

УДК 552.5

DOI <https://doi.org/10.30970/vgl.40.06>

ТРАВЕРТИНОУТВОРЮЮЧІ КОМПЛЕКСИ ПАРКОВИХ АНСАМБЛІВ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

Уляна Борняк¹ <https://orcid.org/0000-0003-1214-4821>

Марина Рагуліна^{1,2} <https://orcid.org/0000-0001-9286-6693>

Олег Орлов² <https://orcid.org/0000-0003-3684-0864>

¹Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005

e-mail: u.bornyak@ukr.net

²Державний природознавчий музей НАН України, вул. Театральна, 18, Львів, Україна, 79008

e-mail: funaria@ukr.net; orlov0632306454@gmail.com

Досліджено комплекси травертинових джерел у паркових ансамблях Західного Поділля на прикладі історичного парку при маєтку Орловських (с. Маліївці, Кам'янець-Подільський р-н, Хмельницька обл.) та парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Кам'янець-Подільський парк» м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області. Встановлено, що травертиноутворюючі комплекси в межах паркових ландшафтів Західного Поділля є унікальними антропогенно-природними утвореннями. Зауважимо, що вони не були передбачені первісними проектами, а стали результатом переспрямування потоку джерел одним (Маліївці) чи кількома (Кам'янець-Подільський) вузькими струменями. Внаслідок трансформації потоку води сформувалися рідкісні антропогенні морфотипи флювіальної моделі седиментації – травертинові гребені та труби. Провідну роль у формуванні цих об'єктів відіграє синергія фізико-хімічного осадження та життєдіяльності бактеріо- та бріобіоти. Саме ці організми формують складні структурно-текстурні особливості комплексів – мікробіаліти у ложі потоку та пувльвіноїдні і плексоїдні бріоліти у жолобах та крилах гребенів. Травертиноутворюючі комплекси демонструють високу швидкість самовідновлення та наростання, але водночас залишаються вкрай вразливими до змін гідродинамічного режиму та надмірного рекреаційного тиску. Подальший розвиток інфраструктури (облаштування помостів та екостежок) дозволить впорядкувати логістику відвідувачів, мінімізувати фізичне пошкодження вразливих ділянок, трансформувати ці локації у повноцінні об'єкти геоспадщини та зберегти естетичну цінність об'єктів без обмеження їхньої рекреаційної функції. Таким чином, травертиноутворюючі комплекси в межах паркових ансамблів Західного Поділля формують антропогенно спричинені, проте рідкісні морфотипи, які заслуговують на увагу як моделі сучасного травертиноутворення та мають історичне, сакральне та природоохоронне значення. Через свою вразливість до зовнішніх впливів вони потребують належної охорони та планування заходів збереження. Травертиноутворюючі комплекси додають мальовничості парковим ландшафтам, у яких розташовані, а також є цікавими геотраційними об'єктами екологічного туризму та сприяють популяризації геологічної спадщини регіону.

Ключові слова: жорстководні джерела, пам'ятки природи, геологічна спадщина, охорона природи, екологічний туризм.

Постановка проблеми. Травертиноутворюючі комплекси – це специфічні природні або природно-техногенні системи, де відбувається активне осадження карбонату кальцію

© Борняк У., Рагуліна М., Орлов О., 2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

з водних розчинів, що призводить до формування вапнякового туфу (травертину): карбонатної породи осадового типу, складеної переважно карбонатом кальцію (кальцитом або арагонітом). Траверитноутворюючі комплекси поєднують три взаємопов'язані компоненти: абіотичну – жорстководне джерело, води якого є ресурсом для мінеральної складової, біотичну – живі організми, що сприяють осадженню карбонатів з води як активні поглиначі CO₂ та є органічним матриксом, який визначає структуру породи та біокосну – випродуковані взаємодією а- та біотичної складової вапнякової туфи. Таким чином, травертиноутворюючі джерела (у міжнародній термінології – petrifying springs) являють собою унікальні природні гідрогеологічні системи, генезис яких обумовлений синергічною взаємодією абіотичних (гідрохімічних, термодинамічних) та біотичних (мікро- та фіто-) чинників. Вони репрезентують високоспеціалізоване середовище існування з характерною флорою та фауною, нерідко – за участі рідкісних видів; невеликі розміри, точкове поширення обумовлюють їхню пріоритетність для охорони природних біотопів в Європі згідно Додатку I Оселищної директиви Європейського Союзу (92/43/ЄС) [6]. Світовий досвід дослідження травертиноутворюючих комплексів у межах охоронних і паркових зон фокусується на вивченні цих об'єктів як динамічних природних систем, чий розвиток і сучасний стан є безпосереднім результатом взаємодії природних та антропогенних чинників. Безперечно актуальним та важливим завданням є збереження травертиноутворюючих джерел, особливо тих, що розташовані у популярних урбо- та руральних місцевостях, тобто в умовах перманентної господарської діяльності. Це обумовлює необхідність комплексного дослідження травертиноутворюючих комплексів, що перебувають під антропогенним навантаженням, пошук шляхів захисту їхнього абіо- та біотичного компонента та прийняття природоорієнтованих рішень, покликаних гармонізувати взаємодію людини та природи.

