

УДОСКОНАЛЕННЯ МОНІТОРИНГУ ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ «РОЗТОЧЧЯ» З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

В.І. Мокрий¹, І.Я. Казимира¹, В.І. Бондарь², Е.М. Арустамян²

¹ Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів, Україна)
e-mail: volodymyr.i.mokriy@lpnu.ua; ORCID: 0000-0002-5814-5160
e-mail: iryna.y.kazymyra@lpnu.ua; ORCID: 0000-0003-1597-5647

² Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)
e-mail: plantprotect_dean@nubip.edu.ua; ORCID: 0000-0002-8737-3568
e-mail: plantprotect_dean@nubip.edu.ua; ORCID: 0000-0002-4845-2909

Актуальність моніторингу екологічної безпеки українсько-польського транскордонного біосферного резервату «Розточчя», включеного до світової мережі біосферних резерватів, зумовлена необхідністю дотримання міжнародних стандартів його функціонування та ефективного управління. Використання геоінформаційних технологій передбачає здійснення динамічного моніторингу із застосуванням космічної інформації у цифровому форматі, її оброблення та подальшу візуалізацію у вигляді тематичних картографічних моделей. У роботі представлено еколого-картографічну модель «Населені пункти та дорожня мережа Розточчя», побудовану на основі результатів моніторингових досліджень об'єктів біосферного резервату «Розточчя». Розроблена інтерактивна карта інтегрує просторово-часові георозподілені дані щодо території природно-заповідного фонду, населених пунктів і дорожньої мережі, що забезпечує можливість для збалансованого природокористування на прикордонних територіях. Методологічною основою дослідження є системний, науково обґрунтований підхід, що включає аналіз теоретичних напрацювань, використання геоінформаційних технологій, спеціалізованих програмних комплексів та інструментів аналізу просторової близькості геооб'єктів. Синтез еколого-картографічних моделей екосистем реалізовано засобами ГІС MapInfo Professional. Створений інформаційний ресурс спрямований на підвищення оперативності та якості роботи з просторовими даними про природно-заповідний фонд, забезпечення відкритого доступу громадськості до баз даних заповідних територій і об'єктів для сталого розвитку регіону. Дорожня мережа Розточчя розглядається як сукупність дорожніх ландшафтно-інженерних систем. Проаналізовано специфіку природних і історичних чинників, що визначають динаміку формування, поширення та трансформації дорожніх ландшафтів регіону. Запропоновано створення дорожньої заповідної мережі як інструменту збереження ландшафтного різноманіття, посилення атрактивності територій і розвитку туристично-рекреаційного потенціалу Розточчя. Практичне значення дослідження полягає у комплексному застосуванні ГІС-технологій для моніторингу транскордонних природоохоронних територій. Структура сформованої бази геоданих забезпечує отримання оперативної, об'єктивної та повної інформації про сучасний стан компонентів екологічної мережі та створює підґрунтя для проектування лісоекологічних і гідроекологічних коридорів та оптимізації функціонального зонування біосферного резервату «Розточчя».

Ключові слова: еколого-картографічна модель, дорожня заповідна мережа, екологічний коридор, геоінформаційна система.

ВСТУП

Збереження і відновлення екологічного потенціалу України, значимість її еколого-економічної ролі в Європейському Союзі визначають напрями реалізації геоінфор-

маційних технологій моніторингу екосистем транскордонних територій Розточчя. Ця височинна територія простягається з північного заходу на південний схід, від м. Красник у Люблінському воєводстві Польщі до м. Львів в Україні. Довжина порівняно вузького горбистого пасма Роз-

точчя становить 180 км, із яких 110 км знаходяться на польській території. Розточчя — один із найцікавіших фізико-географічних регіонів Центрально-Східної Європи. Для забезпечення екологічної безпеки, оцінки стану, прогнозу наслідків природного та антропогенного впливу на ландшафти, біорізноманіття і стабільність мікроклімату українсько-польських територій, доцільне застосування геоінформаційних систем (ГІС) [1].

