

Морфометричний аналіз рельєфу Рахівських гір як основа формування екологічної мережі

Мар'яна ТЕСЛОВИЧ^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-9071-7077>

УДК 551.4 : 502.4

Євген ІВАНОВ¹  <https://orcid.org/0000-0001-6847-872X>

ПОШУКОВА СТАТТЯ

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
кафедра конструктивної географії і картографії

Листування – *teslovich_marjana@ukr.net

Ключові слова: Мараморш, Рахівські гори, екологічна мережа, крутизна схилів, експозиція схилів, небезпечні екзогенні процеси.

Анотація: Рахівські гори є частиною Марамороського масиву Карпат у Закарпатській області. Гірський масив відіграє важливе транскордонне значення, оскільки з півдня обмежений українсько-румунським кордоном. Головними напрямками розвитку регіону є лісове господарство і туризм. Зазначені види діяльності сприяють інтенсифікації розвитку небезпечних екзогенних процесів у межах схилових геосистем регіону. Ризик їхнього прояву залежить від морфометричних особливостей рельєфу гірських геосистем.

Проведено морфометричний аналіз рельєфу Рахівських гір та обчислено параметри схилів за групами їхньої крутизни та експозиції. Виокремлено групи схилів за рівнем ризику прояву небезпечних екзогенних процесів та розраховано площі і частки вказаних груп і підгруп схилів. Визначено ступінь захищеності регіону діючими об'єктами природно-заповідного фонду. Створено ГІС-модель оцінки ризику прояву небезпечних екзогенних процесів на схилах Рахівських гір та стану їхньої захищеності. На основі геоданих *Copernicus Global Land Service* обчислено частки типів рослинного покриву в межах зон різних рівнів ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів.

В межах гірського масиву переважають стрімко спадисті, круті і дуже круті схили (76,0%). За експозицією схилів домінують схили північної (18,9%) і південної (15,4%) експозицій. Найвищий і високий ступені ризику прояву схилових процесів властиві для схилів, що знаходяться у водозборах приток річки Тиса (Білий, Великий Потік, Квасний) та у межиріччі річок Тиси і Косівська, що займають 40,0%. Близько 42,6% схилів відзначаються дуже високим і високим рівнем ризику прояву небезпечних екзогенних процесів та залишаються незахищеними. При цьому 78,4% їх вкрито суцільною лісовою рослинністю, яка може зазнавати впливу внаслідок застосування суцільно-лісосічних рубок.

Запропоновано природоохоронні заходи та можливості їхнього інтегрування у систему просторового планування шляхом визначення структурних елементів екологічної мережі.

1. ВСТУП

Рахівські гори – гірський масив в Українських Карпатах, що є північно-західною частиною Марамороського масиву, на півдні Закарпатської області. Гірський масив відіграє важливе

2022, 838; DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2022.838.72-81>

 Open Access. © 2022 М. ТЕСЛОВИЧ, Є. ІВАНОВ,
опубліковано у Чернівецькому національному університеті

Ця робота ліцензується відповідно до

CC BY-NC-ND із Зазначенням Авторства – Некомерційна – Без Похідних 4.0 Міжнародна



трансгосподарне значення, оскільки з півдня обмежений українсько-румунським кордоном. З метою поглиблення міжнародної співпраці розроблено проекти відновлення та розвитку прикордонної інфраструктури, яка у перспективі стане основою для формування українсько-румунського еколого-туристичного вузла (Гамор 2016). Водночас, в межах Рахівських гір активно розвивається лісгосподарська галузь, що сприяє значній інтенсифікації небезпечних екзогенних (зсувних, селевих, ерозійних тощо) процесів у межах схилових геосистем регіону. Ризик їхнього прояву залежить від морфометричних особливостей форм рельєфу, які поряд із біотою виступають об'єктами охорони природно-заповідних установ. На сьогодні існує потреба у виявленні і картуванні геосистем із високим ступенем ризику прояву небезпечних екзогенних процесів, з'ясуванні існуючого природоохоронного статусу та організації постійного моніторингу і захисту від надмірного антропогенного навантаження на гірські геосистеми.

Рахівські гори виступають об'єктом дослідження багатьох науковців, зокрема ботаніків (Козурак, Беркела 2016), лісівників (Кабаль 2016; Кабаль та ін. 2016), мікологів (Акулов 2016; Глеб та ін. 2016) й інших. Цей район окреслено у роботі Кравчука та ін. (2016). Геоморфологічні дослідження як основу для впровадження природоохоронних рішень здійснюють головню у розрізі Карпатського регіону. Стан охорони цінних геоморфологічних об'єктів Карпатського регіону описано у працях Зінька та ін. (2004), Брусак, Бакуна (2011). Науковцями (Брусак та ін. 2009) розглянуто особливості впливу геоморфологічних показників на формування територіальної структури екологічної мережі Українських Карпат. На сьогодні форми рельєфу розглядають як об'єкти охорони у заповідниках та національних природних парках Карпатського регіону (Кравчук, Брусак 2020; Brusak et al. 2022).

Морфометричний аналіз для окремих геоморфологічних та ландшафтних одиниць Українських Карпат здійснювали Микита, Салюк (2015), Карабінюк та ін. (2017). Проте зазначеними авторами не запропоновано конкретних заходів для зниження ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів. Таким заходом, на нашу думку, може бути розбудова екологічної мережі як спосіб інтеграції природоохоронних рішень у систему просторового планування.

Метою дослідження є визначення морфометричних передумов формування екологічної мережі у Рахівських горах. Зокрема, окреслення зон високого рівня ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів, які потребують обмеження антропогенного навантаження, збереження або відновлення природної деревної рослинності, впровадження підходів наближеного до природи ведення лісового господарства тощо.

