EFFUSE

EDUKAČNÉ MATERIÁLY PRE VEREJNOSŤ

ENVIRONMENT FOR THE FUTURE BY SCIENTIFIC EDUCATION

PARTNERSHIP WITHOUT BORDERS

Project title:

Environment for the Future by Scientific Education

Partner name:

Pavol Jozef Šafárik University in Košice

Uzhhorod National University

Institute of Development of Carpathian Region

EU Contribution:

364 099, 41€

Цей навчальний матеріал містить професійні матеріали, присвячені актуальним екологічним проблемам з акцентом на річкову місцевість. Видання представляє різні точки зору на воду та життя навколо неї та вказує на необхідність захисту цього незамінного ресурсу.

Цей навчальний матеріал створено за фінансової підтримки Європейського Союзу в рамках проекту HUSKROUA/1901/6.1/0075 «Довкілля для майбутнього через наукову освіту» (EFFUSE) програми транскордонного співробітництва ENI Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна 2014-2020 роки. Громадська організація «Інститут розвитку Карпатського регіону» несе повну відповідальність за його зміст і не обов’язково відображає погляди Європейського Союзу. Більше інформації про проект можна знайти за посиланнями нижче:

https://effuse.science.upjs.sk/index.php/en/

Колектив авторів EFFUSE

Зміст

ВОДА ЯК ДЖЕРЕЛО ЖИТТЯ 7
Незамінна вода 7
Погляди на воду 8
Де знайти воду найкращої якості? 9
Параметри якості води 11
Швидке визначення основних параметрів води 13
Біоіндикатори 15
МІКРОСКОПІЧНА СКЛАДОВА ВОДИ 16
Мікробіологічний аналіз води 16
Технічна вода чи питна? 17
Мікроорганізми як біоіндикатори 18
Вода як «середовище реакцій»? 19
Коліформні бактерії вирішують 20
Вода як джерело потенційних нових організмів? 22
ЦІАНОБАКТЕРІЇ ТА ВОДОРОСТІ 23
Які зміни спричинили появу життя на Землі? Звідки взявся кисень? 23
Докази існування життя на Землі? 24
Ціанобактерії як джерело кисню? 25
Життя без ціанобактерій? 27

Яке значення мають водорості? 28
Ціанобактерії та водорості як біоіндикатори 30
„Нижча рослинність“ 32
Лишайники як біоіндикатори поблизу водотоків 32
Мохи поблизу водотоків 35
Мохи як біоіндикатори 35
Лишайники та мохи на берегах річок Лаборець та Уж 36
„Вища рослинність“ 39
Рослинність поблизу водотоків 39
Трави як їжа та притулок 41
Чагарники та дерева як опора для берегів 42
Макрофіти як біоіндикатори 43
Видове різноманіття прибережної та водної рослинності річок Лаборець та Уж 44
БЕЗХРЕБЕТНІ 45
Хто відноситься до водних безхребетних і чому їх так багато? 45
Ключ до пізнання 46
Де можна знайти безхребетних? 47
Цікаве життя водних безхребетних 48
Як безхребетні пристосувалися до життя у воді та на її поверхні? 50
Безхребетні як біоіндикатори 52

Яких безхребетних можна знайти в річках Лаборець і Уж? 53
Хребетні 57
Коли вода — середовище існування для хребетних / Як риба у воді 57
Бобер будівельник 59
Навіть змії вміють плавати 60
Яких хребетних ми спостерігали в околицях водотоків Лаборець та Уж? 61
ЗЕМНОВОДНІ ТА РЕПТИЛІЇ 63
Чому вони в небезпеці? 63
Втрата природного середовища 66
Коли амфібії лікують нас... 67
З хвостом чи без 69
Амфібії як біоіндикатори 74
Яких земноводних можна зустріти у водотоках Лаборець та Уж? 76
Заключне слово 80

ВОДА ЯК ДЖЕРЕЛО ЖИТТЯ

Незамінна вода

Значення води в живій і неживій природі загальновідоме. Вода є основою для багатьох систем у формі складової геосфер нашої Землі, і водночас безсумнівною частиною навіть найменшої клітини як носій всіх життєвих процесів.

Визнання води як джерела життя є основою здорового ставлення до охорони водних ресурсів. Вода - невід'ємна частина життя, якій слід приділяти особливу увагу. Тому на наступних сторінках ми представляємо погляди на воду очима експертів із різних галузей

Погляди на воду

Водотоки та їхнє оточення – це унікальні біотопи (середовища існування організмів). Потік води постійно динамічний залежно від сезону і, таким чином, пропонує різноманітне середовище для життя, яке змінюється з часом. Висота рівня води, сила потоку і вміст кисню є для багатьох організмів головними чинниками, що впливає на їхнє поширення. Мінливість течії водотоку та його русла впливає на навколишній простір і бере участь у зміні біорізноманіття – різноманіття організмів. Вона часто зникає через кліматичні зміни. Повернення рівноваги та відновлення біорізноманіття – довгий і важкий шлях. Саме тому відродження водних екосистем – це «ціла наука».

Ми можемо дивитися на воду під різними кутами, використовуючи декілька методів спостереження та пристроїв відтворення зображення. Різноманітність водної екосистеми та її околиць дає можливість пізнати життя великої кількості організмів. Для одних вода – це середовище існування, а для інших – засіб виживання. Біорізноманіття, тобто різноманіття видів, життя яких пов’язане з водним середовищем, знаходиться під дедалі більшою загрозою. Це результат

споживчого способу життя та постійного пошуку комфорту для людини, що багато разів порушує гармонію природи. На жаль, часто це незворотній процес деградації та спустошення основної сутності життя.

Де знайти воду найкращої якості?

Поняття якості води здається дуже відносним. Хоча після важкого походу людині приємно напитися освіжаючого джерела гірської води, практично непридатної для деяких організмів, як, наприклад, трубковика звичайного. Ми не можемо говорити про якість води без відношення до організму, для якого оцінюємо її. Оцінка якості води може відбуватися на якісному та кількісному рівнях. Для людини природно оцінювати воду в природі на основі зорового або нюхового сприйняття. Нікого з нас не приваблює купання в темному, смердючому озері. Тому ми обережно ставимося до вживання води з природних джерел і слідкуємо за інформацією про їхню придатність. Тобто питна вода чи ні. Навіть на перший погляд чиста вода може містити небезпечні для життя речовини або мікроорганізми, які неможливо виявити вільним оком. Тому відповісти на запитання « Де знайти воду найкращої якості?» практично неможливо.

Параметри якості води

Охорона водотоків має бути очевидною частиною людського життя. Серед показників якості води виділяють мікробіологічні і біотичні та фізико-хімічні показники. Наступний розділ присвячений мікроскопічній складовій води. У цій частині представлено основні фізичні та хімічні параметри, які можна приблизно визначити відносно простим способом. Нині доступні вимірювальні прилади з датчиками, які за кілька хвилин можуть визначити температуру, жорсткість води, вміст розчиненого кисню, вміст нітритів або інших хімічних сполук, кількість яких впливає на якість води у відношенні до організмів, які в ньому живуть. Дуже популярним, хоча й менш доступним за ціною, вимірювальним приладом є Vernier, який інтуїтивно зрозумілий у використанні і може використовуватися навіть перспективними вченими в шкільних класах. У таблиці наведені значення обраних параметрів, які ми зафіксували під час біомоніторингу вздовж річки Лаборець 21.03.2023. Це демонстрація того, як окремі локації можуть відрізнятися одна від одної, навіть якщо вони розташовані на ділянці довжиною не більше двох кілометрів.

	Температура / °C	pH	DO_2 / мг/л	S / µS/см	NO_3 / мкг/л
Під мостом при Крівоштянох (Krivošťanoch)	8,7	8,3	14,7	371,9	1,6
Витік річки Лаборець (приблизно 50 м вниз за течією під мостом)	9,5	7,3	4,2	618,9	2,5
Нижче за течією	6,7	8	12	365,5	1,8
Voľa paneláreň, під мостом	10,8	8	11,5	789,9	11,1
Лаборець при Волі (приблизно посередині села)	7,3	8,3	12.1	362,9	1,9

Фізичні властивості води мають фундаментальний вплив на існування, різноманітність і поширення організмів, що живуть у водному середовищі. До таких властивостей відносять: температуру, щільність, світлопроникність, в’язкість тощо. Нижче зазначено, як деякі з них впливають на життя у воді:

• температура: вода має високу питому теплоємність, що означає, що вона може поглинати велику кількість тепла до того, як її температура істотно зміниться. Ця властивість допомагає підтримувати відносно стабільну температуру у водному середовищі, що є вирішальним для виживання багатьох організмів. Різні види пристосовані до певних діапазонів температур, і навіть невеликі зміни можуть вплинути на їхній метаболізм, розмноження та виживання.

• проникнення світла: світло необхідне для фотосинтезу - процесу, за допомогою якого первинні виробники (як-от фітопланктон і водорості) перетворюють світлову енергію в хімічну. Проникнення світла у воду зменшується з глибиною, що впливає на види та чисельність організмів, які знаходяться на різних глибинах.

• в'язкість: в'язкість води або опір потоку впливає на ефективність плавання водних організмів. Вони розвинули різні пристосування, щоб подолати або використовувати цю властивість; наприклад, обтічні тіла риб зменшують опір, тоді як рух мікроорганізмів у воді значною мірою стає можливим завдяки наявності джгутиків

• розчинений кисень: розчинність кисню у воді має вирішальне значення для дихання водних організмів. Холодна вода може утримувати його більше, ніж тепла. На рівень розчиненого кисню можуть впливати різні чинники, як: температура, тиск і присутність інших речовин.

Ці фізичні властивості води створюють специфічні біотопи, які впливають на різноманітність і поширення водного життя. Адаптація до них дозволяє організмам використовувати різні екологічні ніші, сприяючи біорізноманіттю акватичного середовища. Водотоки та їхні околиці - це унікальні біотопи (середовища існування організмів).

