

ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ФОРМУВАННЯ ВОДНО-ГРАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ГІС У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

© О.М. Іванік, 2008

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

The interpretation of the impact of geological-geomorphological and landscape-climate factors on the landslide formation in the Carpathian region has been carried out. The interpretation is based on the field geological research, GIS-analysis, statistic methods and systematization of the landslide data. The self-descriptiveness of landslide formation factors has been estimated on the basis of quantitative characteristics of each factor. The ranking of each factor has been done. Validity of each object according to the landslide formation conception is estimated. On the basis of the mapping-analytical modelling the complex analysis of landslide formation factors has been carried out. The forecasting-reference model for estimating areas of a probable landslide formation and their potential activity is offered.

Вступ і постановка проблеми. На території України, що характеризується значною ландшафтно-орografічною диференціацією та наявністю регіонів з різною геологічною будовою, активно розвиваються небезпечні геологічні процеси, які негативно впливають на функціонування природно-техногенних систем. Так, за даними Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, впродовж 2007 р. в Україні виникло 368 надзвичайних ситуацій, серед яких 152 – природного характеру, внаслідок яких було завдано збитків на суму близько 673 млн грн. Геологічні чинники були визначальними у 10 % катастроф. Одним з регіонів, що характеризується формуванням стихійних несприятливих явищ, є Українські Карпати – складна гетерогенна геолого-геоморфологічна система зі значним природно-техногенним навантаженням, що призводить до виникнення негативних геологічних явищ. Активізація небезпечних геологічних процесів, серед яких визначальними в більшості катастроф є водно-гравітаційні, створює низку економічних та екологічних проблем, вирішення яких потребує нових методологічних і методичних підходів до розробки та відпрацювання засобів прогнозу їх виникнення та відповідної кількісної оцінки силового впливу на функціонування техногенних комплексів.

Вивчення та аналіз різноманітних факторів формування негативних явищ у Карпатах здійснюють численні виробничі та наукові установи, а також окремі дослідники. В результаті створено величезну інформаційну базу з поширення цих явищ та їх характеристик, зокрема зсувних, селевих процесів, річкової ерозії, обвалів тощо [1–4].

Просторовий та часовий прогноз розвитку водно-гравітаційних процесів виконують за різними підходами та методичним забезпеченням, де

враховано узагальнюючі чинники та особливості їх формування на регіональному рівні. Головні методи прогнозування зсувів і визначення стійкості схилів викладені у публікаціях Г.С. Золотарьова, Г.І. Тер-Степаняна, Е.П. Ємельянової, Л.Б. Розовського, І.П. Зелінського, В.В. Кюнтцеля, А.І. Шеко, К.Л. Гулакяна, Г.П. Постоева, В.К. Кучай, М.Г. Демчишина, Г.І. Рудька та багатьох інших. На сьогодні розробка методів прогнозування водно-гравітаційних явищ ґрунтується на загальних теоретичних розробках із прогнозування та методологічних положеннях інженерно-геологічних прогнозів [3–11], на основі яких створюють детерміновані та стохастичні моделі зсувного процесу. Сучасні методики регіонального прогнозування, що передбачають визначення сфери прояву та інтенсивності розвитку зсувів у часі, визначають зсувний потенціал як результуючу ймовірність виникнення (або активізації) зсувів на певній території.

Основні науково-методологічні підходи до оцінки стану зсувних геосистем у межах Українських Карпат викладені у публікаціях [1–3, 5–8], в яких схарактеризовано просторово-часові закономірності розвитку зсувів, обґрунтовано систему моніторингу зсувонебезпечних територій, запропоновано сучасний методологічний апарат прогнозування зсувного процесу.

Визначення пріоритетності факторів виникнення небезпечних явищ на комплексній основі за конкретними великомасштабними геолого-геоморфологічними та гідрометеорологічними даними на окремих ділянках функціонування відповідних техногенних систем є дуже складним завданням. Його слід вирішувати через інтегрований аналіз якісних і значною мірою кількісних даних стосовно геолого-геоморфологічної будови території та фізико-географічних умов формування цих явищ. Основна мета при цьому – науково

