторною характеристикою; 2) уявлення про можливість такого зв'язку з точки зору фізики явища.

Якщо розглядати тільки природну складову (найбільш досліджену) екзогенних процесів, із 31 фактору (його кількісного показника) 19 (~ 61 %) факторів є спільними для зсувів, селів і карсту, а розглянуті техногенні фактори не володіють інформативністю, яка би істотно вказувала на їх вплив.

У процесі аналізу було обрано 5 груп факторів для природної складової, які включали в себе 13 факторів, а для техногенної – 4 групи із 8 факторами (табл. 1, 2).

За результатами досліджень факторів, які згадуються як можливо причетні до розвитку ЕГП та самостійного пошуку першоумов їх активізації, за допомогою статистичних розподілів з використанням непараметричного D-критерію Колмогорова-Смірнова проведена оцінка ймовірних законів розподілу теоретичних даних для кожної факторної характеристики, тобто визначена їх імовірна складова.

При цьому вперше детально описуються та досліджуються техногенні фактори. Серед них виділено вплив зміни режиму ґрунтових вод, перевантаження схилів, підрізання схилів, динамічних вібрацій, ураженість дорожньою мережею та населеними пунктами тощо.

Запропоновано нові підходи до часового прогнозу ЕГП з використанням в якості факторів коливання світових температур та фази Місяця.

Статистичний аналіз узгодженості екстремальних опадів з фазами Місяця дозволив виявити якісний та кількісний взаємозв'язок періодичних закономірностей у впливі Місяця на погоду, зокрема, на формування довготривалих аномальних опадів, які в свою чергу є головною умовою для активізації екзогенних геологічних процесів (рис. 1).

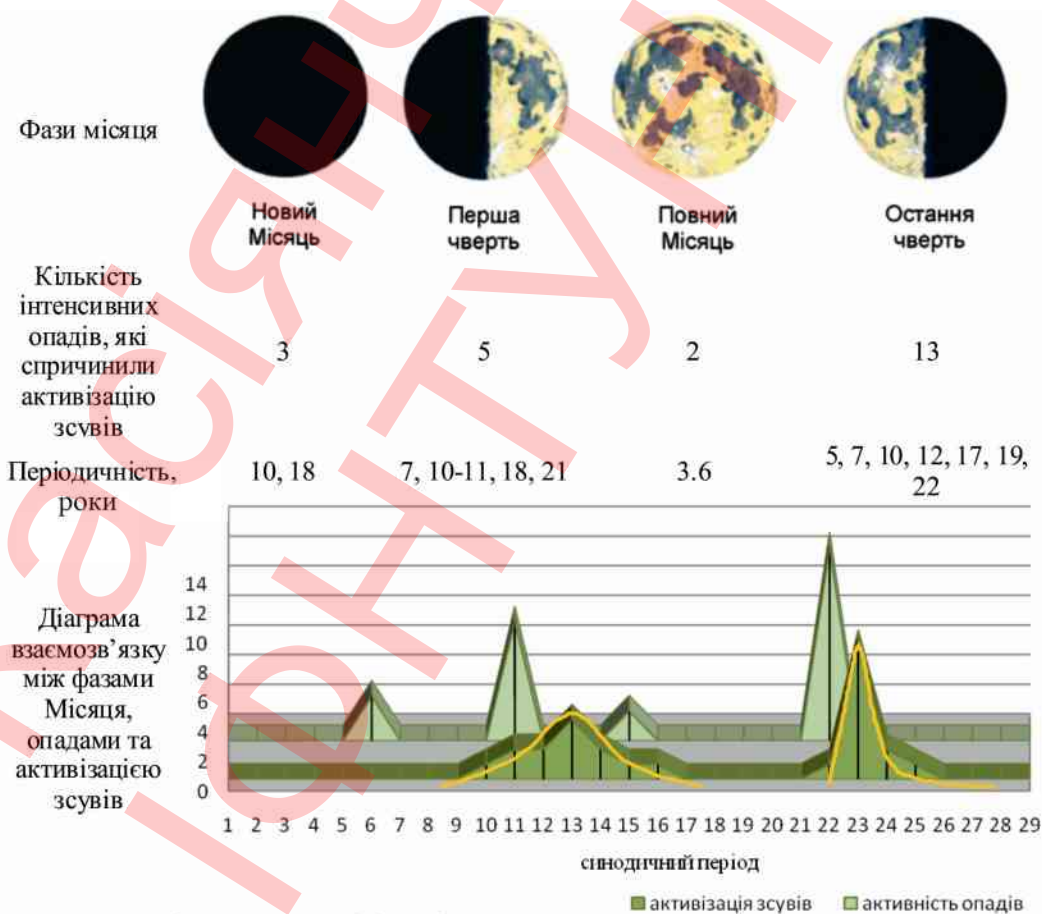
Фактори активізації ЕГП (природна складова)