Швидке визначення основних параметрів води

Потік води постійно динамічний залежно від сезону і, таким чином, пропонує різноманітне середовище для життя, яке змінюється з часом. Висота рівня води, сила потоку і вміст кисню є для багатьох організмів головними чинниками, що впливає на їхнє поширення, як уже згадувалося раніше. Мінливість течії водотоку та його русла впливає на навколишній простір і бере участь у зміні біорізноманіття – різноманіття організмів. Вона часто зникає через кліматичні зміни. Повернення рівноваги та відновлення біорізноманіття – довгий і важкий шлях. Саме тому відродження водних екосистем – це «ціла наука».

Для приблизного, але ефективного визначення основних параметрів води, які багато говорять про її якість, можна використовувати, окрім вищезгаданих вимірювальних приладів, і більш доступні альтернативи. Одним із них є датчик для вимірювання pH, температури та електропровідності, використання якого є дуже практичним у польових умовах.

універсальний прилад Hanna для вимірювання:

- pH
- температури
- електропровідності (EC)
- загальної кількості розчинених твердих речовин (TDS - Total Dissolved Solids)

Трохи складніший підхід, при якому ви попрактикуєте роботу з цифровим пристроєм, пропонується шляхом вимірювання за допомогою вимірювальних приладів. Як відповідний приклад наведемо прилад Vernier з різними датчиками. Обидва прилади дуже добре працюють, тому вибір більше залежить від часу та місця, де ви плануєте проводити вимірювання. Для шкільної роботи Vernier є ідеальним вибором, пропонуючи дуже широкий спектр датчиків. Для початкового розуміння поточного стану води на природі звичайно вистачить згаданого вище ручного приладу Hanna, а дані, отримані ним, неважко пов’язати з наявністю чи відсутністю організмів на контрольованій ділянці.

.

Найпростішою альтернативою є використання лакмусових папірців pH, які економлять гроші, час і місце. Однак зчитування даних має здійснюватися негайно, інакше вони можуть бути недостовірними.

Біоіндикатори

Під цим терміном ми маємо на увазі організми, які демонструють значну реакцію на екологічний стрес, тобто чутливі до змін у навколишньому середовищі, більш чутливі, ніж ми, і надають важливу інформацію про зміни довкілля, як негативні, так і позитивні. Біоіндикатори, як правило, поширені усюди, їх легко відловлювати та ідентифікувати. Їх можна розділити на дві категорії: кумулятивні біоіндикатори, які накопичують забруднювачі без зміни їхньої метаболічної активності, і чутливі біоіндикатори, які демонструють зміни властивостей клітин або симптоми їхнього пошкодження під впливом навіть невеликих концентрацій токсичних забруднюючих речовин. Кумулятивні біоіндикатори - це організми, які можуть поглинати та накопичувати забруднюючі у своїх тканинах у концентраціях, вищих, ніж у навколишньому середовищі.

Ці біоіндикатори можна використовувати для моніторингу присутності та концентрації певних речовин, не обов’язково виявляючи негайні ознаки токсичності. У наступних розділах ми познайомимося з деякими біоіндикаторами, які допоможуть нам визначити стан якості водотоків та їхнього оточення.

МІКРОСКОПІЧНА СКЛАДОВА ВОДИ

Мікробіологічний аналіз води

Часто ми сприймаємо водотоки та водойми як джерело життєвої есенції для людини. Для нас природно оцінювати воду в природі на основі візуальної оцінки прозорості або її бірюзово-блакитного кольору, якщо шукаємо місце для відпочинку мрії біля моря ☺. Хоча на перший погляд вода може здатися кришталево чистою, насправді вона, ймовірно, приховує таємничий світ мікроорганізмів. Одним із вимірюваних параметрів якості води є саме кількість цих невеликих частинок біотичної складової води, які не можна побачити неозброєним оком. У зв’язку з типом досліджуваної проби вода піддається аналізу, результати якого інтерпретуються відповідно до мети, з якою проводився моніторинг. У разі аналізу проб водотоків і водойм інтервал моніторингу параметрів є довшим, або адаптованим до поточних погодних змін, які впливають на його якість. З іншого боку, вода, яка призначена для безпосереднього споживання або є частиною виробничих процесів у харчовій промисловості, підлягає більш частим і детальним аналізам.

Технічна вода чи питна?

Вода є невід'ємною частиною повсякденного життя. Ми використовуємо її не лише для приготування їжі, прибирання чи гігієнічних процедур, але й у виробництві більшості речей, без яких неможливо уявити 21 століття. Воду також використовують у будівництві, у транспортній галузі та у виробництві електроенергії. Звісно, вимоги до технічної води незрівнянно нижчі порівняно з вимогами до води на втамування спраги.

Бактерії, віруси та паразити є найпоширенішими патогенами, які можна знайти в питній воді. Їх присутність може призвести до різноманітних захворювань, від легких шлунково-кишкових інфекцій до серйозних, таких як холера чи гепатит А. Забезпечення відсутності цих збудників має фундаментальне значення для здоров'я та безпеки населення. Щоб вода була придатна для безпосереднього споживання, вона має відповідати суворим стандартам.

Найпоширеніші бактерії у воді можна розділити на три основні групи:

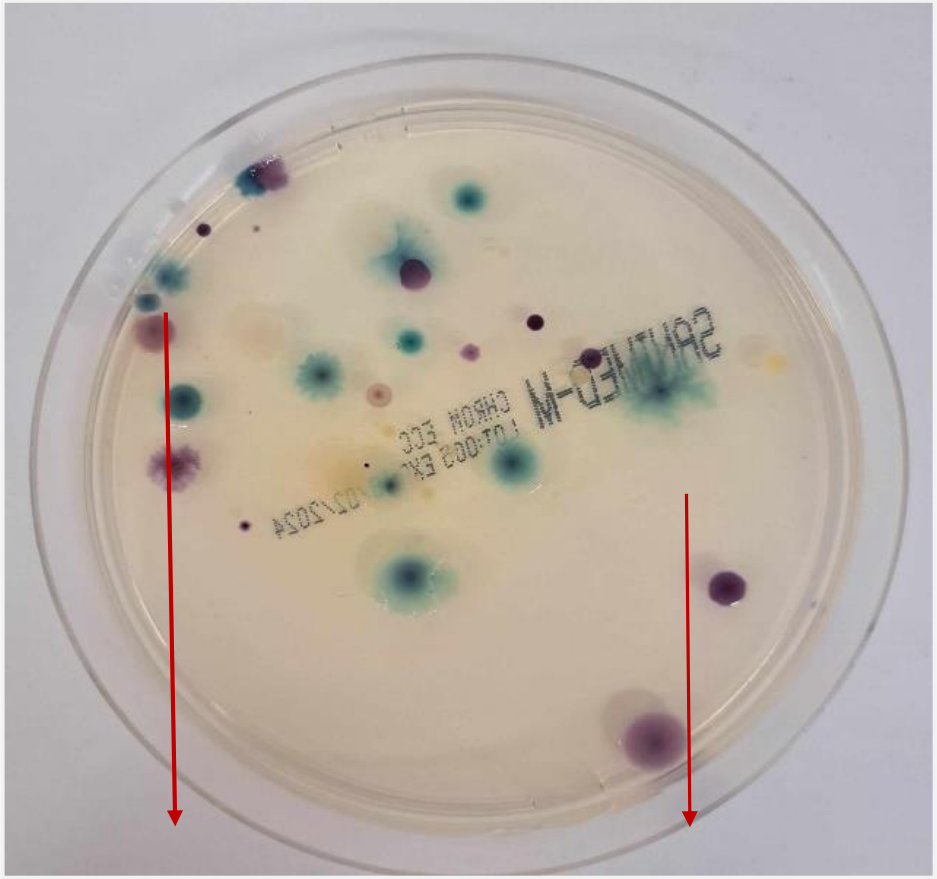
- Коліформні бактерії - вказують на контакт води з рослинами або тваринами (присутні повсюди)
- Фекальні коліформні бактерії - фекалії ссавців або птахів у воді
- Бактерії ентерококів (різновид фекальних стрептококів) - фекалії теплокровних тварин у воді.

За наявністю та кількістю цих бактерій у пробах води можна визначити її якість з точки зору мікробіологічного аналізу.

Мікроорганізми як біоіндикатори

Індикаторами фекального забруднення, тобто можливого забруднення води патогенними мікроорганізмами, є бактерії групи кишкової палички (БГКП). До БГКП належать бактерії родів Echerihia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter та інші представники сімейства Enerobacterium, які є грамнегативними паличками, що не утворюють спор і капсул. При температурі 37 °С вони ферментують глюкозу і лактозу з утворенням кислоти і газу протягом 24-48 годин.

Якість води також оцінюють за наявністю в ній кишкової палички (E. coli). Визначають колі-титр та колі-індекс. Колі-індекс - це кількість особин *Escherichia coli*, знайдених в 1 літрі води. Колі-титр - це найменша кількість води, в якій є хоча б одна особина кишкової палички. Її присутність у воді свідчить про забруднення вмістом шлунково-кишкового тракту.



Enterococcus faecalis *Escherichia coli*

Водопровідна вода вважається якісною, якщо колі-індекс 2-3 і колі-титр 300. Вода в колодязі повинна мати колі-індекс не вище 10 і колі-титр не менше 100.

Вода як «середовище реакцій»?

Оскільки вода є важливою частиною рекреаційного середовища, її якість і чистота є ключовими для забезпечення здоров'я населення. Вирішальним індикатором стану є мікробіологічна складова води. Чіткі вимоги висуваються навіть до води, призначеної для реакцій. Регулярно перевіряючи її якість для купання, ми запобігаємо небажаним захворюванням. Найпоширенішими з них є ті, що викликані дією мікроскопічних грибів, плісняви та дріжджів. Вони найчастіше викликають поверхневі захворювання шкіри, нігтів, волосся і слизових оболонок і проявляються сверблячкою. Також можливі інфекції ран, запалення сечовивідних і статевих органів. Саме тому після кожного плавання, чи то в басейні, чи в природному озері, ми не повинні забувати ретельно митися. Важливим фактором, що впливає на присутність мікроорганізмів у воді, є температура, оскільки температура 37 °C є ідеальною для виживання хвороботворних бактерій.