2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Спираючись на дослідження науковців (Кравчук та ін. 2016), встановлено межі району Рахівських гір Марамороського масиву. Складено цифрову модель рельєфу та проведено морфометричний аналіз на основі просторових даних *SRTM* (*N47E024*, *N48E024*) із використанням ГІС-програмного забезпечення *QGIS 3.16.8*. Укладено картосхеми крутизни та експозиції схилів та обчислено відповідні частки схилів за групами.

На основі виявлених залежностей схилових процесів від їхньої крутизни та експозиції (Косик, Кравчук 2010; Світличний, Чорний 2007) здійснено просторовий аналіз досліджуваної регіону із виділенням груп схилів за різним рівнем потенційного ризику прояву небезпечних екзогенних процесів. До групи із дуже високим ризиком віднесені схили крутизною понад 17° (17–25°, понад 25°) південної і західної експозицій; до групи із високим ризиком – схили крутизною понад 17° північної і східної експозицій; до групи із вищим за середній ризиком – схили від 8° до 17° (8–12°, 12–17°) південної і західної експозицій, середнім ризиком – схили від 8° до 17° північної і східної експозицій; до групи із нижчим за середній ризиком – схили від 3° до 8° (3–5°, 5–8°) південної і західної експозицій, низьким ризиком – схили від 3° до 8° північної і східної експозицій. Похилі ділянки із крутістю до 3°, які відповідають плоским привододільним поверхням хребтів і заплавам, виділено в окрему групу та не оцінювались.

На основі детальних планів лісонасаджень, великомасштабних схем об'єктів природно-заповідного фонду, даних публічної кадастрової карти виявлено та нанесено існуючі об'єкти природно-заповідного фонду у районі дослідження. З ресурсу *Emerald Network Viewer* завантажено шари у форматі *GeoJSON* із сайтами Смарагдової мережі.

Вказані групи і підгрупи схилів разом із результатами опрацювання перерахованих вище матеріалів представлені у ГІС моделі «Ризик прояву небезпечних екзогенних процесів на схилах Рахівських гір та стан їхньої захищеності». Обчислено площі і відповідні частки вказаних груп і підгруп схилів.

На основі даних *Copernicus Global Land Service* (Buchhorn et al. 2020) обчислено частки різних типів рослинного покриву в межах зон ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів. Запропоновано природоохоронні заходи та можливості їх інтегрування у систему просторового планування шляхом визначення структурних елементів екологічної мережі.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Рахівські гори є північно-західною частиною Мармароського масиву і розташовані на півдні Рахівського району Закарпатської області. Максимальні абсолютні висоти Рахівських гір приурочені до хребта Піп Іван (г. Піп-Іван Мармароський, 1938 м). На його північно-східному схилі розвинені форми льодовикового генезису, що зумовлює альпінотипний характер рельєфу (Кравчук та ін. 2016) (рис. 1).

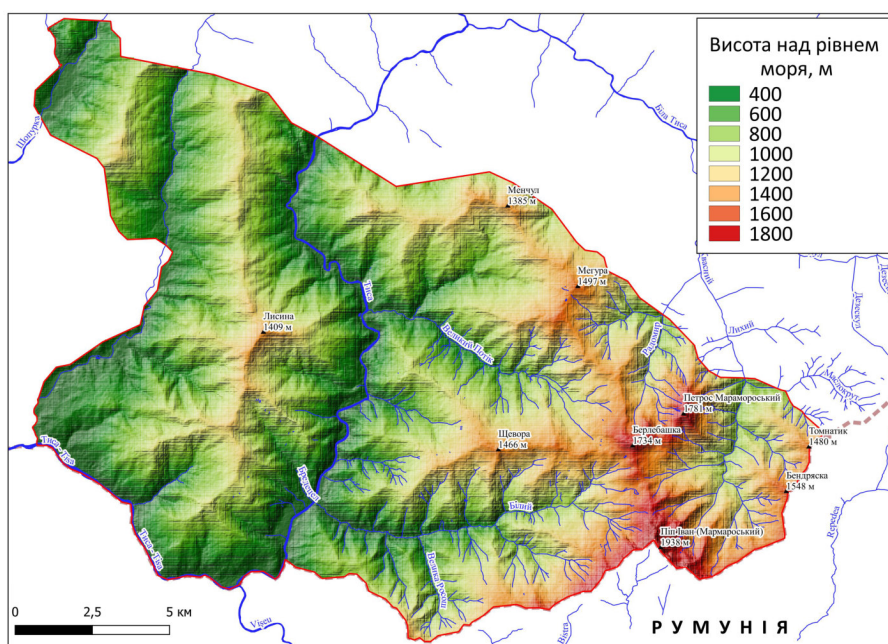


Рис. 1. Гіпсометрична карта території Рахівських гір

Із структурно-тектонічними і геолого-геоморфологічними особливостями досліджуваної території тісно пов'язані її морфометричні характеристики. Аналіз картографічної моделі показує, що похилі ділянки з крутістю до 3° займають 2,38% від площі усієї території. Вони відповідають плоским привододільним поверхням хребтів, для яких властиві передусім денудаційні процеси, а також поверхням річкових долин, для яких характерний певний ряд флювіальних процесів. Слабоспадисті схили з нахилом 3–5° розміщені здебільшого у західній частині району на висотах нижче 600 м і займають 2,81% району. За умови інтенсивного господарського використання, тут поширені процеси площинної ерозії. Спадисті 5–8° (7,75%) та стрімко спадисті 8–12° (17,16%) схили трапляються по всій території регіону. Тут можуть розвиватися процеси як площинного

змиву, так і лінійної ерозії. Круті ($12-17^\circ$) та дуже круті (17° і більше) схили займають 42,35%. Вони представлені схилами водозборів приток річки Тиса (Білий, Великий Потік, Квасний), схилами хребта у межиріччі Тиси та її притоки р. Косівська. У цій зоні, окрім інтенсивної площинної і лінійної ерозії, проявляються гравітаційні процеси (рис. 2).