Група факторів	Фактор	Характеристика його дії на процес	Факторна характеристика
Геологічні	Літофаціальний тип гірських порід, що підстилають	Визначає здатність гірських порід утримуватися між собою	Коефіцієнт ураженості літофаціальної зони, геологічної свити
	Інженерно-геологічний район	Характеризує: – клімат і ґрунти; – характер рельєфу; – геологічну структуру; – характер порід; – гідрогеологічні умови; – сучасні фізико-геологічні процеси	Коефіцієнт ураженості в межах району (в т.ч. іншими ЕГП)
Метеорологічні	Опади	Характеризує здатність ґрунтів до зволоження	Кількість (інтенсивність) опадів
Тектонічні	Тектонічні порушення	Визначають ерозійну активність, рівень підземних вод і енергію рельєфу	Відстань до тектонічного розлому
Геоморфологічні	Базис ерозії	Характеризує зміну гідродинамічного тиску	Відстань до базису ерозії
	Висота	Визначає тип і склад гірських порід, визначає мікрогеокліматичну	Абсолютна оцінка над рівнем моря
	Кругість схилу	Визначає напружений стан схилу	Кут нахилу денної поверхні
	Найближчий поверхневий прояв ЕГП	Потенційне джерело зростання напруженості схилу	Відстань до найближчого прояву
	Вододіл	Визначає гідрологічні умови стоку	Відстань до вододілу
	Напрямок схилу		Експозиція схилу
Гідрогеологічні (тільки для карстопроявів)	Поширення водотривів	– визначає характер фільтрації	Потужність першого від поверхні водотриву
	Четвертинний водоносний горизонт		Потужність четвертинного водоносного горизонту
	Глибина рівня підземних вод		Глибина залягання міоценового водоносного горизонту

Виявлено, що в більшості випадків аномальні дощі випадають у останній або першій чверті фаз Місяця, причому в 12 випадках із проаналізованих 23 максимальні опади реєструються на 1-3 день фази Місяця. Цикли екстремальних опадів 5.5-6, 9.4 та 11 років, присутні у спектрах усіх зазначених фаз і в цілому періоді та є кратними періодам сонячної активності та циклу Місяця. Періодичність активізації зсувопроявів узгоджується з ритмами фаз Місяця, спільні періоди – 2, 5, 7, 9-10, 12, 19, 22 роки.

Фактори активізації ЕГП (техногенна складова)

Група факторів	Фактор	Характеристика його дії на процес	Факторна характеристика
Геологічні	Наявність ділянок порушення геологічного середовища	Характеризує: – клімат і ґрунти; – характер рельєфу; – геологічну структуру; – характер порід; – гідрогеологічні умови; – сучасні фізико-геологічні процеси	Відстань до ділянок порушення геологічного середовища (водозаборів, кар'єрів)
			Коефіцієнт ураженості дорожньою мережею та населеними пунктами в межах району
Ландшафтні	Рослинність	Визначає характер поверхневого стоку та об'єм зсувного тіла	Зміна лісових площ, відстань до границі лісу
Геоморфологічні	Вібрація	Зменшення опірності ґрунтів гірських порід, зміна мікрокліматичних й гідрогеологічних умов	Відстань до джерела вібрації, рівень вібрації
	Модифікація схилів		Зміна кута нахилу
	Перевантаження схилів		Коефіцієнт стійкості
	Наявність доріг, залізниць		Відстань до дороги, залізниці
	Наявність населених пунктів		Відстань до населеного пункту
Гідрологічні	Коефіцієнт порушеності	Визначає характер фільтрації	Коефіцієнт порушеності, рівень ґрунтових вод



Примітка. Проміжки часу, через які фази Місяця повторюються в тому ж порядку називають сінодичним місяцем, він триває 29.53 доби

Рис. 1. Вплив фаз Місяця на періодичність природних процесів

Глобальні зміни клімату мають значний вплив на розвиток зсувних процесів, та ЕГП у цілому. Зміна аномалій глобальних температур та сонячної активності доводить існування циклічності між «теплыми» – 2,5 циклу сонячної активності та «холодними» – 3 цикла сонячної активності епохами. Виходячи із даних результатів, можна говорити про існування часового зв'язку між досліджуваними температурними показниками. Зміщення по роках між факторами становлять (по відношенню до числа Вольфа, як основного часового фактора): енергія землетрусів $\lg(\Sigma E) - \pm 6$; опади (річні) – -3; усі температурні показники є синфазними.

У четвертому розділі дисертації обґрунтовується вибір просторових факторів для аналізу ймовірності проявів ЕГП.

Основне завдання статистичного аналізу даних полягало в розподілу груп факторів на природну та техногенну складові. Це дозволило аналітично обґрунтувати правильність вибору факторних характеристик шляхом проведення перевірки відповідності факторних розподілів даних їх теоретичним аналогам, аналізу статистичних розподілів та класифікацію факторів для доведення необхідності роздільного прогнозування їх природної та техногенної складової.

За результатами статистичного аналізу було розподілено групи факторних характеристик за законами розподілу: нормальний – природна складова, логнормальний – техногенна складова. Для цього було обрано 766 зсувних ділянок, 2169 карстопроявів, 45 селів для яких розраховані факторні характеристики на основі даних картографічних матеріалів.

Окремим важливим етапом дослідження є оцінювання внеску (Rnp_i – коефіцієнту інформативності) окремих факторних характеристик у процес розвитку й активізації ЕГП, розрахованих за формулою (1):

$$Rnp_i = \frac{\sum_j |r_{ij}|}{\sum_i \sum_j |r_{ij}|}, \quad (1)$$

де r_{ij} – значення коефіцієнта парної кореляції між i, j .

Вагові коефіцієнти інформативності є оцінні значення, що вказують на відносну важливість або ступінь впливу кожної факторної характеристики.

Значення вагових коефіцієнтів, що представлені на гістограмах (рис. 2, 3), вказують на рівноцінність впливу факторних характеристик активізації та розвитку природних складових розвитку ЕГП.