обґрунтоване виділення локальних ділянок можливого формування небезпечних геологічних процесів та моделювання їх впливу на функціонування природно-техногенних систем. Інтегрований аналіз, комплексна оцінка та інтерпретація різномірної інформації для прогнозу поширення небезпечних геологічних процесів інструментально забезпечуються застосуванням ГІС-технологій з їх потужними обчислювальними ресурсами та інформаційною методологією. Головним завданням є створення прогнозно-еталонної моделі відповідних геологічних об'єктів (зокрема зсувів), що являє собою класифікатор ознак (чинників) виникнення несприятливих геологічних явищ. Інформативність цих чинників визначають через кількісні характеристики ступеня впливу кожного з них на формування зсувів. В основі такої моделі – опрацьована різноманітна картографічна інформація щодо району досліджень, статистичні дані, результати особистих польових спостережень тощо. Безумовно, якість використаних в еталонній моделі опрацьованих даних і формалізація вихідної та модельної інформації забезпечують ефективність застосування моделі. У зв'язку з указаним головною метою проведених досліджень було визначення чинників формування водно-гравітаційних процесів, інформативності цих чинників і, відповідно, створення прогнозної моделі зсувного процесу із детальним аналізом різномірної геолого-геоморфологічної та ландшафтно-кліматичної інформації.

Визначення факторів виникнення водно-гравітаційних процесів і створення картографо-аналітичних моделей на основі ГІС. Побудову прогнозно-еталонної моделі та створення банку критеріїв і ознак водно-гравітаційних процесів, необхідних для виявлення ймовірних ділянок поширення цих несприятливих явищ, проведено на основі результатів геологічних досліджень, аналізу і систематизації фактичного матеріалу по зсувних процесах на полігоні в Українських Карпатах. Вибір полігона пов'язаний з особливими умовами розвитку природно-техногенних систем, особливостями їх розміщення, доброю відслоненістю гірських порід, що у комплексі забезпечувало проведення детальних польових досліджень та геолого-геоморфологічного картографування. В адміністративному відношенні полігон займає частину Свалявського та Воловецького районів Закарпатської області площею 804,3 км². За сучасним районуванням Українських Карпат територія охоплює Східні (Українські, або Лісисті) Карпати та Закарпатську западину. Район досліджень – Кросненська, Дуклянська, Магурська та Поркулецька структурно-фаціальні зони (Зовнішні Карпати), Пенінська зона (Внутрішні Карпати), що є регіональними одиницями-покривами з мінливою конфігурацією та різномасштабною структурною

перебудовою. У рельєфі району виділяються Воловецько-Міжгірська верховина та Полонинський хребет. На півдні району – передгір'я з абсолютними позначками 350–450 м та густою річковою мережею. Між вододілами знаходиться Свалявська улоговина. Найбільша річка – Латориця – права притока р. Тиса – типово гірська швидкоплинна (до 0,9–9,2 м/с), має глибину до 3 м. На полігоні в басейні Латориці протікають річки Пиня та Віча, також швидкоплинні (1 м/с), їхня глибина сягає 1 м.

У межах досліджуваного полігона зафіксовано понад 220 зсувів, 35 з яких виникли або активізувались у 1998 та 2001 рр. унаслідок потужних паводків (рис. 1). Інші зсуви, які утворилися за останні 30 років, на цей час є стабілізованими. Внаслідок зсувів було пошкоджено та частково зруйновано будинки, господарські будівлі, автошляхи, мости, трубопроводи. Найбільші пошкодження будинків та автошляхів спостерігаються біля і в населених пунктах Задільське, Підполоззя, Верхні Ворота, Воловець, Абранка Воловецького району, Солочин, Голубине, Поляна, Родникова Гута – Свалявського району.

За результатами геолого-геоморфологічних досліджень [12, 13] та аналізом водно-гравітаційних явищ встановлено складний взаємозв'язок гідрометеорологічних і геологічних чинників під час формування небезпечних процесів. Для визначення прогнозно-еталонних ознак зсувів, пріоритетності та інформативності факторів їх формування було використано технології геоінформаційних систем, що передбачають створення інформаційної бази концептуальної моделі регіону із сукупністю картографічних шарів і баз атрибутивної інформації, відповідною організацією даних щодо можливих факторів виникнення сучасних екзогенних небезпечних геологічних процесів. Безумовно, сучасні геоінформаційні системи є потужним інструментом для оперативного вирішення складних завдань моніторингу та прогнозу розвитку небезпечних процесів як природного, так і техногенного характеру, а можливість інтеграції ГІС з проблемно-орієнтованими моделювальними системами підвищують їх функціональні можливості [11]. Для побудови концептуальної прогнозно-еталонної моделі використано програмний продукт ArcGIS 9.1 фірми ESRI та його спеціалізовані модулі, перевага яких полягає у добре розвинутому інструментарії створення та обробки растрових і векторних моделей даних, особливо у сфері засобів оверлейного аналізу та математики карт, які й були використані у дослідженнях.

