

ЗМІСТ

ЧАСТИНА 1. ЩО ТАКЕ МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ ТА ЯК ВІН ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ?	5
Що таке моніторинг довкілля?	5
Хто може здійснювати державний та регіональний моніторинг довкілля?	5
Чому може бути присвячений громадський моніторинг довкілля?	7
На що звертати увагу для організації моніторингу довкілля?	8
Які методи прийняті у моніторингу довкілля?	13
Відбори та аналізи проб	13
Метод біотестування	14
Метод біоіндикації	16
Як живі організми сповіщають про стан довкілля?	16
Організми-біоіндикатори	17
Застереження у використанні біоіндикаторів	19
Чи можна кількісно оцінити ступінь погіршення якості довкілля?	20
ЧАСТИНА 2. МОНІТОРИНГ СТАНУ ПОВІТРЯ	23
Біоіндикатори якості повітря	24
Різноманітність лишайників на місцевості	24
Стан пилку насінних дерев	29
Рослини-індикатори стану повітря	30
ЧАСТИНА 3. МОНІТОРИНГ СТАНУ ВОД	33
Як організувати спостереження?	34
Які показники води контролюються методом відбору і аналізу проб?	36
Оцінка токсичності вод методом біотестування	41
Організми – тест-об’єкти та загальні умови дослідів	41
Оцінка виживання	43
Оцінка швидкості живлення	45
Оцінка швидкості росту	46
Оцінка плодючості тварин	46
Оцінка рухливості	47
Організми-біоіндикатори стану вод	47
Індикатори чистих водойм	49
Індикатори забруднених водойм	52
Як оцінити рівень забруднення водойми	55
Стан підземних вод	58
ЧАСТИНА 4. МОНІТОРИНГ СТАНУ ҐРУНТІВ	60
Біоіндикатори стану ґрунтів	62
ЧАСТИНА 5. МОНІТОРИНГ СТАНУ ЕКОСИСТЕМ ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ	67
Як оцінити стан цілої екосистеми?	67
Моніторинг лісів	70
Моніторинг нелісових наземних екосистем	71
ВИКОРИСТАНА ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	76

ЧАСТИНА 1. ЩО ТАКЕ МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ ТА ЯК ВІН ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ?

Що таке моніторинг довкілля?

Моніторинг довкілля, або екологічний моніторинг – здійснювані за певними довгостроковими програмами систематичні спостереження, аналіз та оцінка стану довкілля з метою прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Екологічний моніторинг – окремий вид діяльності, що з'явився, відколи нас почало хвилювати питання: наскільки неухильно і критично погіршуються наше довкілля, природа навколо нас і який запас міцності вони ще мають?

Екологічний моніторинг – це ще й світова мережа. Її організації та спеціалісти постійно слідкують за допомогою сучасних обладнання і техніки за станом різних куточків Землі – океану, полярних льодів, річок, клімату, лісів, ґрунтів та ін. Будь-яка аварія, зміна показників, втручання не повинні пройти непоміченими, бо від цього може залежати якість води, повітря, харчування, погоди, виробництва, відпочинку, в кінцевому рахунку – здоров'я, життя, збереження живого.

Хто може здійснювати державний та регіональний моніторинг довкілля?

Як визначено Міністерством екології та природних ресурсів України, достовірні результати моніторингу довкілля можуть бути отримані тільки від **суб'єктів системи моніторингу**, тобто, від чітко визначених і уповноважених на це або акредитованих відомств, організацій та підприємств на державному рівні, а також у кожній з областей. Серед них – **підрозділи Мінекоресурсів, Міністерства надзвичайних ситуацій, Міністерства охорони здоров'я (зокрема, Санітарно-епідеміологічна служба), Мінагрополітики, державних агентств України – лісових ресурсів, водних ресурсів, земельних ресурсів, Державного комітету України по геології і використанню надр.**

До екологічного моніторингу також залучені:

- **Центральна геофізична обсерваторія** (<http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=facilities&f=facilities> – тут перелік інформації, яка може бути надана ЦГО споживачам);
- **Державна гідрометеорологічна служба;**
- **Державні екологічні інспекції в областях** (<http://dei.gov.ua/> – державна екологічна інспекція України);
- **Геологічні територіальні організації;**
- **Різні науково-виробничі центри і лабораторії у регіонах.**

Ці організації, по-перше, регулярно або за потребою відбирають проби води, повітря, ґрунтів, рослин чи тварин у визначених точках – містах, селах, водозаборах, постах і станціях екомоніторингу та ін. – та аналізують у них за встановленим переліком показників якості, а також вміст забруднюючих речовин; по-друге, пропонують споживачам ана-

логічні послуги із визначення показників якості і забруднення, надання інформації про стан атмосферного повітря, вод, ґрунтів, радіаційний стан у регіонах.

Сьогодні існує чимало нормативних документів, наприклад, "Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів)" (КНД 211.1.1.106-2003, наказ №89-М від 04.06.2003) або «Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод» (№485, 24.12.2001), у яких визначені єдині критерії контролю за станом поверхневих і підземних вод, ґрунтів, атмосферного повітря і їхнього забруднення. Ці процедури тривалі у часі, трудомісткі, вимагають глибокої кваліфікації, спеціального обладнання, лабораторних обстежень, математичних підрахунків і стандартних форм звітності.

Таким чином, надавати компетентні висновки про стан і властивості води, повітря, ґрунтів та інших компонентів довкілля можуть лише спеціальні служби та акредитовані лабораторії.

Отже, екологічний моніторинг – кваліфікована робота. А що можемо ми з вами? Можемо простими способами вести окремі спостереження і робити висновки про стабільність, погіршення або покращення загального стану середовища нашого існування. Назвемо такий моніторинг довкілля, у якому живемо, **громадським**. Йому і присвячений даний посібник.

Чому може бути присвячений громадський моніторинг довкілля?

У законі про органи місцевого самоврядування міститься пункт про те, що одним із повноважень виконавчого комітету ради громади міста-району, виконавчих комітетів районних та обласних рад є екологічний моніторинг на території повноважень. У громадах зацікавлені в екомоніторингу особи можуть виконувати такі завдання:

А) обрати точки щорічних спостережень за важливими для даної громади об'єктами довкілля або джерелами забруднення, аби вчасно сигналізувати про кризові явища, аварійні ситуації, погіршення якостей води, ґрунту, повітря, пошкодження лісу, руйнування берегів тощо;

Б) відбирати спеціальні проби чи замовляти їх відбір в аналітичних центрах / лабораторіях, що надають експертні висновки про якість води, ґрунту, повітря;

В) контролювати збереженість особливо цінних природних ділянок у регіоні, які є зразками природи і багатством громади.

На що звертати увагу для організації моніторингу довкілля?

Згідно з методичними рекомендаціями з підготовки регіональних та загальнодержавної програм моніторингу довкілля (Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України №487 від 24.12.2001), описати екологічний стан у регіоні значить наступне:

- Скласти і описати карту-схему регіону. При цьому мають значення площа території, яка є об'єктом моніторингу; чисельність постійного населення; основні галузі промисловості, основні підприємства, що є джерелами впливу на довкілля; галузі сільського господарства, площі сільгоспугідь, площі деградованих земель та занедбаних угідь, якщо є; протяжність великих автомагістралей з інтенсивними транспортними потоками; місця забору питної і технічної води, місця скидів стічних, зворотних вод і роз-

ташування очисних споруд; місця, де є джерела забруднення повітря; головні водні об'єкти, малі водні об'єкти; площі лісових земель; площі водно-болотних угідь; площі природно-заповідних земель (природно-заповідного фонду); сміттєзвалища, місця захоронення відходів – побутових, промислових, токсичних.

- З'ясувати головні забруднюючі речовини у регіоні та розміри їхніх валових викидів і скидів по регіону та по основних підприємствах.
- Оцінити стан повітря, вод, лісів і ґрунтів, порівнявши фактичні концентрації забруднюючих речовин із нормативами або фактичний стан із природним.
- Провести оцінку стану поводження з відходами.

Екологічний стан у регіоні дуже сильно залежить від видів людської діяльності та інтенсивності її впливу на довкілля – так званого *рівня антропогенного навантаження*. Найістотніше перетворюють довкілля промисловість, сільське господарство, транспорт. Для оцінки рівня навантаження на довкілля від господарської діяльності скористайтесь таблицею 1.

Таблиця 1. Ступені навантаження від господарської діяльності на довкілля (використані матеріали з «Региональный экологический мониторинг», 1983: С.20-24)

Рівень навантаження	Промислове навантаження		Сільськогосподарське навантаження				Щільність автотранспортної мережі**, км/км ²
	Викиди шкідливих речовин в атмосферу, кг/добу / км ²	Обсяг стічних вод, м ³ /добу/км ²	Площа орних земель від площі регіону, %	Вноситься міңдо-брив, кг/га	Поголів'я ВРХ* на 100 га с/г угідь	Деградованих земель, %	
V	2000 і більше	3000	75-90	160-360	60-65	20-30	0,1-0,25
IV	1000-2000	300-3000	60-75	130-160	55-60	15-20	0,075-0,1
III	100-1000	30-300	45-60	100-130	50-55	10-15	0,05-0,75
II	10-100	3-30	30-45	70-100	45-50	5-10	0,025-0,05
I	<	<	15-30	40-70	35-45	<	0,005-0,025

* – велика рогата худоба; ** – дороги державного значення.

Судячи з даних Держкомстату України та доповідей регіональних управлінь охорони навколишнього природного середовища, за останні роки в Україні кількість шкідливих викидів в атмосферу складає від 6,5 до 7 млн. т в рік, з них стаціонарними джерелами забруднення – 3,9–4,5 млн. т. Середня щільність викидів по Україні 32 кг / км² / добу, з них зі стаціонарних джерел – біля 20 кг / км² / добу . Найбільше навантаження на атмосферу – у Донецькій області, в середньому понад 150 кг викидів / добу / 1 км² площі області. Найменший рівень забруднення – у Чернівецькій та Волинській областях, приблизно 1

кг / 1 км² / добу. Щільність викидів у повітря в окремих містах Донецької, Дніпропетровської, Запорізької областей перевищує 700 кг / 1 км² / добу (або 250 т / 1 км² / рік), в Маріуполі – перевищує в окремі роки середню по Україні у 200 разів.

Зворотних вод відводиться щороку, за даними Держкомстат України, від 7600 до 8600 млн. м³, з них забруднених – біля 2000 млн. м³. Середня щільність забруднених зворотних вод в Україні – 9 м³ / 1 км² / добу, хоча в одних регіонах вона вища за 100 м³ / 1 км² / добу, в інших – нижча навіть 0,3 м³ / 1 км² / добу.

Для моніторингу, перш за все, обирають точки регулярних спостережень, оскільки моніторинг – довготривалий процес. Їх можна позначити на карті, записати їхні координати за допомогою GPS-навігатора або позначити іншим способом.

Кожна точка спостережень має своє призначення, показники для контролю і періодичність спостережень. Згідно з Положенням про державну систему моніторингу довкілля (1998 р.), моніторингові спостереження призначені з'ясувати наступне:

- стан атмосферного повітря та опадів – забруднюючі речовини, в тому числі радіонукліди, кислотні дощі, алергени у повітрі;
- джерела промислових викидів в атмосферу;
- стан поверхневих і морських вод, а також підземних вод – гідрохімічні та гідробіологічні показники, вміст забруднюючих речовин, у тому числі радіонуклідів, залишкової кількості пестицидів та агрохімікатів, оцінка ресурсів води;
- стан питної води – гідрохімічні і бактеріологічні показники, вміст забруднюючих речовин, оцінка ресурсів води;
- стан лікувальних вод – мінеральних і термальних, лікувальних грязей, озокериту, ропи лиманів та озер;
- джерела скидів стічних вод, обсяги, вміст забруднюючих речовин;
- водні об'єкти у межах природоохоронних територій;
- вміст радіонуклідів водойм у зонах впливу атомних електростанцій;
- стан ґрунтів різного призначення, у тому числі на природоохоронних територіях – радіологічні, агрохімічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів, бактеріологічні, вірусологічні визначення, наявність яєць паразитів;
- стан зрошуваних та осушуваних земель – глибина залягання та мінералізація ґрунтових вод, ступінь засолення ґрунтів;
- підтоплення міст, сільських населених пунктів, прибережних зон водосховищ, переформування берегів, зміна берегових ліній річок, морів, озер, водосховищ, лиманів, заток, гідротехнічних споруд;
- стан сільськогосподарських рослин і продуктів з них – токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів;
- стан сільськогосподарських тварин і продуктів з них – зоотехнічні, токсикологічні та радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів;
- геохімічний стан ландшафтів – вміст і поширення природних і техногенних хімічних елементів та сполук;
- радіаційна обстановка;
- геофізичні поля;
- шкідливі для здоров'я фізичні фактори – шум, електромагнітні поля, вібрація тощо;
- стихійні та небезпечні природні явища;

- стан наземних, водних і морських екосистем – забруднення, пошкодження різними чинниками, біомаса, різноманітність видів рослин, тварин і грибів, радіологічні визначення, види-індикатори стану довкілля;
- стан зелених насаджень у містах і селищах міського типу – зміни площ, збереженість, ступінь пошкодження шкідниками та фітозахворюваннями;
- звалища промислових і побутових відходів;
- об'єкти поховання радіоактивних відходів.

Для прикладу, однією з точок спостережень може бути місце на березі водойми, де часто купаються і відпочивають. Головне призначення спостережень – стан водойми для охорони здоров'я людей. Контрольними показниками є стан рослинності, водоростей, риби і молюсків, можна брати проби води для визначення її токсичності **методом біотестування**. Періодичність спостережень – не рідше 1 разу на квартал, оскільки показники якості води дуже коливаються між порами року – від задовільних взимку і навесні до дуже поганих всередині і в кінці літа.

Які методи прийняті у моніторингу довкілля?

Для моніторингу довкілля застосовуються довготривалі спостереження, відбори та аналізи проб, методи біотестування та біоіндикації.