Існує кілька методів перевірки мікробіологічної складової води. Бактеріальний тест зазвичай виконується шляхом культивування мікроорганізмів на твердих поживних середовищах із визначенням кількості колонієутворюючих одиниць на мілілітр (КУО/мл). Альтернативними методами є полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) та імунологічний аналіз. Параметри якості часто використовуються для оцінки потенційної присутності фекального забруднення.

Коліформні бактерії вирішують

Коліформні бактерії, зокрема фекальні коліформні бактерії, вказують на наявність шкідливих патогенів у джерелах води. Вони становлять небезпеку для здоров'я людей, оскільки можуть спричиняти різноманітні захворювання, включаючи діарею, судоми та лихоманку.

Фекальні коліформні бактерії присутні в людських відходах і можуть потрапляти у джерела води різними шляхами, зокрема:

• незаконні або негерметичні каналізаційні з'єднання: якщо стічні води не очищаються та не скидаються належним чином, то можуть потрапити у джерела води і занести з собою шкідливі бактерії.

• негерметичні септичні резервуари: септичні резервуари, які не обслуговуються належним чином або не замінюються, можуть викидати неочищені відходи у ґрунтові води, створюючи ризик для здоров'я.

• неналежним чином функціонуючі очисні споруди: неналежно функціонуючі очисні споруди можуть скидати неочищені або частково очищені відходи у джерела води, що призводить до появи коліформних бактерій.

Критерії визначення придатності води за наявністю коліформних бактерій	Питна вода	Технічна вода	Біотопи риб і диких тварин
	Немає прийнятного зараження каліформними бактеріями	200 фекальних коліформних бактерій /100 мл	5000 фекальних коліформних бактерій /100 мл

Наявність коліформних бактерій у джерелах води може бути індикатором можливості подальшого зараження шкідливими патогенами. Тому важливо перевірити джерела води на наявність коліформних бактерій, щоб переконатися, що вода безпечна для споживання людиною. Якщо присутні коліформні бактерії, важливо вжити заходів

для вирішення проблеми, наприклад, відремонтувати або замінити каналізаційні системи, обробити воду хлором або іншими дезінфікуючими засобами і, як крайній засіб, знайти альтернативне джерело води.

Наявність та кількість фекальних коліформних бактерій, у тому числі E. coli, у пробах води є ключовими показниками, які використовуються для мікробіологічної оцінки якості води. Ці бактерії є типами термотолерантних коліформних бактерій, які походять із кишечника теплокровних тварин, в тому числі у людей, і виділяються з калом. Тому їх наявність у воді свідчить про забруднення фекаліями.

Оцінка якості води на основі кількості фекальних коліформних бактерій має вирішальне значення з кількох причин:

• Безпека питної води: щоб питна вода була безпечною для споживання людиною, у ній не повинно бути патогенів, які можуть викликати захворювання. Наявність фекальних коліформних бактерій у питній воді вказує на те, що вода може бути забруднена іншими патогенами і потребує обробки перед вживанням.

• Якість води для відпочинку: озера, річки та пляжі контролюються на фекальні коліформні бактерії, щоб запобігти зараженню серед плавців та інших відпочиваючих. Високий рівень цих бактерій свідчить про підвищений ризик захворювань шлунково-кишкового тракту та шкірних інфекцій.

• Сільськогосподарське та промислове використання води: вода, яка використовується в сільському господарстві для зрошення або в харчовій промисловості, повинна відповідати певним стандартам, щоб запобігти зараженню сільськогосподарських культур і харчових продуктів патогенами.

• Гігієна навколишнього середовища: рівень фекальних коліформних бактерій у природних водоймах може вказувати на загальний стан екосистеми та попереджати про потенційні проблеми забруднення води

Вода як джерело потенційних нових організмів?

Мікроскопічна складова води включає в себе не лише з бактерій і вірусів, які є патогенними, але й з тих, що утворюють мікробіом і є невід'ємною частиною життя інших істот. До таких мікроскопічних компонентів навколишнього середовища відносяться також рослинні і тваринні мікроскопічні організми, про які ми поговоримо докладніше в наступних розділах. Походження життя на землі обговорюється в наступному розділі про ціанобактерії та водорості.

Вода справді може бути потенційним джерелом нових організмів. Багато істот, таких як бактерії, водорості та найпростіші, процвітають у воді та є важливою частиною водних екосистем. Вода також може служити середовищем для поширення організмів, дозволяючи їм колонізувати нові біотопи. Крім того, відкриття екстремофілів, організмів, які можуть виживати в екстремальних середовищах, таких як глибоководні гідротермальні джерела або полярних льодовиках, розширило наші знання про можливості життя у воді. Загалом вода відіграє ключову роль у виникненні та диверсифікації життя на Землі.

.

ЦІАНОБАКТЕРІЇ ТА ВОДОРОСТІ

Які зміни спричинили появу життя на Землі? Звідки взявся кисень?

Одним із ключових процесів життя є фіксація вуглекислого газу CO_2 до більш редукованих органічних форм. Хоча існує кілька шляхів, майже вся глобальна фіксація вуглецю на Землі сьогодні контролюється циклом Кальвіна в кисневих фотосинтезуючих рослинах, водоростях і ціанобактеріях. В більш ранні часи в історії Землі організми, які використовують різні шляхи фіксації вуглецю, могли відігравати відносно велику роль, при цьому це співвідношення змінювалося протягом геологічного періоду в залежності від зміни природних умов життя та накопичення еволюційних інновацій.

Серед найбільш вагомих змін, яких зазнала наша планета та біосфера, є зміни, пов’язані зі збільшенням вмісту кисню O_2 в нашій атмосфері – приблизно 2,3 мільярда років тому. Ці «кисневі події», ймовірно, являють собою значні зміни в швидкості та способі біологічної продуктивності через підвищення ефективності кисневого фотосинтезу та введення O_2 у геохімічні та біологічні системи.
Еволюція біосфери від безкисневого стану з низькою концентрацією кисню до сьогоднішнього стану, в якому неможливо уявити життя без кисню, була тривалим процесом. Ми починаємо розуміти комплекс подій, які призвели до цього, використовуючи комбінацію підходів, включаючи мікробіальну фізіологію та еволюційну біологію.

Докази існування життя на Землі?

Незважаючи на те, що обставини та час виникнення життя невідомі, докази його наявності з'являються практично одночасно з найдавнішими відомостями про поклади. Строматоліти часто розглядаються як макроскопічні залишки життя. Також вони можуть бути результатом абіотичних процесів. Тим не менш, наявність життя очевидна в часи перших добре збережених відкладення від приблизно 3,43 Ga (Giga-annum, мільярд років), з ізотопними доказами про життя та першими широко визнаними мікрофосфіліями, знайденими в породах схожого віку.

З геологічних даних випливає, що кисневі ціанобактерії і, отже, цикл Кальвіна виникли в дуже ранній період історії Землі.

Ціанобактерії є одними з найдавніших відомих організмів. Завдяки своєму фотосинтетичному апарату, який здатний розщеплювати воду на O2, протони та електрони. Ця велика та морфологічно різноманітна сукупність фототрофних прокаріотів (тобто одноклітинних організмів, здатних до фотосинтезу) змінила атмосферу Землі на таку, яка є придатною для аеробного метаболізму (метаболізм за наявності O2) та складного життя.

Їм також приписують важливу роль у еволюції життя як ключовим "гравцям" у виникненні різних органел у клітинах вищих рослин (генеза пластид) та інших фотосинтезуючих еукаріотів. Сучасні молекулярні дослідження намагаються з’ясувати, як саме ціанобактерії влинули на еволюцію рослиного генофонду.

Ці цікаві організми зустрічаються майже в будь-якому середовищі на Землі, включно з тими, що піддаються стресовим умовам, таким як: пустельний ґрунт, льодовики та гарячі джерела. Їх велика пристосованість і загальна поширеність пояснюється характерною клітинною структурою, яка складається з типових включень (структур в біологічних клітинах) та спеціальних оболонок. Це найскладніші серед прокаріотів, оскільки вони можуть утворювати нитки та колонії та водночас демонструвати характерні способи руху.

Ціанобактерії як джерело кисню?

Ціанобактерії - широко поширені мікроорганізми, здатні до кисневого фотосинтезу. Ця властивість надала їм важливу роль в еволюції життя на Землі, оскільки вони є одними з найдавніших живих компонентів навколишнього середовища. Завдяки своїй здатності до фотосинтезу ціанобактерії є первинними продуцентами в численних середовищах, оскільки можуть виживати навіть в екстремальних умовах. Таким чином вони відіграють ключову роль у розвитку та виживанні інших форм життя в певних екосистемах. Щоб впоратися з біотичними та абіотичними чинниками стресу, ці мікроорганізми розвинули багато характеристик, які призвели до виникнення різних (таксонів) відділів, класів і видів.

Таксони відрізняються не тільки морфологічно, але часто також за своїми біохімічними та фізіологічними здібностями. Більшість первинних продуцентів не можуть переробити (засвоїти) азот, який присутній у біосфері. Ця здатність розвинулася лише у кількох груп одноклітинних організмів. У такому контексті цианобактерії набувають великого значення завдяки їх здатності одночасно виконувати фіксацію азоту та вищий кисневий фотосинтез рослинного типу. Це дозволяє їм жити в різних середовищах існування - наземних, водних, екстремальних. Ціанобактерії сприяють виробництву органічної біомаси та покращують якість ґрунту. Вони також є потенційним джерелом азотних біодобрив, які можна використовувати для потреб людини. З цієї причини ціанобактерії можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на навколишнє середовище та діяльність людини.