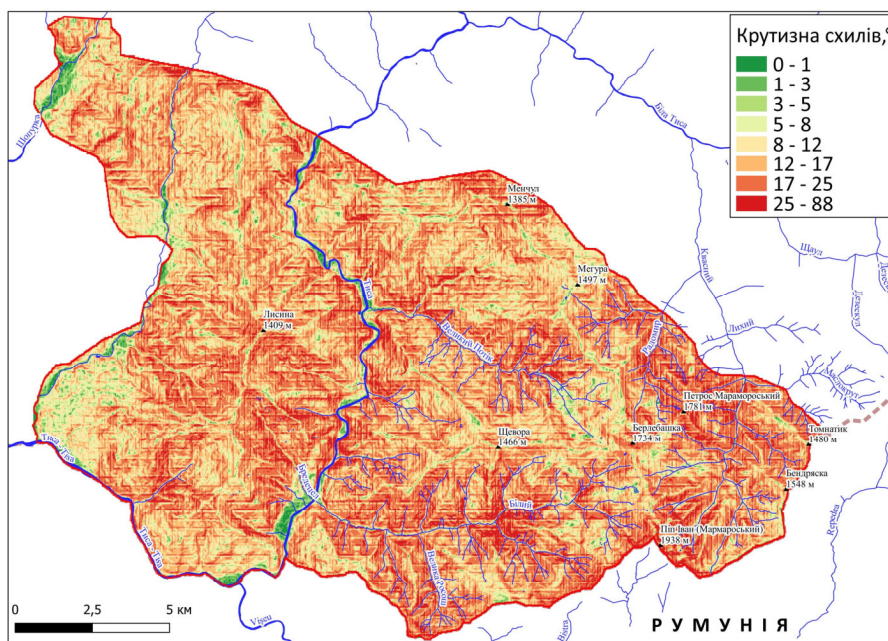


Рис. 2. Крутизна схилів в межах Рахівських гір

Поширення практик суцільних рубок, трелювання деревини, рух лісозаготівельного транспорту та активний джипінг по гірських дорогах зумовлюють інтенсифікацію площинного змиву та лінійної ерозії, особливо на стрімко спадиистих, крутих та дуже крутих схилах (рис. 3). Розвиток цих процесів суттєво уповільнює відновлення порушених екосистем.

Щодо експозиції схилів у Рахівських горах, то тут домінують схили північної (18,85%) і південної (15,41%) експозицій (рис. 4). Для схилів південних (38,31%) і західної (11,76%) експозицій характерні процеси інтенсифікації площинного змиву талими водами у весняний період.

Побудова картографічної моделі «Ризик прояву небезпечних екзогенних процесів на схилах Рахівських гір та стан їхньої захищеності» вказує на те, що група схилів із дуже високим і високим ризиком розвитку небезпечних екзогенних процесів охоплює водозбори приток річки Тиса (Білий, Великий Потік, Квасний), схили хребта у межиріччі Тиси та її притоки р. Косівська. Ці схили займають 40,02% від території району (табл). З них 57,40% знаходяться під охороною об'єктів природно-заповідного фонду. Щодо характеру рослинного покриву, то згідно з геоданими Copernicus Global Land Service 78,35% схилів із дуже високим та високим рівнями ризику вкрито суцільною деревною рослинністю. Серед лісових угідь переважають широколистяні (34,08%) і мішані (30,86%) ліси. Хвойні ліси займають 13,42%. Близько 17,77% схилів зайнято рідколіссям, 2,60% – трав'яною рослинністю, 0,72% схилів розорані, а 0,56% – забудовані.

Схили із вищим за середній і середнім рівнем потенційного ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів займають 43,63% району дослідження (табл). З них 46,43% знаходяться під охороною об'єктів природно-заповідного фонду. Щодо характеру рослинного покриву, то 59,79% схилів із вищим за середній і середнім рівнями ризику вкрито суцільною деревною рослинністю. Серед лісових угідь переважають мішані (24,52%) і широколистяні (18,29%) ліси. Хвойні ліси займають 12,90%. Близько 34,85% схилів зайнято рідколіссям, 2,45% – трав'яною рослинністю, 1,45% схилів розорані, а 0,95% – забудовані.

