

ТРАВЕРТИНОВІ ГРЕБЕНІ ЗАХОДУ УКРАЇНИ – ЦІННІ ПАМ'ЯТКИ ЖИВОЇ ТА НЕЖИВОЇ ПРИРОДИ

Уляна Борняк¹, Марина Рагуліна^{1, 2}, Олег Орлов²

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 географічне поширення травертинових гребенів у межах заходу України. Дотепер в Україні був відомий лише один такий гребінь, розташований біля с. Криниця та одна труба – на водоспаді «Монаші сльози» біля с. Жизномир (обидва – Тернопільська область). Автори виявили ще один подібний об'єкт на теренах Львівщини: водоспад «Змійка», описаний на південній околиці села Малі Грибовичі.

Сучасна форма відкладів – гребенів чи труб, спричинена втручанням людини в природне функціонування джерел. Каптування на витоках зумовлює зміни їхнього гідродинамічного режиму, що призводить до перебудови в морфології цих утворень. З'ясовано, що в догосподарчий період на площині схилів в усіх обстежених локаціях сформувалися ущільнені травертинові відклади першої генерації. Каптування джерел призвело до інактивації травертиноутворення по площині схилів та, через зміну характеру водотоку, ініціювало формування нового морфотипу – травертинового гребеня.

Первинно побудова стінок жолоба відбувається за участі фотосинтезувальних організмів так: мохоподібні заселяють латеральні, первинно пласкі ділянки водотоку, де вода є теплішою, а течія – менш стрімкою. Із часом їхні фосилізовані рештки формують пухкі бріоліти, які поступово збільшуються догори та вниз. В активних бріолітах ріст живих мохів завжди випереджає темпи кальцифікації дернини, підтримуючи неперервність процесу туфоутворення. Після сильних злив потоки можуть переливатися через краї, зумовлюючи наростання «крил» обабіч основного жолоба, іноді досить широких. Також цьому сприяє вода, що просочується крізь тріщини та пори центрального каналу.

Незважаючи на антропогенне походження, травертинові жолоби є надзвичайно вразливими та нестійким до впливу людської діяльності. Руйнування їхніх каналів зумовлює переспрямування потоків води та порушує крихкий природний баланс біо- та абіогенних процесів, унаслідок чого туфоутворення на окремих ділянках може бути незворотно інактивовано.

Зважаючи на морфологічну винятковість та специфіку біо- та абіотичного складників, травертинові гребені є перспективними об'єктами природно-заповідного фонду України.

Ключові слова: травертин, гребінь, вапняковий туф, пам'ятка природи, захід України.

Постановка проблеми. Травертинові гребені – це морфологічний різновид відкладів травертинів (вапнякових туфів) джерельної моделі формоутворення. Вони вирізняються лінійним підвищенням водотічного каналу, зберігаючи при цьому потік по центральній, підвищеній, частині хребта. Головно вони є продуктами діяльності джерел на стрімких схилах та утворюються в результаті складної комплексної взаємодії абіотичних

та біотичних чинників. Так, осадження карбонатів кальцію магнію відбувається на певній відстані від витоків джерела, в умовах переважального росту мохів та пов'язаного з ним осадження карбонату в ареалі крапельного розпилення та в маргінальній зоні потоків. Так, русло струмка стає піднятим, а підвищення країв утруднює бічне переливання. Латеральний перелив та зміщення відбуваються із затримкою, так що відклади, зрештою, розширюються, утворюючи напівконічні туфові структури, що мають назву *сгоне* або *сг'анієр* (корона, вінець) французькою, *hangtuff* (висячий туф) та *steinerne rinne* (кам'яний жолоб) німецькою [7; 10]. У розрізі типовий травертиновий гребінь має трикутну форму, симетрично або асиметрично розділену центральним каналом з водним потоком.