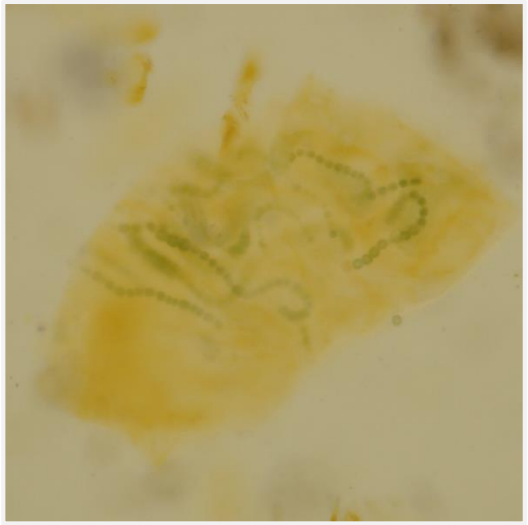
Щоб вижити в різних середовищах, де вони стикаються з біотичними та абіотичними факторами стресу, ціанобактерії також виробляють велику кількість метаболітів, які мають потенційне застосування в кількох сферах, таких як харчування, медицина та сільське господарство. Ціанобактерії відіграють важливу екологічну роль не лише як первинні продуценти, але й завдяки своїй здатності співіснувати (часто у формі симбіозу) з іншими організмами, яким вони постачають азот. Серед негативних впливів на навколишнє середовище та суспільство не можна не згадати той

факт, що вони можуть виділяти широкий спектр токсичних сполук – ціанотоксинів, різних за структурою та впливом на здоров’я людей і тварин.

Життя без ціанобактерій?

Терміном «водорості» називають велику групу різноманітних фотосинтезуючих (еукаріотичних) багатоклітинних організмів. Оскільки вони не мають спільного предка, і хоча їхні пластиди, здається, мають спільне походження, вони походять від ціанобактерій. Без ціанобактерій, швидше за все, не було б водоростей, рослин, а отже, і життя на Землі. Важливим прикладом водорості з первинними хлоропластами, що походить від ціанобактерій, є Chlorella. Водорості — це здебільшого водні фотосинтезуючі організми, розміри яких коливаються від мікроскопічних видів до гігантських, які можуть досягати до 50-60 метрів у довжину. Їхні фотосинтетичні пігменти більш різноманітні, ніж пігменти рослин, а їхні клітини мають властивості, яких немає у рослин і тварин.

На малюнку зображено зневоднену ціанобактерію Nostoc. Змочивши її, можна спостерігати фіброзні колонії клітин.



Яке значення мають водорості?

Окрім їхньої екологічної ролі як виробника кисню та харчової бази для водних організмів, водорості є дуже важливими економічно - як джерело нафти, їжі та ряду фармацевтичних і промислових продуктів для людей. Більшість із них є водними, і їх основною відмінністю, що відрізняє їх від судинних рослин, є нестача багатьох типів клітинних органел і тканин, таких як: продихи, ксилема та флоема, які є незамінними для вищих наземних рослин. Водорості містять важливі хімічні складові та широкий спектр біологічно активних сполук, багато з яких мають комерційне використання в косметичній, сільськогосподарській та фармацевтичній промисловості. Крім того, їх використовують для підвищення якості продукції в харчовій промисловості, оскільки вони мають загущувальні, гелеутворюючі та стабілізуючі властивості.

Нещодавно водорості використовувалися для створення молочних продуктів, які забезпечують високу концентрацію молочнокислих бактерій і біоактивних метаболітів, отриманих із природного джерела - водоростей. Природні антиоксиданти у водоростях відіграють важливу роль у боротьбі з неінфекційними захворюваннями та старінням, захищаючи клітини від окислювання. Тому додавання морських продуктів, таких як морські водорості (наприклад, Chlorella та Spirulina), до раціону людини може допомогти знизити ризик розвитку діабету, серцево-судинних захворювань і інших. Також вони використовуються в кормі для худоби.

«Чи можуть машини їздити на водоростях? Кілька років тому це могло звучати як наукова фантастика, а вже сьогодні водорості є частиною біопалива і в деяких випадках можуть становити 10% паливної суміші. Щоб отримати більше інформації, відвідайте віртуальну лабораторію effuse, де в розділі для викладачів ви знайдете навчальний ролик «Біопаливо з водоростей?».

Ціанобактерії та водорості як біоіндикатори

Ціанобактерії мають величезну кількість фізіологічних адаптацій для колонізації різних екосистем. Вони відомі своєю здатністю утворювати на поверхні води так звані килими (цвітіння води) і мають потенціал для оцінки якості води завдяки своїм вимогам до поживних речовин, швидкому темпу репродукції і життєвому циклу. Поява інших видів ціанобактерій з відносно високим поширенням виявлено як реакцію на (евтрофікацію) збагачення середовища поживними речовинами, удобрення. Евтрофікація водних екосистем є результатом надлишкового надходження поживних речовин із міських стічних вод, сільськогосподарського стоку, викиду органічних речовин із фекальних відходів у водні системи та удобрення ставків для розведення риби. Останнім часом, на жаль, евтрофікації істотно сприяють і рибалки нерегульованим прикормом (приманюванням) риби. Екологічний розподіл ціанобактерій у евтрофікованих водних системах може змінюватися залежно від їх фізіологічної толерантності. Евтрофікація, пов'язана з надлишковим розростанням ціанобактерій у різних водних системах, особливо в стоячих водоймах, призводить до масової загибелі риби через нестачу кисню на поверхні води.

Речовини, які спричиняють забруднення прісноводних екосистем, включають в основному патогени (із септичних баків, неочищених стічних вод), органічні речовини (переважно азот або фосфор із сільськогосподарських стоків), пестициди, важкі метали, миючі засоби та сіль. Окрім вищезазначених забруднюючих речовин, все частіше зустрічаються ароматичні речовини і лікарські засоби, так звані мікроконтамінанти. На живі організми вони можуть впливати навіть у таких малих концентраціях, які не виявляються при контролі води. Ми ще не знаємо всіх впливів цих речовин на прісноводне середовище, але вони можуть спричинити, напр. безпліддя водних тварин. Таким чином, необхідно визначити природу забруднюючих речовин та їх вплив, а також розробити відповідні системи моніторингу стану водотоків і водних поверхонь.

Водорості, які вважаються проміжною категорією між рослинами та мікроорганізмами, є цікавою групою організмів, які швидко реагують навіть на незначні зміни в навколишньому середовищі. Крім того, ці організми є звичайними компонентами водних систем і, отже, є відповідними біоіндикаторами забруднення води.

цвітіння води – ціанобактерії

„Нижча рослинність“
Лишайники як біоіндикатори поблизу водотоків

Лишайники, які є одними з найцікавіших організмів у світі, входять до складу рослинності водотоків. Їх можна знайти на корі дерев або на скелях як приклади біоіндикаторів (організмів, які служать для біомоніторингу довкілля). Вони складаються з водоростей і грибів і ростуть найчастіше на корі дерев і каменях. Лишайники дуже чутливі до екологічних змін. Зокрема, вони реагують на зміни якості повітря в різних міських і лісових екосистемах, а також на зміну клімату. Оскільки лишайники чутливі до діоксиду сірки (SO_2) та азоту (N_2), їх зникнення з навколишнього середовища може свідчити про підвищення рівня цих речовин. Досі лишайники використовувалися для моніторингу сірчистого газу, диму та пилу, фторидів, вихлопних газів, вуглеводнів, важких металів, радіонуклідів та агрохімікатів.

Помірно чутливим видом до забруднення повітря є Parmelia sulcata.

Найдавніші дослідження з моніторингу лишайників стосувалися аналізу стану окремих видів або їхніх угруповань на досліджуваних територіях, і часто називаються «пасивним моніторингом з лишайниками». Різна чутливість лишайників до забруднювачів повітря (головним чином діоксиду сірки), наявність або відсутність видів після тривалого впливу, різноманітність, охоплення та чисельність говорять про масштаб забруднення. Іншим способом використання лишайників як інструментів біомоніторингу є їх пересадка разом із субстратом, таким як гілочки чи кора, із незабруднених місць у забруднені, переважно промислові чи міські території. Після певного періоду впливу (зазвичай місяців) лишайники порівнюють з таломами контрольної групи.

Цікаво, що коли рівень диму, діоксиду сірки та загального забруднення довкілля зменшуються, лишайники успішно знову заселяють середовище у відповідь на поліпшення атмосферних умов. У контексті моніторингу забруднення з використанням природньо поширених лишайників у місцях моніторингу та їхної трансплантації, зміни в морфології, цитології, метаболізмі та фізіологічних процесах надають інформацію про навколишнє середовище.

Мохи поблизу водотоків

Доповненням до традиційних інструментальних моніторингових досліджень якості довкілля є використання мохів як біоіндикаторів забруднення атмосферного повітря, у тому числі повітря навколо водотоків. Мохи поглинають забруднювачі по всій своїй площі і тому є визнаним методом біомоніторингу стану навколишнього середовища, наприклад, щодо забруднення металами, присутніми у воді та повітрі.

Мохи як біоіндикатори

У міських і приміських зонах вони досить часто використовуються як біоіндикатори забруднення повітря, а накопичені концентрації аналізованих елементів пов’язані з впливом на здоров’я людини.

Як уже зазначалося раніше, мохи є чудовим засобом виявлення антропогенних джерел забруднення повітря. Наприклад, широко поширений вид моху Sphagnum ефективно відображає сезонну мінливість забруднюючих речовин, що з’являються в повітрі. Доведено, що ці види мохів ефективні в біомоніторингу місць, уражених хімічними речовинами, що витікають із заводів, пов’язаних з їхньою роботою, а також у виявленні інших точок і джерел забруднення.

З іншого боку, біомоніторинг на основі використання мохів разом із класичними методами вимірювання доповнює систему моніторингу якості довкілля, оскільки дозволяє отримати додаткові дані порівняно з використанням лише одного з цих методів.

Лишайники та мохи на берегах річок Лаборець та Уж

Під час біомоніторингу в околицях р. Лаборець ми помітили нітрофільні види *Xantoria parietina*, *Physcia sp.* що пояснює їхню присутність поблизу дорожнього руху (біля автомобільного мосту в Стражському), оскільки на життєздатність цим лишайників позитивно впливає присутність азотистих сполук.

Ділянка збагатилася цими видами також в результаті інтенсивного сонячного світла, яке лишайник *Xanthoria parietina* може поглинати завдяки наявності пігменту - париетину. Визначення чисельності цих епіфітних видів (що ростуть на корі дерев) використовується для приблизного визначення чистоти повітря навколо водотоку. Підрахунок можна проводити на ділянці в один метр по всьому периметру дерева, з висоти приблизно 1,5 м від землі. Визначені значення

$$ІЧС = \sum F$$

ІЧС індекс чистоти середовища

$\sum$ *Suma – сума*

F *це частота кожного виду лишайників, яка розраховується як кількість лишайників, присутніх у квадратній сітці (10х10 см квадрат) на загальній площі 50х50 см.*

можна потім використовувати для перерахунку за формулою, за якою ми приблизно оцінимо чистоту даного повітря.