Розточчя, як транскордонна природна фізико-географічна формація, є визначальним об'єктом в інтеграції національної екомережі до всеєвропейської через створення міждержавних природоохоронних територій. Формування біосферного резервату «Розточчя» започатковано в 2011 р. у Львівській обл. на Заході України, безпосередньо на кордоні з Польщею. Резерват має спільний кордон із Польщею, а отже, і з ЄС. 19 червня 2019 р. комісія з програми МАБ ЮНЕСКО ухвалила рішення про утворення українсько-польського транскордонного біосферного резервату (ТБР) «Розточчя». Польська частина резервату складається з Розточанського національного парку і чотирьох регіональних ландшафтних парків. Функціональними складовими української частини ТБР «Розточчя» є об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ): природний заповідник (ПЗ) «Розточчя», Яворівський національний природний парк (НПП), регіональний ландшафтний парк (РЛП) «Равське Розточчя», багато ландшафтних заказників, заповідних урочищ і пам'яток природи. З липня 2017 р. ділянка лісу між селами Лелехівка та Верещиця — частина природного заповідника «Розточчя», включена у кластерний об'єкт всесвітньої спадщини ЮНЕСКО — «Букові праліси і давні ліси Карпат та інших регіонів Європи». Площа природних ядер — 3325 га, буферної зони — 11800 га, транзитної зони — 59762 га. Площа української частини ТБР становить 74 887 га, загальна площа всього ТБР — 371 902 га [2].

ТБР «Розточчя» розташований на Головному європейському вододілі, що розділяє річкові басейни Чорного та Балтійського

морів. На півночі межує з Поліським заболоченим екологічним регіоном. Регіон Розточчя формує екологічний коридор європейського значення — вузька місцевість, яка з'єднує Люблінську височину з Поділлям і Карпатською дугою, що забезпечує міграцію тварин і рослин. Географічний регіон розташування ТБР «Розточчя» — Галичина, має історичне значення між Центральною та Східною Європою.

Згідно з існуючими правилами, Державний кадастр територій та об'єктів ПЗФ України ведеться з метою оцінки складу та перспектив розвитку ПЗФ, стану територій та об'єктів, які входять до нього, організації їх охорони і ефективного використання, планування наукових досліджень, а також забезпечення державних органів, зацікавлених підприємств, установ та організацій відповідною інформацією, необхідною для вирішення питань соціально-економічного розвитку, розміщення продуктивних сил та в інших цілях, передбачених законодавством України [3–5]. Відповідно до інструкції про зміст та вироблення документації Державного кадастру територій та об'єктів ПЗФ України [6], органи Міндовкілля України на місцях сприяє збиранню даних, створюють цифрові карти розташування об'єктів ПЗФ. Однозначно можна стверджувати, що ГІС-технології є ефективним засобом створення цифрових карт, збереження, поповнення та обробки даних, формування баз геоданих, яка містить інформацію про геопросторове розміщення та атрибутивні дані про досліджувані території, що необхідно для збереження та популяризації об'єктів культурної та природної спадщини ПЗФ.

Отже, проблема моніторингу екологічної безпеки ТБР «Розточчя», який включено у світову мережу біосферних резерватів, що вимагає виконання міжнародних стандартів його функціонування та управління, є актуальною і має важливе наукове й прикладне значення. Використання ГІС-технологій дає змогу комплексно підійти до вирішення такої проблеми.

Метою роботи є створення тематичної еколого-картографічної моделі «Населені

пункти та дорожня мережа Розточчя» на основі комплексного підходу до сучасних інформаційно-аналітичних технологій та інструментальних засобів. Ідентифікація об'єктів ПЗФ та девастрованих ландшафтів необхідна під час створення моделюючого інформаційно-програмного комплексу, що підвищить інформативність даних моніторингу для управління екологічною безпекою природних і антропогенізованих екосистем Розточчя.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Протягом чотирьох десятиліть Розточчя є об'єктом пильної уваги науковців різних спеціальностей. У монографії [7] представлені результати багаторічних досліджень, які охоплюють широке коло питань — від краєзнавчого вивчення Розточчя українськими і польськими науковцями, інвентаризації та картографування заповідної території до результатів вивчення рідкісних та фонових видів флори та фауни, старовікових лісів, їх структури та запасів мертвої деревини. Авторами [8] наведено історичні аспекти природоохоронних досліджень Розточчя, проаналізовано наукові доробки різних наукових шкіл. Відомості про природничі дослідження на Розточчі наведено у дисертаційних роботах М. Соколи, В. Брусак, Р. Гнатюка, О. Підкови та ін. Вивченню біорізноманіття присвячені праці науковців: ботаніки — С. Стойко, П. Яценко, О. Кагало, Л. Тасенкевич, В. Ткачик, М. Жижин, М. Загультський, А. Зеленчук; зоологи — І. Горбань, Ю. Чорнобай, В. Різун, І. Капрусь та ін. Моніторингові природоохоронні дослідження відображено у працях вчених: Я. Дубина, О. Луговой, Г. Стрянець, А. Гузій, Н. Ференц, І. Хомин та ін.