Зважаючи на особливі умови утворення, унікальність та незначну поширеність, ці об'єкти залишаються недостатньо дослідженими. Проблема полягає у відсутності систематизованих даних щодо передумов формування, визначення ролі абіотичних і біотичних чинників, географічного поширення в межах України.

Аналіз досліджень. Травертинові гребені рідкісні скрізь у світі. У Європі вони здебільшого сконцентровані на теренах Баварії (Німеччина). Окремі з них комплексно описані В. Фойгтлендером ще у 60-х рр. минулого сторіччя [11; 12]. Пізніше більш детально досліджено мікробіоту організмів-кальцифікаторів, що оселяються на поверхні туфів – ціанобактерій та діатомових водоростей [6; 8; 9]. Найбільші та найцікавіші з «кам'яних жолобів» у Німеччині є геологічними пам'ятками природи – геосайтами [5].

В Україні наразі офіційно відомий лише один такий гребінь, розташований біля с. Криниця (Тернопільська область), який у 2022 р. отримав статус об'єкта ПЗФ як геологічна пам'ятка природи місцевого значення «Криницький травертин» [2]. Криницький гребінь вперше описав П. Площанський [4]. Також у працях цього дослідника згадується інша форма відкладів, генетично пов'язана із цим морфотипом – травертинова труба [3; 4].

Мета – установити географічне поширення в межах заходу України травертинових гребенів; визначити передумови їх формування, роль абіотичних та біотичних чинників, цих унікальних морфологічних різновидів травертинових відкладів (вапнякових туфів), з метою обґрунтування їх наукової та природоохоронної цінності.

Матеріалом для написання статті слугували вапнякові туфи (травертинові гребені) в межах заходу України, розташовані біля с. Криниця (Монастирська МТГ Тернопільської області), водоспад «Монаші сльози» біля с. Жизномир (Бучацька МТГ Тернопільської області) та на південній околиці села Малі Грибовичі (Львівська МТГ Львівської області).

Дослідження здійснювалися детальним польовим маршрутним методом. Для кожної з локацій зазначали: розташування та геоморфологічні особливості, ступінь природності витоків та русла, характер процесів туфонагромадження, форму туфових утворень, склад та характер рослинності. Зібрані зразки травертинів аналізували в камеральних умовах. Палеоботанічний матеріал ідентифікували стандартним порівняльно-морфологічним методом з використанням оптичної мікроскопії.

Виклад основного матеріалу. Проведені дослідження на теренах заходу України дали змогу обстежити та описати три об'єкти з травертиновими гребнями.

1. Травертинове джерело «Змійка»

Розташоване на південній околиці села Малі Грибовичі (Львівська МТГ Львівської області). Джерело розвантажується на контакті світло-сірих мергелів верхньої крейди та карбонатних порід неогенової системи на правому борті річкової долини Старої Ріки (Грибовицького потоку). Далі воно стікає стрімким схилом, формуючи мальовничий гребінь, а за його межами має коротке спрямлене русло, довжиною близько 10 м.

Досліджуване джерело є здавна загосподарьованим. Старий напівзруйнований каптаж у формі прямокутного мурованого водозбірника нагадує «водяну комору» (нім. brunnenstube) часів Австро-угорської імперії (сер. XVIII – поч. XIX ст.). Можна припускати, що водотік джерела є зарегульованим уже понад 100 років. Новий бетонний каптаж, розташований за 5 м, має форму циліндра з металевою трубою, під якою утворився потужний травертиновий наріст, рясно вкритий мохами. Сучасна форма водоспаду утворена за участі людини, бо саме каптування джерела зумовило зміни його гідродинамічного режиму і, як наслідок, відобразилося на морфології відкладів [1].

