

взірці води висівали на диференційно-діагностичні поживні середовища (кров'яний агар, середовище Ендо, жовтково-сольовий агар з манітом, ентерокок агар, агар Сабуру); ідентифікацію ізолятів здійснювали з використанням комерційних тест-систем Entero -test, Strepto-test, Staphylo-test та ін. виробництва Erba Lachema, Чехія. Антибіотикочутливість ізолятів визначали згідно EUCAST; здатність до утворення біоплівки з використанням 96-мікротитраційних планшетів, наступним вирощуванням культур у бульйоні, фарбуванням генціанвіолетом та вимірюванням оптичної густини.

Проведені нами 5 річні дослідження мікробіоти води у річці Уж на моніторингових ділянках, вказують, що у взірцях, відібраних на територіях поблизу каналізаційних стоків персистують мікроорганізми, що відносяться до санітарно-показових та характеризуються факторами патогенності й множинною резистентністю до антимікробних препаратів.

Одним з факторів, які сприяють виживанню мікроорганізмів у навколишньому середовищі, в тому числі у поверхневих водах, є їх здатність до формування біоплівок. У складі біоплівок можуть існувати, як непатогенні, так і патогенні форми мікроорганізмів, що створює ризики передачі факторів патогенності та резистентності бактерій до антимікробних фармацевтичних препаратів. Саме біоплівкотвірним умовно-патогенним мікроорганізмам характерна множинна стійкість до антибіотичних речовин. Водночас множинна резистентність може бути одним з чинників подальшого розповсюдження генетичних детермінант стійкості до антибіотиків. Резистентні фенотипи у генетично неоднорідній популяції становлять небезпеку в розповсюдженні мультирезистентних мікроорганізмів в довкіллі.

Для тестування на здатність утворення біоплівки обрали штами антибіотикорезистентних *Escherichia coli* виділених із зразків води річки Уж на ділянках з різним рівнем антропогенного навантаження. В ході проведення досліджень з визначення чутливості виділених мікроорганізмів із зразків води встановлено що бактерії роду *Escherichia* характеризувалися резистентністю до двох і більше класів антибіотиків, що спонукало до вивчення їх здатності формувати біоплівки. Проведені дослідження показали що найбільшу здатність до біоплівкоутворення проявляли ізоляти роду *Escherichia* виділені з техногенно-трансформованої території – 38 ізолятів та урбанізованої місцевості - 17 ізолятів.

За результатами аналізу щільності утворення біоплівки встановлено, що 45% штамів формували біоплівку високої щільності. Найбільше біоплівкотвірних ізолятів було виділено з взірців води поблизу каналізаційних стоків. Виділені біоплівкотвірні штами мікроорганізмів *E. coli* проявляли найвищий рівень резистентності до антибіотиків природного походження та аміноглікозидів II покоління. Порівняльний аналіз резистентності планктонних мікроорганізмів показав найбільшу чутливість до фторхінолонів IV покоління та карбапенемів.

Отже, проведені дослідження вказують на значний рівень розповсюдження мультирезистентних біоплівкотвірних бактерій у водному середовищі. Високі концентрації забруднювальних речовин створюють несприятливі умови для існування, за яких мікроорганізми здатні трансформуватися в різні форми та набувати нових ознак з метою виживання в навколишньому середовищі.

## Оселище вуглекислих залізистих травертинових джерел Міжгірської Верховини (Українські Карпати)

Марина РАГУЛІНА<sup>1</sup>, Олег ОРЛОВ<sup>1</sup>, Уляна БОРНЯК<sup>2</sup>, Роман ДМИТРУК<sup>2</sup>, Любов КИТ<sup>2</sup>

1- Державний природознавчий музей НАН України, Україна; e-mail: funaria@ukr.net; orlov0632306454@gmail.com

2- Львівський Національний університет ім. І. Франка, Україна; e-mail: u.borniak@ukr.net; roman.dmytruk@lnu.edu.ua; kit.lyuba.lviv@gmail.com

Вуглекислі мінеральні води (далі – ВМВ) приурочені до молоді альпійської складчастості (Карпати, Крим, Альпи, Кавказ, Памір тощо). Ці води є переважно прохолодними та слабо

мінералізованими (прісними або солонуватими: 1-10 г/дм<sup>3</sup>). З усіх мінеральних вод вони характеризуються найвищою газонасиченістю (1,5-18 г/дм<sup>3</sup>) та збагаченістю вуглекислим газом метаморфічного походження. Зазвичай, ВМВ мають гідрокарбонатно-кальцієвий склад та виходять на денну поверхню у вигляді пульсуючих джерел. У місцях виходу, ВМВ втрачають частину вуглекислоти, внаслідок чого навколо джерел відкладається твердий карбонат кальцію – вапняковий туф (травертин). В Україні ВМВ переважно поширені в Карпатах та Криму.