Ландшафтно-геофізичні дослідження територій Розточчя, створення ландшафтних і палеоландшафтних карт, із використанням крупномасштабних цифрових моделей рельєфу і ГІС-технологій, представлені у публікаціях авторів: ландшафтознавці — Б. Муха, В. Брусак, О. Федірко, Є. Іванов; геоморфологи — Я. Кравчук,

Р. Гнатюк, І. Ковальчук, Ю. Зінько, В. Шушняк, І. Круглова, О. Яворський, ґрунтознавці — З. Яцок, Б. Свидницький та ін.

У процесі підготовки номінаційних документів для створення БР «Розточчя» польськими науковцями [9–12], було проаналізовано стан біорізноманіття на транскордонних українсько-польських територіях Розточчя. Широкий спектр ландшафтознавчих досліджень сприяв організації природоохоронних територій на Розточчі, що втілено завдяки кропіткій праці багатьох поколінь українських і польських природодослідників. Однак цілісний моніторинг природних ресурсів Розточчя відсутній.

Розв'язання проблеми екологічного моніторингу екологічної безпеки територій БР «Розточчя» з використанням ГІС-технологій започатковано авторами [1], запропоновано технологію створення геопорталу «Екологічна безпека українсько-польської екологічної мережі». Геопортал є ефективним засобом оперативного аналізу і прогнозу динаміки антропогенних, природних і соціальних чинників, що потребує бази даних моніторингу біологічного і ландшафтного різноманіття ТБР «Розточчя». Розроблено еколого-картографічні моделі природно-заповідних об'єктів української частини БР «Розточчя». В інших публікаціях запропоновано інформаційно-аналітичні технології моніторингу лісових екосистем, гемеробії ландшафтів, гідрологічної мережі та антропогенізації ґрунтів Розточчя. Для забезпечення екологічної безпеки поверхневих вод, авторами [13] проаналізовано основні положення концепції еколого-технологічної реконструкції каналізаційних очисних споруд у басейні р. Західний Буг українсько-польської гідрологічної мережі Львівщини. Сформовано базу вихідних даних, обґрунтовано будівельну частину еколого-технологічної карти та представлено кошторис реконструкції водоочисних споруд.

Сучасні дослідження (2015–2025 рр.) свідчать, що екосистеми регіону зазнають зростаючого антропогенного навантаження, що формує нові виклики для екологіч-

ної безпеки. Одним із ключових чинників трансформації екосистем Розточчя є зміни землекористування, урбанізація та лісогосподарська діяльність. Встановлено, що заміна природних деревостанів інтродукованими або інвазійними видами призводить до порушення структури біоценозів і зниження їхньої стійкості [14]. Додатковим чинником є урбогенний вплив, який проявляється у зміні умов існування організмів. Дослідження поширення грибів показало, що в міських умовах їх щільність є значно вищою через механічні пошкодження дерев та змінені екологічні умови [15]. Помітного антропогенного впливу зазнає гідрологічна мережа. Дослідження органічного забруднення поверхневих вод у зонах скидів демонструють істотне погіршення якості води за впливу господарської діяльності [16].

Антропогенна трансформація безпосередньо впливає на біорізноманіття регіону. Дослідження фітопатогенних грибів виявили 38 видів, серед яких частина є новими для Розточчя, що свідчить як про високе різноманіття, так і про зміну екологічних умов [17]. У ґрунтових екосистемах також відбуваються зміни. Дослідження мезофауни старовікових лісів показують, що структура угруповань є чутливою до змін середовища, зокрема до господарського впливу та трансформації лісів.