У догосподарчий період, коли джерельні води самотоком стікали по площині схилу, сформувалися травертинові відклади першої генерації. У наш час вони згладжені, але й дотепер добре помітні. Потужність відкладів у центральній частині – більш ніж 0,3 м. Попри значну задернованість, замуленість та часткову деградацію приповерхневих шарів, обриси численних терас і досі виразно читаються в тілі травертину. Вони мають віялоподібну форму та в найнижчій ділянці схилу досягають розмірів понад 10 м. Забарвлення – жовтувато-сіре, структура – мікродетритова, дещо ущільнена, іноді інкрустована відбитками листя дерев, зокрема верби (*Salix* sp.). Каптування джерела призвело до інактивації травертиноутворення по площині схилу, але зміна характеру та гідродинаміки витоків призвела до формування нового морфотипу – гребеня [1].

Зараз від самого витoku потік спадає доволі похилим (до 5°) та злегка ступінчастим завдяки давнім терасам тіла травертину схилом. Вже тут, у руслі, спостерігаються ініціальні форми травертиноутворення, представлені відкладенням мінеральної речовини на гілках і листі. Нижче за течією, на відстані ~15 м від витoku, на стрімкішій (до 10°) ділянці схилу, з'являються мікротераси та мікробасейни, подекуди обабіч потоку наростають підняті борти, сформовані туфоутворюючою бріобіотою: тут вони мають переривчастий характер та не утворюють суцільної смуги. Надалі процес бортоутворення помітно активізується: крутизна зростає (до 15°), а борти формують суцільний жолоб. Топографія схилу зумовлює звивистий характер русла і, відповідно, травертинового ложа. У ньому формуються численні невеличкі водоспади та ерозійні котли, зумовлені спаданням води. Саме тут чітко проявляються основні морфологічні елементи травертинового гребеня. Проте найвиразнішим він стає вже на наступній ділянці, де ухил різко зростає (до 30°): потічок спрямляється, а жолоб заглиблюється в тіло гребеня до 10 см та стає вузьким.

У побудові гребеня активну участь беруть живі організми. Безпосередньо на контакті з водою канал вистелено слизуватим чохлам ціанобактерій, які поступово кальцифікуються та утворюють щільну кірку. Такі обростання добре помітні та мають яскраве забарвлення. У ньому чергуються різнокольорові плями неправильної форми: від темно-зелених до майже чорних і різних відтінків жовтого та вохряного, що створюють ефект «шкіри саламандри». Колонії формують гладенькі бактеріальні мати, в утворенні яких провідну роль відіграють представники порядку Oscillatoriales (*Lyngbya* sp., *Leptolyngbya* sp., *Phormidium* sp.) За межами центрального русла жолоб з обох боків побудований туфоутворювальною бріобіотою, головно – амфібійними листяними мохами родини Amblystegiaceae (*Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra та *Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce). Крила водоспаду також вкриті рясним покривом туфотвірних мохоподібних, а тому збудовані головно бріолітами [1].

Роль судинних рослин у побудові жолоба є незначною та переважно пасивною. Відпад дрібних гілок, що потрапили у водотік, швидко вкривається кіркою. Листя дерев і кущів, що ростуть поблизу, не створює виразних сезонних шарів – вочевидь, воно змивається водою чи зноситься вітром. У нижній частині гребеня в мохових подушках росте *Poa trivialis* L. – трав'яна рослина з короткими повзучими кореневищами, здатними проникати

в пористу породу й закріплюватись у ній. Так, стебла і листя цього злаку опиняються вбудованими в каркас відкладів [1].

Мальовничий каскад є безперечно цікавим та своєрідним геоатрактивним об'єктом та міг би бути «родзинкою» екскурсійних маршрутів північними околицями м. Львова. Проте будь-яке механічне навантаження, як-от ходіння по травертинах чи відламування їх фрагментів, заходи очистки та поглиблення русла має бути суворо обмежене.

Джерело «Змійка» є унікальним для території Львівської області морфологічним різновидом травертинових відкладів. Воно має не лише естетичну, а й високу науково-пізнавальну цінність як приклад сучасного мінералоутворення, який надає можливості для вивчення динамічних процесів туфоутворення в режимі реального часу.