Варто відмітити про рівносильність впливу факторних характеристик для гравітаційних процесів, що перш за все пов'язане із геоморфологічними особливостями регіону та подібністю процесів.

Для карстопроявів додатково розраховувалися гідрогеологічні показники, які вказують про тісну залежність між вибраними факторними характеристиками та карстовим процесом.

Усі обрані фактори не дублюють один одного та є незалежними за ступенем своєї факторної дії, що підтверджено додатковим кластерним та факторним аналізом.



Рис. 2. Вагові коефіцієнти інформативності факторних характеристик для природної складової ЕГП, %



Рис. 3. Вагові коефіцієнти інформативності факторних характеристик для техногенної складової ЕГП, %

Для отримання величини ймовірності екологічної небезпеки від проявів ЕГП необхідно виконати розрахунок інтегрального показника або функції комплексного показника, що пов'язаний із просторовим розподілом. Після визначення статистичних характеристик розподілів кожної факторної характеристики й виконання процедури нормалізації по кожному з факторів, отримуємо нормалізоване значення факторної характеристики Π_{ij} , де i – номер точки спостереження, j – номер характеристики ЕГП.

Значення сумарного показника Π_{Σ_i} розраховується за формулою

$$\Pi_{\Sigma_i} = \sum \Pi_{ij} \times V_j, \quad (2)$$

де Π_{ij} – нормалізовані значення факторної характеристики; V_j – вагові коефіцієнти інформативності j -ї характеристики.

Для отриманої вибірки інтегрального показника екологічної небезпеки для кожного виду ЕГП, розподіл ймовірностей якого підлягає нормальному (логнормальному) закону (рис. 4), розраховуються значення середнього арифметичного та середньоквадратичного відхилення.

Після цього, з використанням формули, яка описує диференційну криву нормального закону розподілу ймовірностей випадкової величини $f(\Pi_{ij})$, з перерахунком усіх значень функції ймовірностей таким чином, щоб її максимальне значення дорівнювало б одиниці, оцінюється ймовірність екологічної небезпеки у будь-якій точці території:

$$f(\Pi_{ij}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\Pi_{ij}}{2}} \cdot \max(f(\Pi_{ij}))^{-1}, \quad (3)$$

де $\max(f(\Pi_{ij}))^{-1}$ – поправка для виконання умови, що максимум кривої рівний 1.

У п'ятому розділі дисертації обґрунтовується вибір методологій еколого-геологічної оцінки ризиків, як критеріїв екологічної небезпеки.

На сучасному етапі виокремився напрямок кількісної ймовірнісної оцінки у прогнозуванні ЕГП, чому значною мірою посприяв розвиток ГІС-технологій, який дозволяє визначати ступінь екологічної небезпеки за факторами, які ініціюють процес. Алгоритм передбачає розрахунок кількісних факторних характеристик у точках проявів ЕГП, статистичний аналіз отриманих рядів даних з подальшим розрахунком інтегрального показника, на основі якого створюються прогнозні карти екологічної небезпеки. Часовий прогноз створюється на основі статистичного аналізу часових рядів факторів із подальшим розрахунком часового інтегрального показника та його екстраполяцією.

Доцільним є виконання оцінки екологічної небезпеки для окремої території на основі комплексного кількісного врахування небезпеки розвитку цих процесів у вигляді розрахованих ризиків.

Ризик – ймовірні очікувані економічні, соціальні та екологічні наслідки від прояву небезпечних ЕГП, які оцінюються по відношенню до конкретних об'єктів та визначають еколого-геологічну небезпеку, тобто можливість прояву ЕГП, здатних загрожувати життєдіяльності людей, наносити матеріальний збиток, негативно впливати на навколишнє середовище.