Істотним чинником екологічної небезпеки є кліматичні зміни, які посилюють антропогенний вплив [18]. Для Розточчя характерні загальні тенденції змін клімату: підвищення температури; зміни режиму опадів; зростання частоти екстремальних явищ. Ці процеси спричиняють зниження рівня ґрунтових і поверхневих вод, висихання боліт та збільшення ризику пожеж [19]. Пожежі, своєю чергою, змінюють структуру рослинності: після них домінують піонерні види, а відновлення природних екосистем потребує тривалого часу. Окремі дослідження зосереджені на впливі антропогенних чинників на функціонування екосистем. Аналіз болотних екосистем довів, що господарська діяльність змінює хімічний склад рослин та структуру угру-

повань [20]. Також встановлено, що антропогенна трансформація призводить до: зміни трофічних зв'язків; порушення кругообігу речовин; деградації ґрунтів. Ці процеси безпосередньо впливають на екологічну безпеку регіону.

Важливим напрямом досліджень є розвиток систем екологічного моніторингу. У межах ПЗ «Розточчя» здійснюється біоценотичний моніторинг, спрямований на збереження біорізноманіття та адаптацію екосистем до кліматичних змін [21]. Такі дослідження є основою для формування стратегій екологічної безпеки, включаючи: збереження природних екосистем; відновлення порушених територій; адаптацію до кліматичних змін.

Поглиблені й детальні, але фрагментарні та розрізнені ландшафтознавчі дослідження Розточчя не інтегровані в систему просторово-часових георозподілених баз даних. Відсутній мережевий доступ до розподілених відомчих та інтегрованих баз даних, комплексної обробки й використання інформації. Тривалі лісівничі, ботанічні та зоологічні дослідження Розточчя свідчать про інтенсифікацію антропогенних загроз.

У зазначених та інших роботах виявлено високу чутливість екосистем Розточчя до минулих і сучасних екологічних загроз. Тому, сталий розвиток регіону, який базується на збалансованому, невиснажливо-му, максимально наближеному до природи ресурсокористуванні, потребує застосування сучасних інформаційно-аналітичних технологій моніторингу чинників екологічної безпеки біологічного і ландшафтного різноманіття екосистем ТБР «Розточчя».

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для створення цифрової карти з тематичним шаром «Населені пункти та дорожня мережа Розточчя» використано ГІС MapInfo Professional [22], яка дає змогу вирішувати складні завдання географічного аналізу на основі реалізації запитів і створення різних тематичних карт, здійснювати зв'язок із віддаленими базами даних,

експортувати географічні об'єкти та інші програмні продукти. MapInfo є настільною системою картографування, завдяки її розвиненим можливостям тематичного картографування. Поєднанням тематичних шарів і методів буферизації, районування, злиття і розбивки об'єктів, просторової й атрибутивної класифікації створено багатоконтурну карту з ієрархічною структурою легенди.

Картографічний матеріал, який застосовується для побудови інформаційних картографічних моделей, є важливим елементом вхідної інформації. Як вихідні дані для оцифрування карти досліджуваних територій використано топографічну карту Львівської обл., карту функціонального зонування ТБР «Розточчя», карти Google Earth і Bing Maps Яворівського та Жовківського р-нів.