2. Криницький хребет

Розташований у Коростятинському лісі біля с. Криниця (Бучацька МТГ Тернопільської області). Тут на стрімкому схилі сформувався мальовничий звивистий гребінь довжиною близько 30 м [4].

Криницький хребет є сучасним, доволі молодим утвором. Досліджуване джерело загосподарьоване із 70-х рр. ХХ ст., тобто близько 50 років. Вище по схилу над гребенем розміщено водозабір, з якого організоване водопостачання до садиб північної частини с. Криниця. Водотік, який формує гребінь, виливається з труби, через яку здійснюється розвантаження водозабору, що запобігає перевищенню допустимого тиску у водогоні. Слід зазначити, що каптаж на схилі здійснено роздільно з кількох окремих джерел, з подальшим збором води в загальну водозбірну камеру, з якої скидається залишкова вода. Так, сучасна форма відкладів спричинена втручанням людини в природне функціонування джерел. Установлення каптажу призвело до спрямування води, що вільно розтікалася схилом, в один потужний потік та, як наслідок, призвело до трансформації віялової форми водоспаду у вузький гребінь із центральними каналами.

Як й у випадку джерела «Змійка», до втручання людини на площині схилу сформувалися жовтувато-сірі, дещо ущільнені травертинові відклади першої генерації. Каптування джерела призвело до інактивації травертиноутворення по площині схилу. У наш час ці відклади перекриті опалим листям, задерновані, їх межі згладжені, замулені, слабко зчитуються в рельєфі, а приповерхневі шари частково деградовані. Потужність відкладів у центральній частині – більш ніж 0,4 м. Очевидно, що ці відклади мали віялоподібну форму та в найширшій ділянці схилу досягали розмірів понад 20 м.

Від витoku потік спадає доволі похилим (до 5°) та злегка згладженим, ступінчастим завдяки давнім терасам тіла травертину, схилом формуючи русло з ініціальними формами травертиноутворення, а нижче за течією, на відстані ~7 м від витoku, на стрімкішій (до 10°) ділянці схилу, з'являються мікротераси та мікробасейни, з уже дещо піднятими бортами. Саме ця ділянка зараз є найбільш вразливою для механічних руйнувань, оскільки лісові мешканці – косулі та кабани – уподобали її для втамування спраги, при цьому ламаючи слабко сформовані, крихкі борти потоку, провокуючи численні бокові потічки, через що основний потік зневоднюється й не живить гребінь у повному обсязі. За сприятливих умов, на відтинку з крутизною схилу до 25° процес бортоутворення був найактивнішим. Тут сформувався суцільний жолоб, навколо якого щороку наростали бокові стінки. Менш ніж за пів століття на схилі утворився звивистий гребінь довжиною понад 30 м, із шириною в основі конуса від 0,5 до 1,5 м та висотою до 1,5 м. Ширина жолоба – 3–5 см, а сам жолоб заглиблюється в тіло гребеня від 2,5 до 5 см. У ньому формуються численні невеличкі водоспади, ерозійні котли, зумовлені спаданням води та 2 басейна, діаметром до 20 см. Крила гребеня мають різну висоту на окремих відтинках, що спричинено топографією схилу. У нижніх ділянках, на контактi з ґрунтом, текстура шарувата, фіксуються численні

сезонні шари, потужністю 0,7–2 см, інкрустовані листям та гілками дерев, головно – буків. Схожі текстури, лише ущільнені, характерні для тіла травертину першої генерації.

Провідну роль у складі сучасної туфотвірної біоти відіграють мохоподібні. Цікаво, що визначальне значення в оселенні бріобіоти тут мають особливості мікрорельєфу, що зумовлюють різницю екологічних умов на правому та лівому схилах хребта. Так, південний, освітлений борг гребеня, що добре прогрівається, формують подушкоподібні бріоліти за переважаючого *Didymodon topheaceus* (Brid.) Lisa, північний, більш затінений – складений таломними листуватими бріолітами за домінування *Marchantia quadrata* Scop. Такий розподіл зумовлює відмінності текстури у відкладах бортів водоспаду. Ложе потоку вистелено гладеньким килимковим строматолітом за участі нитчастих ціанобактерій, головно – *Phormidium incrustatum* Nägeli ex Gomont.

