

**ДВНЗ «Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника»
Факультет природничих наук
Кафедра біології та екології**

**Методичний комплекс для проведення практичних
занять із дисципліни «Біоіндикація» (для студентів
спеціальності 101 - Екологія)**

**Підготовлений доц. кафедри біології та екології
Різничук Н.І.**

м. Івано-Франківськ - 2017

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
ТА САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
«Біоіндикація»

для студентів

спеціальності
101 «Екологія»

Івано-Франківськ
2017

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	7
ПРОГРАМА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	8
Тема 1,2 Оцінка стану навколишнього середовища по наявності, достатку і розмаїтості видів лишайників (ліхеноіндикація)	9
Тема 3,4 Сосна в якості тест-об'єкта в радіо-і загально екологічних дослідженнях	21
Тема 5 Флуктуююча асиметрія деревних і трав'янистих форм рослин як тест-система оцінки якості середовища	26
Тема 6 Використання флуктуюючої асиметрії тварин для оцінки якості середовища	30
ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ	35
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ	36
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ	39
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	44

ВСТУП

Сучасний розвиток майже усіх сторін людської життєдіяльності неможливий без всебічного контролю стану навколишнього середовища. Неможливо планувати і реалізовувати розвиток сільського господарства та промисловості без обліку рівня забруднення атмосфери, ґрунтів, природних вод. Тому отримання інформації про стан забруднення природного середовища є досить актуальним. Значною мірою така інформація може бути отримана за допомогою живих організмів: визначених видів рослин та тварин, бактерій, грибів, лишайників. Цей метод отримав назву біоіндикація.

Бурхливому розвитку екології у останні десятиріччя сприяла необхідність вирішення таких важливих проблем сучасності, як раціональне використання природних ресурсів, профілактика забруднення середовища промисловими відходами та транспортом, запобігання знищенню природних угруповань, збереження генофонду рослинного і тваринного світу.

Сьогодні неможливо планувати і реалізовувати подальший розвиток промисловості і сільського господарства без обліку наявного і прогнозованого забруднення атмосфери, природних вод, ґрунтів і його впливу на здоров'я і добробут людини, живих організмів і екосистем в цілому.

Щоб надалі розрізнити дуже близькі по цілях застосування і смислового використання поняття, пояснимо значення термінів «біоіндикація» і «біотестування».

Біоіндикація - виявлення і визначення екологічно значущих природних і антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів безпосередньо в місці їх існування. Біологічні індикатори мають ознаки, властиві системі або процесу, на підставі яких виробляється якісна чи кількісна оцінка тенденцій змін, визначення або оціночна класифікація стану екологічних систем, процесів і явищ. В даний час можна вважати загальноприйнятим, що основним індикатором сталого розвитку в кінцевому підсумку є якість середовища проживання.

Біотестування - процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єктів. Для оцінки параметрів середовища використовуються стандартизовані реакції живих організмів (окремих органів, тканин, клітин або молекул). В організмі, що перебуває контрольний час в умовах

забруднення, відбуваються зміни фізіологічних, біохімічних, генетичних, морфологічних або імунних систем. Об'єкт витягується з середовища проживання, і в лабораторних умовах проводиться необхідний аналіз.

Предметом вивчення дисципліни «Біоіндикація та біотестування» є закономірності, категорії і концепції забруднення довкілля і принципи оцінки його масштабів за допомогою живих організмів.

Міждисциплінарні зв'язки: біологія, загальна екологія, екологія людини.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. «Предмет дисципліни «Біоіндикація та біотестування навколишнього середовища». Теоретичні основи біоіндикації»
2. «Рівні біоіндикації»
3. «Біоіндикація антропогенного впливу на ландшафт»

Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівців профільної галузі для вирішення проблем охорони природних біоценозів та здоров'я людини.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Біоіндикація і біотестування» є формування у студентів комплексу знань, навичок та уявлень про принципи біоіндикації, основні системи оцінки ступеню забруднення ґрунтів чи водойм на основі стану їх екосистем, які необхідні для рішення професійних завдань відповідно посадовим обов'язкам в галузі прикладної екології.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати : основні принципи біоіндикації; біохімічні та фізіологічні реакції живих систем на антропогенні стресори; морфологічні та поведінкові відхилення від норми у організмів під впливом антропогенних факторів; механізм впливу антропогенних факторів на динаміку біоценозів. види-індикатори аномальних концентрацій хімічних сполук.