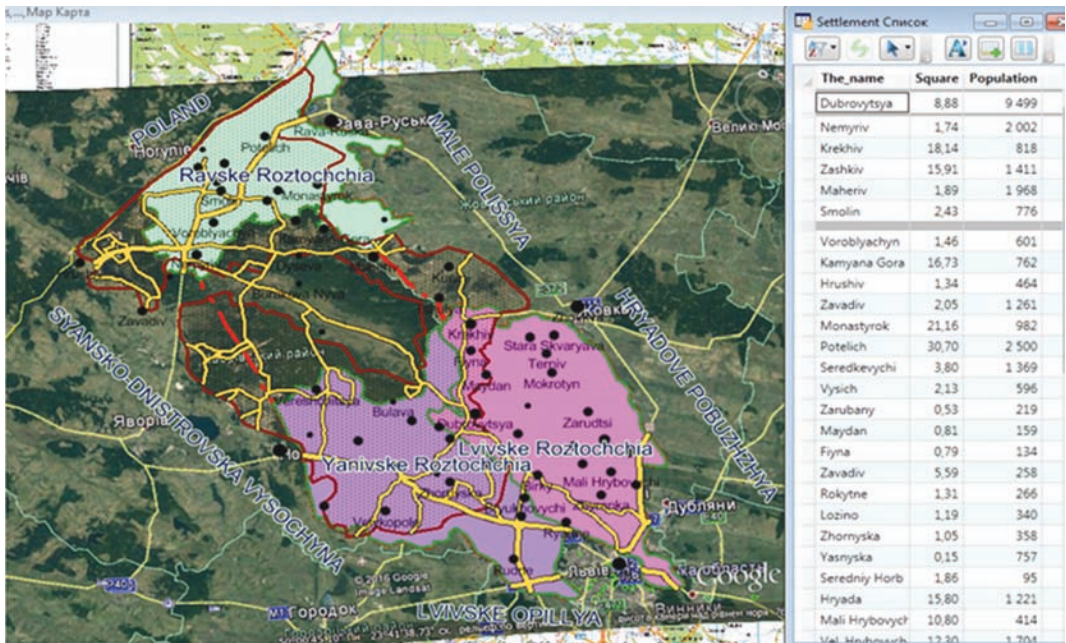
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати виконаних досліджень полягають у відпрацюванні алгоритмів, мето-

дів і технологій екологічного моніторингу антропогенних чинників екологічної безпеки — дорожньої мережі і населених пунктів, започаткованих авторами. Розроблену еколого-картографічну модель представлено у вигляді цифрової карти з відповідним тематичним шаром (рис.).

Створений тематичний шар «Населені пункти і дорожня мережа Розточчя» є структурною складовою еколого-картографічної моделі «ПЗФ ТБР «Розточчя»», який частково забезпечує розв'язання завдань еколого-економічного моніторингу екологічної безпеки, інвентаризації природоохоронних та природно-техногенних комплексів досліджуваних територій. Цифрові карти в ній організовані у вигляді шарів. Під час побудови цифрової карти Розточчя створено шари «Геоморфологічні райони», «Населені пункти», «Дороги». Кожен шар містить різні об'єкти карти.

Користувач має можливість працювати з окремим шаром, або, накладаючи шари один на одного, створити комплексну карту і працювати з нею. Цифрова карта вхо-



Фрагмент робочого вікна ГІС MapInfo Professional із тематичним шаром «Населені пункти та дорожня мережа Розточчя»

дить до складу картографічних баз даних і є одним із найважливіших елементів інформаційного забезпечення моніторингу екологічної безпеки ТБР «Розточчя».

Екологічна безпека територій визначається ступенем реалізації реальних і потенційних екологічних загроз. Ймовірність нерационального використання природних ресурсів на транскордонних із Євросоюзом територіях підвищує екологічні ризики. Транскордонне розташування досліджуваних територій, специфіка територіального міждержавного поділу геоморфологічних елементів ландшафту, особливості господарських зв'язків із Євросоюзом, обумовлюють необхідність розвитку методології моніторингу екологічної безпеки гідрологічних, лісових, лучно-болотних і урбанізованих комплексів транскордонних територій для запобігання екологічних загроз усіх рівнів.

Інтеграція міждисциплінарних методів аналізу даних гарантує принципово нові вимоги до розв'язку проблеми оперативного, вірогідного і повного інформаційного забезпечення збалансованого та екологічно безпечного управління екосистемами Розточчя. Для тематичної систематизації результатів інвентаризації та моніторингових досліджень, організованого збереження, пошуку потрібної інформації, її оброблення та аналізу використовуються ПС. Такі сучасні комп'ютерні технології дають змогу поєднати модельне зображення території (карти, схеми, космознімки земної поверхні) з інформацією табличного типу (різнопланові статистичні дані, тематичні списки, еколого-економічні показники тощо). Геоінформаційною системою управління геопросторовими даними та атрибутами, асоційованими з ними, забезпечується можливість використання, збереження, редагування, аналізу та відображення географічних даних. Основними складовими цифрової карти є координатна система і набір графічних об'єктів, що відображають місце розміщення і просторові обриси відповідних реальних об'єктів, а також техногенні, постмеліоративні, дигресійні, резерватогенні, ренатуралізацій-