Аналіз останніх досліджень. Травертиноутворюючі джерела та випродуковані ними поклади травертинів (вапнякових туфів) мають дискретне (точкове) поширення у світовому масштабі, становлячи виняткову цінність як об'єкти живої та неживої природи. На теренах України ці природні комплекси територіально тяжіють до Криму та Поділля, проте саме Західноподільське Придністров'я виступає ключовим регіоном концентрації найбільших за об'ємом травертинових комплексів [5]. Вони водночас є осередками підтримки регіонального біорізноманіття та об'єктами геологічної спадщини. Тому в Європі такі утвори охороняються як у контексті збереження природних середовищ існування, так і як цінні геосайти. Зокрема, травертинові геотопи є невід'ємною складовою Глобального геопарку ЮНЕСКО «Швабський Альб» на південному заході Німеччини [7]. Локації з покладами вапнякових туфів нерідко є надзвичайно естетично привабливими, що призводить до надмірного рекреаційного навантаження на них. Проте як поверхневі форми рельєфу, складені нестійкими до механічного руйнування породами, вони характеризуються надзвичайною лабільністю та низькою стійкістю до зовнішніх впливів: навіть мінімальне антропогенне втручання може спричинити незворотну деградацію або навіть цілковите знищення.

Метою нашої роботи було вивчення умов формування та сучасний стан травертиноутворюючих комплексів у межах паркових ландшафтів Західного Поділля, визначення основних загроз та пошук шляхів їхньої мінімізації на прикладі двох популярних туристичних локацій: палацового комплексу Орловських у с. Маліївці та центрального парку м. Кам'янець-Подільський.

Методологія дослідження поєднувала теоретичний та експедиційний (польовий) етапи. Камеральна робота базувалася на аналізі наукової літератури та ретроспективному аналізі: порівняння архівних планів парків із сучасним станом для оцінки динаміки росту або руйнування травертинових комплексів. Польовий етап реалізовано через детальні

маршрутні обстеження у с. Маліївці та м. Кам'янець-Подільський. Для кожного об'єкта фіксували: геоморфологічну приуроченість та просторове положення; антропогенну трансформованість (ступінь природності) витоків і русел; інтенсивність та морфологію туфо-нагромадження; описи та визначення угруповань організмів-туфоутворювачів.

Виклад основного матеріалу. Досліджувані травертиноутворюючі комплекси територіально приурочені до південної частини Хмельницької області в межах Кам'янець-Подільського району. Польові вишукування охоплювали локації у межах двох репрезентативних паркових ансамблів Західного Поділля: територію історичного парку при маєтку Орловських у Маліївцях та частину Центрального парку м. Кам'янець-Подільський (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема розташування об'єктів дослідження

На території історичного парку при маєтку Орловських (с. Маліївці, Кам'янець-Подільський р-н, Хмельницька обл.) парковий ландшафт охоплює низку травертинових утворень, що характеризуються морфологічним різноманіттям та варіативністю механізмів формування.