Морфометричні параметри зсувних тіл з характеристиками їх форми, ширини, довжини, об'єму зсувних мас, площі поширення, характеристик зсувних схилів, часу їх виникнення тощо

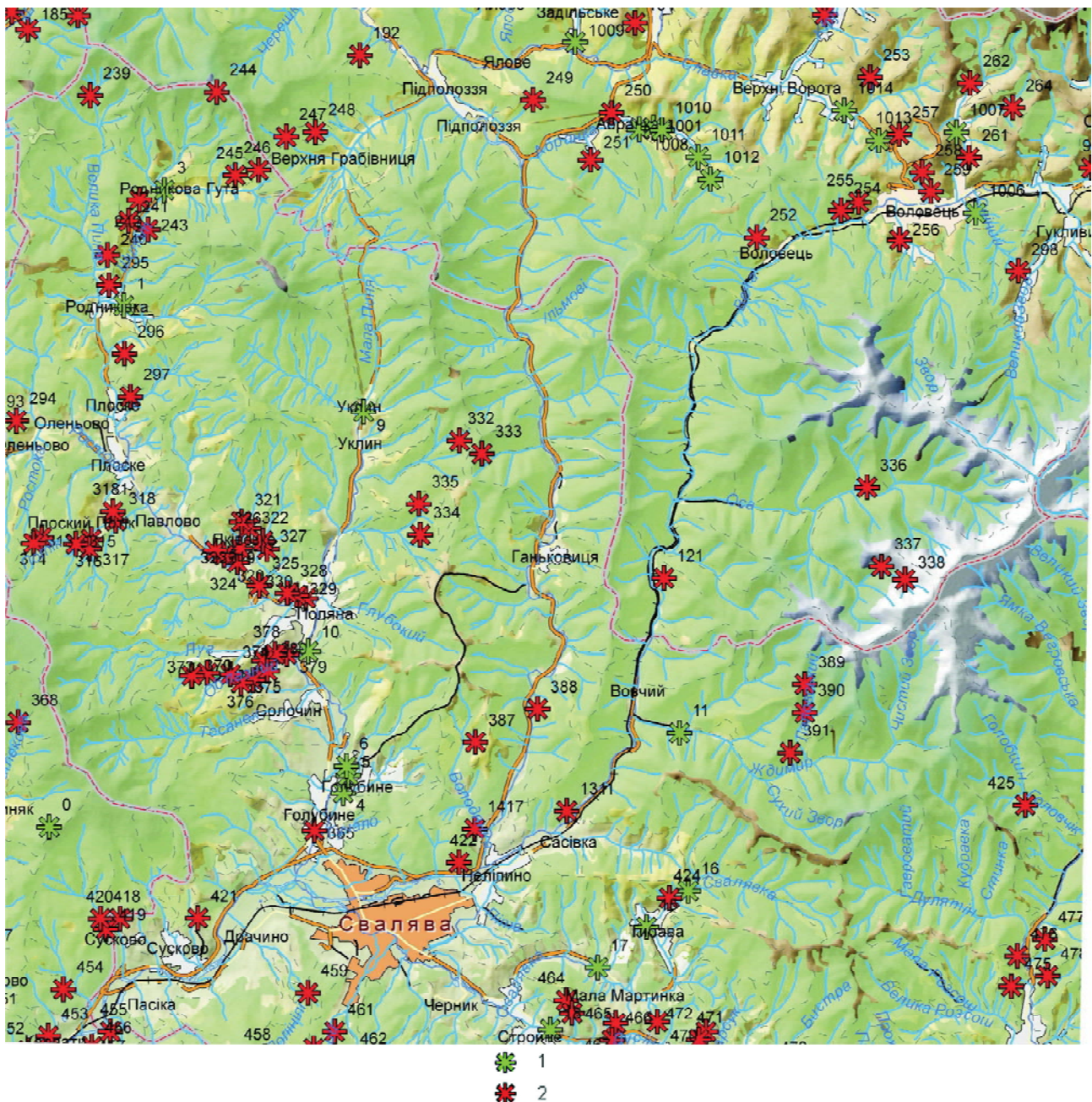


Рис. 1. Поширення зсувів у межах Свалівського та Воловецького районів Закарпатської області. Час формування зсувів: 1 – сучасні; 2 – стабілізовані; цифрами позначені номери зсувів у базі даних

склали основу атрибутивної таблиці даних щодо зсувів на полігоні. Зсуви класифіковано за часом виникнення з виокремленням стабілізованих давніх і сучасних. Таке ранжування виконано на основі аналізу особистих спостережень під час польових досліджень.