вміти : оцінювати та описувати біотичні структурні зміни ландшафту; користуватись заходами біоіндикації забруднення повітря, ґрунту та водних екосистем; оцінювати вплив антропогенної діяльності на природні системи, стан рослинного і тваринного світу; оцінювати вплив окремих факторів навколишнього середовища на показники стану здоров'я людини.

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1,2	Оцінка стану навколишнього середовища по наявності, достатку і розмаїтості видів лишайників (ліхеноіндикація)	4
3,4	Сосна в якості тест-об'єкта в радіо-і загально екологічних дослідженнях	4
5	Флуктуююча асиметрія деревних і трав'янистих форм рослин як тест-система оцінки якості середовища	2
6	Використання флуктуюючої асиметрії тварин для оцінки якості середовища	2

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ ЗА ОСНОВНИМИ МЕТОДАМИ БІОІНДИКАЦІЇ ТА БІОТЕСТУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Сучасною біологією накопичений значний арсенал методів, що дозволяють досить об'єктивно оцінювати якість середовища, але в цьому посібнику розглянуті, звичайно, далеко не все. Зважаючи на обмеженість обсягу книги автори намагалися включати в посібник добре апробовані або найбільш перспективні, з їх точки зору, біологічні методи. При виборі автори керувалися і тим міркуванням, що механізми підтримки гомеостазу на високих рівнях організації біосистем (популяція, співтовариство і особливо екосистема) вивчені у меншій мірі. Це пов'язано з різноманіттям спільнот і екосистем, а головне, з пролонгування процесів, що підтримують гомеостатические стану окремих спільнот, екосистем і біосфери в цілому. До того ж у екологів часто відсутня єдина думка з приводу норм реакцій на рівні екосистем. Процеси, що забезпечують екосистемний гомеостаз, розтягнуті на десятки, сотні і навіть тисячі років. Наявні в розпорядженні вчених відомості про наслідки тих чи інших негативних впливів на екосистеми уривчасті і часто суперечливі. Наслідки впливів на екосистеми доводиться оцінювати на тлі або занадто короткого проміжку часу, недостатнього для реалізації механізмів підтримки екосистемного гомеостазу, або занадто тривалого періоду. При цьому важко врахувати внесок у спостережувані зміни природних процесів, що відбулися в природі за тривалий час (глобальні природні коливання температури - заledenіння і потепління, природні еволюційні процеси і т.д.). Здебільшого прогнози, що стосуються розвитку процесів у екосистемах, неперевіряєми, мають певний відтінок наукової фантастики та їх практична цінність невелика. З цієї причини і, як вже зазначалося вище, з причини обмеженості обсягу широкий спектр перспективних біоценологічних та інших методів не був включений у посібник.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1-2
ОЦІНКА СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПО
НАЯВНОСТІ, ДОСТАТКУ І РОЗМАЇТОСТІ ВИДІВ
ЛИШАЙНИКІВ (ЛІХЕНОІНДІКАЦІЯ)

Дуже інформативними біоіндикаторами стану повітряного середовища і її зміни є нижчі рослини: мохи та лишайники, які накопичують у своєму слань (таллома) багато забруднювачі (сірку, фтор, радіоактивні речовини, важкі метали). Лишайники дуже невимогливі до факторів зовнішнього середовища, вони поселяються на голих скелях, бідному ґрунті, стовбурах дерев, мертвій деревині, однак для свого нормального функціонування вони потребують чистому повітрі. Особливо вони чутливі до сірчистого газу. Найменше забруднення атмосфери, яке не впливає на більшість рослин, викликає масову загибель чутливих видів лишайників. Вони зникають, як тільки концентрація сірчистого газу досягне 35 млрд $^{-1}$ а середнє його вміст в атмосфері великих міст понад 100 млрд $^{-1}$ (Рамаді, 1981). Не дивно тому, що більшість лишайників вже зникло з центральних зон міст. Науковий напрямок біомоніторингу (тобто стеження) за станом повітряного середовища за допомогою лишайників називається ліхеноіндикацією.