Зазначимо, що Криницький травертин, як унікальна пам'ятка природи [2], потребує посилення заходів охорони через періодичне механічне пошкодження стінок жолоба, що відводить потік води та, як наслідок, інактивує туфоутворення через відмирання едифікаторної біоти. Це загрожує пересиханню травертинового утвору з подальшими його руйнуванням через процеси ерозії (вивітрювання). Тому доцільним є встановлення горожі, що обмежить доступ диких тварин до травертинового гребеня.

3. Водоспад в урочищі Монастирок

Мальовничий водоспад розташований в урочищі Монастирок на правому березі р. Стрипи біля с. Жизномир. Водоспад відомий під назвою «Монаші Сльози» та формується потічком, що витікає з джерела вище по схилу, поряд із руїнами монастиря Преображення Господнього. Джерело є здавна загосподарьованим, щонайменше – від початку заснування обителі на початку XVII ст. Зараз вода витікає з металевої труби в кам'яній підпірній стінці, з установленою в ніші сакральною скульптурою, та одразу потрапляє в невеликий мурований басейн, з якого рухається далі по рукотворному жолобу, обкладеному каменем. Далі 30 м збігає пологим схилом до крутого урвища, перед яким розтікається на два потоки, що спадають зі скелі, утворюючи два рукави водоспаду, які нагадують «очі, що плачуть».

Однозначно можемо стверджувати, що сучасна форма водоспаду спричинена втручанням людини: каптування джерела, як і на попередніх об'єктах, зумовило зміни гідродинамічного режиму та перебудову в морфології відкладів.

Слід зазначити, що сучасний водоспад сформований на скелях, складених травертиновими відкладами (вапняковими туфами) першої генерації, утвореними джерелом у догосподарчий період. Крім того, монастир, який у різних джерелах датується XV–XVII століттями, був зведений, коли скеля уже існувала, оскільки травертини з неї використано в будівництві – тесані блоки із цього матеріалу можна бачити в мурованих стінах, що збереглися донині. Поверхня материнського утворення задернована, надто деградована, обриси читаються невиразно, але навіть за такого рівня деструкції первинного масиву можна стверджувати, що тіло травертину мало віялоподібну форму, а потужність відкладів у його центральній частині досягала більш як 2 м, а в нижній, найширшій частині – понад 20 м.

Під шапкою скелі сформована печера Жизномир, вхід до якої розташований в основі скелі під водоспадом [3]. На жаль, зараз травертиновий навіс опустився так низько, що внеможливив вхід до печери. Проте в стінках гроту при вході ще можна роздивитись основні характеристики травертинових відкладів: породу жовтувато-сірого забарвлення із шаруватою текстурою, пласти, що залягають субгоризонтально та мікродетритову, дещо ущільнену структуру.

Водоспад спадає стрімкою субвертикальною стінкою травертинового масиву двома потоками води, формуючи два окремі гребені. Для цих утворень характерною є невелика