Аналіз факторів формування водно-гравітаційних процесів і просторовий прогноз їх виникнення потребували створення реляційної бази геоданих, яка містила поєднану картографічну та атрибутивну інформацію щодо прогнозних ознак виникнення зсувів. Для побудови цієї геобаз даних, що об'єднувала набори класів об'єктів, автономні об'єктні класи, класи просторових об'єктів, класи відношень та атрибутивні домени, використано загальні принципи побудови аналогічних баз [11].

Одним із факторів формування водно-гравітаційних явищ є літолого-стратиграфічна складова породних комплексів. Для просторового аналізу існуючих зсувів здійснено векторизацію великомасштабних геологічних карт досліджуваної території з виділенням просторових об'єктів полігонального типу геометрії, що відображали вікову характеристику породних комплексів та їх літологічний склад. На основі просторового аналізу та зональної статистики засобами спеціалізованого модуля Spatial Analyst визначено приуроченість зсувів до певних літологічних комплексів і певного стратиграфічного підрозділу. Територіально переважна кількість зсувних процесів тяжіє до флішоїдних формацій, представлених перешаруванням аргілітів і мергелів [18], і товщ, складених

здебільшого пісковиками [9]. Велика кількість зсувів виявлена у туфобрекчіях і туфах середнього складу. Більшість зсувів простежуються у відкладах *чорноголовської світи* (K_2-P_2ch), що складена перешаруванням середньо-дрібнозернистих сірих слюнистих вапнистих пісковиків, аргілітів, алевролітів; грубим і середньоритмічним перешаруванням аргілітів темно-сірих, алевролітів, пісковиків з ієрогліфами сірих різнозернистих; пісковиками грубошаруватими середньо-грубозернистими сірими, слюнистими з прошарками дрібнозернистих; товстори́тмічним перешаруванням пісковиків різнозернистих слюнистих (1–4 м) з пакетами (до 2 м) грубого сірого глинисто-піщаного флішу [14, 15]. Зсуви пов'язані також з флішоїдними відкладами дусинської, турицької та малавиженської світ олігоцену.

За оверлейним аналізом ідентифіковано місцеположення зсувів у межах певного полігона зазначених векторних шарів та проведено статистичний обрахунок потрапляння зсувів у конкретний полігон унаслідок об'єднання атрибутивних таблиць зсувів і зазначених шарів. Виконано процедуру ранжування території за кількістю зсувів у межах кожного полігона. Подібну операцію проведено і для аналізу генетичних типів четвертинних відкладів, в яких формувалися зсуви. Встановлено, що переважна частина зсувів приурочена до колювіальних відкладів і давніх пролювіальних утворень. За даними свердловин у межах дослідженого полігона побудовано карту потужностей четвертинних відкладів і визначено просторовий розподіл потужності у межах полігона. Потужність четвертинного покриву становить від 0 до 20 м. Зсуви пов'язані з відкладами потужністю від 8,1 до 12 м.

Для з'ясування впливу структурно-тектонічного фактора на утворення зсувів проведено детальні польові обстеження деструктивних зон та визначено його пріоритетність в активізації водно-гравітаційних явищ [12]. За застосуванням функції відстаней модуля Spatial Analyst підтверджено вагомий роль розломних зон у формуванні зсувів та їх безпосередній зв'язок з тектонічними процесами. Встановлено співвідношення зсувів і зон розломів, доведено їх просторові співвідношення, побудовано карту відстаней положення зсувів відносно розломів різних кінематичних типів і рангів, що характеризує їх просторову близькість (рис. 2). На основі комплексних досліджень доведено, що за певних геолого-тектонічних умов створюються різні ефекти співвідношення річкових долин і тектонічних зон із субпаралельним, ортогональним та діагональним відносним орієнтуванням, що істотно впливає на динамічні умови утворення й морфологію зсувних тіл. У межах різнохарактерних деструктивних зон у зв'язку із літологічними відмінностями та