Ступінь	Діапазон забруднення	Забруднення довкілля
Ступінь А	0≤ІЧС≤5	Високий ступінь забруднення
Ступінь В	5<ІЧС≤10	Середній ступінь забруднення
Ступінь С	ІЧС>15	Низький ступінь забруднення

На локалітеті Крівоштянський міст поблизу Лаборця лишайники зустрічаються переважно на корі дерев. Ми визначили їхню чисельність цікавим способом, в якому зафіксували їхню присутність на трьох вибраних деревах у визначеній зоні приблизно від 1 метра над землею до висоти 2 м по всьому колу дерева.

Фреквенційним методом ми також визначили наявність лишайників на деревах на відстані приблизно 50 м від водотоку біля дороги над мостом на лівому березі, що говорить про частоту (поширеність) видів лишайників на досліджуваній території. . На схемі для кращого розуміння зображено, як вибирається ділянка дерева для визначення кількості лишайників на корі.

1mv
1mv

„Вища рослинність“
Рослинність поблизу водотоків

Прибережну рослинність можна охарактеризувати як групу дерев, кущів і трав, що ростуть на берегах водотоків або водойм. Ви, безсумнівно, помічали їх на прогулянці вздовж річки чи струмка. Чи замислювалися над тим, яке їх значення? Видовий склад прибережної рослинності є унікальним і може безпосередньо впливати на появу деяких груп тварин, тим самим локально збільшуючи біорізноманіття.

Роль представників царства рослин незамінна на берегах водотоків, не тільки тому, що це джерело їжі для багатьох тварин, але ще й як місце, де вони можуть сховатися від негоди або хижаків. Важливість рослинності також полягає в стабілізації берегів і відіграє незамінну роль у формуванні ландшафту та околиць водотоку. У наших інтересах підкреслити існування прибережної рослинності та захистити її місце в річковій місцевості.

Трави як їжа та притулок

Трави, які зазвичай ростуть на берегах водотоків, включають напр.: м'ята довголиста, ожина звичайна, кремена лікарська, Зніт шорсткий та інші. Найпоширенішими представниками є вологолюбні трави: різні види ситнику (*Juncus*), очерет звичайний (*Phragmites australis*) або осока (*Carex*) та їй подібні, які утворюють щільні покриви безпосередньо на берегах стоячих водойм і струмків. Частим представником трав'янистої прибережної рослинності є кремена. Велике листя, характерне для неї, дає тваринам необхідний захист від дощу чи палючого сонця.

Чагарники та дерева як опора для берегів

З кущів тут кущисті верби, напр: верба біла (*Salix alba*), верба пурпурова (*Salix purpurea*), верба тритичинкова (*Salix triandra*), які своєю кореневою системою зміцнюють береги струмків і річок. Подекуди по берегах річок є черемха звичайна (*Prunus padus*) або бруслина європейська (*Euonymus europaeus*).

На берегах струмків, крім домінуючих за чисельністю верби і вільхи, ростуть ясен і тополя. У деревному ярусі навколо водотоків переважають такі види, як напр.: верба ламка (*Salix fragilis*), верба біла (*Salix alba*), тополя біла (*Populus alba*) і тополя чорна (*Populus nigra*). При достатній кількості м'яких порід, вони стають ідеальним притулком для найбільшого європейського гризуна – бобра. З іншого боку, надмірна рослинність, яка схилена, суха або зламана, може заблокувати потік, коли випускається або скупчується під опорами мостів, а у разі паводкових вод ускладнюють дренаж навколишнього ландшафту.

Laborec pod prefou

Серед твердих порід, що укріплюють береги, напр.: ясен вузьколисточковий (*Fraxinus angustifolia*), в'яз гладкий (*Ulmus laevis*) і дуб звичайний (*Quercus robur*). Кущі та дерева, як частина екосистеми водотоків, являють собою джерело енергії з наземного середовища. Таким чином, екосистема водотоку залежить від енергії, що надходить у формі органічних речовин, напр. опалого листя.

Макрофіти як біоіндикатори

Ефективними біоіндикаторами, за допомогою яких можна визначити якість води, є водні рослини – макрофіти. Це відносно великі рослини, видимі неозброєним оком, що належать до різних систематичних груп, існування яких, однак, тісно пов'язане з водою. До цієї групи відносяться судинні рослини, які ростуть безпосередньо у воді або в прибережній зоні з підвищеною вологістю. Макрофіти є невід'ємною частиною екосистем більшості водних поверхонь і водотоків, впливають на гідрохімічні та гідробіологічні процеси, відіграють важливу роль у житті водойми. Показником екологічного стану водного об'єкту може бути не тільки видовий склад рослин, а й кількість видів та особливості просторового розміщення водної рослинності. До складу стоячих водойм або мертвих рукавів річок входять багаторічні водні рослини. Прикладом може бути латаття, або стрілиця, яка вважається експертом для водних середовищ з коливанням рівня води, що характерно для тугайних зон.

Sagittaria sagittifolia

Nuphar lutea

Видове різноманіття прибережної та водної рослинності річок Лаборець та Уж

Береги річки Лаборец багаті на види рослин. Переважають ті, що характерні для вербово-тополевих тугайних лісів, такі як ожина звичайна (Rubus caesius) з темно-синіми плодами ожини, хміль звичайний (*Humulus lupulus*), жіночі шишки якого використовуються як інгредієнт для варіння пива, очеретянка звичайна (*Phalaris arundinacea*) , і кропива дводомна (*Urtica dioica*). Навесні також привернуть увагу зарості часнику ведмежого (*Allium ursinum*), з якого можна приготувати смачний песто або просто з'їсти, а жовті насадження пшінки весняної (*Ficaria bulbifera*) не вислизнуть від уваги жодного.

Несприятливим чинником є інвазійні рослини, які ростуть на берегах Лаборця. Серед небезпечних видів – борщівник Мантегацці (*Heracleum mantegazzianum*), який може виростати до чотирьох метрів у висоту, а його сік викликає сильні опіки на шкірі під впливом сонця. Докучливим також є ехіноцистис шипуватий (*Echinocystis lobata*), який, подібно до ліан, заплітає крони дерев і може досягати довжини до 20 м.

БЕЗХРЕБЕТНІ

Хто відноситься до водних безхребетних і чому їх так багато?

При погляді до воду, нас приваблюють більші тварини, найчастіше хребетні (наприклад, риби, амфібії, птахи). Однак функціонування водної екосистеми також значною мірою залежить від наявності та ролі дрібних тварин. Їхню спільноту ми класифікуємо як безхребетні (це різноманітна група тварин, спільною рисою яких є неналежність до групи хребетних). У воді вони споживають опале листя та деревину (розкладачі, наприклад, ракоподібні - бокоплавові), зішкрібають нарости водоростей, їдять рослинність, фільтрують багатий поживними речовинами мул або дрібні організми (наприклад, одноклітинні організми) з води, полюють на інших тварин, паразитують тощо. Якщо безхребетні зникають із природи, напр. в результаті отруєння, їх місце у функціонуванні екосистеми деякий час залишається порожнім. Така водна екосистема не виконує своїх функцій і втрачає стабільність. Якщо, наприклад, зникають дрібні планктонні тварини, то розмножуються водорості, вода втрачає прозорість, занурені частини рослин гинуть. Гинуть і дрібніші риби, яким планктон потрібен як невід'ємна частина раціону. Якщо немає розкладачів, на дні води накопичується листя, яке починає гнити, а вода втрачає кисень, темнішає і набуває неприємного запаху. Коли ми це усвідомлюємо, починаємо більше цікавитися водними безхребетними. Існує набагато більше видів і особин водних безхребетних, ніж хребетних. І не всі вони малі, напр. великі двостулкові молюски досягають довжини аж до 30 см.

Ключ до пізнання

Якщо нас цікавить, що живе у воді і яку роль відіграє кожен з видів, ми повинні спиратися на знання, зібрані натуралістами протягом десятиліть. Серед водних безхребетних ми включаємо напр.: губки, кнідарії, плоскі черви, коловертки, п'явки, молюски, ракоподібні, водяні личинки та дорослі стадії (імаго) комах. Разом це сотні видів. Для багатьох із них ми знаємо спосіб життя, прив’язаність до середовища, сезонну активність, розмноження та розвиток, механізми проникнення (переходу) в інші середовища тощо. В основі лежить правильне визначення спостережуваних особин до біологічних родів і видів. Для цього ми використовуємо один або кілька визначників. Багато з них важкодоступні для неспеціаліста і часто вимагають значного досвіду та використання професійної термінології. На сайті нашого проекту ми пропонуємо спрощений, ілюстрований визначник водних безхребетних. Ми заохочуємо допитливих любителів природи виділити час і терпляче навчитися працювати з визначником. Таким чином вони відкривають «двері» до пізнання водних тварин і, відповідно, до загального біологічного погляду на природу.

Де можна знайти безхребетних?

Життя більшості водних безхребетних зосереджене біля берегів, де достатньо укриття, світла, кисню і корму, та куди більша риба не проникає. Безхребетні (найдрібніші) вільно плавають у воді і переносяться повільною течією. Вони утворюють угруповання зоопланктону та мають різні пристосування тіла для плавучості у воді. Вони також можуть активно пересуватися на невеликі відстані, рухаючи кінцівками. Зазвичай прозорі. До планктону можна віднести також дрібні личинки великих тварин, напр. великих двостулкових. Бентосні організми тримаються біля дна. Вони плавають трохи вище дна, або повзають по ньому, або прикріплюються, ховаються під камінням чи зариваються в дно.