Отримання системних, відтворюваних і компетентних результатів із використанням цих методів можливе лише фахівцями з відповідними кваліфікаціями у спеціально акредитованих для цього лабораторіях чи установах. У громадському моніторингу ці методи можна застосувати лише обмежено та для орієнтувальних висновків.

Відбори та аналізи проб

Цей метод використовують в акредитованих лабораторіях, він потребує лабораторного обладнання і кваліфікованих лабораторних дослідників. У пробах води, ґрунту чи повітря визначають вміст забруднюючих речовин в одиниці об'єму або маси. Отримані значення порівнюються з нормами – гранично допустимими концентраціями цих самих речовин (ГДК), середньодобовими або максимальними разовими. Середньодобові ГДК розраховані на тривалий, хронічний вплив токсичних речовин, хай і в невеликих концентраціях, а максимальні разові – на забруднення при аварійних викидах забруднюючих речовин.

Способи відбору проб описані детальніше у розділах «Моніторинг стану вод», «Моніторинг стану ґрунтів».

Метод біотестування

У біотестуванні використовують живі організми, які називають **біотест-об'єктами**. Такі організми, обрані в результаті тривалих дослідів, чутливо і досить однаково реагують у відповідь на один певний зовнішній вплив, наприклад, на появу у воді солей одного чи кількох важких металів. Необхідну чисельність біотест-організмів випускають у спеціальні умови досліду і додають проби води, ґрунту чи повітря, які оцінюються на якість або забруднення.

У науці в якості надійних біотест-об'єктів, які можна легко перенести чи висадити у будь-які експериментальні умови, зарекомендували себе:

СЕРЕД РОСЛИН – деякі чутливі до зовнішніх впливів сорти тютюну, крес-салат, редис, шпинат, декоративні рослини – бальзамін садовий, фіалка триколірна.

СЕРЕД ТВАРИН – дрібні рачки дафнії (наукова назва *Daphnia magna* Straus, рис.1), личинки комарів-дзвінців (наукова назва *Chironomus dorsalis* Meigen, рис.2), черевоногі водні молюски (ставковик озерний *Limnaea stagnalis* L., рис.3) або личинки двостулкових молюсків, акваріумні риби гуппі, мальок ставкової риби (короп).

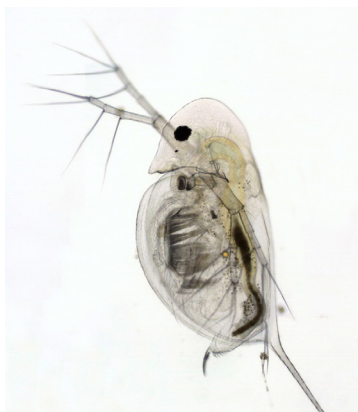


Рис. 1. *Daphnia magna* Straus.



Рис. 2. *Chironomus dorsalis* Meigen



Рис. 3. *Limnaea stagnalis* L.

Варіантів методу біотестування є кілька.

Перший полягає в тому, що тест-об'єкт, який вирощений або живе у чистому чи непо-рушеному місці, переносять у достатній кількості у місця гарантованого впливу об'єкта, що забруднює або погіршує стан довкілля. Спостереження за організмами можуть тривати від 4-7 діб (дафнії, молюски) до 2-3 тижнів (дафнії, личинки комарів, молюски, риба), іноді – місяцями і роками (риба, рослини). Під час спостережень ознаками, що показують нам істотні значення зміни якості показників довкілля, звичайно стає одна з наступних:

- рівень виживання або смертності;
- зміни у процесах життєдіяльності: швидкість руху (рачки, личинки комарів, мальок риби); швидкість дихання (рухи зябер у риби); активність живлення (риба); швидкість утворення грудочок фекалій (що свідчить про активність живлення у молюсків); пло-дючість потомства (рачки); швидкість росту, плодоношення або врожайність у рослин.
- чи з'явилися зміни або ушкодження на поверхні тіла або у внутрішніх органах (у про-бах після розтину).

Результати порівнюють з аналогічними показниками особин біотест-об'єкта, але у тому непорушеному місці, з якого він був перенесений.

Другий спосіб методу біотестування: достатню чисельність організмів одного виду, спеціально вирощених у лабораторних чи кімнатних умовах, ділять на дві групи – контр-ольну і дослідну. Дослідна група піддається дії проб води / ґрунту чи ін., які потрібно оцінити, наприклад, рослини висаджують у горщики із забрудненим ґрунтом, а дафній – випускають у банки із пробами забрудненої води. Контрольну групу організмів роз-ташовують у умовах, які подібні до дослідних умов усім, окрім одного ключового пункту, наприклад, вмісту іонів важкого металу, хлору, розчиненого у воді, забрудненого пести-

цидами, надмірно ущільненого або засоленого ґрунту. Спостереження тривають однаково кількість часу і за одними й тими ж самими ознаками.

Метод біоіндикації

Серед живих організмів – тварин, рослин, грибів, лишайників, водоростей – є дуже багато таких, що чутливо реагують на зміни навколо себе, появу нових впливів або зникнення попередніх. Цих істот наука вчиться використовувати як «сенсори» або «датчики» у природі і називає їх *біоіндикаторами* (від англ. слова «*indicate*» – вказувати, показувати).

Як живі організми сповіщають про стан довкілля?

Серед живих організмів трапляється кілька варіантів індикаторів:

- Ті, що вказують на особливі місцеві умови своєю появою та масовим, ряснішим, ніж в інших місцях, трапленням або, навпаки, зникненням. Наприклад, на територіях з дуже чистим повітрям куцисті види лишайників часто трапляються на деревах, тоді як у забруднених районах вони повністю відсутні.
- Такі, що свідчать про зміну умов особливостями своєї життєдіяльності: погіршенням продуктивності та розмноження, падінням сили росту, швидкості руху, живлення, розмноження, патологічними змінами у тілі, появою незвичних форм тіла чи окремих органів (так званими «виродливостями», або «тератами») та ін. Наприклад, сосна – дуже розповсюджена лісова порода, але в місцях із сильно забрудненим повітрям дуже падає швидкість її приросту, скорочується тривалість життя хвої та всього дерева.

Організми-біоіндикатори

Чимало живих організмів продовжують жити і розмножуватись навіть у досить змінених і погіршених умовах. Однак, тривалими науковими спостереженнями за ними підмічено, що у тілі чи в процесах життєдіяльності таких істот з'являються нові або зникають звичні риси та прояви. Серед цих організмів є тварини – рачки і великі раки, водні молюски, деякі види риб, рідше використовуються для моніторингу мікроскопічні одноклітинні тварини, родичі коралів – гідри; серед водоростей – чимало одноклітинних мікроскопічних (зелені і діатомові), деякі видимі неозброєним оком багатоклітинні; серед рослин – дерева, які звичайно вирощуються у містах – сосна, ялина, тополя пірамідальна, береза, липа, бузок, чимало водних рослин; серед грибних організмів – лишайники.

Окремі дослідження з екологічного моніторингу свідчать про можливість використання в якості біоіндикаторів мурах, мокриць, дощових черв'яків, бджіл, дрібних гризунів, зайців.

Ось ті ознаки, що служать «датчиками» забруднень у тварин-біоіндикаторів:

- Появи язв на шкірі у риб.
- Масові ерозії плавців риб, які не треба плутати із простими механічними ушкодженням плавців серед травми, вилови сітками тощо. Місця ерозій відрізняються особливим кольором.
- Аномалії хребта у риб, які можуть означати істотну дію важких металів.

- Зяброва гіперплазія у риб – надмірне розростання, набрякання тканин зябер, помітне неозброєним оком.
- Порушення орієнтації луски у риб.
- Зміни у тканинах печінки риби.
- Масові пухлини в тілі організмів, що в нормі мешкають на дні водойм, зокрема, молюсків.
- Поява незвичних форм тіла чи окремих органів – так звані «виродливості», або «терати».
- Ознаки-«датчики» якості довкілля у рослин:
- Стан хвої у хвойних дерев, зокрема, ялини і сосни.
- Поява знебарвлених або змертвілих зон на листках, не пов'язана зі шкідниками чи інфекційними хворобами у рослин, ранній листопад, всихання крони.
- Значне падіння швидкості росту, приросту річних пагонів.
- Поява виродливостей», або «терат» – незвичних форм тіла чи окремих органів, наприклад, аномальні потовщення і вкорочення пагонів, покручені листки чи стебла.

Ознаки-«датчики» можуть свідчити про значну кількість забруднюючих речовин та погіршення місць життєдіяльності лише в таких випадках:

- вони дуже розповсюджені серед обстежених організмів. Це значить, що дану ознаку виявлено не менше ніж у 40-50% обстежених організмів, а кількість останніх вимірюється десятками та сотнями.
- вони стало трапляються саме у забруднених місцях або місцях з гарантовано погіршеним станом довкілля і відсутні або рідкісні в інших, типових для району чи області локалітетах.

Застереження у використанні біоіндикаторів

Жоден з методів прямо і беззаперечно не свідчить ані про наявність забруднюючих речовин, ані про їх кількість. Такі ознаки, як зміни на тілі, пухлини чи інші захворювання у тварин, плями на листі рослин можуть бути викликані цілим рядом причин, які можуть діяти на території досліджень. Ось чому першим важливим моментом дослідження, яке претендує на науковість, є перевірка досліду за допомогою контрольних зразків. Наприклад, на окремих територіях може діяти один збудник хвороб у риб, молюсків чи рослин, і в цьому випадку пошкодження, пухлини та інші симптоми нездорового стану тощо можуть траплятися з однаковою частотою як у забруднених людською діяльністю, так і в достатньо чистих, віддалених від джерел забруднення місцях.

Друге, що слід враховувати, це правило «доза-ефект». У природі не існує прямої лінійної залежності між концентрацією забруднювача чи мірою погіршення умов середовища («дозою») та силою реакції організму у відповідь на забруднення чи погіршення умов («ефектом»). Незначні для даного виду організмів концентрації можуть не викликати видимих змін чи порушень, оскільки організми мають резервні сили для захисту від несприятливих умов та знешкодження деяких токсичних речовин. Відомі випадки, коли невеликі концентрації забруднювачів навіть стимулюють ріст і розвиток деяких рослин чи тварин.

Аномалії у будові тіла, у розвитку чи розмноженні свідчать про те, що погіршення умов вже перевищило деякий «поріг» й організми вже не можуть надалі ефективно протидіяти

ти шкідливим впливам. Такі пороги чутливості до окремих важких металів, вмісту у воді газів, хлорорганічних сполук чи нафтопродуктів вже відомі для деяких водних тварин.

Якщо спостереження за організмами здійснюються у їхніх природних – польових – умовах, а не в лабораторіях, то дуже важливо отримати достовірні відомості про **фонові** ознаки і показники даних організмів. **Фоновими** ми називаємо ті ознаки і показники, які є середніми, типовими для даного виду рослин, тварин чи грибів на території району чи області. Наприклад, зібравши відомості про коливання розмірів малька коропа чи окуня в одному зі ставків, ймовірно, забрудненому, не варто робити жодних висновків, не дізнавшись попередньо про те, наскільки суттєво розміри відрізняються від таких у сусідніх ставках, вище чи нижче по течії, забруднених у більшому чи меншому ступені.

Третє обмеження біомоніторингу – в тому, що подібні специфічні реакції в живих організмів можуть викликати не лише особливі забруднюючі речовини, але і дії високих температур, зміни кислотності (рН), вміст розчиненого у воді кисню, жорсткість води.

Чи можна кількісно оцінити ступінь погіршення якості довкілля?

Аналіз кількостей забруднюючих речовин у середовищі або кількісні показники погіршення інших умов довкілля (наприклад, рівня засолення ґрунту) не вдається здійснити без спеціальних лабораторних методів, приладів і реактивів. Кількісний аналіз – це «хліб» хіміків та різноманітних біохімічних, агрохімічних, гідрологічних лабораторій, органів екологічної інспекції. Окремі послуги щодо стану та оцінки якості середовища надаються споживачам Центральною Геофізичною Обсерваторією (<http://www.cgo.kiev.ua/>).

Однак, деякі кількісні висновки можемо зробити і ми з вами.

По-перше, відомо, що величина коливань у рості, розмноженні, продуктивності та врожайності рослин і тварин в оптимальних, комфортних умовах, а також у дуже поганих невелика. Інакше кажучи, всім особинам або дуже добре, і вони однаково досягають високих показників росту і розмноження, або дуже погано, і вони однаково хворіють, повільно ростуть, не розмножуються і набувають однакових хворобливих симптомів.

Якщо 50 і більше відсотків особин гине (зазвичай протягом кількох годин – кількох діб), це свідчить про таку дозу забруднення або ступінь погіршення умов, що знаходиться за межами витривалості цього виду організмів. Зокрема, смертельні для моллюсків та риби дози таких важких металів, як кадмій, мідь, ртуть, вимірюються десятими і сотими частинами від 1 мг/л. Не поспішайте використовувати цифри з наукової літератури. Значення, отримані в умовах лабораторних експериментів, майже нічого не варті при перенесенні у польові, реальні умови. Можна провести аналогію між реакцією тварин на шкідливі речовини у лабораторних умовах і в природі та здатністю людей хмеліти. Подумайте, чи однаково швидко та сильно людина захмеліє, випивши натщесерце та сита, після кількох місяців утримання від алкоголю та через день після його вживання, тільки горілку чи спробувавши кілька напоїв. Щось подібне відбувається в природі, коли живі істоти піддаються впливу особливих умов довкілля. Одні шкідливі речовини в умовах лабораторного експерименту виявляються для живого більш токсичними, ніж у природі, інші – менш, а суміш речовин може діяти взагалі непередбачуваним чином.