Домінантою паркового ландшафту та унікальним прикладом антропогенно-природного гідрогеологічного комплексу є Малієвецький водоспад (рис. 2а). Об'єкт безпосередньо межує з територією пам'ятки садово-паркового мистецтва XVIII ст. – «Малієвецьким парком», хоча не входить до його меж фактично. Генезис водоспаду має комбінований характер: це штучна гідротехнічна споруда заввишки 18 м, функціонування якої забезпечується підведенням джерельної води через систему труб до вершини природного скального масиву. Спад води відбувається стрімким каскадом по вертикальній стіні. Облаштування водоспаду датоване 1780-ми роками, було ефектним архітектурно-планувальним рішенням під час закладання палацово-паркового ансамблю. Перший опис Малієвецького водоспаду знаходимо у краєзнавчому нарисі Олександра Пшездецького (1841): «З тих джерел спадає до саду на 48 стоп високий каскад, краплиста завіса двох печер, видовбаних у скалі з вітварями і фігурами святих» [8].

Малієвецький водоспад репрезентує своєрідну антропогенну відміну туфоутворення – кам'яний жолоб (гребінь) віком понад 200 р., та складений травертинами 2-х генерацій. Генезис цієї морфоструктури пов'язаний із гідротехнічним втручанням кінця XVIII ст. Після технічного виведення джерельної води на край скелі та її переспрямування в єдиний вузький потік розпочався процес інтенсивної лінійної седиментації, що спричинив швидке наростання стінок обабіч струменя, які сформували травертиновий жолоб. Сучасна динаміка туфонагромування демонструє активне розширення травертинового комплексу, що відбувається переважно за рахунок надбудови стінок жолобу та розростання його латеральних частин – так званих «крил». Цей процес забезпечується постійним зволоженням бічних скатів та життєдіяльністю туфогенної біоти, насамперед – мохоподібних, що виступає фацілітатором осадження карбонатів. Натомість основа водоспаду – скеля, представлена травертинами першої генерації. Вони характеризуються значно вищою щільністю, масивністю, що свідчить про їхнє природне формування у догосподарчий період. Таким чином, сучасний вигляд водоспаду є результатом накладання штучно стимульованого мінералоутворення на давню основу, складену вапняковими туфами іншого морфотипу. В сучасному формоутворенні кам'яного жолоба активну роль відіграють живі організми, головню – ціанобактерії та мохоподібні. Перші вистеляють ложе потоку, утворюючи гладенькі мікробіаліти (строматоліти), другі – стінки та крила жолоба шириною до 2 м., що розходяться в обидва боки від центрального каналу. Бріобіота формує два типи структур: плексоїди, утворені холодновитривалими плетивними формами мохів (*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce, *Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra), *Hygroamblystegium varium* (Hedw.) Mönk.) вибудовують стінки жолоба, тоді як теплолюбні види подушкових мохів (*Didymodon tophaceus* (Brid.) Lisa, *Gymnostomum calcareum* Nees & Hornsch.) формують напівсферичні пульвіоїди, які, зливаючись між собою, виробляють крила жолоба.

Ключовим фактором дестабілізації травертоутворюючого комплексу Малієвецького водоспаду виступає надмірне рекреаційне навантаження, хоча ступінь його впливу на різні елементи комплексу є диференційованим. Найбільшого антропогенного тиску зазнає реліктовий травертиновий масив (скеля), у структурі якого розташований верхній грот – головний об'єкт екскурсійної уваги. Водночас сучасна генерація вапнякових відкладів – травертиновий жолоб – залишається відносно захищеною від прямого механічного пошкодження завдяки специфіці мікрорельєфу та обмеженій фізичній доступності для відвідувачів. Проте функціонування жолоба перебуває у прямій залежності від стабільності гідродинамічного режиму джерела. Будь-які маніпуляції у верхів'ї водотоку (реконструкція каптажних споруд, поглиблення чи розширення русла) можуть критично змінити характер седиментації. Такі опосередковані впливи здатні порушити баланс надходження мінералізованих розчинів, що призведе до зупинки росту жолоба або його ерозійної деградації. Важливим є надання Малієвецькому водоспаду статусу природно-заповідного об'єкту – геологічної пам'ятки природи місцевого значення та долучення її до території вже існуючого пам'ятки садово-паркового мистецтва «Малієвецький парк».