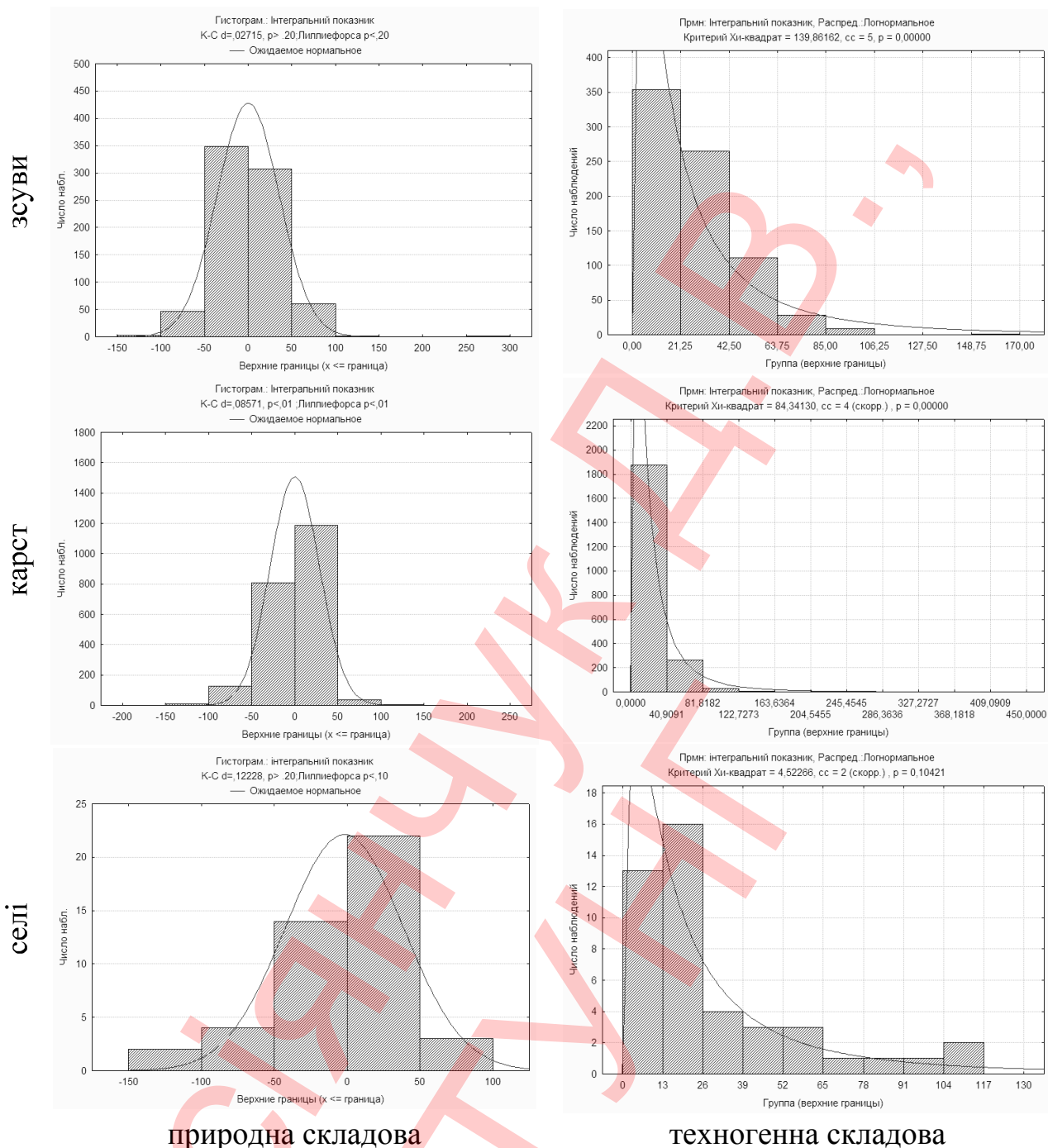


Рис. 4. Гістограми інтегральних показників екологічної небезпеки, розрахованих з урахуванням усіх факторів і їхніх вагових коефіцієнтів інформативності

Основними характеристиками, що відображають ступінь небезпеки процесів, є: інтенсивність і активність їх прояву, потужність (параметри) та швидкість протікання, обумовлені значною мірою генезисом процесів.

Основна ідея розробки нових науково-методичних основ оцінки інтегрального ризику ЕГП базується на принципах системного багатофакторного підходу. Ризик активізації ЕГП включає складову інтегрального показника екологічної небезпеки. Для врахування багатофакторності умов розвитку та активізації ЕГП та відповідних їм оцінок для різних територій, що обумовлюють виникнення ЕГП, була розроблена

схема оцінки інтегрального ризику, яка враховує напрацювання автора у сфері просторово-часового прогнозування екзогенних геологічних процесів (рис. 5).



Рис. 5. Схема еколого-геологічної оцінки інтегрального екологічного ризику

Під комплексним інтегральним показником еколого-геологічної оцінки ризиків слід розуміти суму всіх можливих ризиків від окремих ЕГП, що враховує геологічні та економічні критерії кожного з них. Тобто, стає базовим показником для ділянок із потенційним проявом того чи іншого процесу, враховуючи як ступінь активності ЕГП, так і їх факторну складову інтегрального ризику.

Виходячи із запропонованої структури, слід проаналізувати етапи оцінки:

- перші три етапи описані та проаналізовані в попередніх розділах;
- четвертий має на меті визначити нові підходи до розрахунку ризиків, з яких найбільш поширеним є оцінка у відсотках, яка конкретизована в процесі побудов оціночних карт-полігонів.

- п'ятий і шостий етапи включають: оцінку прогнозної просторової ураженості ЕГП, оцінку переважаючого фактора – природного чи техногенного, за внеском

(інформативністю) у процес розвитку і активізації окремого прояву ЕГП, оцінку соціального навантаження – просторовим поширенням населених пунктів і чисельності населення, оцінка захисних умов інженерних споруд для протидії ЕГП, який на пряму залежить від часової динаміки процесів активізацій ЕГП;

– сьомий та восьмий етапи полягають в сумуванні відповідних побудованих карт-полігонів, тобто побудову за їх результатами інтегральної карти ризиків.

За результатами просторових розподілів інтегральних показників факторних характеристик побудовані карти ймовірностей екологічної небезпеки ЕГП. Як приклад на рисунку наведено карту ймовірностей зсувної небезпеки у межах Івано-Франківської області (рис. 6).