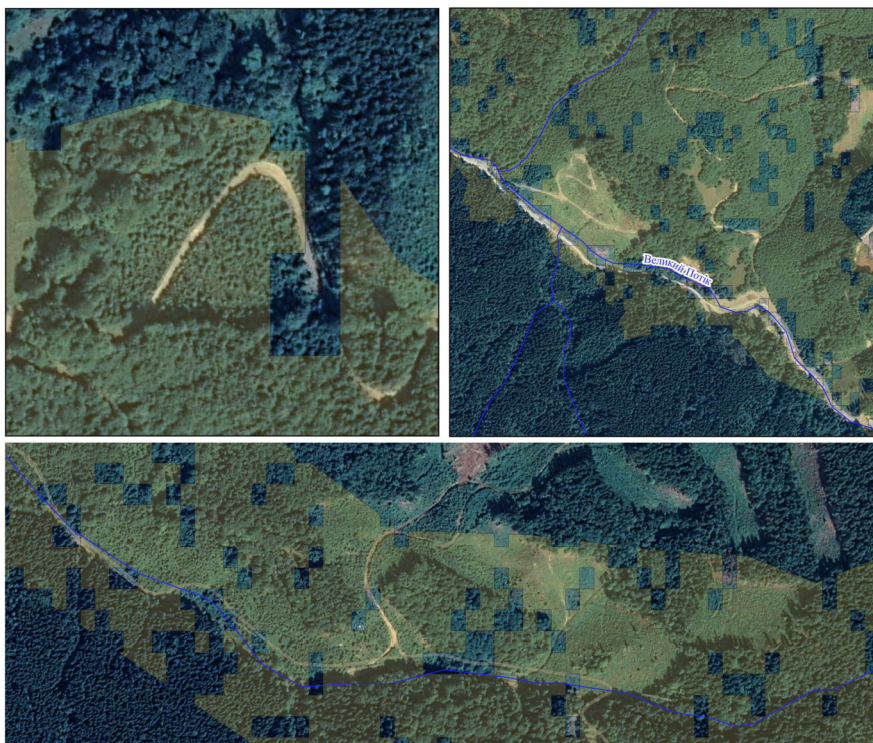


Рис. 3. Розвиток ерозійних процесів на схилах Рахівських гір

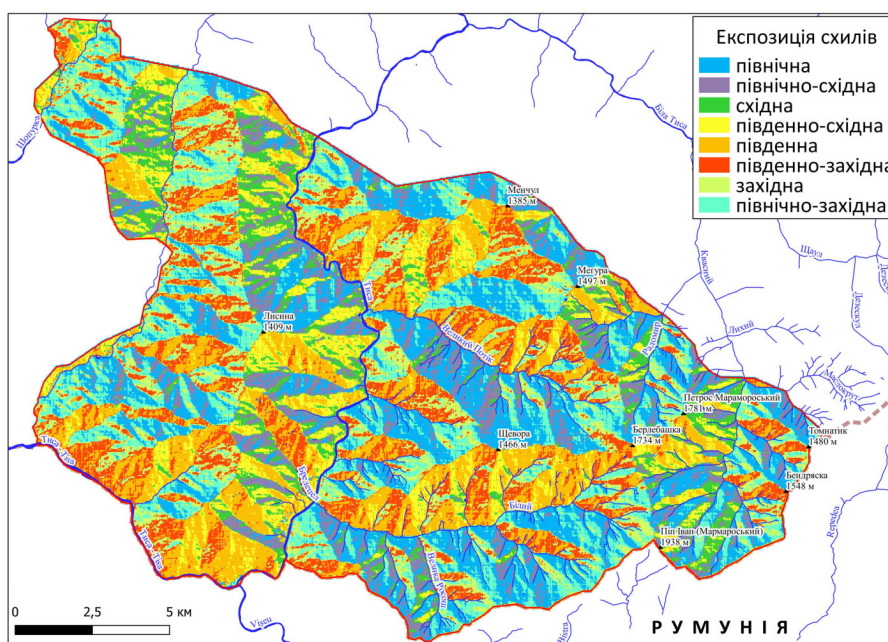


Рис. 4. Експозиція схилів в межах Рахівських гір

Схили із нижчим за середній і низьким рівнем потенційного ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів займають лише 11,63% району дослідження.

Загалом, у межах Рахівських гір створено 22 об'єкти природно-заповідного фонду (рис. 5). Серед них найбільшим є Карпатський біосферний заповідник, а саме його Кузійський і Марамороський масиви. Згідно зі Схемою екологічної мережі Закарпатської області (Турис та ін. 2015) ця природоохоронна установа у регіоні виступає ключовою територією.

Таблиця. Розподіл територій за імовірним ризиком прояву схилових процесів

Експозиція	Пд	ПдЗх	ПдСх	Зх	Разом	Пн	ПнЗх	ПнСх	Сх	Разом
ПРНЕМ*	Дуже високий рівень					Високий рівень				
Крутизна	Частка схилів, у відсотках									
понад 25°	1,83	1,02	1,10	1,04	4,99	2,15	0,94	1,16	1,02	5,27
17–25°	4,57	3,63	3,10	3,24	14,54	5,85	3,74	3,11	2,52	15,22
Разом	6,41	4,64	4,20	4,28	19,53	7,99	4,68	4,28	3,54	20,49
ПРНЕМ*	Вище середнього рівень				Разом	Середній рівень				Разом
12–17°	3,92	3,88	2,39	3,31	13,51	4,76	4,13	2,45	1,83	13,18
8–12°	2,31	2,66	1,49	2,22	8,68	2,86	3,01	1,39	1,01	8,27
Разом	6,23	6,54	3,89	5,53	22,19	7,62	7,14	3,84	2,84	21,44
ПРНЕМ*	Нижче середнього рівень				Разом	Низький рівень				Разом
5–8°	1,03	1,15	0,67	1,02	3,87	1,34	1,45	0,63	0,46	3,88
3–5°	0,41	0,40	0,26	1,45	2,52	0,47	0,49	0,22	0,18	1,37
Разом	1,44	1,55	0,92	2,47	6,39	1,81	1,94	0,85	0,64	5,25

*Потенційний ризик небезпечних екзогенних процесів

Окрім Карпатського біосферного заповідника, у районі дослідження є два заказники, 19 пам'яток природи. Слід зазначити, що заповідник є також сайтом Смарагдової мережі України. А між Кузійським і Марамороським масивами обґрунтовано і затверджено Постійним комітетом Бернської конвенції сайт Марамороські і Чорногірсько-Гринявські гори. Проте через відсутність чіткого визначення у правовому полі України ускладнене їхнє повноцінне функціонування. На нашу думку, розширення Карпатського біосферного заповідника за рахунок лісів, які виконують протиерозійні і ґрунтозахисті функції сприятиме налагодженню природоохоронного менеджменту у районі дослідження. У перспективі ці території можуть стати частиною українсько-румунського транскордонного біосферного резервату ЮНЕСКО у Марамороських горах.