Локальним, проте морфологічно виразним об'єктом дослідження є малий травертиновий жолоб завдовжки 0,6 м (рис. 2б), розташований безпосередньо в межах ансамблю «Малієвецький парк». Це утворення сформувалось в точці гідрологічного розвантаження каптованого джерела, що живить штучну водойму – «Лебедине озеро». Попри незначні метричні параметри, цей об'єкт має високу наукову цінність як приклад інтенсивної сучасної седиментації в умовах спрямованого водного потоку. Цей об'єкт репрезентує модель швидкого туфонагромування, де стабільний гідродинамічний режим, геохімічні параметри джерельних вод, кліматичні та біологічні чинники сприяють формуванню чітко окресленої лінійної морфоструктури – прямоспадного травертинового гребеню.

Швидке наростання бортів жолоба, сформованих туфотвірною біотою призводить до змикання бортів та формування унікального закритого каналу (кам'яної труби) зовнішній діаметр якої становить понад 0,3 м. У процесах сучасного літогенезу та морфогенезу цього травертиноутворюючого комплексу провідна роль належить біогенному чиннику, представленому консорціумом ціанобактерій та бріобіоти. Їхня синергічна дія визначає не лише швидкість карбонатної седиментації, а й специфіку мікрорельєфу об'єкта. Як і на попередньому об'єкті, тут ложе потоку вистелене щільними плівками ціанобактерій. Шляхом біотично індукованого осадження карбонатів вони формують гладенькі, шаруваті мікробіаліти, що забезпечують стабільність центрального каналу. Вертикальні стінки жолоба вибудовують холодновитривалі плетивні форми мохів. Вони утворюють пухкий, але стійкий сітчастий каркас (плексоїд), який поступово петрифікується, фіксуючи лінійну форму русла. Периферійні частини комплексу – формуються за рахунок теплолюбних подушкових форм мохів.

Нижче по схилу формується віялоподібний травертиновий комплекс, водне живлення якого забезпечується переливом із «Лебединого озера» та скидними водами з водозабірної споруди (рис. 2в). У верхній, відкритій для інсоляції частині схилу, водний потік розтікається, формуючи систему загат – біогерм. Ці утворення структурують русло у вигляді каскаду мілких ізольованих мікрководоєм неправильної напівокруглої конфігурації. Матеріал біогерм представлений петрифікованими рештками бактерій, мікрородостей та мохоподібних. У структурі досліджуваного потоку вони репрезентовані головню бріолітами – мінералізованими колоніями мохоподібних родини *Amblystegiaceae*.

Отже, біотично активну зону на досліджуваному потоці формують характерні для жорстководних джерел мохоподібні, за домінуванням плетивних форм. У затіненій частині, нижче за течією потоку зникають колонії живих мохів та бріоліти, які ними формуються. Натомість ложе потоку вистелене численними карбонатними стяжіннями округлої, овальної та видовженої морфології, які репрезентують ініціальні (початкові) стадії травертиноутворення. Ці біомінеральні агрегати формуються в умовах змінного освітлення під наметом дерев, що обумовлює стрибкоподібну активність фотосинтезуючих мікроорганізмів з 2-ма піками – навесні та восени, до та після появи листя. Це обумовлює сезонне превалювання біогенного осадження над хемогенним і навпаки, та спричинює концентричну шаруватість стяжінь.

Найвища ступінь експозиційної атрактивності віялоподібного каскаду у Маліївському парку спостерігається у весняний період. Відсутність щільного трав'яного покриття забезпечує оптимальну оглядову доступність морфоструктур і безперешкодний підхід до травертинового комплексу. Влітку рекомендована обережна розчистка каскаду від заростей непритаманної травертиновим джерелам рудеральної рослинності, зокрема – від кропиви (*Urtica dioica* L.), яглиці (*Aegopodium podagraria* L.) та самосіву дерев, насамперед – клена американського (*Acer negundo* L.). Окрім візуального маскування, забур'яненість створює перешкоди для повноцінного функціонування туфотвірної мікро- та бріобіоти, головню – через затінення. Також доцільним є встановлення поручнів – обмежувачів обабіч каскаду. Облаштований належним чином каскад може стати додатковим декоративним елементом парку, тоді як зараз він є практично «невидимим» для відвідувачів.