Лишайники - своєрідні симбіотичні організми, слань яких утворено грибом (мікобіонти) і водорістю (фітобіонтом) з переважанням у більшості випадків першим. Оскільки слань і плодови тіла лишайників грибні за своєю природою, сучасна систематика розглядає цю групу в загальній системі царства грибів в якості ліхенозованих грибів. Переважна більшість лишайникових грибів відносяться до класу Ascomycetes - сумчастих грибів, що утворюють в результаті статевого процесу спори (аскоспори), що розвиваються в гіменіальному шарі плодкових тіл. Фотосинтезуючі компоненти лишайників відносяться переважно до відділів зелених (Chlorophyta) або синезелених (Cyanophyta) водоростей. Водорість постачає гриб створеними нею в процесі фотосинтезу органічними речовинами, а отримує від нього воду з розчиненими мінеральними солями. Крім того, гриб захищає водорість від висихання.

Комплексна природа лишайників дозволяє їм отримувати харчування не тільки з ґрунту, але також з повітря, атмосферних опадів, вологи, роси і туманів, часток пилу, що осідає на слань. Лишайники відносно невибагливі до субстрату, проте більшість видів має виборчої здатністю і поселяється на певному субстраті (на вапняках, кварцах, корі дерев або гниючої деревині, на які нерухомо

лежали предметах зі скла, шкіри, заліза та ін.) Лишайники вимогливі до світла, можуть переносити посуху, але потребують хоча б в періодичному зволоженні, оскільки процес фотосинтезу і дихання йде лише у вологих слоевищ. За типом слані лишайники ділять на накипні (коркові), листуваті, кущисті. Накипні - мають слань у вигляді тонкої (гладкої або зернистої, горбкуватою) скоринки і дуже щільно зростаються з субстратом (корою, каменем, ґрунтом), відокремити їх без пошкоджень субстрату можна. Листуваті - мають вигляд дрібних лусочок або пластинок, прикріплюються пучками грибних гіф (ризоидами) і легко відокремлюються від субстрату. Кущисті - мають вигляд тонких ниток або більш товстих розгалужених кущиків, що прикріплюються до субстрату своїми підставами.

Найбільш стійкими до забруднювачів є накипні лишайник, середньостійкі листуваті, а слабостійкі кущисті лишайники.

Епіфітні лишайники в основному розміщуються на старі дерева, причому для них має значення поверхню кори. На крупнобугристій корі старих дерев зазвичай селяться кущисті види, рідше зустрічаються листуваті і накипні. На слабморщистої корі молодих дерев ростуть листуваті і накипні види, а на гладкій корі поселяються в основному накипні лишайники.

У світі налічується близько 26 тисяч видів лишайників. Вони розрізняються по зонах виростання (тундра, лісова зона і т.д.), видах субстрату (камені, скелі, стовбури та гілки дерев, ґрунт). У лишайників, що ростуть на деревах, видовий склад розрізняється залежно від рН кори. Лишайники зникають в першу чергу з дерев, що мають кислу кору (береза, хвойні), потім з нейтральних (дуб, клен) і пізніше всього - з дерев, які мають слаболужну кору (в'яз дрібно листова, акація жовта). У лишайникових типах лісу домінують рунисті лишайники (кладонія, цетрарія), довгими бородами з гілок дерев звисає уснея, яка є найбільш чутливим видом і росте в лісах тільки з чистою атмосферою.