До відновлюваних територій слід також віднести зони із дуже високим і високим рівнем потенційного ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів, де порушено цілісність ґрунтово-рослинного покриву (за винятком головних лісових доріг, призначених для руху лісогосподарського транспорту). Лісові екосистеми на схилах, які характеризуються нижчими рівнями потенційного ризику розвитку небезпечних екзогенних процесів можуть належати до буферних територій екомережі. При цьому вони потребують впровадження наближених до довкілля підходів ведення лісового господарства. Серед таких підходів особливо варто відзначити обмеження суцільно-лісосічних рубок і трелювання деревини наземним способом.

Варто зазначити, що розробниками схеми екологічної мережі Закарпатської області (Турис та ін. 2015) окреслено Тисянський екологічний коридор, який сполучає масиви Карпатського біосферного заповідника вздовж долини р. Тиса, включаючи прикордонні території до смт. Буштино, далі урочище Чорна гора заповідника, масиви РЛП «Притисянський» до Угорського кордону, через який сполучається з екомережею Угорщини. Це повинно бути враховано під час реалізації проектів відновлення і розвитку прикордонної інфраструктури, що у перспективі сприятиме формуванню українсько-румунського еколого-туристичного вузла. Зокрема, передбачено відновлення зруйнованого автомобільного переходу через р. Тиса на українсько-румунському державному кордоні у селі Діловому Рахівського р-ну Закарпатської обл.; реконструкція залізниці на ділянці Рахів – Валя Вишеулуй (Румунія) на європейську вузьку колію, яка тут діяла до Другої світової війни та відновлення руху пасажирських потягів через Рахів до Румунії, Будапешта і Праги. Оскільки реалізація цих проектів передбачає інтенсифікацію розвитку місцевої туристичної інфраструктури, повинні впроваджуватись превентивні заходи, які забезпечать стійкість екосистем. Такими заходами є промарковані туристичні стежки, обмеження джипінгу крутими схилами, облаштування зон для кемпінгів тощо. Важливим є також врахування у

проектах зелених переходів (екодуків) через транспортну інфраструктуру, які сприятимуть цілісності місцевої екомережі і зв'язності між масивами Карпатського біосферного заповідника.

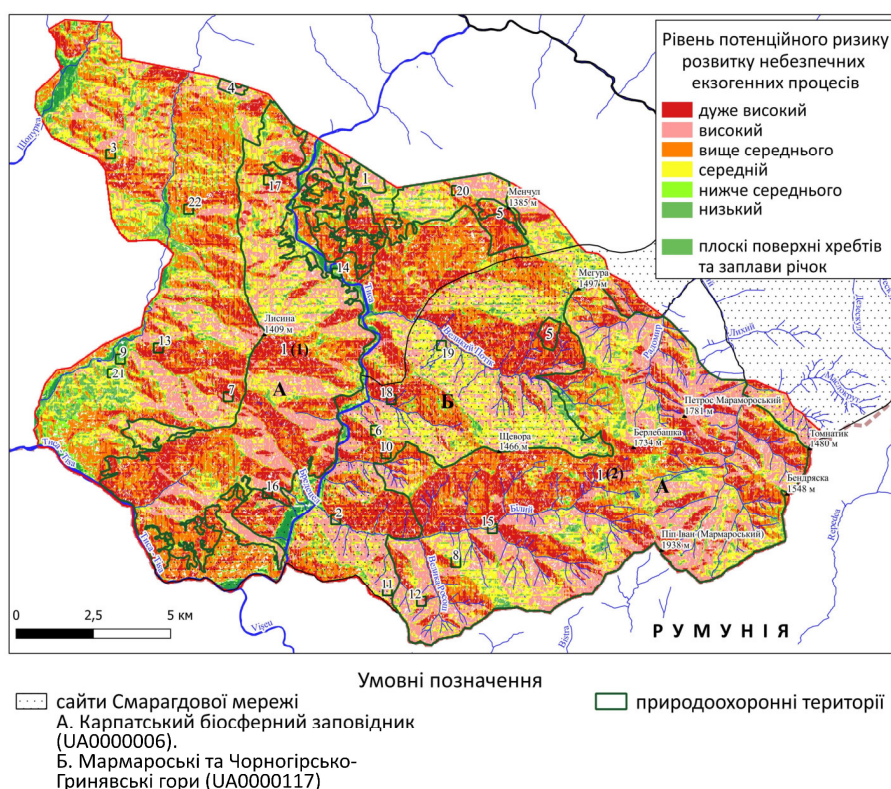


Рис. 5. Ризик прояву небезпечних екзогенних процесів на схилах Рахівських гір

Об'єкти природно-заповідного фонду: 1. Карпатський біосферний заповідник: 1.1. Кузійський масив, 1.2. Марамороський масив. *Заказники*: 2. Веймута сосна (лісовий), 3. Арніка (ботанічний). *Пам'ятки природи*: 4. Праліс і квазіпраліси Косівсько-Полянського лісництва, 5. Квазіпраліси Костилівського лісництва, 6. Квазіпраліси Діловецького лісництва, 7. Квазіпраліси Лужанського лісництва (пралісові); 8. Кедр європейський, 9. Секвоя, 10. Сосна гірська жереп, 11. Тис ягідний, 12. Урочище Довгий потік (загальнодержавного значення), 13. Церцис європейський (ботанічний); 14. Скеля-стрімчак, 15. Скеля-стрімчак над Білим Потокком (геологічні); 16–22. Гідрогеологічні пам'ятки природи, представлені гідрогеологічними свердловинами.