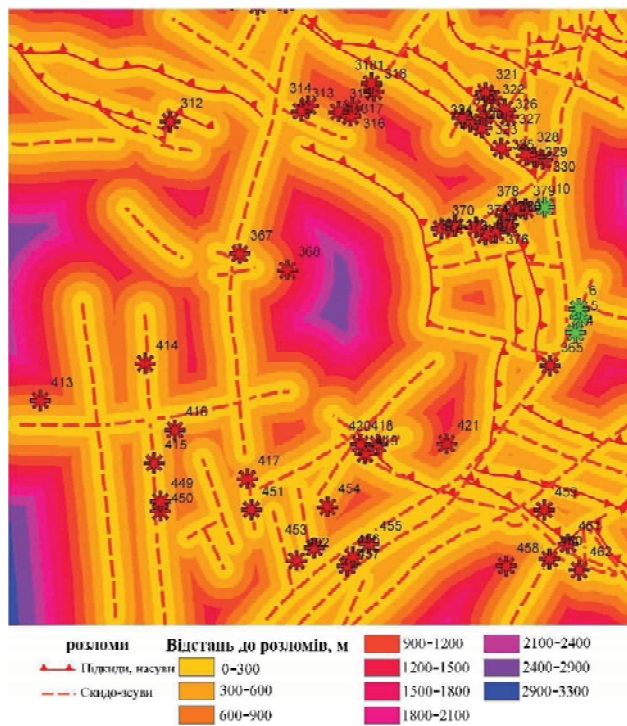


Рис. 2. Карта відстаней між розломними зонами і зсувними тілами. Умовні позначення зсувів див. на рис. 1

особливо різним характером флішоїдних товщ створюються передумови для прояву зсувних явищ. Тектонізовані товщі із переважанням глинистих прошарків здебільшого зазнають процесів порушення динамічної рівноваги у межах схилу і спричинюють розвиток водно-гравітаційних процесів. Тому до загальних класифікаційних схем зсувів, що враховують головні параметри зсувного процесу та особливості механізму зсувоутворення, та до регіональної класифікації зсувів Карпатського регіону [1] слід зарахувати зсуви, приурочені до деструктивних зон (або деструктивно зумовлені зсуви), виникнення яких переважно пов'язане із деструктивними зонами різного орієнтування.

Побудована карта відстаней положення зсувів відносно розломів стала підґрунтям для створення растрової моделі території полігона з ранжуванням зон (рис. 3), де відображено відстані до розломів (виділено відповідно три класи, що характеризують ці відстані).

Відомо, що одним із важливих критеріїв і прогностичних ознак формування зсувів є геоморфологічна будова території. В дослідженому районі вона є типовою для гірських областей із переважанням середньо- та низькогірського ерозійно-тектонічного та денудаційного рельєфу. Характерні значна густина горизонтального розчленування (до 2,5 км/км²), глибина вертикального розчленування (до 120 м) та крутість схилів (до 35–40°), що утворює “енергію” для розвитку різноманітних екзогенних процесів. Головні чинники, що визначають вплив рельєфу на формування водно-гравітаційних явищ, — це абсо-



Рис. 3. Растрова модель класифікації відстаней між розломними зонами і зсувними тілами: 1 – зона максимального віддалення до розломів; 2 – зона середнього наближення до розломів; 3 – зона максимального наближення до розломів. Решту умовних позначень зсувів див. на рис. 1

лютна позначка місцеположення зсувного тіла, крутість схилів та їх експозиція. Для визначення параметрів рельєфу векторизовано великомасштабну топографічну карту дослідженого району та побудовано цифрову модель рельєфу, за представленням 3-вимірних даних (позначок висот) у вузлах нерегулярної трикутної сітки (TIN). Цифрову модель рельєфу використано для побудови карт крутості схилів (рис. 4) та їх експозиції (за

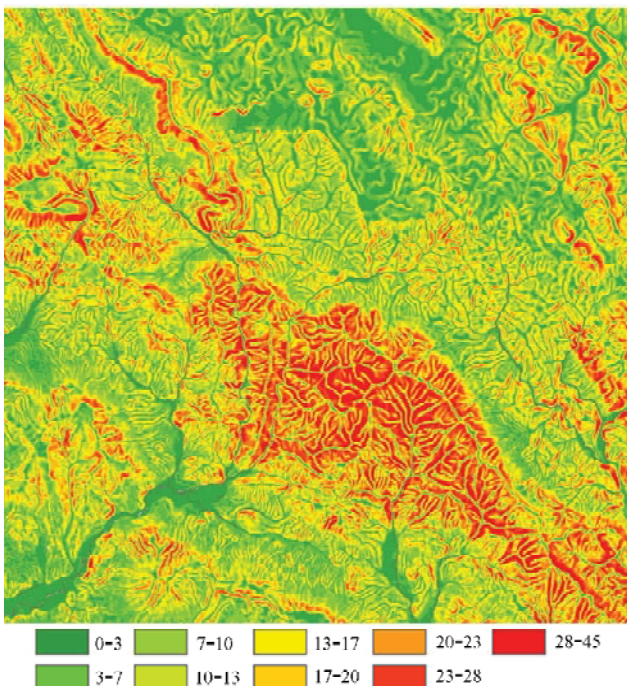


Рис. 4. Карта крутості схилів (град) Свалявського та Воловецького районів Закарпатської області

допомогою спеціалізованого модуля 3D Analyst). Програмні можливості спеціалізованих модулів для визначення нахилів дають змогу порівнювати різницю висот між вершинами кожної грані TIN з відповідними горизонтальними відстанями.