У ряді робіт показано, що за допомогою лишайників можна отримувати цілком достовірні дані про рівень забруднення повітря. При цьому можна виділити групу хімічних сполук і елементів, до дії яких лишайники володіють понад-підвищеною чутливістю: оксиди сірки та азоту, фторо-і хлороводень, а також важкі метали. Багато лишайники гинуть при найменшому забрудненні атмосфери цими речовинами.

Хід роботи. Біоіндикація території за допомогою лишайників може бути організована по-різному, в залежності від мети: 1) ознайомча

студентська практика; 2) збір матеріалу для дипломної або наукової роботи.

Для проведення дослідження в польових умовах потрібні збільшувальні скла (або лупи), каталоги-визначники лишайників, олівець, блокнот, компас, коробка з пакетами для збору лишайників.

Пропонується розглянути три випадки дослідження стану атмосферного повітря за допомогою лишайників.

Принцип першого методу, запропонованого в практичній роботі, заснований на використанні співвідношення проективного покриття столу дерева лишайниками, сумарної кількості видів лишайників і лишайників домінантного виду. Ці дані наведені в робочих таблицях 1 - 2.

Для оцінки ступеня покриття дерев лишайниками необхідно виготовити спеціальне пристосування - палетку з товстого поліетилену або целофану у вигляді квадрата розміром 20x20 см, розділивши кожную сторону на 10 частин. У результаті виходить прозора сітка, якою покривають стовбур дерева, і оцінюють ступінь покриття його поверхні лишайником.

Для визначення площі проективного покриття лишайниками стовбура дерева необхідно зробити наступне.

1. Вибрати місце обстеження (парк, освітлену ділянку лісу, двір у місті). Окреслити цю область на карті.

2. Вибрати майданчик для дослідження, що включає 10 дерев одного виду на відстані 5-10 м один від одного. Дерев повинні бути приблизно одного віку та розміру, не мати ушкоджень.

3. Прикласти прозору сітку щільно до стовбура дерева на висоті 0,3-1,3 м. Підрахувати кількість квадратів з лишайниками.

4. Підрахувати кількість всіх видів лишайників під прозорою сіткою.

5. Підрахувати кількість лишайників домінуючого виду.

Ступінь покриття лишайниками стовбурів дерев виражається у відсотках. Заповнити табл. 1. За допомогою табл. 2 оцінити якість повітря, використовуючи середні значення (по 10 деревам) числа видів лишайників, ступеня покриття та загальної кількості лишайників на кожному досліджуваному дереві.

Переміститися на наступний майданчик (100 x 100 м) і за аналогічною схемою досліджувати ще 10 дерев на наявність лишайників і ступінь покриття стовбура.

Принцип другого методу заснований на використанні робочої шкали, в якій наведена найбільш часто зустрічається послідовність

зникнення індикаторних лишайників у міру збільшення забруднення (див. табл. 3 та 4).

Принцип третього методу наступний. В одному випадку трансект довжиною в 2-3 км зручно розмістити перпендикулярно насиченою автотранспортом замиській дорозі, що примикає до лісового масиву, що складається з невеликого різноманітності деревних видів (наприклад, сосна з домішкою берези або дубове насадження з домішкою клена). В іншому випадку трансект розташовується в залежності від відстані до центру міста (центральні вулиці, на деякій відстані від центру, окраїнні вулиці, замиські території). Така трансект може продовжуватися на 20-50 км і переходити в зелену зону міста. Цілком очевидно, що в такий багатокілометрової трансект повинні вивчатися тільки види деревних рослин, наявні на всій території.

Перша трансект розбивається на ряд ділянок: 1) біля дороги, 2) в 100 м, 3) в 300 м, 4) в 500 м, 5) в 1000 м, 6) у 2000-3000 м від дороги. На кожній ділянці закладаються пробні площі розміром 20x20 м, 50x50 м, 100x100 м (в залежності від мети дослідження і розрідженості насадження).