Травертини в Карпатах, зазвичай, приурочені до джерел пластових гідрокарбонатних кальцієво-магнієвих вод (водоносні горизонти флішових відкладів крейдового віку), або мінеральних вуглекислих вод (переважно гідрокарбонатних натрієво-кальцієвих). Травертини утворені головню кальцитом, часто озалізовані, що зумовлено підвищеним вмістом заліза у воді з якої вони осаджуються. Розмір травертинових тіл змінюється від 1-2 до 40-50 м., потужність від 1-2 см до 5-10 м.

Вуглекислі води гідрокарбонатно-кальцієвого складу є однією з найбільших груп мінеральних вод Закарпаття. Найвищий вміст кальцію (до 656,0 г/л) мають ВМВ Сойминсько-Келечинської групи, поширені в межах фізико-географічного підрайону Міжгірської верховини. Такі води вирізняються з-поміж інших ВМВ високим вмістом заліза (до 59,0 г/дм<sup>3</sup>) та належать до залізистих. Багатьом джерелам притаманний також підвищений вміст марганцю (до 2,5 г/дм<sup>3</sup>). За температурою вони належать до холодних (+11,0-14,0 °C), за реакцією середовища – від слабкокислих до нейтральних (рН 5,0-6,4).

Унікальні ВМВ відомі здавна та описані у фундаментальних працях угорських (та чеських) дослідників (Szilágyi I., Wiesner F.) наприкінці XIX – початку XX ст. Сьогодні понад 30 джерел вуглекислих залізистих мінеральних вод (далі – ВЗМВ) району є об'єктами природно-заповідного фонду (далі – ПЗФ) і мають статус гідрологічних пам'яток природи місцевого значення.

Специфічний мінеральний склад та локальне поширення ВЗМВ Міжгірської верховини викликають значне зацікавлення до вивчення цих своєрідних утворів, зокрема, їх геолого-гідрологічної та біотичної складової, які дотепер залишались поза увагою дослідників.

У формуванні травертинів залізистих джерел скрізь у світі активну участь беруть живі організми – бактерії та водорості. Серед бактерій провідними групами є ціанобактерії (*Cyanobacteria*), головню – представники порядку *Oscillatoriales* та залізобактерії, представлені двома класами: термофільними *Zetaproteobacteria*, приуроченими до гарячих джерел та психро-мезофільними *Betaproteobacteria*, які колонізують холодні та помірно-холодні води (до 20°C). Водорості залізистих травертинових джерел (як термальних, так і холодних) головню репрезентовані групами *Bacillariophyta* та *Chlorophyceae*. Цікаво, що певні види діатомових водоростей, зокрема *Pinnularia ferroindulgentissima* Czarneski et Cawley 1997, є високо-спеціалізованими до існування у сильноокислих, збагачених залізом водах.

Навесні 2023 р. нами було обстежено кілька джерел, а саме гідрологічні пам'ятки природи місцевого значення: джерела №№1, 3, 5, що розташовані в урочищі «Квас» та джерело №4, розташоване та території санаторію «Менчул» в с. Верхній Бистрий, а також джерело в мінеральній воді «Сойми» у с. Сойми. Довжина потоків до впадіння у р. Ріка – 30-150 м. Усі джерела є сильно трансформовані діяльністю людини та мають каптовані витоки. Руслу частково спрямлені та поглиблені, місцями – каналізовані трубами; природний характер зберігся лише на окремих ділянках. Зазначені джерела за характером мінералізації є солонуватими. Так, найменшу концентрацію солей має джерело №5 – 3,6 г/дм<sup>3</sup>, найвищу – джерело №1 – 9,7 г/дм<sup>3</sup>. Вміст кальцію у воді Сойминського джерела є одним з найвищих в Україні.

Історично тут сформувалась потужна товща травертинів, складених головню карбонатами (кальцитом, манганистим кальцитом, сидеритом, арагонітом, що випали з перенасичених розчинів гідрокарбонатів ВЗМВ. Травертинове тіло можна спостерігати в ур. Квас, в антропогенному відшаруванні над ґрунтовою дорогою, висотою понад 3 м. Порооди пористі, інколи брекчієподібні за рахунок цементації карбонатами уламків різноманітних порід, ґрунту та рослин, строкатого, буровато-сірого забарвлення різної інтенсивності, місцями сильно озалізовані до яскравого охристо-бурого кольору. Ініціальні форми представлені дрібно-, зрідка середньозернистими охристо-жовтими агрегатами, що активно наростають на органічній

(рештки рослин), неорганічній (уламки породи) та антропогенній (будівельне та побутове сміття) основі, яка цілком або частково занурена у води потоків. Стікаючи стрімкими схилами, потоки формують водоспади, що на виположених ділянках переходять у ступінчасті каскади. Найширший та найвищий водоспад утворює потік джерела №3, що розгалужується на 2 рукави.