У помірно погіршених умовах, до яких організми ще пристосовуються, не гинучи, між особинами одного виду виникає помітна різниця за розмірами, швидкістю росту, плодючістю, стійкістю та хворобливістю, тобто, в умовах помірного порушення довкілля

величина коливань показників життєдіяльності дуже збільшується. Так живе населення екосистеми пристосовується, виявляються генетично та фізіологічно міцніші, стійкіші та, навпаки, слабші, погано пристосовані особини. Отже, якщо в організмів-біоіндикаторів з'являються в помірних кількостях різноманітні за природою відхилення, і трапляються як відносно великі, так і середні та дрібні особини, а смертність незначна чи відсутня, це може свідчити про помірне забруднення чи погіршення стану середовища і невеликі концентрації забруднюючих речовин, які, однак, при тривалому – хронічному – впливі можуть з часом викликати порушення і отруєння.

ЧАСТИНА 2. МОНІТОРИНГ СТАНУ ПОВІТРЯ

За держстандартами, моніторинг якості атмосферного повітря включає обов'язковий аналіз вмісту 7 забруднюючих речовин: пил, двоокис азоту, двоокис сірки (сірчистий газ), оксид вуглецю (чадний газ), формальдегід, свинець та бензпірен. Деякі станції здійснюють спостереження за додатковими забруднюючими речовинами. Державна екологічна інспекція здійснює вибіркового відбір проб на джерелах викидів забруднюючих речовин у повітря, вимірюючи понад 65 параметрів. До цього ж виду моніторингу належить аналіз наявності забруднюючих речовин в опадах та сніговому покриві.

Для моніторингу стану повітря точки спостережень рекомендується закладати в таких місцях:

- Біля автотрас – у придорожніх лісосмугах, на відстані 500 м та 1 км від траси. Помічено, що у суху погоду висока загазованість може простягатися до 1-2 км від траси у підвітряний бік.
- Біля промислових об'єктів, що викидають забруднюючі речовини у повітря – на відстані 500 м, 1, 2 і 3 км. Варто сказати, що концентрації токсичних газів від промислових джерел забруднення можуть перевищувати ГДК на відстанях до 10 км і навіть більше від джерела забруднення.
- У житлових секторах, особливо там, де висока густота населення.
- У зелених зонах міст та селищ міського типу.

Кислотні дощі спричинені накопиченням сірчистого газу та двоокису азоту у повітрі й опадах, їхня вода має реакцію кислотності рН 5,6, що дуже шкідливо для рослин. Забруднення повітря визнається високим, якщо вміст сірчистого газу перевищує 0,1 мг/м³, двоокису азоту – 0,2 мг/м³.

Одним серед необов'язкових показників якості повітря є вміст алергенів. Серед них найпоширенішим є пилок різних рослин. Для виявлення пилку високо алергенних рослин у точках спостережень розташовують «вловлювачі» пилку – широкі плоскі чашки Петрі, заповнені желеподібною застиглою масою – агар-агаром або желатином, на 12-24 год. Пилок розноситься вітром і в життєздатному стані легко прилипає до вологих поверхонь. «Уловлювачі» краще розташовувати на висоті від кількох метрів і вище від землі, наприклад, на дахах будинків. Визначити, якому із видів рослин належить пилок, зібраний у чашці, і чи належить він алергенним рослинам, може лише спеціаліст-палінолог, маючи спеціальну довідкову літературу.

Різно негативно на якості повітря позначається дим від спалювання побутового сміття, а також від торішнього листя у місцях, де достатньо автотранспорту і значна загазованість протягом року. У дим вивільняються дуже шкідливі для здоров'я хімічні речовини, до того ж в аварійно високих концентраціях, що перевищують максимальні разові гранично допустимі дози. Тому важливою частиною моніторингу стану повітря є контроль за дотриманням правової норми про заборону спалювання побутового сміття та опалого листя у містах, міських зонах та селищах міського типу.

Стан повітря та швидкість його очищення від більшості забруднюючих речовин безпосередньо залежить від стану зелених насаджень, покликаних захистити від забруднень, очистити повітря і в цілому покращити його властивості для людини. Тому моніторинг стану повітря має в кінцевому рахунку приводити до заходів зі збереження, захисту і відновлення існуючих зелених насаджень – лісосмуг, скверів, парків, лісопарків тощо вздовж доріг, навколо промислових об'єктів, ферм, житлових зон.

Біоіндикатори якості повітря

Різноманітність лишайників на місцевості

Лишайники – група організмів, визнана у всьому світі в якості достовірних біоіндикаторів якості повітря. Лишайники дуже чутливі до кислотних дощів і до вмісту газоподібних сполук сірки у повітрі. Крім того, лишайники інтенсивно накопичують у собі важкі метали. Одні, переважно надеревні лишайники живуть лише у дуже чистих районах, інші – частіше такі, що розвиваються на камінні і ґрунті – можуть мешкати і в забруднених місцях.

Чим багатша різноманітність видів та форм тіла лишайників на деревах обстежуваної невеликої території, тим достовірніше можна твердити про чистоту та хороший стан повітря на місцевості.

Щоб оцінити різноманітність лишайників, на обраній ділянці, площею до 1 га, обстежують по 10 дерев однієї чи різних порід, шукаючи лишайники. Надеревні лишайники звичайно шукають біля основи стовбура або на головному стовбурі на висоті людського зросту. Звертають увагу на загальну кількість усіх видів лишайників, що трапляються на дереві, а також рясність, тобто чисельність кожного виду на стовбурах.

Лишайники мають три форми тіла:

А) Округлі або без правильної форми плями чи кірочки на корі, які окремо від кори дерева не вдається зняти, звичайно сірого, бурого, зеленувато-сірого, жовтуватого або чорного відтінків. Такі лишайники називають **накипними** (рис. 4).



Рис. 4. Різні види накипних лишайників на стовбурах дерев.

Б) Невисокі пластинки або лусочки, які відділяються від кори неправильними клаптиками – **листуваті** лишайники (рис. 5).



Рис. 5. Різні види листуватих лишайників на стовбурах дерев (фото з інтернету).

В) Стеблеподібні сіруваті пучки, подібні на кущики чи мох, висотою в 1 та більше сантиметрів – **кущисті** лишайники (рис. 6).



Рис. 6. Різні види кущистих лишайників на стовбурах дерев (Фото: Laurel Ramseyer).

Лишайники останньої групи найбільш вимогливі до чистоти повітря.

Щоб підрахувати рясність лишайників, можна відомості заносити у таблицю, подану для прикладу.

Таблиця 2. Облік рясності різних видів лишайників на деревах для визначення відносної чистоти повітря

№ дерева на ділянці	Рясність лишайників різних форм			Всього різновидів лишайників
	накипних	листуватих	кущистих	
1	2	3	4	5
Липа	4*	-	-	1
Липа	4	-	-	1
Тополя	3	1	-	2
Дуб	3	3	-	3
Сосна	3	2	-	3
Дуб	3	2	1	3
Липа	4	-	-	2
Клен		3	-	1
Липа	4	-	-	2
Клен	3	-	-	1
Середній бал рясності на 10 дерев	3,1	1,1	0,1	-

* Для підрахунків словесний опис рясності переводять у бали: поодинокі або дуже рідко – 1 бал; трапляється рідко і мало (але більше, ніж 1-2 особини) – 2; трапляється рідко, але помітними плямами – 3; трапляється часто і помітними по розміру плямами – 4; масово, великими рясними плямами – 5.

Чим брудніше повітря, тим менша площа стовбурів дерев вкрита лишайниками.

Показник відносної чистоти повітря (ПВЧП) за складом лишайників підраховують для кожної обстеженої ділянки так:

$$ПВЧП = \frac{H + 2L + 3K}{30} \times 100 \text{ (у відсотках),}$$

де Н – середня рясність накипних лишайників на 10 деревах, Л і К – листоватих і кущистих, відповідно.

У випадку, наведеному у таблиці,

$$ПВЧП = \frac{3,1 + 2 \times 1,1 + 3 \times 0,1}{30} \times 100 = 19\%.$$

Чим рясніше стовбури вкриті листоватими і кущистими лишайниками, тим вищий показник і тим чистішим можна визнати повітря місцевості.

Крім того, має значення різноманітність видів, які трапилися в ході обстеження дерев (стовпчик 5 таблиці 2): чим більше різновидів лишайників, особливо листоватих та кущистих, тим ближчі до природних показники якості повітря. У лісі різноманітність може нараховувати десятки видів, у загазованих центрах міст – 1-2 види.

Цілковита відсутність лишайників на дорослих деревах свідчить про дуже значне забруднення повітря.

В обстеженнях якості повітря поширеним є метод складання ліхенокарт (від «*lichen*» – лишайник). На карті місцевості наносяться місця рясного трапляння видів лишайників-біоіндикаторів. Одна група лишайників властива незабрудненим зонам, друга – слабо забрудненим, третя – помірно забрудненим, і четверта – сильно забрудненим. Ідентифікація видів лишайників – кваліфікована робота вчених-ліхенологів. Для складання карти забруднення повітря на місцевості вибирають кілька ділянок з різних точок карти.

Карти поновлюються кожні 3 роки. Так отримують інформацію про зміну якості повітря і про те, з якого найближчого джерела забруднення приноситься на місцевість забруднене повітря.

Стан пилку насінних дерев

Пилок насінних рослин, а саме, його життєздатність також може служити показником забрудненості повітря. Такі рослини, як тополя пірамідальна, береза, цвітуть рано навесні, звичайно у квітні, і у їхніх суцвіттях утворюється велика кількість жовтого пилку, що розсіюється вітром. Ялина утворює жовті дрібні шишечки з пилом пізніше, у травні, липа – цвіте у червні. Вміст пилку – живі клітини, що дуже чутливі до умов довкілля – температури, вологості, чистоти повітря.

З кількох рослин, що ростуть в одному місці, збирають проби пилку у паперові пакети. Роблять позначку про місце збору і ймовірні джерела забруднення повітря. У кімнатних умовах на склі (предметні стекла для мікроскопів або чашки Петрі) невелику кількість пилку змішують загостреною паличкою із реактивом під назвою розчин Люголя – ця рідина продається в аптеках і містить гліцерин та сполуки йоду. Живий, повноцінний, готовий до росту пилок заповнений крохмалем, тому хвилин за п'ять рівно-

мірно зафарбовується йодом у синій колір. Це перевіряють під світловим мікроскопом, призначеним тільки для тонких прозорих мікропрепаратів. Зерна пилку, що не зафарбувалися або зафарбовані дуже нерівномірно, плямами, деформовані, сплюснені чи значно дрібніші у розмірах, рахують як нежиттєздатні. У 5 різних полях зору мікроскопа можна визначити в середньому частку життєздатного і нежиттєздатного пилку серед усіх пилкових зерен. В нормі навіть у чистих природних умовах пилок названих рослин може мати до 10% нежиттєздатного пилку. Чим гіршими були умови середовища при дозріванні пилку, тим більше нежиттєздатних пилинок. Іноді життєздатність падає навіть нижче 20%.

Щоб припущення про вплив забруднення повітря на стан пилку не було голослівним, треба розглянути і порівняти проби пилку одного виду дерева з різних місць, які подібні в усіх умовах (температура, кількість опадів, зволоження ґрунту, освітленість), окрім чистоти повітря. Різниця у життєздатності пилку з чистої та дослідної зон має складати 20% і більше.

Рослини-індикатори стану повітря

Хвойні дерева чутливі до кислотних дощів, газового забруднення атмосфери, важких металів. При дії великих доз забруднювачів зменшуються розміри хвоїнок, змінюється їхня форма, з'являються знебарвлені або бурі плями, кінчики всихають. Якщо в обстеженій пробі половина чи більше хвоїнок з вираженими плямами, наполовину чи на третину всохлі, це є ознакою поганих умов існування дерев. Крім того, у забруднених місцевостях хвоя до опадання живе на дереві 1-3 роки, тоді як у чистих місцях у сосни – 3-4 роки, у ялини – 6-12 років.

Робити висновки про забрудненість довкілля за станом хвойних дерев можна лише після порівнянь проб хвої з різних місць, які подібні в кліматичних та ґрунтових умовах (температура, кількість опадів, зволоження ґрунту, освітленість), але різняться за інтенсивністю людської діяльності.

Рослини через особливості своєї життєдіяльності найбільш чутливо реагують на вміст сполук фтору, хлору, сірчистого газу та окисів азоту у повітрі. Найбільш токсичний для живлення рослин газ хлор, далі по токсичності ідуть аміак, сірководень і сірчистий газ.

На високий вміст сірчистого газу рослини реагують появою буро-жовтих плям-опіків на листках, знебарвленням листків, погіршенням приросту, врожайності, а при тривалій дії – і суттєво швидшим листопадом та старінням. Чутливими до цього газу та кислотних дощів є ялина звичайна, ялиця, сосна, папороті, а з культурних рослин – яра пшениця і ячмінь, гречка, бобові, фіалка. У сосни у відповідь на перевищення вмісту сірчистого газу буріють кінчики хвоїнок, у ялини – швидше опадає хвоя. У смородини і гортензій з'являються у вигляді плям почервоніння на листках.

Найбільш стійкі до сірчистого газу серед культивованих порід – тополя біла, верби, ялина колюча, маслинка, клен, в'яз.

На підвищений вміст аміаку хвойні дерева реагують підсиханням хвої, а ялини – всиханням цілих дерев. З листяних порід дерев дуже чутливі до аміаку у повітрі береза, граб, липа, з культурних рослин – сорти тютюну-махорки, селера.

До сполук хлору у повітрі чутливі, знову ж таки, хвойні дерева, а також вільха і ліщина, шпинат, редис, смородина.

Індикаторами вмісту сполук фтору у повітрі є сосна, ялина, гладіолуси, тюльпани, нарциси, конвалія, виноград, абрикос, персик, рододендрони. Частіше реакція починається з відмирання кінчиків листка, яке переходить згодом на весь листок.

Індикаторами на шкідливий озон, що утворюється всередині фотосмогу, є світлі плями між жилками листків у деяких сортів тютюну (наприклад, англійський сорт "Bel-W3"), поява ушкоджень та падіння врожайності бобів кінських, помідорів, винограду, картоплі. У завезеної з Америки в Україну сосни Веймутова (наукова назва *Pinus strobus* L.) при дії озону і сірчистого газу розвивається синдром карликовості.