На кожній пробній площі враховуються наступні параметри:

- а) загальна кількість видів лишайників;
- б) ступінь покриття слоевище лишайників кожного дерева;
- в) частота (зустрічальність) кожного виду;
- г) велика кількість кожного виду.

Проядок виконання роботи:

1. Отримати у викладача завдання на картці.
2. Користуючись табл. 1 і 2, оцінити якість повітря за ступенем проективного покриття лишайниками стовбурів дерев.

Таблиця 1

**Журнал оцінки якості повітря по проективному покриттю стовбура
дерев**

Порядковий номер дерева на схемі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ступінь покриття лишайниками, %										
Кількість видів лишайників										
Кількість лишайників домінуючого вида										

Таблиця 2

**Шкала якості повітря по проєктивному покриттю лишайниками
стовбура дерев**

Ступінь покриття	Число видів	Число лишайників домінантного вида	Ступінь забруднення
Більше 50 %	Більше 5	Більше 5	6-а зона. Дуже чисте повітря
	3-5	Більше 5	5-а зона. Чисте повітря
	2-5	Менше 5	4-а зона
20-50%	Більше 5	Більше 5	Відносно чисте повітря
	Більше 2	Менше 5	3-я зона Помірне забруднення
<20%	3-5	Менше 5	2-а зона Сильне забруднення
	0-2	Менше 5	1-а зона Дуже сильне забруднення

1. Користуючись каталогом визначити види лишайників, дати точну видову і родову характеристику. Користуючись таблицями 3 та 4 дати точну характеристику забруднення повітря.

2. Зробити висновки про якість повітря (привести розрахунки і таблиці).

Таблиця 3

Робоча шкала для визначення біотичного індекса

Організми	Видове різноманіття	Загальна кількість наявних лишайників				
		0-1	2-4	5-7	8-10	>11
Уснея (<i>Usnea</i> sp.), алекторія (<i>Alectoria/Bryoria</i> sp.)	> 1 вида 1 вид	0-1	2-4	5-7	8-10	>11
		*	7 6	8 7	9 8	10 9
Евернія (<i>Evernia</i> sp.), анаптіхія (<i>Anaptychia</i>)	> 1 вида 1 вид	—	6	7	8	9
		—	5	6	7	8

Продовження таблиці 3

Пармелія (<i>Parmelia</i> sp.), гіпогімнія (<i>Hypogymnia</i> <i>physodes</i>)	> 1 вида	-3	5	6	7	8
	1 вид		4	5	6	7
Ксанторія (<i>Xanthoria</i> <i>parietina</i>), фісція (<i>Physcia</i> <i>pulverulenta</i>)	> 1 вида	3	4	5	6	7
	1 вид	2	3	4	5	6
Леканора (<i>Lecanora</i> sp.), графіс (<i>Graphis scripta</i>),	Все види	1	2	3		

* Ситуації не зустрічаються в природі

Таблиця 4

Класифікація якості повітря по біотичному індексу

Клас якості	Ступінь забруднення	Біотичний індекс
6	6-а зона: Дуже чисте повітря $C_{SO_2} = < 0,005 \text{ мг/м}^3$	10
5	5-а зона: Чисте повітря $C_{SO_2} = 0,005 \text{ — } 0,009 \text{ мг/м}^3$	7-9
4	4-я зона: Відносно чисте повітря $C_{SO_2} = 0,01 \text{ — } 0,05 \text{ мг/м}^3$	5-6
3	3-я зона: помірне забруднення $C_{SO_2} = 0,05 \text{ — } 0,1 \text{ мг/м}^3$	4
2	2-я зона: сильне забруднення $C_{SO_2} = 0,1 \text{ — } 0,3 \text{ мг/м}^3$	2-3
1	1-я зона: дуже сильне забруднення $C_{SO_2} = 0,3 \text{ — } 0,5 \text{ мг/м}^3$	0-1