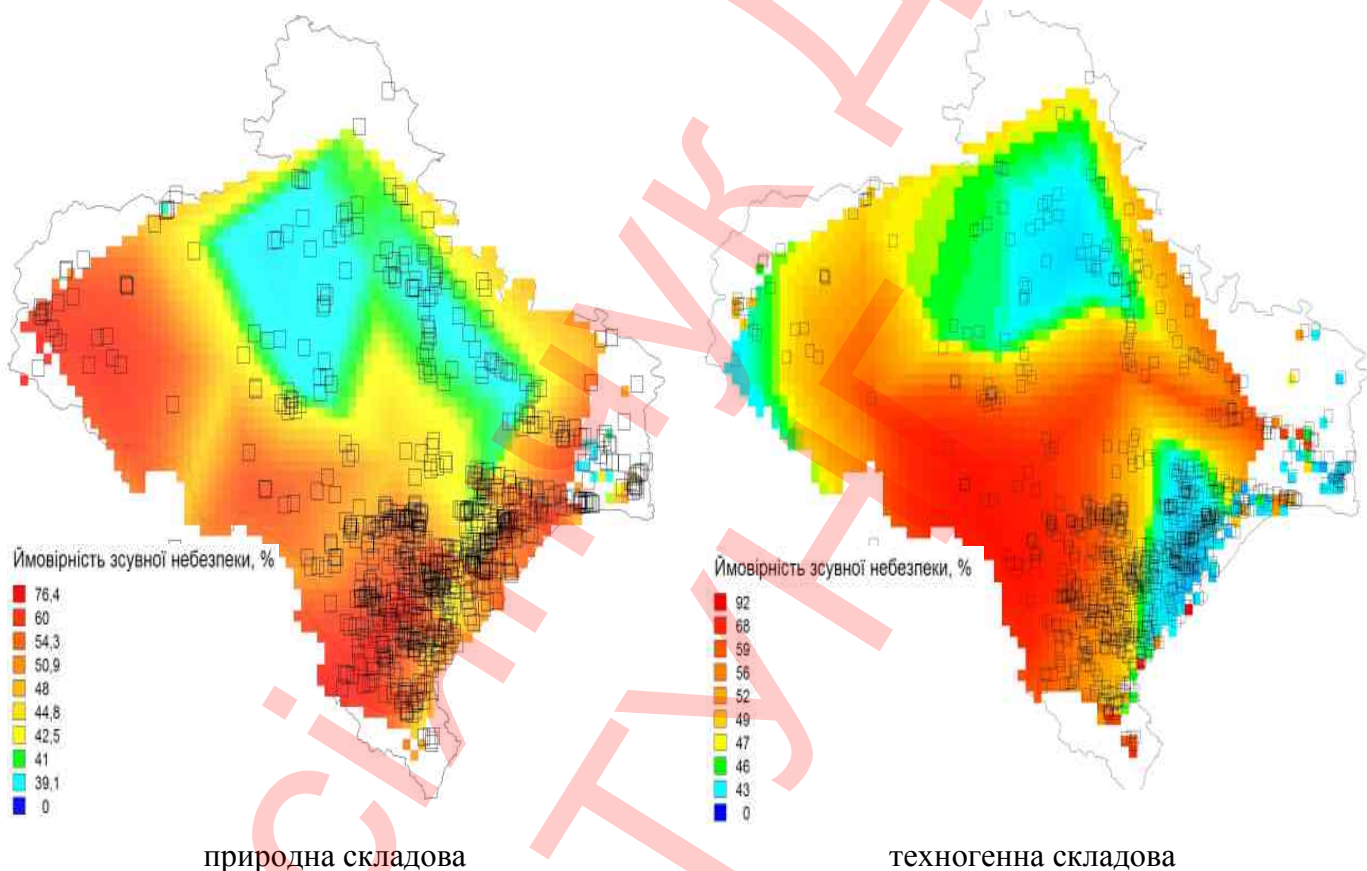


Рис. 6. Схематична карта ймовірності зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області (для різних складових)

Таким чином кінцевим результатом зазначених досліджень є прогнози просторово-часові моделі ризиків для окремих видів екзогенних геологічних процесів.

Зазначені моделі передбачають послідовну побудову карт імовірності екологічної небезпеки для територій дослідження для зсувів, селів, карсту. Далі на їх основі будують карти еколого-геологічної оцінки ризиків. Усі вони представлені в дисертації.

Розрахунок еколого-геологічної оцінки ризиків проводився за формулою:

$$Rpr_{i,t} = \bar{P}_{i,t} \cdot N_i \cdot \frac{\sum_{n=1}^k s_i}{S_i^2} \cdot Z_i, \quad (4)$$

де $\bar{P}_{i,t}$ – середнє значення небезпеки прояву ЕГП для і-тої ділянки, s_i - площа зсувів, карстових ділянок і конусів виносу на ділянці в кількості k , S_i - площа ділянки, N_i - кількість населення на ділянці, Z_i – коефіцієнт, що враховує наявність захисних об'єктів, част. од.

На основі побудованої карти імовірностей та вищезазначеної формули сформована таблиця 3, яка показує основні розрахункові параметри для оцінки еколого-геологічного ризику в межах адміністративно-територіального поділу області.

Таблиця 3

**Еколого-геологічна оцінка ризиків зсувної небезпеки
Івано-Франківської області**

№	Назва району	Площа району, S_i , км ²	Кількість населення, N_i , осіб	Площа зсувів, $\sum_{n=1}^k s$, км ²	Імовірність (середня), $\bar{P}_{i,t}$	$Rpr_{i,t}$, осіб/км ²
1	Богородчанський	809,5	71739	4,192386	48,10708	0,002208
2	Верховинський	1310	27388	103,0433	54,96128	0,009038
3	Галицький	707,2	67377	6,400027	44,35085	0,003824
4	Городенківський	747,8	58416	2,791696	44,39362	0,001295
5	Долинський	1544	86048	7,528397	58,62603	0,001593
6	Калуський	693,5	130797	1,002795	40,3055	0,001099
7	Коломийський	1029	163908	34,62535	42,8469	0,022966
8	Косівський	932,1	91812	66,55808	45,66494	0,032119
9	Надвірнянський	1908	130586	11,78191	56,00569	0,002367
10	Рогатинський	832,7	49323	0,050711	43,69955	1,58E-05
11	Рожнятівський	1288	76648	0,208322	57,68643	5,55E-05
12	Снятинський	597,2	69597	22,91715	46,96559	0,021003
13	Тисменицький	838	320435	28,36974	46,13812	0,059727

В авторефераті як приклад на рис. 7 наведено схематичну карту еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки у межах адміністративних районів Івано-Франківської області.