ні процеси і явища динаміки екосистем Розточчя. Для прийняття оптимальних управлінських рішень у галузі екологічно безпечного ресурсокористування, застосування ПС-технологій забезпечує комплексну інтерпретацію накопиченої інформації моніторингових даних, оперативного її поновлення та аналізу.

Антропогенізація ландшафтів унаслідок розвитку і функціонування дорожньої мережі є вагомим чинником впливу на екологічну безпеку природоохоронних територій. Дорожня мережа Розточчя представлена дорожніми ландшафтно-інженерними системами, тобто сучасними діючими і старими транспортними магістралями та ґрунтовими і лісовими дорогами, з їх ландшафтною і господарською інфраструктурою. Специфіка природних та історичних умов, характеру господарського освоєння, впровадження режиму заповідності, обмеження лісогосподарської діяльності, зміна агротехнічного виробництва обумовлюють динаміку поширення та змін дорожніх ландшафтів Розточчя. Вони розповсюджені значно ширше, ніж на прилеглих рівнинних територіях. До оптимізації дорожньої мережі необхідно підходити творчо, що значно зекономить час і кошти. Зокрема, частину з них, із різним покриттям і ландшафтною структурою, можна залишити для подальших наукових досліджень — пізнання процесів руйнації дорожніх ландшафтів та специфіки відновлення рослинного покриву у межах дорожніх ландшафтно-техногенних систем. Інші дорожні ландшафти можна перетворити в музеї просто неба. Гармонізація розвитку ландшафтно-технічних систем із природним середовищем є обов'язковим чинником забезпечення екологічної безпеки територій.

Фундаментальним чинником збалансованого природокористування є збереження існуючих функціональних екосистем. У контексті сталого розвитку Розточчя, для охорони ландшафтного різноманіття, підвищення атракторності територій та розвитку туристично-рекреаційного потенціалу доцільно створювати дорожню за-

повідну мережу. Крім того, можливі різні підходи до її створення. Це можуть бути ділянки старих покинутих доріг і сучасні — залишені в результаті їх спрямлення або переносу в інше місце, оригінальні урочища, що примикають або входять до структури дорожніх ландшафтів, у результаті їх парадинамічних зв'язків із прилеглими ландшафтами. До таких належать і частина діючих дорожніх ландшафтів, що унікальні або оригінальні як такі — це дорожні «серпантини», дороги-тераси, оформлені каменем, тощо. Вони створюють регіональний образ дорожніх ландшафтів, притаманний Розточчю. За допомогою таких естетично оформлених дорожніх урочищ (відрізків, ділянок) цей місцевий дорожній колорит необхідно не лише підтримувати, а й постійно поновлювати та збагачувати.

Екологічна безпека Розточчя визначається функціями збереження біологічного різноманіття і ландшафтів, проведенням наукових досліджень, а також вирішенням проблем сталого соціально-економічного розвитку природних і адміністративних регіонів, підтримки традиційного невиснажливого природокористування, максимально наближеного до природи лісокористування та еколого-освітньої роботи з місцевими громадами. Концепція створення БР як природоохоронних територій, які ведуть глобальний моніторинг екологічного стану біосфери, виникла в 70-х роках ХХ ст. БР «Розточчя» утворено з ініціативи України і Польщі для спільної діяльності щодо збереження унікальних екосистем на транскордонній височині Розточчя. Польською й українською сторонами обрано схему організації БР як єдиного утворення. Це потребує координації дій країн-партнерів на етапах оптимізації функціонального зонування, планування спільних робіт для ефективного функціонування та формування організаційних структур, які забезпечать управління БР «Розточчя».