До викидів важких металів у повітря чутливі газонні трави, зокрема, костриця, з дерев – в'яз, глід, кінський каштан, липа. Сильними **індикаторами-«акумуляторами»** важких металів у природі, поряд з лишайниками, є мохи.

На сильно забруднених територіях у рослин з'являються гофровані, зморщені чи скручені листки, прикладом може служити бузок.

Поблизу джерел забруднення повітря можна створити дослідні ділянки, де висадити чутливі до забруднень рослини. Пару разів на квартал або, якщо потрібно, пару разів на місяць в ході спостережень відмічається стан листків, наявність на них ушкоджень, знебарвлених та змертвілих ділянок у листяних деревних, трав'янистих квіткових рослин, площа ураження хвоїнок та частка ушкодженої хвої у хвойних дерев, поява «виродливостей», падіння швидкості росту, погіршення цвітіння та зав'язування плодів.

Слід пам'ятати, що ураження від шкідників, вірусних, бактеріальних чи грибкових захворювань не можуть розглядатися як індикаторні ознаки погіршення якості довкілля. Також оманливими можуть виявитися знебарвлення та змертвіння листків рослин у містах, причиною яких може стати засолення ґрунту через використання солі взимку.

ЧАСТИНА 3.

МОНІТОРИНГ СТАНУ ВОД

У державному моніторингу прийнято вести окремо спостереження за поверхневими водами, тобто водоймами і водотоками, і підземними, які залягають під ґрунтами і породами.

Водойми можуть бути забруднені органічними та мінеральними речовинами. Кожна група включає ряд особливо токсичних для живих організмів сполук. Органічні речовини – це вміст стічних і каналізаційних вод, продукти гниття організмів, гній чи сеча з ферм і пасовищ, чимало отрутохімікатів, деякі добрива, розчини м'яких засобів. Мінеральні речовини забруднюють воду, перш за все, надмірними кількостями фосфору, азоту, розчинних солей натрію, калію, кальцію, магнію, важкими металами в токсичних кількостях.

Дуже брудні водойми називають **сапробними**. У них так багато органічних речовин, які гниють, що кисню майже не лишається, натомість, виділяються сірководень (згадайте запах протухлих яєць), аміак (згадайте запах нашатирного спирту), вуглекислий газ, і за запахом їх не переплутаєш ні з чим. Мул дна чорний, із запахом сірководню. Усі великі організми вимирають в таких водоймах. Проби води і дна аж кишать дрібними червами та личинками одного-двох видів, а під мікроскопом – мікроскопічних організмів 2-5 видів – зеленкуватих, безбарвних, з джгутиками і без. Води вкриті темною чи райдужною плівкою.

Незабруднені водойми можуть бути різними за прозорістю води, бо це залежить від складу дна, проте, у воді стабільно розчинений кисень, потрібний для життя, сірководню та аміаку нема, органічні речовини – у зв'язаному стані на дні, «цвітіння» води та барвистих плівок нема. У таких водоймах багато дрібних і великих прикріплених до дна рослин, зелених ниток водоростей, рачок, комах, молюсків, риби. Чим більше водних організмів різних видів, тим швидше знезаражується чимало токсичних сполук у водоймі.

В сучасності чимало водойм в Україні можна оцінити проміжним між крайніми двома станом, тобто як слабо або помірно забруднені – **мезосапробні**.

Загальними для різних місцевостей джерелами забруднення вод є наступні: зворотні води, аварійні скиди рідких продуктів і відходів, води поверхневого стоку зі сільськогосподарських угідь, фільтрація забруднюючих речовин з технологічних водойм, водовідстійників, водосховищ, захоронень відходів та отрутохімікатів у підземні води, масовий розвиток синьо-зелених водоростей, втрати продуктів і матеріалів при видобуванні корисних копалин в межах акваторій і дампінг відходів, надходження шкідливих речовин з донних відкладів.

Як організувати спостереження?

Спостереження за станом водойм доцільно організувати у таких місцях, як:

- Місця скиду стічних вод (побутових, каналізаційних) або зворотних вод від заводів, родовищ, шахт, нафтопромислів, електростанцій, сільських господарств;
- Передгребельні ділянки річок, що є важливими для рибного господарства;
- Місця нересту та зимування цінних видів риби;

- Замикаючі ділянки великих і середніх річок;
- Забруднені малі водні об'єкти, що сполучаються з великими водоймами.

Для правильної організації моніторингу, окрім джерел забруднення, попередньо з'ясовують режими скидів стічних і зворотних вод у водойму, місце гарантованого змішування природних та стічних або зворотних вод і зони забруднення, розташування точок спостережень. Також звертають увагу на характерні для даної водойми чи її ділянок біотопи.

Щоб судити про рівень забруднення чи іншого порушення стану водойми, слід одночасно вести спостереження на ділянках, які не зазнають прямого впливу людської діяльності, у тому числі розташованих на територіях природно-заповідного фонду – біосферних та природних заповідниках, національних природних парках, регіональних ландшафтних парках. Останні спостереження дають нам показники ФОНОВОГО стану водойм у регіоні.

Організовувати спостереження варто таким чином, щоб було кілька точок спостережень:

- Точка поряд з джерелом забруднення вод, не нижче, ніж 500 м по течії.
- Точка вище по течії від джерела забруднення вод, на 1 км вище від останнього. Тут визначається так зване ФОНОВЕ значення показників якості води водойми.
- Точка нижче по течії на 1 км і далі від джерела забруднення вод – для визначення залишкових значень забруднення води і здатності водойми до самоочищення.

Порівняння показників якості води чи донних відкладів у водоймі з кількох точок дозволить зробити висновки про забруднення води і міру впливу джерела забруднення на загальний стан водойми.

Рекомендована періодичність спостережень – принаймні раз на одну фазу водного режиму водойми або раз на квартал. Основні фази водного режиму у водоймах – це: 1) початок і розпал весняної повені; 2) закінчення весняної повені і початок літнього спаду води; 3) літня межень або восени до початку дощів; 4) взимку – найбільш низькі рівні води під час льодоставу. У тих місцях водойм, де мають місце високі забруднення, спостереження проводять регулярніше.

Записи спостережень ведуть окремо для кожного водного об'єкта – ставка, болітця, річки, її притоки, озера, джерела.

При проведенні візуального огляду ділянки водойми звертають увагу на колір, прозорість, запах води; поява підвищеної мутності, незвичайного кольору, піни, наявність каламутних струменів, завислих речовин, плаваючих домішок, плівок на поверхні води, сторонніх забарвлень, нафтових чи масляних плям на поверхні води та в прибережній смузі; виділення бульбашок донних газів; характер донних відкладів, обростання прибережних та підводних каменів, плаваючих предметів, штучних споруд, розподіл і склад заростей водних рослин; наявність та інтенсивність «цвітіння» води; наявність жабуриння; розвиток, юрмища і відмирання водоростей; випадки заморів, наявність мертвої риби і інших водних організмів.

Також звертають увагу і на такі речі, як замулення каналів, приток, прилягаючих до річки ставків, підмивання і руйнування берегів. Істотне значення для якості води і таких явищ, як «цвітіння» води, замори, мають ситуації, пов'язані зі змивами азотних добрив, кислотними дощами, потраплянням золи після спалювання сміття та відходів, вітровою ерозією ґрунту, про що, відповідно, ведуть спеціальні записи.

Які показники води контролюються методом відбору і аналізу проб?

Оцінка якості води і забрудненості водойми потребує визначення кількох десятків показників, більшість яких можуть бути встановлені лише спеціальними лабораторіями за допомогою спеціально випробуваних і затверджених методик. Серед них обов'язковими є наступні:

- Вміст розчиненого у воді кисню. Чим його більше, тим кращий стан водойми, тим менше у ній процесів гниття.
- Завислі речовини. Вони впливають на прозорість води. У прозорій воді краще розвиваються рослини, що виділяють кисень і служать базою розвитку для тварин.
- Мінералізація води (сухий залишок). Надмірно велика кількість мінеральних речовин викликає надмірний розвиток деяких водоростей, що є причиною «цвітіння» води.
- Вміст солей – сульфатів, хлоридів. Такі солі мають відношення як до жорсткості води, так і до рівня засолення води і ґрунтів на прилягаючих землях.
- Вміст азоту амонійного, або простіше, – аміаку. Великі кількості сильно зменшують кількість вільного кисню, взимку можуть викликати замори риби.
- Вміст нітратів, нітритів, фосфатів. Їх велика кількість може значити часті змиви добрив з полів чи з каналізаційних систем і викликає надмірний розвиток водоростей та «цвітіння» води.
- Нафтопродукти. Навіть у дуже малих кількостях токсичні для риби, молюсків, птахів, плівка з нафтопродуктів викликає падіння вмісту розчиненого кисню у воді.
- Біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК₅).
- Хімічне споживання кисню (ХСК). Обидва останні показники показують те, як швидко витрачається розчинений у воді кисень і наскільки великий у ньому дефіцит для цієї водойми. Чим вищий дефіцит кисню, тим гірший стан водойми.
- Рівень токсичності води, тобто вміст особливо отруйних для живих організмів речовин.
- Показники бактеріологічного забруднення води – вміст бактерії кишкової палички, інших бактерій-збудників хвороб.
- Рівень радіоактивності води.
- Водневий показник (рН), або так звана реакція кислотності води. Краща за станом – вода із близькою до нейтральної рН реакцією – 6,5-7,0. Нижче показника 6,0 вода є поганою за кислотністю, а нижче 4,0 – екстремально погане значення кислотності води.
- Температура.

Показниками хімічного забруднення поверхневих вод є: плаваючі плівки темного кольору (нафтопродукти) чи яскраві смуги, рівень кислотності $\text{pH} < 6,0$, хімічне споживання кисню більше 10 мг/дм^3 (мг/л), вміст нітратів і нітритів у концентраціях, що перевищують ГДК у 5-10 разів, солей амонію – у 5 і більше разів, фосфатів – більше $0,3 \text{ мг/дм}^3$. Вода визнається хімічно забрудненою, якщо встановлено перевищення ГДК для 10 різних виявлених у ній сполук.

У такому нормативному документі, як «Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод» (наказ Мінприроди №485 від 24.12.2001), наведені **критерії екстремально високого забруднення водних об'єктів**, серед них:

- масова загибель молюсків, раків, плазунів, риби, інших водних організмів та водної рослинності;
- максимальний разовий вміст одного або декількох нормованих речовин у концентраціях, що перевищують гранично допустимі концентрації в 100 і більше разів;
- виникнення нестерпно сильного запаху води, не характерного для води раніше;
- покриття плівкою (нафтовою, масляною та іншого походження) більше 1/3 поверхні водного об'єкта видимою площею до 6 кв. км або плівкою на площі 2 км² і більше при видимій площі водойми більше 6 км²;
- зниження вмісту розчиненого кисню до 2 мг/дм³ (тобто 2 мг/л) і менше.

Високим забруднення води вважається, якщо:

- максимальний разовий вміст однієї чи декількох забруднюючих речовин у концентраціях, що перевищують гранично допустимі концентрації для водойм від 10 до 100 разів для нафтопродуктів, фенолів, хрому, сполук міді – від 30 до 100 разів;
- зниження концентрації розчиненого кисню від 3 до 2 мг/дм³ (тобто мг/л);
- покриття плівкою (нафтовою, масляною та іншого походження) від 1/4 до 1/3 поверхні водойми.

За держстандартами, поверхневі води можуть відноситись до одного з семи класів якості: 1 і 2-й класи – дуже чисті та чисті, 7-й – надзвичайно брудні. Для визначення класу якості потрібен аналіз води не менше, ніж за 10 шкідливими та забруднюючими компонентами.

Нині у багатьох річках України містяться у значній кількості, яка може перевищувати в кілька разів ГДК, фосфати, сольовий амоній, високим є індекс ХСК та БСК₅, що означає надлишок розчинних органічних речовин. Із важких металів у річках та озерах в літній період частими є високі забруднення за вмістом загального заліза, міді, хрому, марганцю, цинку (більше, ніж у 10 разів). Високо токсичними забруднювачами донних відкладів у водоймах є хлорорганічні сполуки. Найбільше їх нагромаджується на дні там, де глибина водойми сягає 8 м і більше. Вони важко розкладаються, погано розчиняються у воді, але накопичуються у жирових тканинах організмів. Навіть одноразове забруднення цими сполуками може надалі викликати тривале місцеве забруднення води протягом кількох років.

Для аналізу проби води відбирають не лише з поверхні, але, при значній глибині водойми, більше 10 м, з різних її глибин. Проби донних відкладів водойми відбирають спеціальними дночерпаками з товщі 0-30 см від поверхні дна. Рекомендується три повторності відбору з кожної точки спостережень. Ґрунт трьох вибірок однієї точки змішують, відбирають звідти змішану пробу, висушують до повітряно-сухого стану. Для біотестування такі проби можна зберігати у холодильниках при температурі +2–4°C.

Одна водойма може включати в себе кілька за органічним забрудненням зон. Наприклад, проби води з найбільш глибоких ділянок часто дають картину, що відповідає **сапробній (забрудненій)** воді, а біля берегів – дещо чистішій.

Одним і варіантів відбору проб для аналізу води на токсичність є відбір риби. Частіше для цього вибирають ляща – до 10 рибин, включаючи і самців, і самок. З риби у спеціальних лабораторіях готують фарш, відбираючи з кожної риби по 5 г м'яса з боків від спинного плавця. У фарші риби хімічними аналізами можуть бути виявлені важкі метали та залишки пестицидів, що надходили у водойму та були накопичені рибою.

Оцінка токсичності вод методом біотестування

Організми – тест-об'єкти та загальні умови дослідів

За допомогою живих водних організмів найчастіше перевіряють токсичність води і донних відкладів, тобто вміст особливо отруйних для живих організмів речовин. Згідно з Інструкцією про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами (наказ Мінприроди №116 від 15.12.94), критерієм токсичності води є встановлений кількісний показник патологічних змін або загибелі живих організмів.