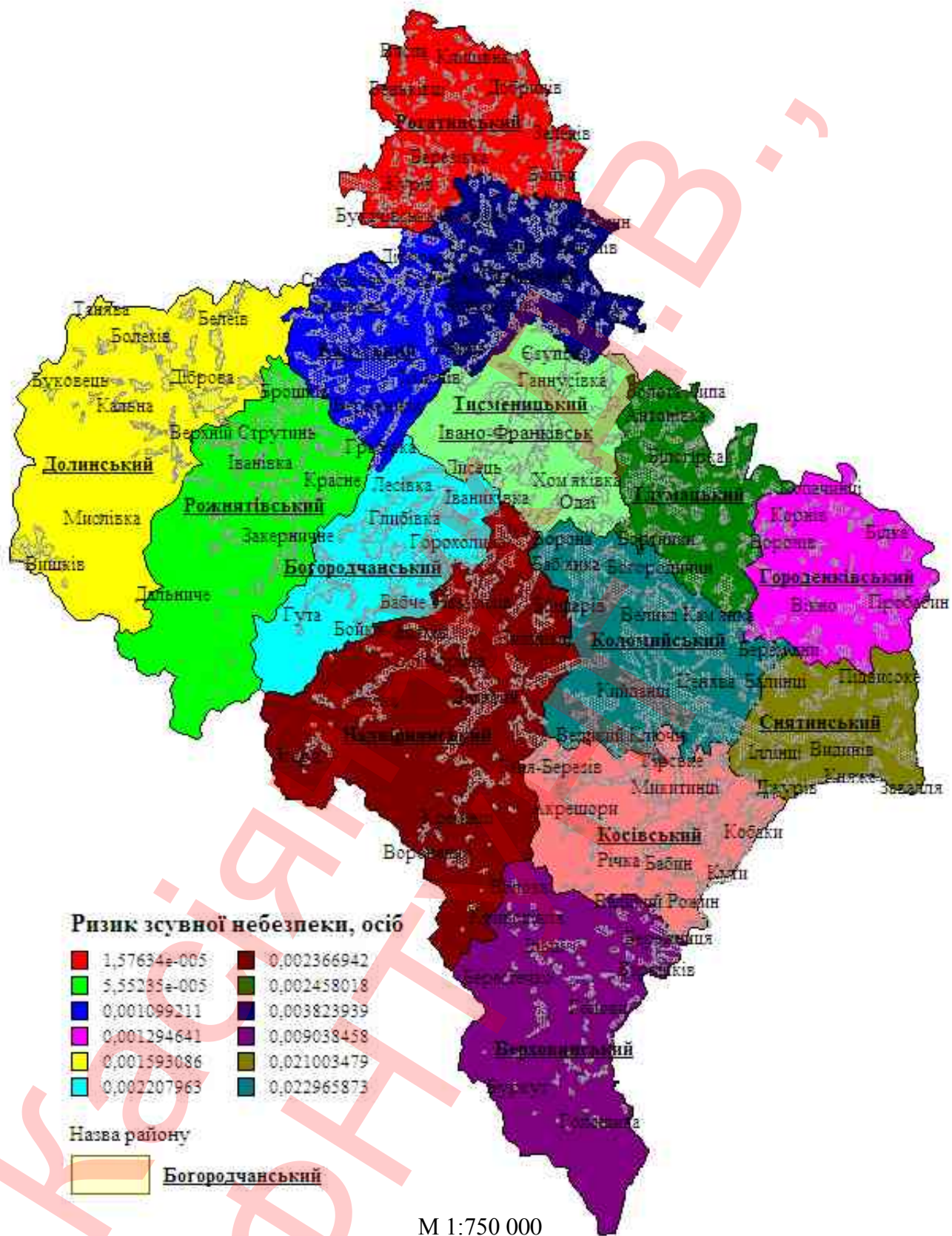


Рис. 7. Схематична карта еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки у межах адміністративних районів Івано-Франківської області

Побудовані карти дозволяють обґрунтувати основні підходи до забезпечення екологічної безпеки регіонів, у тому числі, в межах населених пунктів, де

ймовірність події перш за все прив'язана не лише до виникнення ЕГП, а й можливих негативних наслідків для життєдіяльності людей.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано вирішення актуального науково-прикладного завдання оцінки ризиків ЕГП, які визначають ступінь екологічної безпеки території. Теоретичні та експериментальні дослідження, що виконані автором, дозволяють зробити наступні висновки.

1. Розвиток і значне поширення екзогенних геологічних процесів та їх вплив на стан екологічної безпеки на території України та Карпатського регіону зокрема, свідчить про необхідність детального дослідження цих процесів у їх взаємозв'язку з ініціюючими факторами. Проведені теоретичні дослідження дозволяють обґрунтувати алгоритм аналізу груп факторів, що базується на визначенні законів розподілу факторних характеристик, оцінку інформативності факторів, розрахунок інтегральних показників.