4. ВИСНОВКИ

1. Аналіз створених морфометричних параметрів показав, що в межах Рахівських гір переважають стрімко спадисті, круті і дуже круті схили (76,0%). Щодо експозиції схилів, то тут домінують схили північної (18,9%) і південної (15,4%) експозицій.

2. Найвищий і високий ступені ризику прояву схлизових процесів властиві для схилів, що знаходяться у водозборах приток річки Тиса (Білий, Великий Потік, Квасний) та у межиріччі Тиси та її притоки р. Косівська, що займають 40,0%. Частина із них припадає на території Карпатського біосферного заповідника, заказників і пам'яток природи, де завдяки заповідному режиму обмежено антропогенну діяльність. Чимало схилів (42,6%), які визначені нами як такі, що відзначаються дуже високим і високим рівнем ризику прояву небезпечних екзогенних процесів, залишаються незахищеними. При цьому 78,4% їх вкрито суцільною лісовою рослинністю, яка може зазнавати впливу внаслідок застосування суцільно-лісосічних рубок.

3. Схожа ситуація властива для схилів, які віднесені до вищого за середній і середнього рівнів потенційного розвитку небезпечних екзогенних процесів (43,6% від загальної площі району дослідження). Майже 53,6 % цих схилів не охоплені природоохоронними територіями. При цьому частка суцільного лісового покриву в їх межах становить лише 59,8%.

4. Важливими заходами для забезпечення стійкості схилових геосистем Рахівських гір є розширення Кузійського і Марамороського масивів Карпатського біосферного заповідника за рахунок включення лісів, що виконують ґрунтозахисні і протиерозійні функції. Це суттєво сприятиме налагодженню природоохоронного менеджменту у районі дослідження, а у перспективі ці території можуть стати частиною українсько-румунського транскордонного біосферного резервату ЮНЕСКО у Марамороських горах.

5. Необхідно забезпечити умови для відновлення природних геосистем, особливо лісів на дуже крутих і крутих схилах. Лісові геосистеми за межами природоохоронних територій потребують впровадження наближених до довкілля підходів ведення лісового господарства. Серед них варто відзначити обмеження суцільно-лісосічних рубок і трелювання деревини. Розвиток туристичної інфраструктури регіону повинен відбуватися із врахуванням потреб збереження цілісності локальної екологічної мережі Рахівських гір.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Акулов, О.Ю.** (2016). Нові відомості про гриби Мармароського масиву Карпатського біосферного заповідника. *Екологічні, соціально-економічні та історико-культурні аспекти розвитку прикордонних територій Мараморощини* : матер. міжнарод. наук.-практ. конф. Хмельницький, 5-12. [Akulov, O.Iu. (2016). Novi vidomosti pro hryby Marmaroskoho masyvu Karpatskoho biosferneho zapovidnyka. *Ekolohichni, sotsialno-ekonomichni ta istoryko-kulturni aspekty rozvytku prykordonnykh terytorii Maramoroshchyny*: mater. mizhnarod. nauk.-prakt. konf. Khmelnytskyi, 5-12.]
2. **Брусак, В., Бакун, В.** (2011). Методичні аспекти класифікації і паспортизації геолого-геоморфологічних пам'яток природи. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр.*, 39, 44-51. [Brusak, V., Bakun, V. (2011). Metodychni aspekty klasyfikatsii i pasportyzatsii heoloho-heomorpholohichnykh pamiatok pryrody. *Visn. Lviv. un-tu. Ser. heohr.*, 39, 44-51.]
3. **Брусак, В., Зінко, Ю., Кравчук, Я., & Кричевська, Д.** (2009). Геоморфологічні передумови формування екологічної мережі Українських Карпат. *Фізична географія та геоморфологія*, 55, 112-123. [Brusak, V., Zinko, Yu., Kravchuk, Ya., & Krychevska, D. (2009). Heomorpholohichni peredumovy formuvannia ekolohichnoi merezhi Ukrainykykh Karpat. *Fizychna heohrafiia ta heomorpholohiia*, 55, 112-123.]
4. **Гамор, Ф.Д.** (2016). Про деякі аспекти розвитку туризму та поглиблення співпраці між українськими територіальними громадами, які розташовані по обидва боки українсько-румунського кордону на Мараморощині. *Екологічні, соціально-економічні та історико-культурні аспекти розвитку прикордонних територій Мараморощини* : матер. міжнарод. наук.-практ. конф. Хмельницький, 76-82. [Hamor, F.D. (2016). Pro deiaki aspekty rozvytku turyzmu ta pohlyblennia spivpratsi mizh ukrainskymy terytorialnymy hromadamy, yaki roztashovani po obydvya boky ukrainsko-rumunskoho kordonu na Maramoroshchyni. *Ekolohichni, sotsialno-ekonomichni ta istoryko-kulturni aspekty rozvytku prykordonnykh terytorii Maramoroshchyny*: mater. mizhnarod. nauk.-prakt. konf. Khmelnytskyi, 76-82.]
5. **Глеб, Р.Ю., Капець, Н.В., & Зикова, М.О.** (2016). Рідкісні гриби Марамороського масиву Карпатського біосферного заповідника. *Екологічні, соціально-економічні та історико-культурні аспекти розвитку прикордонних територій Мараморощини* : матер. міжнарод. наук.-практ. конф. Хмельницький, 94-97. [Hleb, R.Iu., Kapets, N.V., & Zyкова, M.O. (2016). Ridkisni hryby Marmaroskoho masyvu Karpatskoho biosferneho zapovidnyka. *Ekolohichni, sotsialno-ekonomichni ta istoryko-kulturni aspekty rozvytku prykordonnykh terytorii Maramoroshchyny*: mater. mizhnarod. nauk.-prakt. konf. Khmelnytskyi, 94-97.]
6. **Зінко, Ю., Брусак, В., Гнатюк, Р., & Кобзяк, Р.** (2004). Заповідні геоморфологічні об'єкти Українських Карпат: структура, особливості поширення та використання. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій* : матер. міжнарод. семінару, 260-281. [Zinko, Yu., Brusak, V., Hnatiuk, R., & Kobziak, R. (2004). Zapovidni heomorpholohichni obiekty Ukrainykykh Karpat: struktura, osoblyvosti poshyrennia ta vykorystannia. *Problemy heomorpholohii i paleoheohrafiyi Ukrainykykh Karpat i pryehlykh terytorii*: mater. mizhnarod. seminaru, 260-281.]
7. **Кабаль, М.В.** (2016). Санітарний стан приполонинних ялиників Марамороського масиву Карпатського біосферного заповідника. *Екологічні, соціально-економічні та історико-культурні аспекти розвитку прикордонних територій Мараморощини* : матер. міжнарод. наук.-практ. конф. Хмельницький, 147-152. [Kabal, M.V. (2016). [Sanitarnyi stan prypolonyynykh yalynykyv Marmaroskoho masyvu Karpatskoho biosferneho zapovidnyka. *Ekolohichni, sotsialno-ekonomichni ta istoryko-kulturni aspekty rozvytku prykordonnykh terytorii Maramoroshchyny*: mater. mizhnarod. nauk.-prakt. konf. Khmelnytskyi, 147-152.]
8. **Кабаль, М.В., Норенко, К.М., & Тестов, П.С.** (2016). Проблемні питання функціонування гірськолісових об'єктів природно-заповідного фонду та можливі шляхи їх вирішення. *Екологічні, соціально-економічні та історико-культурні аспекти розвитку прикордонних територій Мараморощини* : матер.