Для цього вони розвинули важче тіло, часто з твердою оболонкою або панциром, а також пристосування для кріплення (наприклад, присоски, міцні ноги). Зазвичай мають темне, мозаїчне чи смугасте забарвлення, щоб уникнути уваги хижаків. У відповідних місцях тисячі однакових або різних бентосних безхребетних збираються разом і утворюють колонії або численні скупчення. Завдяки своїй кількості їхня вага може перевищувати вагу риби на тій же площі. Водні безхребетні також зустрічаються на водних рослинах, на затопленій деревині, в мулових або гравійно-піщаних відкладеннях. Деякі з них пристосувалися до життя на поверхні води або прямо під нею. Це пов’язано з необхідністю дихати повітрям над водою, а також багатим запасом їжі.

Цікаве життя водних безхребетних

Кожний водний організм має свої особливі життєві прояви, життєвий цикл та вимоги до середовища. Багато з них можна спостерігати та задокументувати безпосередньо в природі. Інші прояви необхідно спостерігати в лабораторних умовах. Гідробіологічною лабораторією може бути навіть невеликий акваріум на поличці в кімнаті або в школі. Тут є більше можливостей для тривалого спостереження за тваринами у різний час доби. Рекомендуємо спробувати розводити саме таких, які привернули вашу увагу в природі (за винятком видів, що є рідкісними і охороняються, це неетично і заборонено). Акваріумісти зазвичай мають екзотичні види дрібних риб, молюсків, рідше раків та інших безхребетних, екзотичних земноводних і черепах.

Ми можемо спробувати розводити все, що знайдемо в природі. Скористаємося досвідом акваріумістів (наприклад, яку воду використовувати, як підтримувати її чистою, який гравій і рослини мати в акваріумі, як забезпечити належне освітлення, які укриття для тварин, як довго залишати акваріум без тварин, як транспортувати живі організми, як розводити дрібних безхребетних, яких акваріумісти використовують як корм для риб тощо). Інше джерело знань — природні умови утримання тварин (на місці збору). Ми намагаємося наслідувати їх в акваріумі. Приготувати акваріум для безхребетних легше зі стоячої води, ніж з струмка. Спостереження бажано детально документувати (фотографувати, записувати). Немісцеві види не можна випускати в природу, навіть якщо вони стали для нас одомашненими і ми самі отримали їх від природи.

Як безхребетні пристосувалися до життя у воді та на її поверхні?

Гладка, м’яка та вкрита слизом поверхня водних безхребетних (наприклад, війчастих червіві, олігохет, молюсків) є пристосуванням для постійного проживання під водою або тимчасового перебування у дуже вологому середовищі на суші. Така шкіра дозволяє дихати всією поверхнею тіла, захищає від вбирання надлишкової води, дозволяє ковзати по дну, і легко рятуватися від хижака. Однак такі покриви дуже вразливі до ударів води, гострих предметів, включаючи гострі органи ротової порожнини хижаків. Також вони швидко втрачають свої властивості і не захищають тіло від висихання, коли тварина навіть на короткий час знаходиться поза межами води.

Тому багато безхребетних утворюють тверді оболонки (наприклад: різні трубки, мушлі, панцирі), в яких ховаються від сильних течій води, хижаків, висихання та ультрафіолетового випромінювання. Водні членистоногі (наприклад, водяні жуки, клопи, личинки комах) мають тіло, вкрите міцним невисихаючим шаром — кутикулою, яка для них також є і скелетом. Але це не дозволяє дихати, тому вони змушені використовувати спеціальні органи. За їхньою будовою можна визначити, чи є ці безхребтні природніми жителями води (дихають зябрами), чи вони повернулися у воду з суші (їм зазвичай доводиться дихати з поверхні або переносити кисень у власному тілі). Коли ми спостерігаємо під водою комаху, тіло якої вкрите крихітними бульбашками повітря і має сріблясту спинку, вона використовує принцип так званих фізичних зябер (наприклад, хребтоплави). Інші цікаві пристосування водних безхребетних можна знайти у формі їхніх тіл і раковин, органів руху тощо.

мушля Limnea stagnalis

Безхребетні як біоіндикатори

Слово «біоіндикатор» вживається дуже часто, але не завжди добре зрозуміле. Біоіндикатор – це живий організм, який ми можемо чітко та правильно ідентифікувати, а також знаємо його особливості та вимоги до середовища. За таких обставин кожен живий організм можна розуміти як біологічний індикатор стану довкілля. На зміну в середовищі, наприклад, погіршення якості води, живі організми реагують по-різному. Якщо, наприклад, в річку тривалий час виливають гарячу воду з котельні або електростанції, з неї мігрують або вимирають організми, які надають перевагу холодній воді. В даному випадку це також пов'язано з диханням: у більш холодній воді кисень розчиняється краще, його більше, ніж у теплій. Навпаки, сюди мігрують теплолюбні, часто немісцеві тварини. Зміна в екосистемі відображається якісною складовою угрупувань, напр. безхребетних (які види тут поширені і які мають вимоги до середовище), або кількісною складовою (скільки особин тут живе). Наприклад у водах, сильно забруднених органічними речовинами (напр, відходами харчового виробництва), існує дуже низьке біорізноманіття (видовий склад), але деякі безхребетні можуть жити тут у величезних кількостях, напр. деякі дрібні кільчасті черви або личинки комарів-дзвінців (мотиль). Неприродно бідні угрупування організмів у воді попереджають нас про наявність сильного негативного впливу на навколишнє середовище. Саме порушення може бути короткочасним, але його вплив на організми довгостроковий (наприклад, отруєння, спричинене змиванням хімікатів з полів). Якщо йдеться про забруднення води, річка має кращі властивості для самоочищення, ніж озеро, але забруднення в ній також поширюється швидше і займає географічно набагато більшу область у напрямку течії..

Яких безхребетних можна знайти в річках Лаборець і Уж?

Безхребетні цих двох водотоків відповідають типовій фауні середньоєвропейських річок. Обидва є правими притоками Латориці (Бодрогу), яка впадає в Тису. Джерела в так званому флішовому горному хребті, яке має тенденцію до швидкого підняття рівня води та повеней під час збільшення кількості опадів. У наслідок цього вода швидко стає мутною від переносу пісчано-глинистих відкладів. Присутність безхребетних можна спостерігати особливо при нижчих рівнях води, коли оголюється як кам'янисте, так і неущільнене дно річок. У ньому часто застрягають раковини молюсків і личинки волохокрильці. Помітними є напр. великі мушлі. Тонкостінні, вищі черепашки беззубок легко відрізнити від подовжених, товстостінних раковин перловиць, які додатково мають з’єднання обох мушель, укріплене зубами. Визначення виду вже вимагає використання визначника. У середній течії обох річок найбільш поширені Anodonta anatina (беззубка качина) та Unio tumidus (перлівниця клиноподібна), рідше – Unio crassus (перлівниця товста). Як немісцевий вид, тут все частіше можна зустріти мушлі Sinanodonta woodiana. Менші раковини, які нагадують черепашку з загостренням у нижній частині чаші, насправді належать водному черевоногому молюску — Ancylus fluviatilis. Довші, загострені, тонкостінні раковини належать одному з видів ставковиків. Більшість черепашок можна знайти в нанесеному матеріалі після того, як хвиля повені відступить. При уважному розгляді алювію можна виявити видовий спектр молюсків.

Дійсно, а чи знаємо ми, який край мушлі передній, а який задній? Яка права, а яка ліва стулка раковини?

Раковина Anodonta sp.

Водяна личинка волохокрилець утворює трубочки довжиною 1-2 см. Кожен вид використовує різну архітектуру цього портативного укриття, і відкладення твердих частинок навколишнього матеріалу не є випадковим. Вони заслуговують на детальне вивчення під лупою. При уважному огляді берега можна помітити так званий екзувій деяких представників комах, що розвиваються у воді, але їхній перехід до дорослого стану відбувається на березі, зазвичай на стеблі рослини або на камені. Таким чином ми можемо задокументувати присутність бабок або одноденок, веснянок або великокрилець. Дорослих особин можна спостерігати в польоті або під час відпочинку на землі чи рослинності. Фотографування чудово розфарбованих бабок або красунь вимагає уважності та терпіння, але хороша фотографія варта зусиль. У самій річці можна зустріти переважно фауну бентосу. Якщо вода прозора, то в спокійніших ділянках можна спостерігати безхребетних на дні в мілководах. Зазвичай вони ховаються під або на нижній стороні скель і затоплених колод. Деякі також створюють чисельні угрупування. Там, де у воді багато мертвого листя, зазвичай поширений Gammarus fossarum. Це далекий родич раку. Хоча він частково переносить органічне забруднення води, але дуже чутливий до дефіциту кисню. Нещодавні генетичні дослідження показали, що в нашій країні також живе багато непримітних видів гамарусів, які лише трохи відрізняються один від одного зовнішнім виглядом. Цілі колонії

створюють прикріплені до субстрату личинки дрібних волохокрильців і мушок, мошок. На нижній стороні каменів можна знайти напр. личинки одноденок і веснянок. Яйця ставковиків можуть бути приклеїні в желеподібних утвореннях на каменях. Але якщо таке утворення рухливе, то це один з різновидів війчастих червів.

Рекомендації для подальшого читання

Elexová E. 1998. Poznámky k makrozoobentosu Laborca v oblasti elektrárne Vojany. Natura Carpatica 39: 63-7.
Mišíková Elexová E. a kol. (eds.), 2010: Zoznam zistených taxónov na monitorovaných lokalitách vodných útvarov povrchových vôd Slovenska. Časť 1: Bentické bezstavovce. Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (Bratislava) 18 (1): 1- 335.
Mišíková Elexová E. a kol. (eds.), 2021. Výsledky monitorovania vodných útvarov povrchových vôd Slovenska. Zoznam taxónov, Vodná fauna. Bentické bezstavovce, mihule a ryby. VÚVH, Bratislava, 387 s.
Šporka F. (ed.), 2003. Vodné bezstavovce (makroevertebráta) Slovenska, súpis druhov a autekologické charakteristiky. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 590 s.