Визнаним тест-об'єктом для прісних вод є дрібні рачки-дафнії, або водяні блохи (наукова назва *Daphnia magna*, рис.1). Дафній іноді продають живими на зооринках на корм рибкам. У досліді дафній треба підгодовувати раз чи двічі на тиждень 50-60 краплями розведених свіжих дріжджів на 1 л води, у якій живуть рачки. Розведені дріжджі готують так: 1 г свіжих дріжджів заливають 100 мл води для набухання, розмішують, відстоюють півгодини, і отриману рідину використовують в якості корму.

Контрольну групу дафній вирощують у чистій природній або водопровідній воді. Воду не кип'ятять, водопровідну воду попередньо відстоюють тиждень. Якщо дафнії були відловлені з природи, їм усім дають час призвичаїтися до кімнатних умов – приблизно біля 2 тижнів, і тільки згодом починають дослід.

Токсичність донних відкладів перевіряють також на личинках комарів-дзвінців (наукова назва *Chironomus dorsalis*, рис.2), які є основною масою мотилів, відомого рибалкам та акваріюмістам. У природі личинки живуть у мулі дна водойм біля 5 тижнів до того, як перетворюються на лялечок. Для дослідів можна відібрати з дна водойм личинок не лише цього виду комарів, а будь-якого з трьох звичайних для водойм видів.

Контрольну групу личинок вирощують у широких банках або чашках Петрі на чистому і мокрому ґрунті, який попередньо готують наступним чином: відбирають з дна чистих ділянок водойм ґрунт (піщаний або мулистий), висушують на повітрі, видаляють великі частинки. Перед заселенням личинками ґрунт замочують протягом 1-2 діб у воді питної якості, природній або водопровідній, але в останньому випадку її відстоюють не менше 7-10 днів і не кип'ятять. Співвідношення ґрунту і води 1:3 – 1:4.

В одну посудину випускають відому кількість личинок, краще 20-30. Раз на тиждень личинок підгодовують сухими дріжджами (приблизна кількість – дрібний пучок на одну звичайну банку чи чашку Петрі).

У тривалих спостереженнях (більше 10 діб) за водними організмами обов'язково слід пам'ятати про підгодовування, а також заміну 30-50% води у посудині на чисту кожні 10 днів. Якщо організми розмножуються, молодь кожні 10 днів відсаджують.

Підрахувати особини тест-об'єктів ви зможете без збільшувальних приладів або з оптичною лупою, а от для встановлення різниці у розмірах дафній, наприклад, доведеться вимірювати, застосовуючи оптичний прилад – мікроскоп бінокулярний стереоскопічний, більше відомий під назвою «бінокуляр». В Україні звичайно трапляються радянські моделі МБС-9 та МБС-10, у яких один з окулярів має мати спеціальну лінійку. Кількість поділок цієї лінійки підраховується і згодом переводиться у міліметри (треба проконсультуватися зі спеціалістом!).

Щоб висновок про різницю токсичності між тестованими та чистими контрольними водою або донними відкладами міг претендувати на надійність, результати досліду мають відповідати таким умовам:

У контрольній групі організмів, яка утримувалася у «чистих» умовах, смертність не повинна перевищувати 10% чисельності особин, інакше дослід треба повторити заново.

Різниця у смертності між організмами у тестованій пробі води/ґрунту та в контрольній має складати 25 і більше відсотків, тобто, пробу води можна вважати токсичною, якщо за 10 діб смертність дафній у контрольній банці склала 5% (одна з двадцяти), а в банках з тестованою водою – 30% або більше (6 та більше з двадцяти). Допустима різниця у плодючості, здатності рухатись, кількості особин з погіршеною рухливістю чи «виродливостями» – 30% і більше.

Оцінка виживання

Оцінюють виживання рачків дафній через 24, 48, 72, 96 і 120 год. перебування у пробах, які обстежуються.

Дослід проводять випускаючи дафній в півлітрові посудини з водою, яка оцінюється на токсичність, і окремо – у контрольну посудину з очищеною після стоків, відстояною водопровідною чи колодязною водою. Для точності, посудин із забрудненою водою має бути не менше трьох. Контрольна посудина потрібна для порівняння. Краще, якщо кількість особин буде обмежена і стала, наприклад, 20-30 особин в одній посудині. Ведуть спостереження за життєдіяльністю дафній кілька перших годин, хоча їх можна продовжити до 5 діб, але в останньому випадку не забувайте погодувати дафній. Якщо рачки втрачають рухливість, падають на дно банки і при збовтуванні води не рухаються, їх рахують як загиблі.

Через 1-5 діб підраховують відносну смертність: $C = (N_k - N_t) / N_k * 100$, де N_k – кількість рачків, які вижили у контрольній посудині (може бути нульова), N_t – кількість рачків, які вижили у посудинах з тестованою водою. Якщо смертність у дослідних посудинах 50 % і більше, а в контрольній – менше 10% – отриманим результатам можна довіряти і протестована вода дійсно є дуже забрудненою.

Біотестування проб донних відкладів проводять на рачках-дафніях та личинках комарів-дзвінців. У дослідях зберігають температуру вирощування $+20 \pm 2^\circ \text{C}$.

У біотестах з рачками пробу донних відкладів настоюють добу на воді. Приготовлену водну витяжку виливають в 0,5 л чи більше банки, куди випускають обмежену кількість рачків (20-30 особин). У спостереженнях порівнюють виживання дафній у воді із дослідних проб донних відкладів та у контрольних посудинах, де настій води приготовлений з подібних за складом і походженням, але гарантовано незабруднених донних відкладів. Якщо за 7-10 діб смертність серед організмів у дослідних пробах вище на 25% і більше порівняно з контрольними посудинами або подібним чином падає показник народжуваності, донні відклади, ймовірно, є токсичними.

У біотестах з личинками комарів пробу донних відкладів замочують на добу у невеликій кількості води, тоді мокрий ґрунт переносять у чашки Петрі або інші мілкі скляні посудини і запускають туди 10-15 личинок. Посудини негерметично закривають, зберігаючи доступ повітря. Слідкують, щоб ґрунт був постійно покритий тонким шаром води. Оскільки личинки дрібні, то для спостережень користуються оптичними лупа-

ми. Дослід триває від 5-10 діб до кількох тижнів. Донні відклади є токсичними, якщо за 3 тижні гине більша частина чи усі личинки комарів, і високо токсичними, якщо вже за 5 діб гине 50% або більше особин. Якщо личинки зберігають життєздатність, то спостереження продовжують до 40 і більше днів, аби побачити, чи утворяться лялечки і дорослі комарі. При нижчих від смертельних концентраціях забруднюючих речовин можуть бути помітні «дефекти», або «виродливості» у будові тіла чи рухливості дорослих комарів.

У дослідах з рибками – наприклад, з молодняком гуппі або кількохмісячними особинами коропа у невеликих, на 4-6 л акваріумах утримують 5-10 особин. Коропа, виловленого з рибного господарства, перш ніж піддавати досліді, слід призвичаїти до умов акваріума протягом 2 тижнів.

Якщо в акваріумі з тестованою водою протягом перших 4 діб смертність серед рибок 50% і більше, то вода високо токсична. Якщо смертність 25% і більше, спостереження продовжують до 1 місяця.

Оцінка швидкості живлення

Швидкість живлення можна оцінити у водних молюсків, спостерігаючи, як не дивно, за швидкістю... викидання грудочок фекалій протягом 4-14 діб. Це дуже чутлива ознака, і падіння швидкості у дослідної групи молюсків, які розташували у забрудненій воді, порівняно з контрольною групою в ємкості з чистою водою може свідчити про значні концентрації таких важких металів, як хром чи ртуть.

Лабораторні спостереження за живленням можна організувати також для невеликою кількістю малька деяких риб – гуппі або кількохмісячних коропів у 4-6-літрових акваріумах. У цьому випадку звертають увагу на частку особин, які живляться, серед загальної чисельності малька. Доведено, що цей показник сильно падає при дії важких металів. При їхніх значних дозах здатність малька риб жити втрачається безповоротно. Спостереження звичайно тривають 1-2 місяці. При заміні води підливають воду такого самого походження.

Оцінка швидкості росту

Відомо, що личинкові стадії і молодняк у тварин набагато чутливіші до забруднення і погіршення якості середовища існування, ніж дорослі особини. Погані та шкідливі умови суттєво погіршують ріст. Враховуючи це, можна організувати спостереження за ростом на водних молюсках, рачках, мальку риби (гуппі, короп). Якщо правильно організувати годування та заміну води в посудинах, то досліді можна проводити місяцями. Особин рачків вимірюють щоденно протягом 7-14 діб, молюсків і риби – перші 10 днів щоденно, далі можна кожні 5-10 днів протягом 1-2 місяців, починаючи від дня, коли контрольну і дослідні групи розмістили у водній культурі. Для ефективності вимірювань буде краще, якщо кількість особин буде обмежена і стала, наприклад, 10-30.

За подібною схемою можна організувати польові спостереження за мальком і молодняком риби, наприклад, того ж коропа, від 2 місяців до кількох років. Однак, разова вибірка має бути більша – не менше 25 особин під час кожного акту вимірювання. Після вимірювань тварин повертають у водойму чи посудину.

Оцінка плодючості тварин

В якості тест-об'єктів використовують дафній. Плодючість визначають, контролюючи народжуваність молоді раз на добу. Сумарна плодючість рівна кількості молоді, що народилася за певний час, у відношенні до загальної кількості дорослих живих самок (в нормальних умовах самки дафній народжують нових рачків без запліднення). Спостереження за народжуваністю звичайно тривають 7-10 діб, але їх можна продовжити і до місяця, в такому випадку кожні 10 діб молодняк пересаджують в інші посудини. Середню плодючість розраховують як середнє арифметичне між трьома посудинами з тестованою водою.

Висновок про різницю у якості контрольної та тестованої води можна робити у тому випадку, якщо плодючість у посудинах з тестованою водою нижча порівняно з плодючістю самок в контрольній посудині на 30% і більше.

Оцінка рухливості

Втрата рухливості у забрудненій воді спостерігається у багатьох дрібних тварин – дафній, коловертках, личинок комарів, малька риби. Зокрема, токсичність води перевіряють у лабораторних умовах, витримавши коловертку і личинок комарів кілька годин у забрудненій воді. В результаті оцінюють реакцію на світло: при освітленні яскравим світлом коловертки мають рухатися до світла, а личинки комарів – від нього. Збереження здатності рухатися та швидкості руху порівнюють з такими у контрольній групі тварин.

Двостулкові молюски в лабораторних умовах реагують на додавання сильно забрудненої токсичними речовинами води, через 30-40 хв. закриваючи стулки.

У тривалих дослідах з утримання малька риби – гуппі або коропа- акваріумах з тестованою водою також звертають увагу на збереження рухливості та швидкості руху.

Організми-біоіндикатори стану вод

Для спеціаліста-гідробіолога, що займається водними організмами, будь-який живий організм водойми, а тим більше їхній загальний набір служать «датчиками» якості води та стану водойми. Однак, у моніторингу водойм нині широко відомими є лише деякі рослини, тварини та водорості, які, з одного боку, є звичайними водними видами, з іншого, – дуже чутливі до забруднення води. Із тварин в якості біоіндикаторів прісних водойм надають перевагу організмам дна: личинкам деяких комах, водним червам, що живуть на дні, водним дрібним рачкам, двостулковим молюскам. Дрібні організми, які плавають у товщі води за рахунок слабкої течії, – планктон – виявилися менш чутливими до забруднення водойм і значно швидше реагують на природні зміни у водоймі – на освітленість, вміст кисню, поживних речовин, кислотність та ін. Багатий видовий склад риби свідчить про незабрудненість водойми, а чутливі види – короп, окунь, судак, лин, йорж, піскар – вкажуть на зміни якості водойми змінами у тілі, рості, рухливості і плодючості. Серед рослин індикаторами є елодея (рис.7), кушир (рис.8), глечики, латаття, рдесники (рис.9), ряски, комахоїдна рослина пухирник (рис.10), а також багато видів водоростей, однак, розпізнавання останньої групи доступне лише вузьким спеціалістам.



Рис. 7. *Elodea canadensis*



Рис. 8. *Ceratophyllum demersum*



Рис. 9. *Potamogeton perfoliatus*



Рис. 10. *Utricularia vulgaris*

Вивчати організми-біоіндикатори можна, збираючи їх з води, підводних предметів і дна у відро або виловлюючи донним сачком. Бажано обмежувати площу збору певним квадратом, тоді можна перерахувати чисельність організмів кожного виду на одиницю площі водойми. Збираючи організми з дна на міліні, широкий сачок опирають на дно і вище по течії, на відстані до 3 м від сачка перемішують ґрунт протягом кількох хвилин. Організми з часточками дна змиваються у сачок.

Проби водних організмів краще відбирати за певною системою: починати від ймовірного центру забруднення і поступово віддалятися, наприклад, вище і нижче по течії через 0,5, 1, 2 та більше кілометрів від нього.

Спостереження за обраними біоіндикаторами рекомендується повторювати в одній точці принаймні тричі на рік, у різні пори року.

Дбаючи про живе, намагаються знову повертати у водойму ті організми, від яких вдалося встановити.

Індикатори чистих водойм

У незабруднених водоймах донна фауна включає багато видів безхребетних тварин, серед них гідри, черви, різні молюски, рачки, п'явки, водяні клопи, личинки багатьох різновидів комах, хоча чисельність цих організмів невелика або помірна. Індикаторами чистих водойм є трапляння у донних відкладах личинок комах веснянок (наукова назва ряд *Plecoptera*, рис.11), одноденок (*Ephemeroptera*, рис.12), волохокрильців (*Trichoptera*, рис.13), рачків розмірами до 2 см – гамарусів (або прісноводних креветок, наукова назва *Gammarus pulex*, рис.14) та водяних осликів (*Asellus aquaticus*, рис.15), а також чисельне переважаєння особин цих тварин порівняно з малоштитковими водними червами (наукова назва клас Олігохети, наприклад, вид трубочник *Tubifex tubifex*, рис.16).