- міжнарод. наук.-практ. конф. Хмельницький, 153-158. [Kabal, M.V., Norenko, K.M., & Tiestov, P.S. (2016). Problemni pytannia funktsionuvannia hirskolisovykh ob'ektiv pryrodno-zapovidnoho fondu ta mozhlyvi shliakhy yikh vyrishennia. *Ekolohichni, sotsialno-ekonomichni ta istoryko-kulturni aspekty rozvytku prykordonnykh terytorii Maramoroshchyny*: mater. mizhnarod. nauk.-prakt. konf. Khmelnytskyi, 153-158.]
9. **Карабінюк, М., Калинич, І., & Пересоляк, В.** (2017). Морфометричні особливості рельєфу ландшафтів Чорногора і Свидовець в межах Закарпатської області. *Наук. зап. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер.: географія*, 2, 10-19. [Karabiniuk, M., Kalynych, I., & Peresoliak, V. (2017). Morfometrychni osoblyvosti reliefu landshaftiv Chornohora i Svydovets v mezhakh Zakarpatskoi oblasti. *Nauk. zap. TNPU im. V. Hnatiuka. Ser.: heohrafiia*, 2, 10-19.]
 10. **Козурак, А.В., Беркела, Ю.Ю.** (2016). Поширення рідкісних видів флори у Кісвлянському природоохоронному науково-дослідному відділенні Карпатського біосферного заповідника. *Екологічні, соціально-економічні та історико-культурні аспекти розвитку прикордонних територій Мамарошчини* : матер. міжнарод. наук.-практ. конф. Хмельницький, 159-163. [Kozurak, A.V., Berkela, Yu.Iu. (2016). Poshyrennia ridkisnykh vydiv flory u Kisvianskomu pryrodookhoronnomu naukovodoslidnomu viddilenni Karpatskoho biosferneho zapovidnyka. *Ekolohichni, sotsialno-ekonomichni ta istoryko-kulturni aspekty rozvytku prykordonnykh terytorii Maramoroshchyny*: mater. mizhnarod. nauk.-prakt. konf. Khmelnytskyi, 159-163.]
 11. **Косик, Л.Б., Кравчук, Я.С.** (2010). Вплив морфометричних показників на характер поширення та інтенсивність площинного змиву в Українському Розточчі. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20.16, 57-62. [Kosyk, L.B., Kravchuk, Ya.S. (2010). Vplyv morfometrychnykh pokaznykiv na kharakter poshyrennia ta intensyvnist ploschynnoho zmyvu v Ukrainському Roztochchi. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 20.16, 57-62.]
 12. **Кравчук, Я.С., Брусак, В.П.** (2020). Геолого-геоморфологічний аналіз національних природних парків північно-західної частини Українських Карпат. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*, 1(11), 184-207. [Kravchuk, Ya.S., Brusak, V.P. (2020). Neolohoheomorphologichnyi analiz natsionalnykh pryrodnykh parkiv pivnichno-zakhidnoi chastyny Ukrainykh Karp. *Problemy heomorphologii i paleoheohrafiyi Ukrainykh Karp. i prylehlykh terytorii*, 1(11), 184-207.]
 13. **Кравчук, Я., Іваник, М., & Гнатюк, Р.** (2016). Рельєф української частини Мармароського геоморфологічного регіону Східних Карпат. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*, 1, 51-63. [Kravchuk, Ya., Ivanyk, M., & Hnatiuk, R. (2016). Relief ukrainskoi chastyny Marmaroskoho heomorphologichnoho rehionu Skhidnykh Karp. *Problemy heomorphologii i paleoheohrafiyi Ukrainykh Karp. i prylehlykh terytorii*, 1, 51-63.]
 14. **Микита, М.М., Салюк, М.Р.** (2015). Морфометричне оцінювання рельєфу південно-східної частини вулканічних гір Закарпаття. *Фізична географія та геоморфологія*, 2(78), 29-34. [Mykyta, M.M., Saliuk, M.R. (2015). Morfometrychne otsiniuvannia reliefu pivdenno-skhidnoi chastyny vulkanichnykh hir Zakarpattia. *Fizychna heohrafiia ta heomorphologia*, 2(78), 29-34.]
 15. **Світличний, О.О., Чорний, С.Г.** (2007). Основи ерозієзнавства : підручник. Суми : ВТД «Університетська книга». [Svitlychnyi, O.O., Chornyi, S.H. (2007). Osnovy eroziieznavstva: pidruchnyk. Sumy: VTD «Universytetska knyha».]
 16. **Турис, Е.В., Дробнич, В.Г., Мигаль, А.В., Кічура, В.П., & Поляновський, А.О.** (2015). До питання формування структури регіональної екологічної мережі Закарпатської області. *Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. Біол.*, 36, 47-51. [Turys, E.V., Drobnych, V.H., Myhal, A.V., Kichura, V.P., & Polianovskiy, A.O. (2015). Do pytannia formuvannia struktury rehionalnoi ekolohichnoi merezhi Zakarpatskoi oblasti. *Nauk. visn. Uzhhorod. un-tu. Ser. Biol.*, 36, 47-51.]
 17. **Brusak, V.P., Kravchuk, Ya.S., Brusak, I.V., & Krychevska, D.A.** (2022). State and prospects of relief protection in nature reserves and national nature parks of the Ukrainian Carpathians. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 31(1), 10-21.
 18. **Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., Lesiv, M., Tsendbazar, N.-E., Herold, M., & Fritz, S.** (2020). Copernicus Global Land Service: Land Cover 100 m: collection 3: epoch 2019: Globe. [Джерело](#)