2. При аналізі природної та техногенної складової факторів розвитку та активізації зсувів, селів та карстів, в якості техногенно-обумовлених доцільно розглядати наступні: геологічні (відстань до ділянок порушення геологічного середовища (водозаборів, кар'єрів), коефіцієнт ураженості дорожньою мережею та населеними пунктами в межах району, геоморфологічні (відстань до джерела вібрації, рівень вібрації; зміна кута нахилу; коефіцієнт стійкості; відстань до дороги, залізниці; відстань до населеного пункту), гідрогеологічні (коефіцієнт порушеності, рівень ґрунтових вод), ландшафтні (зміна лісових площ, відстань до границі лісу).

3. Просторовий аналіз здійснюється на основі зв'язку між групами факторів із використанням вагового показника інформативності факторів та інтегрального показника. Для удосконалення існуючих часових методів прогнозу до комплексу традиційних геофізичних, метеорологічних та сейсмологічних, які є універсальними для різних видів екзогенних геологічних процесів, слід розглядати запропоновану нові часові факторні характеристики, як фази Місяця, а також світові температури.

4. Кінцевим результатом досліджень є еколого-геологічна оцінка ризиків на основі комплексних інтегральних просторових показників активізації та розвитку ЕГП, які на кількісному імовірнісному рівні враховують сумарну дію факторів. Просторовий аналіз здійснюється шляхом побудови карти розподілу просторового інтегрального показника та еколого-геологічної оцінки ризиків екзогенних геологічних процесів.

5. Зазначені дослідження є основою для удосконалення існуючих геоінформаційних систем прогнозування екзогенних геологічних процесів. Оцінка еколого-геологічних ризиків від проявів небезпечних екзогенних геологічних процесів дозволить забезпечити безпечне будівництво й експлуатацію господарських інженерних споруд, планувати заходи щодо запобігання аварійних ситуацій, ефективніше захищати населення від стихійних лих, що у свою чергу приведе до стабільності екогеосистем та екологічної безпеки регіону, держави у цілому.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті, які реферуються міжнародними наукометричними базами

1. **Касіянчук Д. В.** Розрахунок еколого-геологічних ризиків зсувної небезпеки / **Д. В. Касіянчук**, Е. Д. Кузьменко, Т. Б. Чепурна, І. В. Чепурний // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – Т. 1, N 10(79). – С. 18-25. – DOI: 10.15587/1729-4061.2016.59687. (*особистий внесок - ідея, постановка задачі, розрахунок ризиків та побудова карт - 50%*).

Статті у фахових виданнях України

2. **Касіянчук Д. В.** Обґрунтування вибору факторів активізації небезпечних геологічних процесів (на прикладі території Карпатського регіону) / **Д. В. Касіянчук** // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2014. – № 2. – С. 42-52.

3. **Касіянчук Д. В.** Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складової розвитку селів / **Д. В. Касіянчук** // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2014. – № 3-4. – С. 178-190.

4. **Касіянчук Д. В.** Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складових розвитку карсту / **Д. В. Касіянчук** // Екологічна безпека та природокористування. – 2014. – Вип. 16. – С. 49-56.

5. **Касіянчук Д. В.** Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складової розвитку зсувів / **Д. В. Касіянчук** // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Геологія – Географія – Екологія. – 2014. – № 1128, Вип. 41. – С. 139-148.

6. Штогрин Л. В. Про можливий зв'язок між періодичністю опадів, активізацією зсувів та фазами Місяця / Л. В. Штогрин, **Д. В. Касіянчук** // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2015. – № 4. – С. 93-102. (*особистий внесок - постановка задачі, обґрунтування та інтерпретація результатів - 40%*).

Тези наукових доповідей

7. **Касіянчук Д. В.** Природна і техногенна складова факторів екзогенних геологічних процесів / **Д. В. Касіянчук** // Матеріали доповідей XII Міжнародної наукової конференції. “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” [Електронний ресурс], 13-16 травня 2013 р. – м. Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики., 1 електрон. опт. диск (CD-ROM), 12 см.

8. **Касіянчук Д. В.** Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складової розвитку селів / **Д. В. Касіянчук** // Матеріали доповідей XIII Міжнародної наукової конференції. “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” [Електронний ресурс], 12-15 травня 2014 р. – м. Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики., 1 електрон. опт. диск (CD-ROM), 12 см.

9. **Касіянчук Д. В.** Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складової розвитку зсувів / **Д. В. Касіянчук** // Збірник матеріалів доповідей 3-го

Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 17-19 вересня 2014 р. – м. Львів: Національний університет “Львівська політехніка” – С. 30.

10. **Касіянчук Д. В.** Аналіз факторів природної складової розвитку карсту / **Д. В. Касіянчук** // Збірник матеріалів доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції “Геодезія. Землеустрій. Природокористування: присвячується пам’яті П. Г. Черняги”, 5-6 листопада 2014 р. – м. Рівне: Рівненський національний університет водного господарства та природокористування. – С. 51-53.

11. **Касіянчук Д. В.** Оцінка впливу змін клімату на розвиток і активізацію ЕГП (на прикладі зсувів Івано-Франківської області) / **Д. В. Касіянчук** // Актуальні проблеми дослідження довкілля. Збірник наукових праць (за матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, присвяченої 150-річчю з дня народження академіка Г. М. Висоцького, 20-23 травня 2015 р., м. Суми). – Т. 2. – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2015. – С. 156-161.