Рис. 11. Plecoptera



Рис. 12. Ephemeroptera



Рис. 13. Trichoptera



Рис. 14. Gammarus pulex



Рис. 15. Asellus aquaticus



Рис. 16. Tubifex

«Датчиками» чистішої води та хорошого стану водойми є рясні зарості латаття білого, рдесника блискучого, комахоїдної водної рослини пухирника, сальвінії плаваючої (рис.17), тілоріза (рис.18), ряски триборозенчастої (рис.19), біля берегів і на мілководді – бобівника трилистого, так само, як і багатовидовий різнотравний склад берегових трав'янистих заростей. Стан чистоти такої водойми можна порівняти з природним. Слід мати на увазі, що комплекс із масового розростання таких водних і прибережних рослин, як глечики жовті, стрілолист, рдесники, осока гостра, очеретянка, їжача голівка, ряска, може також вказувати на швидке заростання русла річки, а зарості глечиків жовтих, злаків лепешняку та очеретянки є індикаторами суттєвого коливання рівня води у водоймі.



Рис. 17. *Salvinia natans*

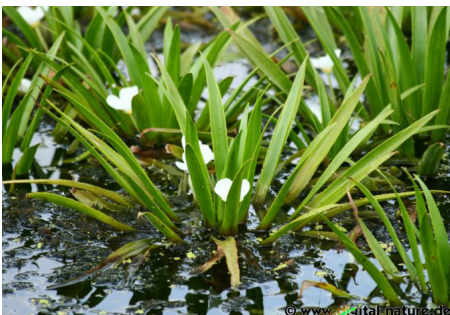


Рис. 18. *Stratiotes*

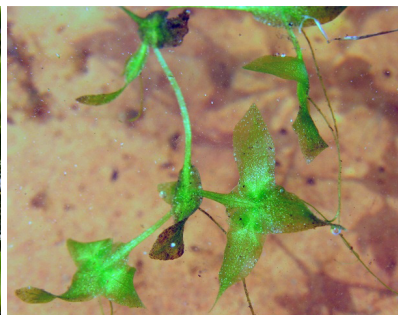


Рис. 19. *Lemna trisulca*

У повільно текучих водоймах сприятливі для покращення якості води умови створює помірне заростання плеса рослинністю – не більше третини водної поверхні. Усі рослини очищують воду і насичують її киснем. Прикріплені до дна водні і прибережно-водні рослини в певній мірі стримують розвиток водоростей «цвітіння». Однак, надмірне розмноження рослинності на поверхні плеса аж до цілковитого його покриття, навпаки, викликає загибель водоростей у товщі води, гнильні процеси у воді і на дні, втрату розчиненого кисню, замори риби, зникнення повільної течії і перемішування води, розвиток болота. На штучних водоймах рекомендується контролювати площі розростання рослинності. Як один зі способів контролю застосовують розведення рослиноїдної риби. Такі види риби контролюють і стримують розвиток водоростей та дрібних плаваючих рослин, водойма менше заростає та замулюється, вода краще перемішується, менше «цвіте» і менше кисню витрачається на розклад органічних речовин.

Індикатори забруднених водойм

Зі збільшенням забрудненості води видова різноманітність донних організмів водойм падає. Видовий перелік тварин дна брудних та дуже брудних водойм дуже малий, обмежується менше, ніж 15 видами тварин, проте, ці стійкі види мешкають тут у великій кількості. Наприклад, забрудненість органічними речовинами визначають по збільшенню чисельності червів-олігохет та личинок комарів-дзвінців (*Chironomus dorsalis*, рис.2) у донних відкладах. Проби з дна промивають через сито з тонкою москітною сіткою, отриману на ситі «живність» переносять у малі посудини і заливають формаліном 4%-ї концентрації, для зберігання.

У донних відкладах забруднених водойм дуже багато малоцетинкових червів-олігохет, наприклад, трубочників (*Tubifex tubifex*, рис.16), личинок комарів-дзвінців та мушок, при мікроскопічному аналізі – інфузорій, вкритих багатьма війками, напівпрозорих організмів з джгутиками, деяких видів тварин-коловерток, що швидко обертаються навколо своєї поздовжньої осі. Відсутні личинки комах веснянок, одноденок та волохокрильців (рис.11-13).

Ступінь забруднення донних відкладів називають **олігохетним індексом** і його підраховують як співвідношення чисельності червів-олігохет та личинок комарів до загальної чисельності донних організмів у пробі. Якщо олігохетний індекс менше 35% – стан водойми хороший, від 35 до 70% – забруднення помірне, від 70% і більше – водойма сильно забруднена.

Індикаторами загального забруднення води у водоймі є:

- зелена, синьо-зелена, перламутрова чи бура плівка на поверхні води;
- масове розростання лише 1-2 видів із наступних рослин: ряска мала, спіродела – подібна на ряску рослина, але з багатьма корінцями зісподу кожної плаваючої пластинки (рис.20), рдесники гребінчастий і пронизанолистий (рис.9), кушир (або роголистник, рис.8)), елодея (рис.7), біля берегів – лепешняк, відсутність рослин на відкритому стоячому плесі.



Рис. 20. Spirodela

Причинами забруднення можуть бути стоки добрив, гною, відходів з прилягаючих територій, що призводить до «цвітіння» води, викиди стічних вод, порушення проточності води, замулення через змиви ґрунту з берегів.

Індикаторами надмірного надходження фосфору та азоту – головних біогенних забруднювачів води – є розвиток синьо-зелених водоростей, або «цвітіння» води, падіння вмісту розчиненого кисню, збільшення біомаси мікроскопічних водоростей у товщі води при падінні різноманітності їхніх видів.

Річкові раки виявилися чутливими до вмісту кадмію – одного з важких металів, у них при підвищенні його доз суттєво порушується активність руху.

Якщо по берегах водойми спостерігається поганий розвиток комишу лісового, омегу, порівняно із сусідніми аналогічними місцезростаннями, а у плаваючо-водної рослини ряски малої – зміни забарвлення пластинок і масове розпадання їхніх груп на окремі пластинки, це може означати забруднення важкими металами у високих концентраціях.

Дуже чутливими до фосфорорганічних пестицидів та важких металів у воді є птахи. Вони перестають нормально годуватися і масово гинуть.

Масові пухлини в тілі організмів, що в нормі мешкають на дні водойм, зокрема, молюсків, можуть означати сильну або тривалу дію шкідливих забруднюючих речовин. Виявити такі порушення у тілі донних молюсків, що мешкають у водоймі, можна, наприклад, спостереженнями за станом їх крові. Молюсків збирають у достатніх кількостях – не менше 25 з одного невеликого ставка. Кров отримують, прокалюючи м'які тканини, не більше 0,5 см³ (одна крапля). Розглядають краплю крові на кінчику скляної палички чи невеликого скляного виробу. У нормі клітини крові молюсків швидко прилипають до поверхні скла, сама всяча крапля потрохи стає прозорою. Пошкоджені (ракові) клітини крові великі і випуклі, вони не липнуть до скла, тому всяча крапля залишається незмін-

ною, за мутністю подібною до крапель молока. Отримані дані порівнюють з результатами з інших, ближніх водойм, бажано пов'язаних між собою в єдине ціле, наприклад, вище і нижче по течії від можливого джерела забруднення.

Нормальна рухливість риби у водоймах – чутлива до забруднення ознака. Відомо, що за відсутності токсичних речовин у воді риба рухається тримаючись проти течії – так краще годуватися. Риба (короп, окуні) при вмісті ртуті та ДДТ у забрудненій воді за кілька годин цілковито і часто безповоротно втрачає здатність плавати. Від забруднень отруйними сполуками короп, судак мігрують у «безпечні», чистіші зони.

Деякі рослини є індикаторами-«акумуляторами». Якщо зібрати їхні проби і провести хімічний аналіз, то можна виявити забруднюючі речовини, які особливо легко нагромаджуються цими рослинами при будь-яких забрудненнях у водоймі. Таким чином, не потрібно брати проби води і дна в різних місцях водойми у різний час, достатньо знайти певну рослину і зібрати її. Зокрема, звичайні прибережно-водні та занурено-водні рослини – очерет, рогіз, куга, елодея, кушир і рдесники, один з видів рясок – ряска горбата, водяний жовтець, частуха – поглинають з води найбільше органічних забруднювачів і важких металів, концентрації останніх у тілі рослин можуть бути у багато десятків разів вищими за фонові у водоймі.

Як оцінити рівень забруднення водойми

Забруднення водойми за організмами біоіндикаторами, як тваринами, так і рослинами, можна розрахувати за формулою, запозиченою з наукових досліджень деяких водоростей – індикаторів якості води:

$$C = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h}$$

C – ступінь забруднення водойми

s – показник рослини-біоіндикатора (табл.3).

h – частота, з якою організм зустрічається у водоймі. Може бути описана 3-бальною шкалою: 1 – поодинокі або рідко, 2 – нерясно або нечасто, 3 – рясно і масово.

Бажано, щоб підрахунки ґрунтувалися на списку, що включає не менше, ніж 10 різних видів організмів.

Таблиця 3. Показники індикаторної значимості деяких водних рослин і тварин

Організми-біоіндикатори	Біоіндикаторний показник чистоти водойми*
Рослини	
Бобівник	1
Водорість хара (рис.21)	1
Водорості у вигляді дрібних, кілька мм діаметром зелених кульок (водорості «цвітіння», рис.22)	3

Водорості у вигляді плаваючих синювато-темно-зелених слизистих округлих чи неправильної форми грудочок, вкритих пухирцями, розмірами в кілька см (осциляторія, рис.23)	3–4 (середнє 3,5)
Водорість кладофора у вигляді сплутаних пучків із темно-зелених жорстких волосків	2
Глечики жовті	2
Елодея (рис.7)	3
Жабурник	2
Їжача голівка	2
Кушир (рис.8)	3–4 (середнє 3,5)
Латаття біле	1
Лепешняк великий	2–3 (середнє 2,5)
Пухирник (комахоїдна рослина, рис.10)	1
Рдесник блискучий	1
Рдесник гребінчастий	3–4 (середнє 3,5)
Рдесник пронизанолистий (рис.9)	3
Ряска мала	3–4 (середнє 3,5)
Ряска триборозенчаста (рис.19)	2
Сальвінія плаваюча (рис.17)	1
Спіродела багатокоренева (рис.20)	4
Стрілолист	2
Тілоріз (рис.18)	1
Частуха	2
Тварини	
Личинки веснянок (рис.11)	1
Личинки одноденок (рис.12)	1
Личинки волохокрильців (рис.13)	1
Рачки гамаруси (рис.14)	1
Рачки водяні ослики (рис.15)	1
Черви-олігохети з роду Трубочник (рис.16)	4
Личинки комарів-дзвінців (рис.2)	4

* Показники біоіндикаторів у балах: 1 – організми, що є індикаторами чистих водойм, 2 – слабо і помірно забруднених, 3 – брудних, 4 – дуже брудних.

За отриманим ступенем забрудненості водойму відносять до одного з класів якості: $C \leq 1,5$ – чисті; від 1,51 до 3,5 – помірно забруднені; 3,5-4,0 та більше – брудні і дуже брудні.



Рис. 21. *Chara vulgaris*



Рис. 22. *Microcystis*



Рис. 23. *Oscillatoria*

Важливою біоіндикаторною ознакою хорошого стану водойми є її висока біорізноманітність і стабільність показників останньої. Стан водойми оцінюється в цілому як задовільний, якщо різноманітність прибережно-водної і водної рослинності не падає нижче показника 35 видів рослин на 100-200 м². Поганий стан водойми та якість води у ній супроводжуються падінням видового різноманіття рослин нижче 30 видів, зменшенням густоти травостою, відсутністю у ньому різновисотних рослин, погіршенням стану пагонів, суцвіть та плодів. У дуже поганих умовах виживають лише найбільш стійкі рослини – не більше 10 видів, серед них очерет, рогози, кушир, деякі види ряски, елодея.

Дуже точно оцінити ступінь забрудненості водойми можна за складом мікроскопічних водоростей у воді. Проте, таку оцінку здатні провести лише кваліфіковані спеціалісти, найчастіше – ботаніки-альгологи з науково-дослідних інститутів та вищих навчальних закладів, тут потрібні мікроскопи та знання сотень видів мікроскопічних рослинних організмів, що мешкають у воді. Для такої оцінки можна зібрати або замовити відбори проб води, обростань каміння та донних відкладів.

Стан підземних вод

Окрім поверхневих вод, варто пам'ятати і про підземні. На їхню якість можуть впливати такі негативні явища:

- місця акумуляції промислової продукції, відходів виробництва, побутових відходів;
- сільськогосподарські або інші угіддя, на яких застосовуються мінеральні добрива, пестициди та інші хімічні речовини в обсягах, що перевищують гранично допустимі норми;
- забруднені ділянки поверхневих водних об'єктів, які живлять підземні води;
- забруднені ділянки водоносного горизонту, природно або штучно пов'язаного з суміжними водоносними горизонтами;
- промислові майданчики підприємств, поля фільтрації, бурові свердловини та інші гірничі виробки;
- полігони захоронення та накопичувачі забруднюючих рідинних речовин, відходів виробництва і стічних вод та інші.

Близькість таких об'єктів до підземних вод позначиться на якості води у свердловинах,

колодязях, підземних джерелах. Контролюючі органи мають перевіряти якість і властивості підземних вод у водозаборах для водопостачання не рідше рази на рік.

На територіях зі значними площами сільськогосподарських угідь має велике значення висота рівня ґрунтових вод. Іноді в місцях видобування будматеріалів, корисних копалин має місце підтоплення прилягаючих територій. Підтопленими можна вважати ті сільськогосподарські угіддя, де ґрунтові води до поверхні ближче ніж 80 см на Поліссі, 80-100 см – у Лісостепу, а в Степовій зоні – 1-2 м – на легких ґрунтах зі зрошуванням, 1,5-2,5 м – без зрошування, 1,5-2,5 м – на середніх та важких ґрунтах зі зрошуванням, 2-3 м – без зрошування. Для територій людських жител допустимий рівень підтоплення ґрунтовими водами нижчий: до 1 м на Поліссі, 1,5 м – у Лісостепу, 1,5-2 м – у Степовій зоні.