На основі аналізу визначено, що більшість зсувів відбуваються на схилах крутизою 13–20° переважно південної експозиції, що певною мірою пов'язане із характером задернованості та потенційними умовами зсувонебезпеки схилів, не покритих рослинністю.

Значний вплив на активізацію зсувних явищ має гідрометеорологічний чинник, і зокрема, кількість опадів на території потенційного формування зсувних явищ. У поєднанні з іншими чинниками, такими як ступінь вологонасичення порід, швидкість інфільтрації та вищеперелічені геолого-геоморфологічні чинники, гідрометеорологічний чинник є каталізатором для формування зсувних процесів. Для аналізу цього параметра векторизовано карту середньорічної кількості опадів, що становлять від 800 до 1300 мм/рік, та використано дані Гідрометцентру щодо кількості опадів у межах метеорологічних станцій регіону. Інакше кажучи, на основі картографічного моделювання проведено комплексний аналіз чинників формування зсувних процесів. Засобами рекласифікації спеціалізованого модуля Spatial Analyst здійснено ранжування кожного фактора за ступенем впливу на зсувоутворення та придатністю виділених об'єктів відповідно до створеної концепції оцінки території. Кожен об'єкт (зсув) оцінено відносно відповідності до заданих умов.

Підґрунтям є багатовимірна модель, в якій характеристики об'єктів відповідним чином розміщено у різних шарах ГІС.

Для визначення впливу кожного з факторів на формування зсувів виконано розрахунки власних вагових коефіцієнтів (коефіцієнтів інформативності). З цією метою проведено процедуру кластерного та факторного аналізів і використано методику, запропоновану в статті [8], деталі застосування якої наведемо у наступних повідомленнях. Розраховано парні коефіцієнти кореляції між параметрами зсувоутворення. Внесок кожного з розглянутих факторів у процес зсувоутворення наведено нижче (R_i – коефіцієнт ураженості певного об'єкта зсувами):

Параметр	Коефіцієнт інформативності, %
R_i літологічний (1)	12,93
R_i геологічний (2)	8,95
Відстань від тектонічного розлому (3)	12,59
Крутість схилу (4)	10,08

Експозиція схилу (5)	7,66
Абсолютна позначка (6)	12,65
Потужність четвертинних відкладів (7)	11,87
Ri четвертинних відкладів (8)	10,33
Середньорічна кількість опадів (9)	12,93

Всі схарактеризовані фактори скомбіновано для створення загальної інтегральної прогнозної карти, що враховує розглянуті чинники для кожного місця розташування.

Цю операцію виконано засобами растрового аналізу аналітичного модуля Spatial Analyst ArcGIS, що розміщує всі необхідні функції у єдиному вікні растрового калькулятора і дає змогу автоматизувати виконання алгоритму моделі. Класифікація об'єктів кожного шару проведена із створенням однієї шкали для всіх класів (від 1 до 4), що характеризують вплив певного фактора на зсувонебезпеку.

Зауважимо, що призначення вагових коефіцієнтів на етапі виконання аналізу потребувало певних уточнень та корегувань у процесі моделювання. Це продиктовано необхідністю поетапного групування факторів та використання результатів експертної оцінки із урахуванням даних аналітичних та польових спостережень.

Інтегральна карта (рис.5) створена методом математичного накладання, що дає можливість одночасного врахування розглянутих факторів, отримання принципово нової просторової інформації та відповідної реалізації складної моделі