Таблиця 5

**Класи полеотолерантності та типи місцезабудовання епіфітних
лишайників (по Х. Х. Трассу, 1985)**

Класи Полеото- лерантності	Типи місцезабудовання лишайників і їх зустрічаємість	Види
I	Природні, без відчутного антропогенного впливу	<i>Lecanora abietina</i> , <i>Parmeliella</i> , самі чутливі види родини <i>Usnea</i>
II	Природні (часто) і слабо антропогенно зміненні (рідко)	<i>Evemia divaricata</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i>
III	Природні (часто) і слабо антропогенно зміненні (рідко)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>
IV	Природні (часто) і слабо (часто) помірно антропогенно зміненні (рідко)	<i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Armeliopsis ambigua</i> , <i>Usnea filipendula</i>
V	Природні і слабо помірно антропогенно зміненні з рівномірною зустрічаємістю	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecanora subfuscata</i> , <i>Parmelia olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i>
VI	Природні (порівняно рідко) і помірно антропогенно зміненні(частково)	<i>Evemia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>Usnea nitra</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Pertusaria discoidea</i>
VII	Помірно (часто) і сильно(рідко) антропогенно зміненні	<i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Physcia ascendens</i>
VIII	Помірно і сильно антропогенно зміненні (з рівномірною зустрічаємістю)	<i>Caloplaca cerina</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ramalina pollinaria</i>

Продовження таблиці 5

IX	Сильно антропогенно змінні (часто)	Phacophyscia orbicularis. Xanthoria parietina
X	Дуже сильно антропогенно змінні (з рівномірною зустрічаємстю життєздатність видів низька)	Lecanora conizaeoides, Scoliciosporum ichlorococcum

Таблиця 6.

Індекс полетолерантност і середнбрічних значень SO₂
(по Х.Х. Трассу, 1985)

ІІІ	Концентрація SO ₂ в атмосфері, мг/м ³	Зона
1-2		Дуже чиста
2-5	0,01 -0,03	Чиста
5-7	0,03 -0,08	Відносно чиста
7 — 10	0,08-0,10	Помірно забруднена
10	0,10-0,30	Сильно забруднена
0	Более 0,3	Дуже сильно забруднена (лишайникова пустиня)

5. Розрахувати індекс полетолерантності виду (ІІІ) по табл. 6, який відповідає визначеній концентрації газовихзеднань, забруднюючих атмосферу за формулою:

$$ИП = \sum_{i=1}^n \frac{a_i c_i}{c_n}$$

де c_n — загальне проективне покриття; a_i — клас полетолерантності і-го виду, визначений по табл. 5 у відповідності з видом лишайника; c_i — проективне покриття і-го виду.

ДОВІДКОВИЙ МАТЕРІАЛ

Рекомендації по збору та визначенню лишайників

Збирати лишайники слід в задалегідь приготовані конверти. Найбільш зручні для цього конверти з проклеєного паперу: лист паперу складається вдвічі так, щоб нижня частина була на 1,5-2 см довше верхньої. Вільний кінець нижньої частини листа загинається на верхню сторону майбутнього конверта. Після цього бічні сторони загинаються на верхню сторону так, щоб одна з них увійшла в іншу на 2-3 см.

Перед тим як закладати зразок у конверт, слід написати дату збору, приналежність до того чи іншого роду чи виду, анатомічні та фізіологічні ознаки різних видів або їх номери в атласі-визначнику.

Лишайники не слід збирати в сухому вигляді, так як при цьому вони легко ламаються. Сухі екземпляри потрібно трохи змочити водою.

Збирати лишайники найкраще з субстратом - шматком кори, деревини, гірської породи тощо, на якому вони ростуть.

Нерідко в одній дерновинки можна зустріти два і більше видів (іноді навіть одного роду) лишайників, які при огляді можуть бути невиразні. Для визначення треба брати індикаторний вигляд.

Вибрані екземпляри потрібно відокремити пінцетом або ножем від дерновинки і розмочити у воді, так як найчастіше тільки за цієї умови лишайник набуває природні форми і колір. Для запобігання пліснявіння і псування в період зберігання лишайники попередньо ретельно висушують. Вони швидко і добре висихають безпосередньо на повітрі, повністю зберігаючи свій природний вигляд і забарвлення. Зберігати лишайники краще в невеликих картонних коробочках.