ЧАСТИНА 4. МОНІТОРИНГ СТАНУ ҐРУНТІВ

Стан ґрунтів оцінюють за збереженням їх родючості, рівнем та площами забруднень, пошкодженнями – такими як ерозія, деградація, змиви, підтоплення, засолення, закислення.

У державному моніторингу ґрунтів задіяні державна гідрометеорологічна служба та установи Мінагрополітики України, які здійснюють моніторинг забруднення ґрунтів сільськогосподарських земель та у населених пунктах, державна екологічна інспекція – відбір проб ґрунтів промислових об'єктів, установи Міністерства охорони здоров'я України – на місцях можливого негативного впливу на здоров'я населення, а саме, на територіях вирощування сільськогосподарської продукції, в місцях застосування пестицидів та зберігання токсичних відходів, в зонах житлових масивів. Проби відбираються з різною періодичністю (раз на рік або раз на 5 років) і піддаються агрохімічним, радіологічним, токсикологічним та аналізам на залишковий вміст пестицидів, агрохімікатів і важких металів.

Стан ґрунтів визнається дуже поганим, якщо:

- 30 % і більше сільськогосподарських угідь виведені з сільськогосподарського використання внаслідок деградації;
- Знищений принаймні один гумусовий горизонт (у ґрунтознавстві відомий як А1);
- Ґрунти перекриті наносами товщиною 10 см і більше, змитими з прилягаючих територій;
- Ґрунти надмірно ущільнені (через випас, транспорт, масовий відпочинок, застосування важкої культивативної техніки);
- Підйом рівня ґрунтових вод на 25 % і більше від природного або допустимого для даної природної зони;
- Радіаційно забруднені ґрунти;
- Втрати гумусу у ріллі складають 10% і більше від наявного у минулому;
- Ґрунти засолюються;
- Спостерігається перевищення ГДК за такими забруднювачами, як бензпірен, окиси сірки та азоту, нафтопродукти, важкі метали – кобальт, нікель, молібден, мідь, хром, марганець, цинк, свинець, кадмій, ртуть або радіоактивні ізотопи – стронцій;
- Доля забрудненої сільськогосподарської продукції рослинництва складає 25% і більше від обсягу перевіреної на забрудненість;
- Спостерігається суттєве падіння проростання культурних рослин на ґрунтах – у 1,5-2 рази нижче норми.

Ознаки деградованих ґрунтів, не придатних до сільськогосподарського використання:

- з наносами на поверхневому горизонті від 10 см товщиною,
- кам'янисті, якщо на них припадає більше 15% від усіх площ ґрунтів,
- еродовані – ерозія від 1% на рік, з появою ярів,
- незалужені, якщо частка пасовищної рослинності у регіоні складає менше 70% від частки наземної трав'янистої рослинності у даній природній зоні,
- такі, що підтоплюються на півроку і довше.

Біоіндикатори стану ґрунтів

У природі відомо багато рослин, які вказують на певні природні особливості ґрунтів.

У лісах скласти уявлення про рівень зволоження ґрунту протягом року можна за комп-

лексом рослин, які перераховані нижче. Оскільки вони звичайні для території усієї Європи, то їхні зображення радимо знайти в інтернеті.

Папороть орляк, квасениця (кислиця), суниця, яглиця, копитняк, дзвоники, цибуля черемша, жіноча і чоловіча папороть – масове зростання будь-якої з цих рослин або їхніх поєднань на лісовій ділянці свідчить про помірно та добре зволожені ґрунти, які всередині літа можуть бути і сухуватими, але ніколи не заболочуються.

Сосновий ліс, у якому ростуть береза, сиві лишайники на ґрунті, чебрець, нечуйвітер, верес, вузьколисті злаки, цмин (або безсмертник), свідчить про сухі чи сухуваті, бідні, піщані дерново-підзолисті ґрунти, без вмісту карбонатних солей, кальцію чи вапняку і з глибоким заляганням підземних вод.

Сосновий ліс з деревостаном сосни І (кращого) бонітету, де ростуть дуб, брусниця, плаун, верес, чорниця, зелені мохи великими плямами, орляк, суниця, квасениця, медунка, горобина, ялівець, ліщина, свідчить про помірно зволожені дерново-підзолисті ґрунти, супіщані за механічним складом, а чим більше у деревостані порід дерев, тим більше суглинку у ґрунтах.

Верес, плаун, чорниця, брусниця і злак щучник (щучка) у лісах свідчать про відносно бідні та кислі ґрунти. Дуже рясний чи суцільний моховий покрив – ще один «датчик» кислих ґрунтів.

Дуб у І бонітеті, ліщина, яглиця, проліска і копитняк свідчать про помірно зволожені суглинкові або з прошарками глини ґрунти. Бук, граб, липа у деревостані в дорослому віці, ліщина у підліску свідчать про родючі, досить поживні для рослин ґрунти, а високі крислаті дерева ясена тим паче це підтверджують. Також вибаглива до поживних ґрунтів хвойна порода ялиця. Серед кущів і трав індикаторами поживних ґрунтів у лісах є малина, копитняк, яглиця, іван-чай (на узліссях).

Ліс із сосною в поганому бонітеті, сфагновим мохом, хвощами, черемхою, вербами, вільхою, осоками, бобівником чи журавлиною розвивається на заболочених, з ознаками торфоутворення ґрунтах. Якщо дуже багато сфагнуму, нема осок і очерету, це значить, що ґрунти змочуються не проточними, а застійними водами, тобто заболочуються.

Також із перезволоженими ґрунтами, багатими перегноєм змоченими проточними водами, пов'язаний такий тип лісу, де серед листяних порід панують вільха, ясен, а в підліску – масово папороті, кропива, яглиця, недотрога, малина, черемха.

Вказівка на значне забруднення території органікою та високий вміст сполук азоту – нітратів, нітритів та аміаку – в ґрунті – масове зростання кропиви, чистотілу, бузини, собачої кропиви (більше відомої як пустирник), підмаренника чіпкого, лопуха, розростання хмелю у дикому стані.

Індикаторами родючих ґрунтів на луках служать конюшини лучна та повзуча, злаки тимофіївка, грястиця, райграс високий (не плутати з англійським, або пасовищним).

Трави яглиця, цикорій, мати-й-мачуха, пирій, борщівник, якщо вони ростуть рясно, показують, що ґрунти близькі до нейтральних за рівнем кислотності, що є сприятливою ситуацією для переважної більшості культурних рослин.

Рясне зростання підмаренника чіпкого – ознака лужних ґрунтів.

Ситники, високотравні осоки, лисохвіст і калужниця вказують на сирі та мокрі ґрунти з достатньою кількістю перегною, а також на періодичне затоплення території. Злак очеретянка, таволга в'язолиста, високі купинясті види осок вказують на близьке стояння ґрунтових вод, ближче 1 м до поверхні ґрунту, і можливе підтоплення.

Злак куничник, цмин (або безсмертник), нечуйвітер, очиток (або заяча капуста), фіалка триколірна – трави, що своїм масовим зростанням вказують на піщані за механічним складом ґрунти.

Різні види качимів – трав'янистих рослин форми «перекоти-поле» – вказують або на піщані, або на кам'янисті ґрунти.

Кермеки, м'ясиста трава солерос (солянка), конюшина сунічна – «датчики» засолеваних ґрунтів.

Зникаюча рослина зозулині черевички рясно росте лише у лісах, де в ґрунті багато кальцію, що може бути пов'язано з вапняками чи крейдою.

Індикатори дуже ущільненого, витоптаного ґрунту, з поганою повітряно- і водопроникністю – подорожник, спориш, перстач гусячі лапки, тонконіг однорічний. При такій щільності ґрунту інші рослини не ростуть, а на природне саморозпушування ґрунту піде 2-4 роки.

Злаки бородач і тонконіг стиснутий, зникнення суцільного дернового покриву чи розриви у ньому на трав'янистих місцях і відсутність листяної підстилки під деревними насадженнями – індикатори ерозійних процесів верхнього шару ґрунту та його значної рухливості. Про ерозію також свідчить процвітання однорічників на трав'янистих чи лісових схилах, які в природних умовах мали б бути заселені багаторічними травами. Прикладом є рясні зарості недотроги дрібноквіткової на слабо затінених схилах у лісах.

Якщо є підозра на значне забруднення ґрунту токсичними речовинами, включаючи залишки пестицидів, то це можна перевірити за допомогою рослин і тварин. Попередньо збирають невелику пробу з верхніх 20 см ґрунту (100-200 г) у паперові пакети. Одночасно слід зібрати пробу чистого, але подібного за типом ґрунту з городу, луки чи лісу. У кімнатних умовах кожену пробу окремо замочують невеликою кількістю відстояної чистої води на добу.

Тест-об'єктами служать такі рослини, як редис, гірчиця, крес-салат, овес, ячмінь (їхнє насіння) та цибуля (цибулини). Цибулини (10 шт.) можна висадити у невеличкі банки з настояним на ґрунті розчином, насіння (по 25-30 шт.) – посіяти у тонкий шар ґрунту. Для порівняння, аналогічну посадку проводять у контрольну пробу – з чистим ґрунтом. За ростом спостерігають 7-10 днів. Суттєва різниця у швидкості проростання, рості перших пагінців та корінців, кількості корінців та початком в'янення, порівняно з контрольними пробами – від 50% і вище – свідчить про високий рівень забруднення тестованого ґрунту.

Токсичність ґрунту можна оцінити, видозмінивши тест із водяними рачками дафніями (див. у частині «Моніторинг стану вод»). Тестований ґрунт заливають чистою питною водою, дають настоятися добу. У настояний на ґрунті розчин випускають дафній і протягом 1-5 діб спостерігають за рівнем смертності, як це описано в біотестуванні токсичності води.

Серед рослин нема таких, які би своїм траплянням однозначно вказували на забруднення ґрунтів важкими металами. Відомості про те, що деякі зі звичайних видів – фіалки, талабан чи інші бур'яни – ніби то вказують на підвищений вміст деяких металів, перевернені, їм не варто вірити, бо насправді йдеться про види рослин, які ростуть в природі на особливих ґрунтах, але в Україні відсутні, хоча і є родичами українських видів! Є відомості про значну чутливість до дії свинцю і кадмію у культурних рослин – квасолі,

пшениці, ячменю, салату-латука. Отже, їх можна використати для перевірки токсичності ґрунту методом біотестування.

Але рослини вздовж доріг та в урбанізованих місцевостях, де особливо високі забруднення свинцем, цинком, кадмієм, нікелем, міддю та марганцем, накопичують ці важкі метали у кількостях, що в багато разів перевищують вміст цих самих металів у ґрунті. Це доведено багатьма дослідженнями на таких піддослідних рослинах, як кульбаба, злаки костриця, пажитниця багатоквіткова (італійський, або однорічний райграс), тонконіг, мохи, з дерев – сосна, тополя чорна, ясен. Тому використання рослин з придорожніх смуг та промислових майданчиків на відстані до 300 м – для харчових, побутових потреб, для випасання чи на сіно – надзвичайно небезпечно!

Як природним шляхом відмежувати себе від забруднених ґрунтів? Пропонуємо вам для ознайомлення групу рослин, які є особливо стійкими до хімічного забруднення ґрунтів, бо саме їхні зарості, при грамотній організації справи, створюють безплатну буферну зону між автодорогами, залізницями, відвалами видобувних порід, промисловими об'єктами, фермами та орними площами з внесенням добрив і пестицидів, з одного боку, і житловими секторами та природними екосистемами, з іншого. До таких рослин належать злаки – куничник наземний, пирій, польовиця, бобові – конюшина повзуча, еспарцет піщаний, а також топінамбур, золотушник канадський, рогіз, деревій (тисячолістник), серед дерев і кущів – кущовидні верби, маслинка, клен ясенелистий (або американський), жовта акація, бузина червона, пухироплідник калинолистий, бирючина. До забруднення надлишком змитих добрив з полів дуже стійкі бузина чорна та клен ясенелистий. Зазвичай стійкі рослини витримують помірні або навіть дуже значні рівні забруднення завдяки здатності накопичувати у своєму тілі забруднюючі речовини без шкоди для себе.

ЧАСТИНА 5. МОНІТОРИНГ СТАНУ ЕКОСИСТЕМ ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Моніторинг екосистем і біорізноманіття відслідковує зміни у різноманітності, типах і площах екосистем, чисельності та різноманітності природних диких видів рослин і тварин. Збереженість існуючих природних екосистем і всього біорізноманіття – основа сталого співіснування людини і природи. Крім того, це ще й «датчик» змін довкілля. Забруднення і надмірне перетворення довкілля призводять до погіршення згаданих показників.

На державному рівні такі види моніторингу здійснюються на території біосферних та природних заповідників, національних природних парків, регіональних ландшафтних парків.

Як оцінити стан цілої екосистеми?

В якості цілої екосистеми ми розглядаємо:

- ліс – значний лісовий масив площею звичайно не менше 5 га;
- водойму – ставок, озеро, річку, болото;
- луку чи степовий масив;
- морські екосистеми на мілководді, до 5 м глибини, та екосистеми відкритого моря.