ділянка (до 30 см) з ініціальними формами травертиноутворення, яка локалізується в місці спадання води зі скелі. На стрімкій ділянці схилу обабіч потоку наростають підняті борти, сформовані туфоутворювальною бріобіотою: на відстані до 40 см вони мають переривчастий характер та не утворюють суцільної смуги, а далі борти формують суцільний жолоб. Топографія схилу зумовлює формування прямоспадних травертинових гребенів протяжністю 5 м із шириною крил від 0,5 м. у верхній частині до 2,5 м у нижній. Особливістю одного з описаних гребенів є змикання бортів та формування унікального закритого каналу (кам'яної труби) завдовжки близько 3 м та зовнішнім діаметром понад 0,5 м. Ця труба є формою еволюції травертинового гребеня та наразі відома лише з однієї локації [3; 4]. Щодо точного віку цього утвору, то він достеменно не відомий. Проте на деталізованій літографії польського художника М. Стечінського «Szczałki Monasteru w Buczaczu w obwodzie Stanisławowskim», опублікованій у путівнику по околицям Галичини [10], зображено Жизномирський водоспад станом на 1847 р. На ній можна бачити, що струмені спадають відкритими потоками, а грот у підніжжі водоспаду є досить високим та доступним для прогулянок відвідувачами. Отже, можна стверджувати, що закритий канал на Жизномирському водоспаді утворився менш ніж за 170 років та є сучасним утвором.

У побудові гребеня активну участь беруть живі організми, головню – туфогенні мохоподібні за участі крупних таломних маршантіофітів *Conocephalum conicum* (L.) Dumort. та *Marchantia quadrata* Scop., а також плетивних *Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce та подушкових *Didymodon tophaceus* (Brid.) Lisa бріофітів. Ложе каналів вистелено гладким ціанобактеріальним матом за участі діатомових та зелених мікродоростей. Також у травертинову товщу вбудовуються рештки судинних рослин, насамперед листя та гілочки, що потрапили до водотоку.

Зазначимо, що оригінальний за будовою водоспад не має природоохоронного статусу, тоді як руїни монастиря є пам'яткою архітектури національного значення –

«Жизномирський монастир Преображення Господнього». Уважаємо, що територія, на якій розташоване джерело з водоспадом, заслуговує на надання їй статусу заповідного урочища.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Установлено, що усі описані морфотипи (гребені та труби) мають антропогенне походження й зумовлені каптування джерел на витоках, а тому й переспрямування потоку води одним або кількома вузькими струменями.

Каптування джерел докорінно змінює природну гідродинаміку джерела, а тому й інактивує первинні материнські масиви віялоподібної форми та спричинює наростання вузького гребеня із центральними жолобом. На урвистих субвертикальних ділянках таких потоків може відбуватися змикання стінок гребеня, унаслідок чого формується унікальний травертиновий канал-труба.

Характер русла, морфологія та протяжність гребенів прямо залежать від мікропографії схилу та опосередковано – від складу та фізіогноміки туфотвірної біоти, розподіл якої визначається здебільшого експозицією бортів і характером течії.

У формуванні гребенів активну участь бере туфотвірна біота, насамперед мохоподібні та ціанобактерії, які формують різноманітні за своєю текстурою бріоліти та строматоліти відповідно.