Якісне вивчення зібраного матеріалу проводиться в лабораторії з відповідним определителям.

Перелік деяких лишайників-індикаторів що визначають забруднення повітря сірчистим газом:

1. **Гіпогімнія (Hypogymnia sp.)**. Гіпогімнія роздута (*Hypogymnia physodés*) - один з звичайного лишайників, які ростуть на корі і гілках листяних (частіше березі) і хвойних порід (наприклад, ялини), гілки яких часто суцільно покриті цим видом. Слань має вигляд округлих (на корі) або сильно витягнутих в одному напрямку (на гілках) листовидних попелясто-сірих розеток, місцями щільно зрощених з субстратом. Нижня сторона гола, зморшкувата, чорна або

коричнево-чорна, до країв світлішає. Кінці лопатей звичайно піднімають над талломом і злегка загортаються на верхню сторону.

2. Ксанторія (*Xanthoria* sp.). Ксанторія настінна (*Xanthoria parietina*) поширена на корі листяних порід (осик, тополь). Часто зустрічається на обробленій деревині (паркани, дахи, стіни). Слань мають вигляд майже правильних жовто-помаранчевих розеток діаметром більше 3 см. Яскравість забарвлення залежить від освітленості. На сонці слань помаранчево, при затіненні стає сірувато-зеленим.

3. Уснея (*Usnea* sp.). Види уснеї свешиваються з гілок дерев як довгі сіруваті, сірувато-зелені або коричневі пасма, що складаються з тонких розгалужених ниток і нагадують бороду.

4. Евернія (*Evernia* sp.). Евернія сливова (*Evernia prunastri*) - «дубовий мох». Один із звичайних і широко поширених лишайників, що ростуть на корі і гілках різних листяних дерев. На відміну від уснеї та інших рунистих лишайників слань порожнини евернії НЕ округлі, а мають вигляд дихотомически розгалужених стрічок, м'яких на дотик. Зверху вони білувато-або сірувато-зелені, знизу світліші, з рожевим відтінком. Край лопатей зазвичай загортаються на нижню поверхню.

5. Леканора (*Lecanora* sp.). Слань однорідне, накипних, гладке, іноді зернисте або бородавчата, часто мало помітне, щільно зростається з субстратом (корою дерева, камінням і т. п.). Плодові тіла (апотеци) сидячі, дисковидні. Видова приналежність визначається важко.

6. Пармелія (*Parmelia* sp.). - Пармелія бороздчата (*Parmelia sulcata*); п.оливковая (*P. olivacea*), п.козліная (*P. caerata*). Слань листувата, розрізавши-лопатевої, у вигляді великих розеток; прикріплені до субстрату ризоидами, рідше вільні. Лопаті різноманітні: вузькі або широкі, сильно-або малогіллясті, плоскі або опуклі, тісно зімкнуті або роздільні. Забарвлення верхньої сторони - від білувато-сіруватою і жовтуватою (*P. caerata*) до коричнюватої і чорної, матова або блискуча (*P. olivacea*); нижньої сторони - від білої або світло-коричневої до чорної. Мешкає на корі дерев, рідше на покритих мохом ґрунтах і скелях, на оголеною деревині.

7. Алектор (*Alectoria* / *Bryoria* sp.). Таллом куцистий, прямостоячий або повисає; з волосоподібними або іноді сплюсненими головними гілочками. Прикріплюється до субстрату центральним гіфом, який з віком відмирає, і тоді таллом стає вільним. Мешкає в основному на стовбурах дерев, рідше на замшій ґрунті і покритих мохом скелях.

8. Рамаліна (Ramalina sp.). Рамаліна борошниста (*Ramalina farinacea*). Таллом у вигляді прямостоячих кущиків, сірувато-або коричнево-зелений, 5 -6 см завдовжки, м'який. Лопаті плоскі, до кінців трохи тоншають, по краях покриті великими голівчатими білуватими Сораль. Оселяються на корі і обробленій деревині.