Хребетні
Коли вода — середовище існування для хребетних / Як риба у воді

Коли вода — середовище існування для хребетних / Як риба у воді

Трансформація водних екосистем внаслідок антропогенних змін на рівні басейну призвела до значного погіршення стану популяцій риб у більшості водойм Словаччини та України. Метою будь-якої реконструкції водойми є підвищення продуктивності або розширення її використання, але структурна складність екосистем не дозволяє передбачити всі негативні зміни і процеси, які будуть розвиватися в результаті діяльності людини. Через це виникає нагальна потреба у визначенні екологічних ризиків та приблизні показників на біоценотичному та популяційному рівнях, які б дозволили прогнозувати негативні зміни в екосистемах. Нині рівень іхтіологічних досліджень не завжди дозволяє чітко визначити процеси у водоймах, пов’язані зі зміною видового складу чи популяційної структури риб. Тому необхідно розробити теоретичні підходи до використання риб як індикаторів стану гідроекосистем.

Використання особливостей будови популяцій та угруповань риб як біоіндикаційних параметрів має як переваги, так і недоліки порівняно з водними безхребетними, водоростями та вищими водними рослинами.

• До переваг цієї методики відносяться: відносно великі розміри об'єктів, відносно просте визначення видової приналежності риб, можливість проведення досліджень з мінімальним лабораторним обладнанням і відносно просте визначення структурних характеристик популяцій риб.

• Серед найбільш суттєвих недоліків – труднощі у визначенні достовірних показників чисельності популяцій різних видів риб, рухливість представників іхтіофауни, що дозволяє їм уникати несприятливих умов, а також фактор вилову риби для рибальських цілей, що порушує структуру популяцій та угруповань.

Відомо, що зв’язок між різноманітністю та стабільністю екосистеми інколи буває суперечливим. Стабільність біосистем зростає зі збільшенням різноманітності, але при цьому відзначається, що сама різноманітність створюється за рахунок стабільності екосистем. Таким чином, у результаті аналізу різних підходів у галузі біоіндикації якості води та стану гідроекосистем слід констатувати, що перспективність використання іхтіологічних індикаторів є очевидною. Рекомендується використовувати їх як біоіндикатори на популяційному та ценотичному рівні. На популяційному рівні перспективними для біоіндикації є такі показники: розмірна різноманітність особин популяції за індексом мінливості; розмірно-вагова структура популяції з показниками середніх багаторічних даних про довжину або масу тіла; статева структура з показниками збільшення чи зменшення частки особин однієї статі; індивідуальна морфологічна мінливість особин і кількість фенорізноманітності. На ценотичному рівні рекомендовано використовувати такі показники, як: чисельність видів риб, індекси різноманітності та різноманіття риб з різним ступенем стено- та еврибіонтності.

Бобер будівельник

Прибережну деревну рослинність може бути безпомилково позначена наявністю найбільшого європейського гризуна — бобра річкового (*Castor fiber*). Незважаючи на те, що в минулому він в Європі перебував на межі зникнення, тому що на нього полювали як через м'ясо, мускусні залози біля хвоста, так і через шкоду, яку він завдавав деревам уздовж річок і будівництву дамб. З 1980-х років популяція бобрів почала розширюватися і в даний час зустрічається на великій території Словаччини. Бобер — найбільший європейський гризун, який досягає довжини 120 см і важить до 30 кг, а в світовому масштабі його випереджає лише капібара, що живе в басейні річок Південної Америки. Хвіст бобра не покритий шерстю, він подовжений і має характерну форму, сплощену зверху і знизу, яка служить кермом під час плавання і гарантує для спостерігача чітке визначення бобра від інших водних хребетних, таких як щур, видра або ондатра. . Харчується він корою дерев і молодими гілочками, але не відмовиться і від водної чи наземної рослинністі і навіть сільськогосподарських культур з полів. Однак дерева служать бобру не тільки джерелом їжі, а й будівельним матеріалом для дамб. так званих греблей бобрів, які він будує на водотоках і нори в берегах, у яких він живе цілий рік. У цих хатках бобри живуть парами і утворюють колонії, що складаються з 4-6 особин. Тут самка народжує 1-2 дитинчат, які відразу після народження можуть бачити і плавати. Ці тварини активні навіть взимку і зберігають їжу в сховку в греблі. Бобер – працьовитий будівельник, здатний зрубати для будівництва навіть дерево діаметром 50 см. Стовбур обгризає по колу до типової форми і може направляти його падіння туди, де це потрібно. Бобер – боягузлива нічна тварина, яку дуже важко помітити, але її присутність виявляють покусані та повалені дерева.

Навіть змії вміють плавати

Поблизу та у воді також можна зустріти представників рептилій, деякими видами змій, зокрема двома видами неотруйних змій, які прив'язані до водного середовища – це вуж звичайний(*Natrix natrix*) та вуж водяний (*Natrix tesselata*). Обидва ці види теплолюбні, тому частіше зустрічаються у тепліших областях. Вони чудово плавають і полюють на їжу, якою є дрібна риба, земноводні або навіть комахи, на поверхні води, під поверхнею води або навіть на берегу. Потурбувавши цих змій на березі, де вони гріються на сонці, ті швидко тікають у воду, шукаючи притулку. Вміють дуже майстерно пірнати і можуть протриматися під водою чверть години. Самки цих видів змій відкладають яйця в лісову нору або інший відповідний субстрат. Яйця білі, шкірясті, а приблизно через два місяці вилуплюються дитинчата розміром 20 см, які відразу стають рухливими і шукають їжу. З цими представниками ми повинні згадати специфічний тип захисної поведінки, який називається танатоз. Коли змія відчуває загрозу, вона застигає і прикидається мертвою. Лежить, вивернувшись животом догори, з відкритою папулою та висунутим язиком. Змія може бути змащена виділеннями клоаки, так що крім того, що лежить нерухомо, ще й сильно пахне падаллю. Типовою реакцією, коли цих змій турбують, є відригування вмісту їхніх шлунків, щоб якомога швидше втекти.

Вуж звичайний живе біля стоячих або повільно текучих водотоків і є найпоширенішим видом змій у Словаччині. Відмінною рисою є жовті або жовто-білі плями у формі півмісяця за головою. Забарвлення тіла сіро-буре, сіро-зелене або різних відтінків. Іноді також може мати світлі поздовжні смуги. Не рідко зустрічаються і чисто чорні, т. зв меланічні форми. Виростає в довжину до 1,5 метрів і харчується в основному земноводними (жабами), рідко ловить рибу.

Вуж водяний також живе біля стоячих або повільно текучих водотоків з прибережною рослинністю, але порівняно з вужем звичайним, ще більше прив'язаний до води. Виростає в довжину до 100 см, іноді навіть більше. Забарвлення цієї змії сіро-зелене з типовим чорним послідовним шаховим візерунком. Голова трикутна з виразними очима з круглими зіницями. Основною складовою їхнього харчування є риба, винятково ловлять земноводних, особливо жаб.

Яких хребетних ми спостерігали в околицях водотоків Лаборець та Уж?

Під час прогулянки до річки Лаборець наш шлях перетинали різноманітні земноводні, про яких ми поговоримо більш детально в наступному розділі. Варто звернути увагу на яскравий слід життєдіяльності, який свідчить про наявність бобра поблизу р. Лаборець, за Кривоштянським мостом. На деревах довкола річки є численні укуси, в тому числі свіжі, що свідчить про недавню активність найбільшого гризуна. На локалітеті під Кривоштянським мостом ми спіймали кілька видів звичайних риб, яких після спостереження відразу повернули в природне середовище.

Погризи дерева бобром вздовж річки

ЗЕМНОВОДНІ ТА РЕПТИЛІЇ
Чому вони в небезпеці?

Аналіз, проведений міжнародним союзом охорони природи IUCN, показав, що чверті видів організмів загрожує зникнення через діяльність людини, тоді як амфібії з 41% видів, що знаходяться під загрозою зникнення, посіли невтішне лідерство (IUCN 2022). Чутливість цих організмів безпосередньо пов'язана з їхніми характерними властивостями, про які ми дізнаємося і вивчаємо на уроках природознавства ще в початковій школі.

Для земноводних шкіра, подібна за властивостями до слизової оболонки, є дуже важливим органом дихання. Через неї відбувається до 60-80% обміну дихальних газів, а під час зимівлі вона виконує цю функцію аж на 100%. Проте шкіра земноводних проникна не тільки для дихальних газів, а й для забруднюючих хімічних, токсичних речовин з водного середовища, в якому вони знаходяться. Яйця амфібій не мають шкаралупи, як, наприклад, яйця рептилій, а зберігаються в желеподібній оболонці, тому їх розміщують у водяне або вологе середовище, щоб не висихали. Однак якщо водне середовище, де вони відкладені, висихає, ці кладки автоматично знищуються. Крім того, їм може загрожувати сильне ультрафіолетове випромінювання або різні патогени, через що деякі кладки яєць взагалі не вилуплюються, або народжуються деформовані особини, яким важко вижити.

Усі наші види амфібій є земноводними організмами, і для свого життя потребують як водного середовища для відкладання яєць і розвитку личинкових стадій, так і наземного середовища, в якому вони шукають їжу та відповідний притулок. Тому, якщо ми хочемо захистити земноводних, недостатньо охороняти лише водне середовище, а й наземне середовище існування та їхній взаємний зв'язок (з'єднання) у вигляді коридорів. Це значно підвищує їхню вимогливість до навколишнього середовища та ускладнює захист.

Земноводні не мають постійної температури тіла, вона залежить від температури довкілля, тому ці організми дуже чутливі до кліматичних змін. Іншими загрозами є занесення немісцевих видів, які згодом конкурують за їжу та середовище існування з нашими місцевими видами амфібій і загрожують їм з точки зору передачі різних патогенів, до яких самі можуть бути стійкими. Одним із серйозних захворювань є грибкове захворювання під назвою хітрідіомікоз, яке викликає не тільки загибель місцевих популяцій, але навіть вимирання цілих видів. Коли кілька з цих вищезгаданих характеристик зустрічаються в одному організмі, виникає проблема.