Як можна зробити висновок про те, що екосистема знаходиться в нормі і не деградує – не руйнується і не перетворюється у щось принципово інше, менш цінне? Для цього шукають чутливі організми-біоіндикатори, а також ведуть тривалі спостереження за наступними показниками:

- Видова різноманітність в екосистемі – чисельність та багатство різних видів рослин, тварин, грибів, водоростей.
- Чим більша й унікальніша видова різноманітність, тим цінніша, старіша та краще збережена дана екосистема. Між усіма видами її живих організмів – установлені десятиліттями співвідношення та зв'язки. Попередній список видового різноманіття складають протягом року, відвідуючи екосистему у різні пори року, принаймні 3-4 рази за рік. Для більшої достовірності проводять повторні обліки в один з наступних років. В Україні є дуже багаті на різноманіття рослин і тварин екосистеми. Це степи і широколистяні ліси, у яких на одну екосистему співіснує від 40 до 60 видів рослин. Усі природні екосистеми в Україні, за виключенням наскельних, деяких гірських та солончакових заростей, істотно не поступаються у біорізноманітності.
- Отже, хорошим показником видового багатства можна вважати трапляння не менше 30-40 видів рослин на 100 м² трав'янистої екосистеми та на 25-30 соток лісу (0,25-0,3 га).
- Погані та дуже погані показники видової різноманітності – 15 і менше видів рослин на 100 м² пасовищної екосистеми та на 0,25 га світлого (не надто тінистого, як буває у грабняку та бучині) лісу.
- Рясність окремих груп живих організмів. Загальновідомо, що ліс є тим цінніший, чим частіше трапляються цінні породи – дуб, ясен, ялина, бук, клен та ін.; чим різноманіт-

ніші тваринні ресурси – зайці, лисиці, куниці, горностаї, єнотовидні собаки, вовки, лосі, олені, лані, косулі, борсуки, кажани, лісові птахи; чим рясніші ягідники та грибні місця. Різноманітність фауни водно-болотних угідь – це ондатри, бобри, видри, качки, гуси, лебеді, лиски, чаплі, кулики, кілька видів риби (наприклад, лящ, короп, судак, сом, окунь, лин) та ін. У пасовищних екосистемах – на луках та в степах – важливою є рясність кормових злаків і бобових, а поряд з ними – лікувального для худоби та барвистого різнотрав'я; серед тварин – бажана присутність диких копитних, байбаків, ховрахів та інших нірних і землеріючих тварин, куріпок, фазанів, перепілок, різноманітних метеликів. У занепалих від надмірної експлуатації та забруднення екосистемах буває така ситуація, що перелік видів організмів куций, але, натомість, ці види розмножуються в неймовірних кількостях. Це звичне явище для дуже брудних водойм, де можна зустріти менше 10 видів дрібних тварин чи мікроскопічних водоростей, якими, проте, водойма або її дно аж кишать; пустирів, засмічених і забур'янених місць, де територія суцільно заростає лише 5-6 видами бур'янів; порушених тривалою людською діяльністю лісів, в яких деревостан складений одним грабом чи сосною, а в підліску рясніють бузина, кропива і розрив-трава (або недо-трога).

- Продуктивність і врожайність екосистеми в цілому та по окремих її компонентах – живих організмах. Наприклад, приріст і відновлення деревостану таких видів, як ялина, ялиця, вільха, бук, граб, – ознаки, чутливі до тривалої дії шкідливих впливів у лісах.
- Присутність і чисельність рідкісних рослин і тварин під державною чи міжнародною охороною. Існування рідкісних видів – одна з ознак достатньої збереженості екосистеми. У слабо порушених лісах місцями ще трапляються з помітною рясністю підсніжники, цибуля-черемша, лісові орхідеї, сон-трава, вовчі ягоди, лісова лілія, якщо дуже пощастить – тюльпани; серед тварин – борсуки, хижі птахи з родини Яструбові та сови. На луках зі слабким пасовищним навантаженням – зозулинці, півники, дикі гладіолуси, можливо, рябчики, рідкісні красиві метелики махаон і подалірій. На степових ділянках – ковила зі сріблястим «волоссям» та красиво-квітучі ранньовесняні квіти – сон, горицвіт, анемона, гіацинтики, піон-воронець, брандушка, тюльпани; з тварин – тхір степовий. У чистих водоймах – видра, значна різноманітність водно-болотних птахів; з рослин – латаття (водяна лілія), сальвінія плаваюча, комахоїдні водні рослини і найдрібніша у світі рослина – вольфія, подібна на ряску малу, але дрібніша принаймні вдесятеро. Проте, через значну перетвореність природи, кілька сотень видів рослин і тварин нині практично не відомі людям, бо залишилися лише по найбільш недоступних, нерозораних та заповідних місцях. З цими рідкісними організмами можна ознайомитись у викладеній онлайн Червоній книзі України: <http://menr.gov.ua> – архів видання 2009 р.; <http://mail.menr.gov.ua/publ/redbook/redbook.php> – видання 1994-1996 рр.

Державний біомоніторинг здійснюється тільки за тими організмами, які представляють промисловий інтерес: видами дерев, риби і дичини. Громадський біомоніторинг можна урізноманітнити спостереженнями за станом лісів, різноманітністю екосистем у регіоні, популяціями організмів, що є рідкісними або чутливими до перетворень в екосистемах.

Моніторинг лісів

Моніторинг стану лісів передбачає наступні питання:

- Якою є лісистість регіону, тобто частка лісів від площі регіону? Чи є вона оптимальною? Чи не спостерігається суттєве падіння лісистості протягом останніх років?
- Яка різноманітність у регіоні типів лісу, лісової фауни, якості деревостану, інших лісових природних ресурсів?
- Які пошкодження лісових екосистем мають місце в регіоні?

Про стан та можливі перетворення лісової екосистеми можуть розповісти обліки складу деревостану по видах порід і по віку кожні 5 років і щорічні лісопатологічні спостереження. З часом стане помітно, які породи не дають насінного поновлення і старіють, у яких порід присутнє регулярне поновлення молодняком, чи завойовують собі місце нові лісові породи, багатшає чи біднішає деревостан і в якому напрямку змінюється його продуктивність, як впливають на дерева можливі місцеві забруднення або погіршення стану лісу.

Деякі групи лісів мають екологічну, а не експлуатаційну функцію, тому важливо слідкувати за їхньою збереженістю. Такими є лісосмуги вздовж доріг, навколо промислових об'єктів, сміттєзвалищ, скотомогильників, а також вздовж річок та по схилах. Такі лісові масиви захищають людей та довкілля від забруднень, тому важливо слідкувати, аби їх не засмічували і не випасали у них худобу.

Моніторинг нелісових наземних екосистем

До нелісових природних екосистем відносяться луки різних типів, степи, болота, чагарники, рослинність кам'янистих осипів і відслонень.

Моніторинг за різноманітністю екосистем передбачає відповіді на питання:

- Які природні екосистеми, окрім лісів, трапляються ще у регіоні?
- Якими є площі, а також ресурсний та екологічний потенціал наявних пасовищних і водно-болотних фондів?

Значна різноманітність природних екосистем у регіоні – індикатор хорошої збереженості довкілля, важлива підтримка його стабільності і захисту від негативних впливів. Місцевість, вкрита різноманітними природними екосистемами у добре збереженому стані, має більший потенціал самоочищення від різних видів забруднень повітря, води чи ґрунтів.

В Україні трав'янисті екосистеми – луки різноманітних типів, степи, трав'янисті схили – є не менш різноманітними та важливими, ніж ліси. Це природні кормові угіддя, які можна використовувати в якості пасовищ та сінокосів. Природні кормові угіддя в умовах невиснажливого господарювання незрівнянно довговічніші і економічно дешеві, майже «безплатні», порівняно з культурними пасовищами. Чимало екологів та аграрників рекомендують частину площ занедбаних сільськогосподарських угідь вилучити з системи рільництва і таким чином збільшити площі природних кормових угідь удвічі.

Найбільш часта причина падіння врожайності природних кормових угідь та знищення їхнього біорізноманіття – безсистемний випас. Часте або безперервне стравлювання травостою худобою, що супроводжується витоптуванням і забрудненням фекаліями, ви-

пасання у надто ранні фази розвитку рослин різко знижують продуктивність травостою, призводять до зникнення цінних кормових, а також і рідкісних, важливих для науки рослин, доводять кормове угіддя до стадії пасовищного збою.

Експлуатація трав'янистої екосистеми вважається невиснажливою, якщо при цьому дане угіддя зберігає свій культуртехнічний стан, врожайність, набір 5-10 переважаючих за кількістю рослин і тварин, цілісність та міцність дернини, швидкість відростання травостою після скошування або випасання, і відсутні ознаки початку ерозії, заболочування чи засолення ґрунтів.

Невиснажливі способи господарювання на луках дозволяють підтримувати природний набір видів у травостої на рівні 40-50 видів на 100 м².

На луках, які розвиваються на заплавах у долинах річок, з огляду на їхнє регулярне і достатнє постійне зволоження, дозволяється періодичність викошування 1-2 рази на рік, з перервою раз у 2-3 роки, а поза долинами рік – раз на 2-3 роки, і чим сухіші умови, тим рідше косять.

Помірне випасання викликає зниження висоти травостою, але підвищує його густоту і збільшує роль злаків. У беззагінній, вільній системі випасання в умовах помірного і достатнього атмосферного зволоження (Полісся і Лісостеп України) пасовищна ємність складає 0,75-0,24 умовних голів худоби на 1 га в місяць. В одному гурті не повинно випасатися більше 200 тварин.

При загінному способі випасання організовують від 7 до 11 основних загонів та ще кілька додаткових, у кожному з яких по черзі випасають худобу протягом 3-4 днів. На 100 корів (600 овець або 75 коней) на суходільних окультурених пасовищах у лісовій зоні радять відводити 111-253 га, при площі одного загону 6-13 га, у лісостеповій – 166-416 га і 8-12 га, у Степовій – 312-412 га і 10-30 га, відповідно (Кияк, 1974). Ці показники розраховані для окультурених кормових площ, але їх, із поправкою, можна застосовувати для тих природних лучних угідь, які не є місцем масового траплення рідкісних рослин чи тварин під міжнародною чи державною охороною. Рекомендується помірна частота використання пасовищ у загонах – 4-5 разів за вегетаційний період, з періодами відпочинку травостою у кожному загоні 18-36 днів (менше – у вологі періоди, довше – у сухі).

Чим більше вразливих рідкісних рослин у травостої, тим меншим має бути пасовищне навантаження.

Ознаки невиснажливого режиму використання лучного пасовища, сприятливого для біорізноманітності:

- У травостої трави стоять густо до висоти 30 см від поверхні ґрунту, трапляються трави висотою 50 см і вище.
- Рясно трапляються цінні кормові трави – грястиця збірна, пажитниця багаторічна, тим-офіївка лучна, костриця лучна, стоколос безостий, пирій повзучий, райграс високий, конюшина лучна. Ці рослини показують невисокий рівень пасовищного навантаження.
- Висока біорізноманітність та хороша продуктивність: для сухих трав'янистих екосистем – 40 і більше видів рослин на 100 м² та 15 ц/га сіна за перший укіс; для добре зволжених і перезволжених лук різних типів – 40-60 і більше видів рослин (подекуди до 100 видів!) на 100 м² і від 30 до 50 ц/га сіна, відповідно.
- Дернина щільна, без прогалин і пошкоджень, не розбита, при натисканні долонями відчутно вминається, пружинить;

- Стан трав'янистої екосистеми є в цілому задовільним, якщо її показники біорізноманітності – біля 30 видів рослин на 100 м², а продуктивність – 5-10 ц/га сіна у сухих умовах та 20-30 ц/га – у вологих.

Ознаки незадовільного режиму використання пасовища:

- Дуже низький травостій – нижче 10 см від поверхні ґрунту. Злаки не цвітуть і не плодоносять. Бобові відсутні або рідко трапляються 1-2 види. Рясно трапляються колючі бур'яни, молочаї, кропива, однорічники.
- Низька видова різноманітність – 20 і менше видів на однорідну ділянку площею 100 м².
- Дернина порушена, має прогалини, зрізана чи розбита копитами, дуже суха і непружна; ґрунт місцями оголений, дуже купинястий.

Випасання різко негативно позначається на стані ґрунтів та продуктивності травостою, якщо його проводити на мокрих ґрунтах, одразу після повені, на болотистих луках, при глибині ґрунтових вод вище 60 см до поверхні. Випасання по мокрому ґрунту призводить до його ущільнення, погіршення повітропроникності, появи купин, посилення заболочування площ.

Випасання на схилах дозволяється лише при крутизні ухилу до 15°, інакше це загрожує ерозією схилів.

Випасання по краях берегів водойм – однозначно негативне явище, що сильно погіршує стан вод, оскільки при цьому: замулюється мілководдя, гній та інша органіка потрапляють у водотоки, посилюються «цвітіння» води та заростання русла, заболочені ґрунти берегів сильно витоптуються, перемішуються, втрачають структуру, дернина майже повністю знищується, при підсиханні розвиваються купини. Санітарно-епідеміологічні показники води погані, адже паразити худоби потрапляють у воду. Здорові, укріплені дерниною, не витоптані береги покращують фізичний, хімічний, біологічний, санітарний та естетичний стан водойми, впливають на регулярність зволоження сусідніх природних кормових угідь, на яких дозволяється випасати.

Керівний принцип невиснажливого використання природних ресурсів лісових та нелісових екосистем: використання та вилучення ресурсів дозволяються в тій мірі, в якій ці процеси не викликають істотного зменшення чисельності та площ або зникнення рідкісних видів рослин і тварин у складі екосистеми та стійких змін і перетворень даного типу місцезростання чи типу угіддя. В експлуатації природних ресурсів часто користуються правилом: 50% – використовуй, 50% – залишай.

ВИКОРИСТАНА ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. – М., Изд-во МГУ, 1985. – 160 с.
2. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность
3. Кияк Г.С. Луківництво. – К.: Вища школа, 1974. – 367 с.
4. Региональный экологический мониторинг: (на примере Верхнеокского бассейна). / Отв. ред Соколов В.Е. – М.: Наука, 1983. – 264 с.
5. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть 3. Методы биологического анализа вод. – М., 1977. – 91 с.
6. Царенко О.М., Скиба Ю.А., Білоус О.П., Ковтун О.О. Екологічна біоіндикація: практикум. – К., 2011. – 70 с.
7. Нормативні документи Міністерства екології та природних ресурсів України з питань моніторингу довкілля (за назвою документа його можна знайти у вільному доступі в інтернеті):
8. Методичні рекомендації з підготовки регіональних та загальнодержавної програм моніторингу довкілля – наказ №487, від 24.12.2001.
9. Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод – наказ №485, від 24.12.2001.
10. Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів) (КНД 211.1.1.106-2003) – наказ №89-М, від 04.06.2003.
11. Про затвердження Положення про порядок надання екологічної інформації – наказ №167, від 18.12.2003.