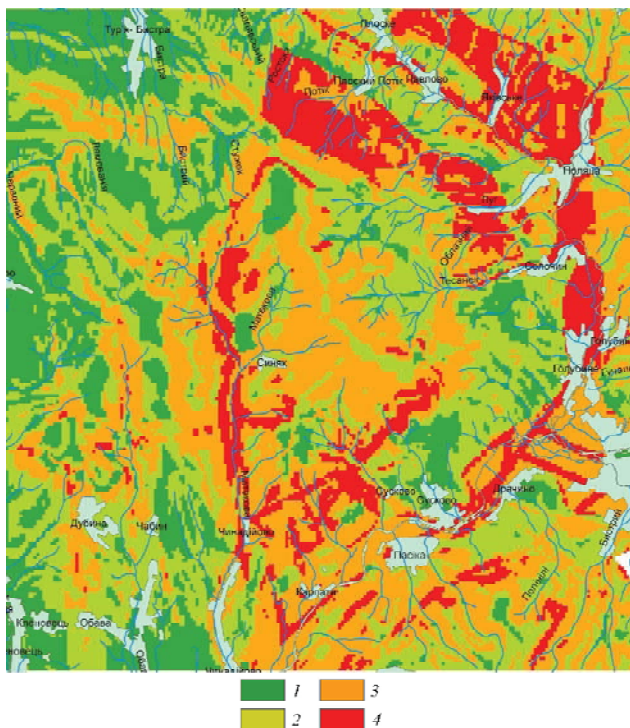


Рис. 5. Прогнозна інтегральна карта зсувонебезпеки полігона: 1 – із низькою ймовірністю формування зсувів, 2 – мінімальної зсувонебезпеки, 3 – із середнім потенціалом виникнення зсувів, 4 – високої зсувонебезпеки

комплексної оцінки зсувонебезпеки району. Безумовно, розвинений інструментарій ГІС щодо аналізу як растрових, так і векторних даних дає змогу широкого використання логічних і математичних функцій картографічної алгебри, із врахуванням вагових коефіцієнтів кожного чинника формування зсувів та можливістю наочного контролю кожного кроку аналітичного процесу. Це підтверджує інформаційні можливості ГІС щодо просторового аналізу виникнення та активізації водно-гравітаційних процесів [10,11].

Отримані результати стосуються загального впливу геолого-геоморфологічних та ландшафтно-кліматичних факторів на формування зсувних явищ. Проведення ж генетичного аналізу зсувів і дослідження їх динаміки та режиму можливі лише за детальних досліджень та виявлення пріоритетності впливу кожного з факторів на процес зсувоутворення. Значення динамічних факторів може кардинально змінювати їх групування та відповідну вагу кожного у процесі формування зсувів.

Слід зазначити, що проведений аналіз факторів зсувоутворення стосується досліджень природних чинників формування водно-гравітаційних явищ. Вплив техногенних чинників, які зазвичай є непередбачуваними і які не можна вважати прогнозно-еталонними критеріями, вносить у загальний процес аналізу змінну складову, врахування якої у кожному конкретному випадку потребує додаткових досліджень та відповідної зміни комплексної моделі зсувонебезпеки.

Висновки. Здійснено інтерпретацію впливу геолого-геоморфологічних та ландшафтно-кліматичних факторів на формування зсувів з використанням ГІС-аналізу та статистичних методів обрахунку. Створено інформаційну базу концептуальної моделі Свалявського та Воловецького районів Закарпатської області із сукупністю картографічних шарів і баз атрибутивної інформації, із відповідною організацією даних щодо чинників виникнення сучасних екзогенних небезпечних геологічних процесів. Моделювання локальних об'єктів виконано за комплексом прогнозних ознак і критеріїв формування зсувів. Створену прогнозну інтегральну модель віднесено до критеріального типу [16], тому що об'єкти моделі визначено за комплексом прогнозних ознак і критеріїв формування зсувів. Досліджений полігон, зважаючи на його складну гетерогенну геологічну будову, є показовим для відпрацювання аналітичних методик аналізу небезпечних геологічних процесів і може бути рекомендованим для постійного моніторингу. Отримані дані на основі ГІС-аналізу використовуватимуть для розробки та тестування розрахунково-аналітичного модулю з оцінки впливу водно-гравітаційних процесів на функціонування природно-техногенних систем.