Серед досліджуваних водоспадів лише один належить до природно-заповідного фонду України – геологічна пам'ятка природи місцевого значення «Криницький травертин» (з 2022 р.). Два інші водоспади – «Змійка» (с. Малі Грибовичі) та «Монаші сльози» (с. Жизномир), зважаючи на свою морфологічну винятковість та специфіку біо- й абіотичного складників, є перспективним об'єктами природно-заповідного фонду України та мають якнайшвидше отримати природоохоронний статус.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Борняк У. І., Рагуліна М. Є., Орлов О. Л. Травертинове джерело «Змійка» – перспективна пам'ятка природи (Львівська область). *Наук. зап. Держ. природознавч. музею*. Львів, 2024. 40. С. 171–174.
2. Геологічна пам'ятка природи «Криницький травертин». URL: <https://dnistercanyon.pp.ua/index.php/uk/ob-iekty-dnistrovskoho-kanionu/flora/625-tsikava-pryroda31-01-23>
3. Площанський П.М. Печери у травертинових скелях басейну річки Стрипа. *Наукові засади природоохоронного менеджменту екосистем каньйонового Придністров'я: матеріали Першої міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої сторіччю ботанічних досліджень у регіоні (11-12 вересня 2014 р. м. Залищики)*. Львів : Ліга-Прес, 2014. С. 163–169.
4. Площанський П. М. Травертинове утворення в урочищі “Криниця”, як потенційний об'єкт природно-заповідного фонду. *Прагматичні аспекти діяльності національних природних парків у контексті збалансованого розвитку: матер. міжнар. наук.-практ. конф. (17-19 верес. 2015 р., смт Берегомет, Чернів. обл., Україна)*. Чернівці : ТОВ «Друк Арт», 2015. С. 265–268.
5. Geotope und Geotopschutz. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). URL: www.lfu.bayern.de
6. Gernot A., Bissett A., Brinkmann N. et al. Tufa-forming biofilms of German karstwater streams: Microorganisms, exopolymers, hydrochemistry and calcification. *Geological Society, London, Special Publications*. 2010. V. 36. P. 83–118.
7. Golubić S., Violante C., Plenković-Moraj A. et al. Travertines and calcareous tufa deposits: An insight into diagenesis. *Geologia Croatica*. 2008. 61/2-3. P. 363–378.
8. Reichardt E. Die Diatomeenflora der «Steinernen Rinnen» in Mittelfranken. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft*. 1982. B. 53. S. 97–112.
9. Reichardt E. Die Kieselalgenflora (Bacillariophyceae) des Wachsenden Steins von Usterling. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora*. 1995. B. 65. S. 87–92.
10. Stęczyński M.B. Okolice Galicyi. Lwów: wyd. K. Jabłoński, 1847. 172 s.
11. Voigtländer W. Eine «Steinerne Rinne» auf der Baun-Alm bei Bad Tölz. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Alpenpflanzen und -Tiere*. 1967. B. 32. S. 86–93.
12. Vogtländer, W. Der Wachsende Stein in Usterling. *Berichte Naturwissenschaftliche Verein Landshut*. 1968. B. 25. S. 9–26.

REFERENCES

1. Bornyak, U., Ragulina, M., Orlov, O. (2024). Travertynove dzherelo «Zmyyka» – perspektyvna pam'yatka pryrody (L'viv's'ka oblast') [Travertine spring "Zmeyka" – a promising natural monument (Lviv region)]. *nauk. zap. Derzh. pryrodnavch. muzeyu*, 40. 171–174.
2. Heolohichna pam'yatka pryrody «Krynyts'kyu travertyn» [Geological natural monument "Krynytsia travertine"]. Retrieved from: <https://dnistercanyon.pp.ua/index.php/uk/ob-iekty-dnistrovskoho-kanionu/flora/625-tsikava-pryroda31-01-23>
3. Ploshchans'kyi, P. (2014). Pechery u travertynovykh skelyakh baseynu richky Strypa [Caves in the travertine rocks of the Strypa River basin]. *Naukovi zasady pryrodookhoronnoho menezhmentu ekosystem kan'onovoho Prydnistrov'ya: materialy Pershoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsiyi, prysvyachenoi storichchyu botanichnykh doslidzhen' u rehioni*. L'viv Liha-Pres. 163–169.
4. Ploshchans'kyi, P. (2015). Travertynove utvorennia v urochys'khi “Krynytsya”, yak pokazovyy ob'yekt pryrodno-zapovidnoho fondu [Travertine formation in the "Krynytsia" tract, as a potential object of the nature reserve fund]. *Prahmatychni aspekty diyal'nosti natsional'nykh pryrodnykh parkiv u konteksti zbalansovanoho rozvytku: mater. mizhnar. nauk.-prakt. konf.* Chernivtsi TOV “Druk Art”. 265–268.
5. Geotope und Geotopschutz. *Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)*. Retrieved from: www.lfu.bayern.de
6. Gernot, A., Bissett, A., Brinkmann, N., Cousin, S., de Beer, D., Friedl, T., Mohr, K., Neu, T., Reimer, A., Shiraiishi F., Stackebrandt, E., Zippel, B. (2010). Tufa-forming biofilms of German karstwater streams: Microorganisms, exopolymers, hydrochemistry and