Кам'янець-Подільські травертиноутворюючі комплекси розташовані на території парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Кам'янець-Подільський парк» м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області (з 2014 р. – «Героїв Євромайдану»). Туфові обростання тут є зовсім молодими та почали формуватися нещодавно, після реконструкції штучного гроту «Орел», що завершилась у 2018 р., з яким вони творять єдину ландшафтну композицію (рис. 3а). Гідрологічне розвантаження джерел здійснюється

через систему вузьких труб, інтегрованих у конструкцію підпірної стінки. Три основні витоки формують вертикальні травертинові жолоби заввишки 1,5–2,0 м із латеральним розростанням «крил» до 1,5 м та внутрішнім діаметром седиментаційного каналу 0,05–0,15 м. За морфогенетичними ознаками об'єкти ідентичні комплексу на Малівецькому водоспаді: периферійні частини («крила») вибудовані пульвіноідними бріолітами, вертикальні стінки – плексоїдними, а ложе потоку вкрито слизуватими плівками ціанобактерій.



а



б



в

Рис. 2. Травертиноутворюючі комплекси на території історичного парку при мастку Орловських (с. Маліївці, Хмельницька обл.)



а



б

Рис. 3. Травертиноутворюючі комплекси парку «Героїв Євромайдану» (а) та у каньйоні річки Смотрич (б) у м. Кам'янець-Подільський.

До проведення реконструкції спостерігалася дифузна фільтрація води крізь кам'яну кладку, що зумовлювало формування аморфних наростів без чітко вираженої руслової структури. Згідно місцевої легенди, городяни називали їх «сльозами полонянок», які у давнину були поневолені турками та воліли залишити по собі пам'ять у рідному краю [3]. Достеменно невідомо, коли було загосподаровано джерело, на якому облаштовано «Грот орла», але можемо припускати, що це відбулось в часи закладання міського парку на пустирі біля скелястих берегів каньйону річки Смотрич близько 1868 р. [4]. Сучасна морфологія жолобів є результатом переходу від безладного просочування до концентрованого лінійного потоку, що значно прискорило процеси карбонатної мінералізації. У процесі проведення реконструкційних робіт травертини попередньої генерації зазнали часткової деструкції з метою відновлення цілісності та функціональності підпірної стінки. Ще один невеличкий жолоб довжиною 0,8 м. із замкненим каналом у формі труби, сформувався безпосередньо на огорожувальній конструкції водоприймача, що забезпечує акумуляцію джерельних вод перед їхнім надходженням до чаші «Лебединого озера».

Значний, проте наразі недооцінений геотуристичний потенціал зосереджений у каньйоні річки Смотрич, де сформувалися травертинові навіси на крутосхилах каньйону внаслідок каскадного спаду джерельних та озерних вод парку з висоти, що перевищує 25 м (рис. 3б). Навіси розташовані у кілька ярусів у верхній частині стіни каньйону. В їхньому формуванні активну участь беруть бере туфотвірна біота. Окрім бактерій та мохоподібних, у покриві каскаду поширені нитчасті зелені та жовто-зелені водорості, що створюють

своєрідну «торочку» по краю навісів. Також до процесу туфоутворення залучені трав'яні рослини, що оселяються на полицях скельної стінки: мітлиця повзуча (*Agrostis stolonifera* L.) та тонконіг звичайний (*Poa trivialis* L.). Їхні стебла та корені, якими стікає вода, виступають органічним матриксом, на якому відкладаються травертинові структури, що приймають форму бурулькоподібних натікань. В цілому, альго-, бріо- та фітоагрегування навісів у парку «Героїв Майдану» є характерним для травертинових масивів урвистих берегів Дністровського каньйону [3]. Вони репрезентують рідкісний туфогенний біотоп, пріоритетний для охорони.