12. **Касіянчук Д. В.** Методологія кількісної прогностичної оцінки ризиків екзогенних геологічних процесів з використанням ГІС-технологій / **Д. В. Касіянчук**, І. В. Чепурний, Т. Б. Чепурна, Н. В. Гурська // Матеріали доповідей XII Міжнародної наукової конференції. “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” [Електронний ресурс], 11-14 травня 2015 р. – м. Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики., 1 електрон. опт. диск (CD-ROM), 12 см. (*особистий внесок – ідея, постановка задачі, обґрунтування вибору методики еколого-геологічної оцінки ризиків – 50%*).

АНОТАЦІЯ

Касіянчук Д.В. Оцінка екологічних ризиків для природної та техногенної складової екзогенних геологічних процесів Карпатського регіону. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2016.

Дисертацію присвячено екологічній проблемі – оцінці еколого-геологічних ризиків розвитку екзогенних геологічних процесів шляхом розподілу на природні та техногенні процесоініціюючі фактори.

Встановлено, що прогнозування екзогенних геологічних процесів слід здійснювати з урахуванням роздільного впливу факторів, які сприяють їх розвитку та активізації. Визначено оптимальний для даної території комплекс природних та техногенних факторів. Величиною, що на кількісному ймовірнісному рівні враховує вплив просторових і часових чинників є інтегральний просторовий показник небезпеки проявів екзогенних геологічних процесів.

Виконаний аналіз просторової імовірності небезпеки від проявів екзогенних геологічних процесів для території Івано-Франківської області з побудовою відповідних карт для природної та техногенної складових. На основі сформованих моделей ризиків проведена їх оцінка для окремих територій Карпатського регіону, що надає передумови для створення як просторового так і часового прогнозу.

Ключові слова: екзогенні геологічні процеси, зсув, селі, карст, фактори,

факторні характеристики, оцінка, ризик, просторовий аналіз, прогноз.

АННОТАЦИЯ

Касиянчук Д.В. Оценка экологических рисков для природной и техногенной составляющей экзогенных геологических процессов Карпатского региона. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2016.

Диссертация посвящена экологической проблеме - оценке эколого-геологических рисков развития геологических процессов, путем деления на природные и техногенные процесоинициующи факторы.

Установлено, что прогнозирование геологических процессов следует осуществлять с учетом раздельного влияния факторов, способствующих их развитию и активизации. Определен оптимальный для данной территории комплекс природных и техногенных факторов. Величиной, которая на количественном вероятностном уровне учитывает влияние пространственных и временных факторов является интегральный пространственный показатель опасности проявлений геологических процессов.

Выполненный анализ пространственной вероятности опасности от проявлений экзогенных геологических процессов для территории Ивано-Франковской области с построением соответствующих карт для природной и техногенной составляющих. На основании сформированных моделей рисков проведена их оценка для отдельных территорий Карпатского региона, что дает предпосылки для создания как пространственного, так и временного прогноза.

Ключевые слова: экзогенные геологические процессы, оползень, сель, карст, факторы, факторные характеристики, оценка, риск, пространственный анализ, прогноз.

ABSTRACT

Kasiyanchuk D.V. Assessment of ecological risk for natural and man-made component of exogenous geological processes of the Carpathian region. – Manuscript.

The thesis for the degree of candidate of geological sciences on speciality 21.06.01 – ecological safety. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2016.

The thesis highlights the current scientific and applied problems of risk of exogenous geological processes that define the level of environmental safety of territory.

The problem of public safety and numerous objects in the areas of dangerous exogenous geological processes is one of the major social and environmental problems of nowadays because of damages caused by these processes. The main kinds of EPG that cause the most negative effects are landslides, mudflows and karst.

Theoretical and experimental researches made by the author, allow to summarize their main results.

The development and widespread of exogenous geological processes and their impact on environmental safety in Ukraine and the Carpathian region in particular demonstrates the need for a detailed study of these processes in their relationship with the initiating factors. Having conducted the theoretical investigations allow to substantiate the analysis of algorithm groups of factors, based on the definition of the distribution factor characteristics of their unification, informative evaluation factors, the calculation of integrated indicators.

In the analysis of natural and man-made component factors of development and activation of landslides, mudflows and karst, as technological conditioned advisable to consider the following: geological (distance to lots violation geological environment (water intakes and quarries), the rate of infestation and localities within an area, geomorphological (distance to the source of vibration, level of vibration, change the angle of inclination, stability factor, distance to roads, railways, distance to the village), hydrogeological (factor of disturbance, the level of ground waters) and landscape (changes in forest cover, distance to the border forest). The spatial analysis is based on communication between groups using factors weighing indicator informativeness factors and integral index. To improve existing methods for prediction of time use the new temporal factor characteristics as moon phase and global temperature.

The final result of research is environmental geological risk assessment based on comprehensive integrated spatial indexes revitalization and development of exogenous geological processes, which are quantitative probabilistic take into account the level of total performance factors. The spatial analysis is done by mapping the spatial distribution of the integral index.

Evaluation of ecological and geological risks manifestations of hazardous of exogenous geological processes will ensure the safe construction and operation of commercial engineering structures, plan measures to prevent emergency situations effectively protect the population from natural disasters, which in turn will lead to stability ekohecosystem and environmental security of the region and state as a whole.

Key words: exogenous geological processes, landslide, mudflow, karst, factors, factor characteristics, evaluation, risk, spatial analysis, forecast.