Своєрідною є біота досліджуваних ВЗМВ. Провідною групою є ціанобактерії порядку *Oscillatoriales*, серед яких основну масу складають колонії *Leptolyngbya* Anagnostidis & Komárek, 1988 та *Phormidium* Kützing ex Gomont, 1892. Перші утворюють глебку вохристу масу (колір обумовлений пігментацією каротиноїдами); другі – нитчасті слизисті обростання чорно-зеленого забарвлення. Відомо, що ціанобактерії беруть активну участь у процесах біомінералізації, зокрема – осадженні карбонатів за рахунок активного поглинання CO<sub>2</sub> з води. Також ці мікроорганізми стимулюють випадіння карбонатів з водного розчину завдяки продукції позаклітинних полімерних речовин з негативним зарядом, що притягують катіони Ca<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup>, сприяючи цим первинній седиментації солей. Подальший ріст кристалів є переважно абіогенним.

Високий вміст заліза у воді досліджуваних джерел та сприятливі екологічні умови (помірно холодні води з нейтральною реакцією) обумовили активний розвиток колоній залізобактерій. Під час польових робіт на донній поверхні потоків та бетонних стінках каптажів було виявлено гелеподібну субстанцію червоного (від охристого до бурого) кольору. У лабораторних умовах методами світлової мікроскопії було візуалізовано нитчасті бактеріальні колонії, вкриті слизистою капсулою. Зрештою, на основі аналізу морфологічних та фізіологічних ознак, відібрані зразки було ідентифіковано як комплекс *Sphaerotilus-Leptotrix* (SLG). Комплекс SLG представлений аеробними та мікроаеробними прісноводними бактеріями, головні – представниками родів *Sphaerotilus* Kütz., 1843; *Leptotrix* Kütz., 1843; *Gallionella* Ehr. 1838 класу *Betaproteobacteria*. За температурними перевагами вони є психро-мезофільними, а за реакцією середовища проживання – нейтрофільними. Колонії SLG широко розповсюджені у природних і штучних водних екосистемах, переважно Північної півкулі. Їхньою визначальною особливістю є здатність до біологічного окиснення заліза та марганцю (Fe (II), Mn (II)) та активне утворення на поверхні клітин капсул, рясно інкрустованих продуктами їхнього окиснення – бактеріогенними гідроксидами (Fe(OH)<sub>2</sub> та Mn(OH)<sub>2</sub>). Завдяки цьому, колонізовані цими мікроорганізмами водойми набувають специфічного забарвлення та драглистої консистенції. SLG-залізобактерії заселяють переважно мікроарофільні ділянки в місцях виходу підземних вод на поверхню, оскільки окиснення заліза мікроорганізмами є біотичним процесом, висококонкурентним із швидкою абіотичною реакцією окиснення сполук заліза при контакті з атмосферним киснем. Основна гелеподібна субстанція складається з пустих оболонки (90%). Живі бактеріальні колонії складають лише незначну частку видимої драглистоподібної маси. Заселяючи джерела гідрокарбонатно-кальцієвого складу, колонії SLG опосередковано виступають в ролі біогенного агента ініціальних етапів сучасного туфогенезу за рахунок осадження карбонатів на слизистих капсулах. Крім цього, бактеріогенні гідроксиди заліза є ефективними природними сорбентами, що дає змогу використовувати штучно культивовані колонії SLG у системах фільтрації води. Очевидно, що збільшення концентрації розчинених у ВЗМВ речовин, у тому числі з гідрокарбонатів кальцію/магнію, як і сповільнення течії води, яке спричинює її краще прогрівання, сприяє осадженню слабкорозчинних карбонатів *in situ*.

Третьою за чисельністю групою біоти у досліджуваних джерелах є діатомові водорості (*Bacillariophyta*), головні репрезентовані представниками родів *Navicula* Bori, 1822 та *Pinnularia* Ehrenb. 1843, які також належать до активних агентів біотуфогенезу. Зокрема, діатомові водорості продукують позаклітинний слиз, який відіграє важливу роль у процесі утворення строматоліту шляхом захоплення та зв'язування зерен кальциту.