Процес інтенсивного гідродинамічного впливу призвів до формування біля підніжжя водоспаду специфічної ерозійної чаші (котла) діаметром близько 10 м. Її дно заповнене акумулятивним матеріалом: уламками корінних порід та фрагментами сучасних травертинових наростів, що свідчить про активну динаміку руйнування та одночасного перевідкладення мінеральної речовини. Розвиток інфраструктури, зокрема облаштування екологічних стежок та оглядових помостів для експонування цього травертинового комплексу, дозволить перетворити «дику» частину парку на повноцінний геотуристичний об'єкт. Це не лише підвищить рекреаційну привабливість локації, а й забезпечить контрольований доступ відвідувачів, мінімізуючи антропогенний тиск на вразливі ділянки травертиноутворюючих комплексів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Підсумовуючи результати дослідження, можна констатувати, що травертиноутворюючі комплекси в межах паркових ансамблів Західного Поділля є унікальними антропогенно-природними утвореннями. Їх поява не була закладена у первісні ландшафтні проекти, а стала результатом переспрямування потоку джерел одним (Маліівці) чи кількома (Кам'янець-Подільський) вузькими струменями. У процесі переспрямування джерельних вод сформувалися рідкісні антропогенні морфотипи флювіальної моделі седиментації – травертинові гребені та труби [1]. Провідну роль у формуванні цих об'єктів відіграє синергія фізико-хімічного осадження та функціонування фотосинтезуючої біоти (бактерій, водоростей, мохоподібних та судинних рослин). Саме вони формують складні структурно-текстурні особливості комплексів – від щільних мікробіалітів у ложі потоку до пухлятих та плексоїдних бріолітів у «крилах» жолобі та бурулькоподібних натікань під полицями скель.

Травертиноутворюючі комплекси демонструють високу швидкість самовідновлення та наростання, але водночас залишаються вкрай вразливими до змін гідродинамічного режиму та надмірного рекреаційного тиску. Подальший розвиток інфраструктури (облаштування помостів та екостежок) дозволить впорядкувати логістику відвідувачів, мінімізувати фізичне пошкодження вразливих ділянок, трансформувати ці локації у повноцінні об'єкти геоспадщини та зберегти естетичну цінність об'єктів без обмеження їхньої рекреаційної функції.

Таким чином, травертиноутворюючі комплекси в межах паркових ансамблів Західного Поділля формують антропогенно спричинені, проте рідкісні морфотипи, які заслуговують на увагу як моделі сучасного травертиноутворення (м. Кам'янець-Подільський), або ж мають історичне, сакральне та природоохоронне значення (Малієвецький водоспад). Вони додають мальовничості парковим комплексам, у яких розташовані, а також є цікавими геотраційними об'єктами екологічного туризму та сприяють популяризації геологічної спадщини регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Борняк У., Рагуліна М., Орлов О. Травертинові гребені заходу України – цінні пам’ятки живої та неживої природи. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*. 2025. Вип. 39. С. 61–68. DOI <https://doi.org/10.30970/vgl.39.05>
2. Дідух Я.П., Чорней, І.І. Буджак В.В. та ін. Рідкісний туфогенний біотоп у басейні Дністра. *Український ботанічний журнал*. 2018. № 2. 149–159. DOI <https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.02.149>
3. Галецька О.В. Мандрівка за легендами Кам’янецького каньйону. Путівник. 2017. 40 с.
4. Парк-пам’ятка садово-паркового мистецтва “Кам’янець-Подільський парк”. URL: <https://www.npptovtry.org.ua/p023>
5. Свинко Й.М., Волік О.В. Травертинові скелі Середнього Придністров’я: Посібник-путівник. Тернопіль: Навчальна книга - Богдан, 2004. 44 с.
6. Lyons M. D., Kelly D. L. Monitoring guidelines for the assessment of petrifying springs in Ireland. *Irish Wildlife Manuals*. 2016. № 94. 73 p.
7. Megerle, H.E. Calcerous Tufa as Invaluable Geotopes Endangered by (Over-)Tourism: A Case Study in the UNESCO Global Geopark Swabian Alb, Germany. *Geosciences*. 2021, 11, 198. <https://doi.org/10.3390/geosciences11050198>
8. Przewdziecki A. Podole, Wolyn, Ukraina. Obrazy miejsc I czasow. Wilno, 1841. Т.ІІ. 157 s.