Згідно з вимогами МАБ ЮНЕСКО, стосовно функціонального зонування БР, під час реалізації проекту проведено підготовку й узгодження з польськими

проектантами планів щодо внесення певних територій до заповідної зони (зона А) і забезпечення його охорони, збереженості та відтворюваності біологічного і ландшафтного різноманіття. ТБР «Розточчя» є природним ядром національної екомережі в межах Галицько-Слобожанського (лісостепоного) і Дністровського екологічних коридорів.

Відповідно до Севільської стратегії, завданням ТБР «Розточчя» є охорона біологічного різноманіття, природних ресурсів і їх стале використання. Збереження видового різноманіття забезпечується дотриманням режиму заповідності на території природного ядра (3314,6 га), яке складається з території ПЗ «Розточчя» (2084 га), заповідних зон Яворівського НПП (661,6), РЛП «Равське Розточчя» (293) та заповідного урочища «Немирів» (276 га), що разом становить 4,5% від території біосферного резервату і є достатнім для забезпечення вимог МАБ ЮНЕСКО.

Водночас, екосистеми Розточчя зазнали істотних антропогенних трансформацій — кар'єри і відвали гірничовидобування, гідротехнічні споруди і водойми, розвиток ставкових господарств, скорочення лісопокритих площ, меліорація заболочених угідь, зміни русел річок тощо. Однією з особливостей природно-господарського каркасу Розточчя є функціонування на третині його території Яворівського військового полігона, де переплелися різні види діяльності — мілітарна, лісокористування, сільськогосподарська, природоохоронна. Природно-техногенні екосистеми різного рівня трансформації займають близько 60% території біосферного резервату, на орні землі припадає понад 27%, під забудовою — майже 4%.

Для гарантування екологічної безпеки доцільне подальше узгодження підходів і принципів виділення буферної зони (зона В) і координація діяльності у транзитній зоні (зона С) цього міжнародного природоохоронного об'єкта. Наразі доцільна оптимізація підготовлених принципів схем функціонального зонування резервату у межах польської й української

частин Розточчя, яка має бути погоджена із землекористувачами.

ВИСНОВКИ

Екологічна безпека ПЗФ Розточчя забезпечується кластерними територіями заповідного ядра, які займають близько 6%, до того ж площі буферної зони перевищують ядро в 3,5 рази, що відповідає досвіду територіальної організації біосферних резерватів, які представляють зону широколистяних лісів помірного поясу Європи. Втім планістична модель зонування БР «Розточчя» є кластерною, з мозаїчним розташуванням заповідних і буферних зон, тому потребує оптимізації шляхом створення локальних лісоекологічних та гідроекологічних коридорів. Розроблені еколого-картографічні моделі Розточчя сприяють оптимізації функціонального зонування

української і польської частин ТБР «Розточчя», його заповідних, буферних та транзитних зон (зон антропогенних ландшафтів). Використання ГІС-технологій для моніторингу екологічної безпеки ТБР «Розточчя» дає змогу одержати оперативну, вірогідну і повну інформацію про сучасний стан заповідного, рекреаційно-господарського, урбанізованого комплексів екомережі Розточчя, на основі методів і технологій наземного та дистанційного моніторингу стану і динаміки екосистем.

Перспективи подальших досліджень визначають тематику розробок і утворення нових моделей комплексної оцінки екологічних ризиків техногенної та природної небезпек – карстопровальні явища, зсувні процеси, поєнні, лісові пожежі, підтоплення, інвазія для інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.