Рослинність сухих травертинів, розкритих під час загосподарювання джерел, представлена епілітними моховими обростаннями за домінування *Preissia quadrata* (Scop.) Nees, фітоценотично приналежними до класу *Ctenidieta mollusci* Grgic 1980. Безпосередньо на берегах потоків відмічено піонерні кальцієфільні угруповання за переважанням *Funaria hygrometrica* Hedw (клас *Barbuletea unguiculatae* Mohan 1978). Зазначимо, що зазначені мохоподібні не беруть

безпосередньої участі в утворення травертинових відкладів. Специфічні представники туфогенної бріобіоти в межах досліджуваних ВЗМВ нами відмічені не були.

Отож, поєднання природних умов та специфічного мінерального складу води досліджуваних джерел обумовило формування в руслах потоків своєрідних локальних гідроекосистем, що продукують виняткові для теренів Закарпаття травертинові утворення біогенно-хемогенного характеру. Зазначимо, що водойми різного типу з біогенними залізистими травертинами є рідкісними скрізь у світі та мають точкове поширення. Більшість з них приурочені до виходів термальних вод, зокрема, у західній частини Японії та в Греції. Холодноводі травертини, що формуються за участю залізобактерій *Leptotrix* та діатомових водоростей, відомі для Кришталевого гейзера (штат Юта, США), що має штучне походження та сформувався на місці колишньої нафтової свердловини.

Незважаючи на заповідний статус джерел, ці унікальні екосистеми потерпають від надмірного антропогенного навантаження. Так, джерела №5 та №3 використовувались з оздоровчою метою санаторієм «Ясін» (рішення Закарпатської обласної ради № 87 від 16 грудня 2010 р.). Під час облаштування оздоровчого комплексу, який нині є недіючим, територія урочища Квас зазнала значних негативних змін. Зокрема, це помітно позначилось на стані водотоків та прилеглої території.

Зазначимо, що ціла низка джерел Міжнірської ОТГ (околиці населених пунктів Голятин, Келечин, Майдан, Річка, Репінне, Вучкове тощо), які за складом належать до групи ВЗМВ є цікавими перспективними об'єктами для подальших комплексних екологічних досліджень.

## Приструмкові трав'яні болота в НПП «Черемоський»

Тетяна САВЧУК

Національний природний парк «Черемоський», Україна; e-mail: tanya.savchuk202018@gmail.com

В Українських Карпатах, гірські приструмкові біотопи приурочені до крутих (>70), обривистих чи каскадних схилів, складених карбонатними породами, в умовах постійного стікання води, при умові тривалого періоду з відносно високими температурами (>+14C) та достатньої кількості опадів для формування підземних вод [1].

Такі мохово-трав'яні біотопи формуються на відкритих високогірних чи слабо затінених гірських джерелах, на вапнякових субстратах, а також, головним чином, в місцях виходу вод, що насичені катіонами кальцію. Останні, у випадку високої концентрації, осаджуючись на субстратах, відіграють важливу роль у формуванні подальшої кальцифітної флори.

Завдяки виходу кальцієвмісних порід на поверхню, на території НПП «Черемоський», існують унікальні трав'яні болота, де зростають *Chaerophyllum hirsutum*, *Chrysosplenium alpinum*, *Ch. alternifolium*, *Cortusa matthioli*, *Crepis paludosa*, *Epilobium alsinifolium*, *Heliosperma carpatica*, *Viola biflora*, *Agrostis stolonifera*, *Bidens spp.*, *Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*. Варто зазначити присутність рідкісних та зникаючих видів, що входять до складу приструмкової трав'яної синузії: з Червоної книги України – *Cystopteris montana*, *Dactylorhiza cordigera*, *D. majalis*, *Gymnadenia conopsea*, *Ligularia bucovinensis*, *Lilium martagon*, *Pinguicula alpina*, *Swertia perennis*; з Резолюції 6 Бернської конвенції – *Ligularia bucovinensis* (як *L. sibirica*), *Tozzia carpatica*; з додатків II, IV Оселищної Директиви – *Ligularia bucovinensis* (як *L. sibirica*), *Tozzia carpatica*.

Серед видового різноманіття бріофлори (мохоподібних) переважають *Bryum pseudotriquetrum*, *Cratoneuron filicinum*, *Palustriella commutata*, *Philonotis seriata*, *Rhytidiadelphus squarrosus*, *Cratoneuron filicinum*, *Didimodon tofaceus*, *Marchantia polymorpha*, *Palustriella commutata*, *Thuidium philibertii*.

Домінантами синузії водоростей виступають *Cratoneuron fracta*, *C. glomerata*, *Scynodesmus tenuis*; доміанти синузії ціанобактерій – *Scytonema mirabile*.