M. Teslovych, Ye. Ivanov

Morphometric analysis of the relief of the Rakhiv Mountains as a basis for the formation of an ecological network

Keywords: Maramorosh, Rakhiv Mountains, ecological network, steepness of slopes, exposure of slopes, dangerous exogenous processes.

Abstract: The Rakhiv Mountains are part of the Maramoros massif of the Carpathians in the Transcarpathian region. The mountain massif plays an important cross-border

role, as it is limited to the south by the Ukrainian-Romanian border. The main areas of development of the region are forestry and tourism. The specified types of activities contribute to the intensification of the development of dangerous exogenous processes within the slope geosystems of the region. The risk of their manifestation depends on the morphometric features of the relief of mountain geosystems.

A morphometric analysis of the relief forms of the Rakhiv Mountains was carried out and slope parameters were calculated by groups of their steepness and exposure. Groups of slopes were distinguished according to the level of potential risk of dangerous exogenous processes, and the areas and shares of the indicated groups and subgroups of slopes were calculated. The degree of protection of the region by the existing objects of the nature reserve fund was determined. A GIS model was created to assess the risk of the manifestation of dangerous exogenous processes on the slopes of the Rakhiv mountains and the state of their protection. On the basis of the *Copernicus Global Land Service* geodata, the shares of vegetation cover types within the zones of different levels of risk of the development of dangerous exogenous processes were calculated.

Steep and very steep slopes predominate within the mountain range (76.0%). As for the exposure of the slopes, the slopes of the northern (18.9%) and southern (15.4%) exposures dominate here. The highest and highest degree of risk of manifestation of slope processes is characteristic for the slopes located in the catchments of the tributaries of the Tysa River (Bily, Velikiy Potik, Kvasny) and in the interfluvium of the Tysa and Kosivska rivers, which occupy 40.0%. About 42.6% of the slopes are characterized by a very high and high level of risk of dangerous exogenous processes and remain unprotected. At the same time, 78.4% of them are covered with solid forest vegetation, which can be affected by the use of solid forest felling.

A similar situation is typical for slopes that are classified as higher than average and average levels of potential development of dangerous exogenous processes (43.6% of the total area of the study area). Almost 53.6% of these slopes are not covered by nature conservation areas. At the same time, the share of forest cover within their borders is only 59.8%.

22 objects of the nature reserve fund have been created within the Rakhiv mountains. Among them, the largest is the Carpathian Biosphere Reserve, namely its Kuzii and Maramoros massifs. In addition to the nature reserve, there are two nature reserves and 19 natural monuments.

Environmental protection measures and the possibilities of their integration into the spatial planning system by determining the structural elements of the ecological network are proposed. Important measures to ensure the stability of the slope geosystems of the Rakhiv Mountains are the expansion of the Kuzii and Maramoro massifs of the Carpathian Biosphere Reserve due to the inclusion of forests that perform soil protection and anti-erosion functions. This will significantly contribute to the establishment of nature conservation management in the study area, and in the future these territories may become part of the Ukrainian-Romanian transboundary UNESCO Biosphere Reserve in the Maramoros Mountains.

It is necessary to provide conditions for the restoration of natural geosystems, especially forests on very steep and steep slopes of the region. Forest geosystems outside the territories and objects of the nature reserve fund require the implementation of approaches to forest management close to the environment. Among the approaches, it is worth noting the limitation of solid-forest felling and wood trawling. The development of the tourist infrastructure of the region should take into account the need to preserve the integrity of the local ecological network of the Rakhiv Mountains.

Стаття надійшла до редакції 27.09.2022