1. *Адаменко О.М., Рудько Г.И.* Основы экологической геологии (на примере экзогеодинамических процессов Карпатского региона Украины). — Киев, 1995. — 211 с.
2. *Багрій І.Д., Білінов П.В., Гожи́к П.Ф., Кожем'якін В.П.* Активізація небезпечних геологічних явищ у Закарпатті як наслідок екстремальних паводків. — К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2004. — 210 с.
3. *Рудько Г., Кравчук Я.* Інженерно-геологічний аналіз Карпатського регіону України. — Львів, 2002. — 172 с.
4. *Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат / В.Ю. Максимчук, В.Г. Кузнєцова, Т.З. Вербицький та ін.* — К.: Наук. думка, 2005. — 255 с.
5. *Демчишин М.Г., Гинсарь С.А.* Інженерно-геологічне уловия Карпатського участка трассы газопровода Уренгой—Помары—Ужгород // Геол. журн. — 1987. — 47, № 2. — С. 60—67.
6. *Demchyshyn M.G.* The Recent Dynamic of the Mountain Slopes of the Ukrainian Carpathians // Геол. журн. — 1998. — № 1—2. — С. 43—45.
7. *Демчишин М.Г.* Техногенні впливи на геологічне середовище території України. — К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2004. — 156 с.
8. *Кузьменко Е.Д., Крижанівський Є.І., Карпенко О.М., Журавель О.М.* Прогноз розвитку зсувних процесів як фактор забезпечення надійної експлуатації трубопроводів // Розвідка та розробка нафт. і газ. родовищ. — 2005. — № 4 (17). — С. 24—35.
9. *Рязанова Н.И., Лущик А.В.* Развитие оползневых процессов под влиянием техногенных факторов // Экология докільля та безпека життєдіяльності. — 2005. — № 3. — С. 93—101.
10. *Коржнев М.М., Кошляков О.Є., Яковлев Є.О. та ін.* Методичні підходи до створення прогнозних моделей екологічних ситуацій в Україні, пов'язаних з режимом поверхневих і підземних вод, з використанням ГІС і ДЗЗ // Тези доп. III Міжнар. наук. конф. “Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”. — К., 2002. — С. 144—146.
11. *Ищук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Є.* Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навч. посібник / За ред. акад. Д.М. Гродзинського. — К.: Видавн.-полігр. центр “Київ. ун-т”, 2003. — 200 с.
12. *Іванік О.М.* Структурно-тектонічний контроль розвитку водно-гравітаційних процесів у межах Сваяльського та Воловецького районів Закарпатської області // Геол. журн. — 2007. — № 3. — С.81—86.
13. *Іванік О.М., Лісова О.М.* Принципи аналізу водно-гравітаційних процесів та їх впливу на функціонування природно-техногенних систем у межах Закарпатської області // Вісн. Київ. ун-ту. — 2006. — Вип. 38. — С. 22—25.
14. *Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуші М-34-XXIX (Сніна), М-34-XXXV (Ужгород), L-34-V (Сагу-Маре).* - К.: Мін-во екології та природ. ресурсів України; Держ. геол. підприємство “Західукргеологія”, 2003. — 96 с.
15. *Карпатська нафтогазоносна провінція / В.В. Колодій, Г.Ю. Бойко, Л.Е. Бойчевська та ін.* — Львів; К., 2004. — 390 с.
16. *Кирпичева Е.Ю., Кузнецов В.В.* Методика геолого-прогнозного моделювання // Геоінформатика. — 2006. — № 2. — С. 58—61.

Надійшла до редакції 09.09.2008 р.

О.М. Іванік

ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ФОРМУВАННЯ ВОДНО-ГРАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ГІС У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

На основі польових геологічних досліджень, ГІС-аналізу, статистичних методів обрахунку і систематизації фактичного матеріалу по зсувних процесах здійснено інтерпретацію впливу геолого-геоморфологічних та ландшафтно-кліматичних чинників формування зсувів на прикладі модельного полігона в Українських Карпатах. Визначено інформативність чинників зсувоутворення через кількісні характеристики ступеня впливу кожного з них на формування зсувів. Здійснено ранжування кожного фактора та оцінку придатності виділених об'єктів відповідно до створеної концепції оцінки зсувонебезпеки території. На основі картографо-аналітичного моделювання проведено комплексний аналіз чинників формування зсувних процесів. Побудовано прогнозно-етапну модель для виявлення ділянок ймовірного виникнення та потенційної активізації зсувів.

Е.М. Іванік

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНО-ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ГИС В КАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ

На основе полевых геологических исследований, ГИС-анализа, статистических методов расчетов и систематизации фактического материала по оползневых процессам выполнена интерпретация влияния геолого-геоморфологических и ландшафтно-климатических факторов формирования оползней на примере модельного полигона в Украинских Карпатах. Определена информативность факторов оползнеобразования посредством количественных характеристик степени влияния каждого из них на формирование оползней. Проведены ранжирование каждого фактора и оценка пригодности выделенных объектов согласно созданной концепции оценки оползневой опасности территории. На основе картографо-аналитического моделирования выполнен комплексный анализ факторов формирования оползневых процессов. Построена прогнозно-эталонная модель для выявления участков вероятного возникновения и потенциальной активизации оползней.