- calcification. *Geological Society, London, Special Publications*, 36. 83–118. doi:10.1144/SP336.6
7. Golubić, S., Violante, C., Plenković-Moraj, A., Grgasović, T. (2008). Travertines and calcareous tufa deposits: An insight into diagenesis. *Geologia Croatica*, 61/2-3. 363–378. doi:10.4154/GC.2008.28
 8. Reichardt, E. (1982). Die Diatomeenflora der «Steinernen Rinnen» in Mittelfranken. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft*, 53. 97–112.
 9. Reichardt, E. (1995). Die Kieselalgenflora (Bacillariophyceae) des Wachsenden Steins von Usterling. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora*, 65. 87–92.
 10. Stęczyński, M. (1847). *Okolice Galicyi*. Lwów: wyd. K. Jabłoński.
 11. Voigtländer, W. (1967). Eine «Steinerne Rinne» auf der Baun-Alm bei Bad Tölz. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Alpenpflanzen und -Tiere*, 32. 86–93.
 13. Vogtländer, W. (1968). Der Wachsende Stein in Usterling. *Berichte Naturwissenschaftliche Verein Landshut*, 25. 9–26.

CALCAREOUS TUSA CHANNELS OF WEST OF UKRAINE – VALUE OBJECTS OF LIVING AND INANIMATE NATURE

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

¹ Ivan Franko Lviv National University, Hrushevskoho Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005

e-mail: u.bornyak@ukr.net

² State Museum of Natural History of NAS of Ukraine, Teatralna Str., 18, Lviv, Ukraine, 79008

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

The geographical distribution of calcareous tufa stone channels within the territory of western Ukraine has been investigated. It has been established that, until recently, only one such channel was officially known in Ukraine, located near the village of Krynytsia (Ternopil region) and one tufa tube situated within the “Monashi Sliozy” waterfall near the village of Zhyznomyr (Buchach STG, Ternopil region). The authors have identified and described another similar features: the “Zmijka” waterfall, situated on the southern outskirts of the village of Mali Hrybovychi (Lviv STG, Lviv region).

The modern morphology of the deposits is the result of human intervention in the natural functioning of the springs: spring tapping at their sources has altered their hydrodynamic regime and, consequently, the morphology of the deposits. It has been determined that, in the pre-anthropogenic period, consolidated tufa deposits of the first generation formed across the slope surfaces at all surveyed locations. The tapping of the springs has led to the inactivation of tufa formation across the slopes. However, this process also triggered the emergence of a new morphotype such the stone channel is resulting from the altered flow dynamics.

Photosynthetic organisms apparently facilitate the construction of the channel walls in the following way: bryophytes colonize the lateral, originally flat sections of the watercourse where the water is warmer and the current less turbulent. Over time, their fossilized remains form loose bryolithes, which gradually grow both upwards and outwards. In active bryolithes, the growth of living mosses consistently outpaces the rate of turf calcification, maintaining the continuity of tufa formation. After heavy rainfall, water flows may overflow the edges, promoting the development of lateral “wings” alongside the main channel, which can become quite wide. Additionally, water seeping through fissures and pores of the central channel further contributes to this growth.

Despite their anthropogenic origin, tufa stone channels are extremely fragile and highly sensitive to human activity. Damage to their conduits causes the redirection of water flows and disrupts the delicate natural balance of biotic and abiotic processes, potentially leading to the irreversible inactivation of tufa formation in certain areas.

These picturesque ridges represent unique geoattractive features and could serve as potential highlights of excursion routes. Considering their morphological distinctiveness and the specific interplay between biotic and abiotic factors, tufa stone channels should be regarded as highly promising candidates for inclusion in Ukraine’s natural reserve fund.

Key words: calcareous tufa, stone channel, natural monument, western Ukraine.

Дата надходження статті: 28.07.2025

Дата прийняття статті: 25.08.2025

Опубліковано: 29.10.2025