Втрата природного середовища

Ще десятиліття тому фахівці з амфібій почали помічати, що з цією групою хребетних щось не так, відбулося значне зменшення популяцій навіть у районах, які були майже без втручання людини. Цьому питанню стали приділяти все більше уваги, оскільки такі тривожні висновки підтверджувалися. Сьогодні, завдяки більш детальному вивченню цієї групи тварин, ми знаємо, що амфібіям загрожує кілька факторів, особливо: знищення, забруднення та зміни в їхньому природному середовищі. Урбанізація належить до найпоширенішої форми зміни їхього середовища існування. Болота і ліси перетворюються на забудовану територію, повну різноманітних будівель і доріг, і такі кардинальні зміни амфібії часто не можуть подолати. Відбувається фрагментація та ізоляція популяцій, і через численні бар'єри в місті особини не можуть мігрувати з однієї популяції в іншу. Це збільшує рівень інбридингу, і тепер вже відомо, що чим вищий інбридинг, тим нижча життєздатність популяцій.

Коли амфібії лікують нас...

В деяких біотопох амфібії та рептилії можуть бути ключовими видами з великим впливом на структуру екосистем як важлива частина спільнот і харчових ланцюгів (наприклад, Burton & Likens, 1975; Holomuzki et al., 1994; Stewart & Woolbright, 1996, Wissinger et al. , 1999; Whittaker et al., 2013). Будучи холоднокровними тваринами, вони можуть ефективно перетворювати енергію, яку отримують у формі їжі, в тканини тіла (Pough et al., 1998; Dodd, 2009). Амфібії, як важливі консументи у водних і наземних оселищах, представляють важливу енергетичну ланку між цими біотопами (Whiles et al., 2006). Вони сприяють регулюванню комах, які в деяких випадках можуть бути небезпечними переносниками різних патогенів, небезпечних для людини (наприклад, DuRant & Hopkins, 2008; Kagemann, 2015). Чим більше земноводних, тим менше комарів.

Ропуха звичайна та її численні кладки у вигляді чорних ланцюжків.

Доведено, що отрута земноводних, яка є видоспецифічною з точки зору біоактивного складу, представляє інтерес для відкриття нових ліків (Shaw, 2009). Сьогодні вже відомо, що ці біоактивні компоненти мають антимікробну (наприклад, Gomes et al., 2007; Govender et al., 2012), протидіабетичну, імуномодулюючу, противірусну, протипухлинну активність тощо. (наприклад, Spande et al. 1992; Dasgupta & Gomes, 2001; Gomes et al., 2007; Rollins-Smith, 2009; Neerati, 2016). Тому можна стверджувати, що з вимиранням кожного виду земноводних зникає потенційний препарат для лікування різних хвороб людини. Зменшення чисельності чи втрата цих тварин може мати різні та ще не повністю зрозумілі наслідки для спільнот та екосистем. Незважаючи на ці факти, амфібії є об’єктом охорони на нижчому рівні порівняно з іншими таксонами хребетних (Whiles et al., 2006).

Може, колись я допоможу тобі не вмерти.

З хвостом чи без...

Земноводні наразі включають 8679 видів (станом на 17 серпня 2023 р., amphibiaweb.org), з яких найчисельнішими є жабоподібні земноводні (88%). До цієї групи хребетних ми відносимо також хвостатих земноводних і навіть безногих, які, однак, не зустрічаються на нашій території. У Словаччині є 12 видів жабоподібних і 6 видів хвостатих земноводних. Єдиним представником роду Salamandra тут є саламандра плямиста, яка любить дощ і вологе середовище. Її можна зустріти в букових або змішаних лісах, але особливо після або під час дощу, бо якщо тепло і сухо, то вона ховається в різних норах, щілинах, під камінням. Одразу після дощу ми бачимо перед очима зовсім інший ліс та екосистему, іноді навіть дивуємося, скільки в ньому живе саламандр.

Під час дощу також виходять молюски і дощові черв'яки, якими саламандри люблять поласувати. Чорно-жовтим забарвленням, т. зв попереджувальним, вони дають зрозуміти, що отруйні і, відчуваючи загрозу, виділяють отруйний секрет зі своїх отруйних залоз. Однак у Словаччині ми також маємо різні види тритонів, самці яких часто мають гарне барвисте забарвлення та характерні гребені або смуги під час водної фази навесні, коли вони розмножуються. Самки не так яскраво забарвлені і навіть не мають гребенів і смуг на спині, але в красі точно не відстають. Під час сезону розмноження у воді самці виконують різні весільні танці перед самкою і в кінці випускають капсулу зі спермою (сперматофор), який самка поміщає в свою клоаку. Потім самка відкладає яйця поодиноко, часто на листя рослинності, а деякі види склеюють ці листки, щоб захистити яйце.

Не менш цікаві наші жабоподібні амфібії. У Словаччині можна зустріти ропух, кумок, райок, землянок, а також жаб наземних чи водних. Ці різні види відкладають кладки, що відрізняються за формою та розташуванням в середовищі.

Наші ропухи (ропуха зелена, ропуха звичайна) відкладають ікринки у вигляді довгих чорних ланцюжків, натомість наші жаби відкладають в т.зв. буханки, які можуть відрізнятися за розміром і бути або не бути прикріпленими до рослинності. Тому знання кладок земноводних суттєво допомагає в картографуванні та моніторингу популяції в нашій природі.

Один вид наших земноводних ікринки не відкладає. Це вже вищезгадана плямиста саламандра. В неї ви б марно шукали кладки яєць. Саламандра яйцеживородна, і яйця розвиваються безпосередньо в тілі самки, і вона згодом відкладає личинки в яєчних оболонках, які лопаються відразу після або під час кладки. Оскільки всі наші земноводні охороняються законом, поводитися з ними, а також з їх яйцями та личинками, можуть лише професіонали, які мають відповідний дозвіл міністерства захисту довкілля.

Амфібії як біоіндикатори

Одним із сучасних і найперспективніших методів екологічної оцінки якості навколишнього середовища є біоіндикація, яка дає змогу ідентифікувати рівень та інтенсивність забруднюючих речовин, а також відстежувати динаміку деградації екосистеми в часі та просторі. Амфібії відповідають всім вимогам до тварин, які використовуються для біоіндикації. Амфібії відкладають яйця без шкаралупи, тому вони менш захищені від несприятливих погодних змін і хижаків.

шкіра земноводних проникна для також шкідливих речовин

яйця амфібій без оболонок

Одним з основних факторів, що підвищують чутливість земноводних до стану довкілля, є проникна шкіра. Їхні яйця та/або личинки чутливі до забруднення. Амфібії не мають значної схильності до міграцій і характеризуються високим рівнем поліморфізму. Усі ці фактори дозволяють успішно використовувати їх як біоіндикатори. Будь-який забруднювач, який потрапляє у водне середовище, навіть в результаті діяльності людини, автоматично потрапляє в організм цих тварин і може впливати на земноводних, не вбиваючи їх, хоча й іноді це може мати летальний ефект.

Детальний погляд на шкіру роду Bombina

Яких земноводних можна зустріти у водотоках Лаборець та Уж?

У різних місцях водотоку річки Лаборець неодноразово зустрічалися не тільки дорослі особини, але й кладками жаби прудкої (*Rana dalmatina*). Для кладок цього виду характерно, що вони прикріплені до рослинності.

Жаба зелена (*Bufotes viridis*) також була численним видом. Ми помітили її далі від водотоків. Цей вид амфібій прив'язаний в основному до наземних біотопів і для нього характерне поселення в урбанізованому середовищі. Їм підходять міські парки, фонтани, різні недосконалості, такі як щілини, які вони використовують як укриття.

Зрідка нам також зустрічалися райка деревна (*Hyla arborea*) і жаба озерна (*Pelophylax ridibundus*), які своїм забарвленням привертають більше уваги, ніж інші види безхвостих земноводних. Локація «потік Душа» - Bufotes viridis, Hyla arborea, Pelophylax ridibundus,

Локація "Laborec pod prefou" - Pelophylax ridibundus, Rana dalmatina

Локація "Річка Лаборець - під мостом" - Rana dalmatina,

Локація «звалище поблизу Стражського» - Rana dalmatina

Одним із сучасних і найперспективніших методів екологічної оцінки якості довкілля є біоіндикація, яка дає змогу визначати ступінь та інтенсивність впливу забруднюючих речовин, а також відстежувати динаміку деградації екосистеми в часі та просторі і представляти дані в інтегрованій формі. Природні реакції організмів тварин на якість навколишнього середовища часто можна екстраполювати на людину.

Амфібії відповідають всім вимогам до тварин, які використовуються для біоіндикації. Види амфібій, що зустрічаються на досліджуваних територіях, мають чіткі та придатні для досліджень, а їхні яйця та/або личинки чутливі до забруднення. Морфофізіологічні параметри організмів земноводних відображають стан місцевого біотопу. Амфібії не виявляють значної схильності до міграцій і характеризуються високим ступенем поліморфізму. Усі ці фактори дозволяють успішно використовувати амфібій як біоіндикатори.

.

Заключне слово

Моніторинг біоіндикаторів поблизу водотоків є ключовим інструментом захисту біорізноманіття. Біоіндикатори, безсумнівно, мають величезне значення в біомоніторингу. Це види, які використовуються для моніторингу стану навколишнього середовища або екосистеми. Це будь-які біологічні види або групи видів, чиї функції, популяція чи стан можуть виявити ступінь цілісності екосистеми чи середовища.

Завдяки моніторингу цих біоіндикаторів ми можемо отримати уявлення про загальний стан екосистеми та вжити необхідних заходів для захисту та збереження біорізноманіття в ній. Це необхідно, оскільки біорізноманіття є ключовим фактором стабільності екосистем

Біоіндикатори зазвичай більш чутливі до довкілля, ніж хімічні чи фізичні вимірювання. Їхня присутність або відсутність може сигналізувати про нові загрози біорізноманіттю ще до того, як станеться значна шкода. Наприклад, зникнення деяких водних комах може свідчити про забруднення водотоку до того, як воно досягне рівня, шкідливого для інших організмів.

Hungary Slovakia Romania Ukraine

PARTNERSHIP

WITHOUT BORDERS

Видання вийшло за фінансової підтримки Європейського Союзу. Університет Павла Йозефа Шафарика в Кошицях несе повну відповідальність за його зміст і не обов’язково відображає погляди Європейського Союзу