REFERENCES

1. Bornyak, U., Ragulina, M., Orlov, O. (2026). Travertynovi hrebni zakhodu Ukrayiny – tsinni pam"yatky zhyvoyi ta nezhyvoyi pryrody [Travertine ridges of western Ukraine – valuable monuments of living and non-living nature]. *Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya heolohichna*. Vyp. 39. S. 61–68. DOI <https://doi.org/10.30970/vgl.39.05> [in Ukrainian].
2. Didukh, YA.P., I.I. Chorney, V.V., Budzhak, Vashenyak, Yu.A., Korzhyk, V.P., Rozenblyt, Yu.V., Tokaryuk, A.I., Mykhaylyuk, T.I. (2018). Ridkisnyy tufohennyy biotop u baseyni Dnistra [Rare tufa forming habitat in the Dnister River basin]. *Ukrayins'kyi botanichnyy zhurnal*. № 2. 149–159. DOI <https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.02.149> [in Ukrainian].
3. Halets'ka, O.V. (2017). Mandrivka za lehendamy Kam"yanets'koho kan'yonu. Putivnyk. [Journey through the legends of the Kamianets-Podilskiy Canyon. Guidebook]. 40 s. [in Ukrainian].
4. Park-pam"yatka sadovo-parkovoho mystetstva “Kam"yanets'-Podil's'kyi park” [Park-monument of landscape art “Kamyanskyi Park”]. URL: <https://www.npptovtry.org.ua/p023> [in Ukrainian].
5. Svyenko, Y.M., Volik, O.V. (2004). Travertynovi skeli Seredn'oho Prydnistrov'ya: Posibnyk-putivnyk [Travertine rocks of Central Transnistria: Guidebook]. Ternopil': Navchal'na knyha - Bohdan. 44 s. [in Ukrainian].
6. Lyons, M. D., Kelly, D. L. 2016. Monitoring guidelines for the assessment of petrifying springs in Ireland. *Irish Wildlife Manuals*. № 94. 73 p.
7. Megerle, H.E. (2021). Calcerous Tufa as Invaluable Geotopes Endangered by (Over-)Tourism: A Case Study in the UNESCO Global Geopark Swabian Alb, Germany. *Geosciences*. 11, 198. <https://doi.org/10.3390/geosciences11050198>
8. Przewdziecki, A. (1841). Podole, Wolyn, Ukraina. Obrazy miejsc I czasow. Wilno. Т.ІІ. 157 s.

TUFAGENOUS COMPLEXES OF THE PARK ENSEMBLES OF WESTERN PODILLIA

Ulyana Bornyak¹, Marina Ragulina^{1,2}, Oleg Orlov²

¹*Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskoho Str., Lviv, Ukraine, 79005*
e-mail: u.bornyak@ukr.net

²*State Museum of Natural History of NAS of Ukraine, 18, Teatralna Str., Lviv, Ukraine, 79008*
e-mail: funaria@ukr.net; orlov0632306454@gmail.com

The petrifying springs complexes in park ensembles of Western Podillia on the example of the historical park at the Orlovsky's estate (Maliivtsi village, Kamianets-Podilskyi district, Khmelnytskyi region) and the park-monument of landscape art of local importance "Kamianets-Podilskyi Park" in the city of Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region were investigated. It was established that tufa-forming complexes within the park landscapes of Western Podillia are unique anthropogenic-natural formations. Note that they were not foreseen by the original projects, but were the result of redirecting the springs flow into one (Maliivtsi village) or several (Kamianetsia-Podilskyi City) narrow streams. As a result of the transformation of the hydrodynamics of the springs, rare anthropogenic morphotypes of the fluvial sedimentation model were formed – namely calcareous channel and tubes. The leading role in the formation of these objects is played by the synergy of physicochemical deposition and the vital activity of micro- and bryobiota. These organisms form both structural and textural features of the complexes – microbialites in the stream bed and pulvinoid and plexoid bryolites in the walls and slopes of the calcareous channels. The tufa-forming complexes demonstrate a high rate of regeneration and growth, but at the same time remain extremely vulnerable to changes in the hydrodynamic regime and high recreational pressure. Further development of infrastructure (construction of platforms and eco-trails) will allow to streamline visitor logistics, minimize mechanical damage of vulnerable areas, make these locations into integral geoheritage sites, and preserve their aesthetic value without limiting of recreational function. Thus, tufa-forming complexes within the park ensembles of Western Podillia form anthropogenic, but rare models of modern travertine formation and have high historical, sacred and environmental value. Due to their vulnerability to external influences, they require proper protection and planning of conservation measures. The tufa-forming complexes give interesting relief shapes to the park landscapes in which they are located, and are also interesting geo-attractions sites for ecological tourism and contribute to the popularization of the geological heritage of the region of Western Podillia.

Key words: petrifying springs, nature monuments, geological heritage, nature conservation, ecological tourism.

Дата першого надходження статті до видання: 22.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026