ЛІТЕРАТУРА

- Mokryy, V., Petrushka, I., Tomin, V., Niska, M., Moroz, O., Bobush, O., ... Grechanyk, R. (2020). Informational support on creation of the geoportals «Environmental safety of Ukrainian-Polish transboundary territories» by technologies of robotized monitoring. *Studia Quaternaria*, 37(1), 15–19. DOI: <https://doi.org/10.24425/sq.2019.126390>.
- Транскордонний українсько-польський біосферний резерват «Розточчя». (n.d.). URL: <https://wownature.in.ua/oberihaymo/biosferni-rezervaty-v-ukraini/transkordonnny-ukrainsko-polsky-biosferny-rezervat-roztochchia/>.
- Про природно-заповідний фонд України. Закон України № 2456-XII (1992). (Україна). URL: <http://www.rada.kiev.ua>.
- Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України № 1264-XII (1991). (Україна). URL: <http://www.rada.kiev.ua>.
- Порядок ведення державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду України. (n.d.). Київ: Головне управління національних парків та заповідної справи.
- Інструкція про зміст та складання документації державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду України. (n.d.). Київ: Головне управління національних парків та заповідної справи.
- Заїка, В., Скольський, І., & Стрянець, Г. (Ред.). (2025). *Природний заповідник «Розточчя» — результати біоценотичних досліджень: моногр.* Львів: Галичпрес. DOI: <http://doi.org/10.32718/zaroz25>.
- Шушняк, В., & Савка, Г. (2009). Історія природоохоронних досліджень території Яворівського національного природного парку. *Вісник Львів. Ун-ту. Сер. геогр.*, 37, 285–291.
- Rakowski, G., Brusak, W., Zinko, J., & Krawczuk, J. (1994). Roztoczanska transgraniczna strefa ochronna. *Pzewod. wycieczkowy Ogolnopolsk. Zjazdu PTG*, 240–242.
- Buraczynski, J. (Red.). (2002). *Roztocze: Srodowisko przyrodnicze*. Lublin: Wydawnictwo Lubelskie.
- Grabowski, T. (2015). *Roztocze. Transgraniczny rezerwat biosfery*. Kregowce: Zwierzyniec.
- Grabowski, T., & Harasimiuk, M. (2016). *Roztocze: przyroda i czlowiek*. Kregowce: Zwierzyniec.
- Mokryy, V., Kazymyra, I., Petrushka, I., Moroz, O., & Grechanyk, R. (2020). Concept of environmental-technological reconstruction for wastewater treatment plants of Western Bug basin in Ukrainian-Polish hydrological network of Lviv region. In *Sustainable development — state and prospects: Collective monograph*. Gdańsk: Wydawnictwo GSW.
- Химин, О. І., & Капрусь, І. Я. (2021). Структурні трансформації таксону *Collembola* під впливом інвазії дуба червоного в лісові екосистеми Яворівського НПП. *Наукові записки Державного природознавчого музею*, 37, 87–94. DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdpm.2021.37.87-94>.
- Popovych, V., Dyda, O., Popovych, N., & Les, M. (2020). Features of the Oyster Mushroom Growth and Distribution in Suburban Forests and Urban Conditions of the Ukrainian Roztochya. *Journal of Ecological Engineering*, 21(5), 202–212. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/122240>.
- Бедункова, О., & Кузнецов, П. (2025). Дослідження органічного забруднення поверхневих вод річки у зоні антропогенного впливу водного

- скиду. *Biota. Human. Technology*, (1), 126–136. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.1.25.7>.
17. Tsaryk, I., Yavornytskyi, V., & Reshetylo, O. (2025). Dominance structure of the communities of soil and litter mesofauna in old-growth forests of the Ukrainian Roztochchia. *Studia Biologica*, 19(2), 157–168. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.1902>.
18. Екосистемна адаптація до зміни клімату в українських біосферних заповідниках. Аналіз ситуації, діагностика та стратегічні перспективи для Українського біосферного заповідника. URL: <https://www.eba-ukraine.net/publications-new-kopie.html>.
19. Kowalski, M., & Nowak, P. (2025). Forecasting post-fire vegetation dynamics in natural ecosystems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(1), 15–27. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/208577>.
20. Снітинський, В., Лисак, Г., Хірівський, П., Любинець, Н., Панас, Н., & Калита, Р. (2025). Екологічний аналіз антропогенного впливу на якість плодів *Vaccinium oxycoccos* L. на Яворівщині. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Сер. Агрономія*, (29), 15–21. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.015>.
21. Стрянець, Г. В. (2025). Біоценотичний моніторинг природних екосистем резервату "Розточчя" та розробка заходів адаптації щодо кліматичних змін. *Літопис природи*, 38. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0225U002170/>.
22. MapInfo Professional. URL: <https://geoguide.com.ua/software/software.php?part=pitney&art=mapinfo>.

Дата першого надходження рукопису до редакції: 24.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 06.03.2026
Дата публікації: 10.04.2026