9. Калоплака (Caloplaca sp.). Таллом накипних, завжди однорідний по краю. Забарвлення помаранчева, жовтувато-оранжева, рідше тим-но-коричнева. Кора таллома розвинена погано, краї не бувають листоватими. Слань завжди у вигляді зернисто-горбкуватою скоринки. Мешкає на деревині, корі, каменях (особливо містять 'Вапно), рідше на ґрунті.

10. Фісція (Physcia sp.). Фісція припудрена (*Physcia pulverulenta*) часто зустрічається на корі осик, має вигляд витончених, округлих, правильної форми розеток оливкової або темно-коричневого кольору діаметром до 15 см. Щільно прилягає до субстрату, складається з плоских, досить широких або вузьких розгалужених лопатей і зверху покрити рясним сизуватим нальотом, від чого і здається попелясто-сірої. На верхній стороні слоевища утворюються досить великі плодові тіла з чорнувато-коричневим диском. Нижня сторона слоевища темна, майже чорна, з густими темно-сірими або чорними ризоидами.

11. Анаптіхія (Aparthychia sp.). Анаптіхія в'їчаста (*Aparthychia sChat*) найбільш поширена в парках, у світлих листяних лісах, на придорожніх деревах. Рідше її можна зустріти на скелях і деревині. Попелясто-сіре або коричнево-се-рої слань має вигляд лежать на субстраті або злегка піднімають кущиків.

12. Графіс (Graphis sp.). Графіс письмовий (*Graphis scripta*) часто зустрічається на гладкій корі листяних порід (вільхи, лип, особливо горобини і черемхи). Слань лишайника занурено в субстрат (кору), тонкокорковідное, сірувато-білувате, іноді слабо помітне і так щільно врастають в субстрат, що про його існування можна судити лише по деякому зміні забарвлення субстрату - білястим плямам на корі, да по плодовим тілам - апотеції. Апотеції у вигляді неправильно розгалужених звивистих чорних штрихів утворюють на корі гарний візерунок, що нагадує східні письмена.

Перелік термінів та анатомо-морфологічних особливостей лишайників:

Апотеції (од. ч. апотеції) - один з основних типів плодового тіла лишайників, що характеризуються відкритим розташуванням гіменіального шару. Часто має вигляд маленького блюдця з диском в центрі, оточеним виступаючим краєм.

Гіменіальний шар-шар, в якому утворюються сумки зі спорами.

Ізіда (од. ч. Ізіда) - маленькі вирости слоевища.

Пікнід - органи безстатевого розмноження лишайників, в яких утворюються пікноконідії.

Подеції (од. ч. подецій) - вертикальні порожнисті вирости слоевища різної форми: кубковідніе (сціфи), шіловічніе, у вигляді розгалужених кущиків, пальцевидні.

Гуми - ниткоподібні, кореневищні вирости, що розвиваються на нижній стороні слоевища для прикріплення його до субстрату.

Слань- вегетативне тіло лишайника.

Сора - компактне скупчення соредій.

Соредій - маленькі частинки лишайника, за допомогою яких він розмножується вегетативним шляхом.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3-4 СОСНА В ЯКОСТІ ТЕСТ-ОБ'ЄКТА В РАДІО-І ЗАГАЛЬНО ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Індикаторні рослини можуть використовуватися як для виявлення окремих забруднень повітря, так і для оцінки загального стану повітряного середовища.

Факт винятково високою радіочутливості хвойних деревних порід був відзначений у багатьох дослідженнях зарубіжних і російських вчених (табл. 7). Так, на території Східно-Уральського радіоактивного сліду (ВУРС) сосна загинула на ділянці з щільністю радіоактивного забруднення понад $6,7 \cdot 14$ жовтня Бк / км² (поглинені дози 30-40 Гр). Сосна по радіочутливості близька до людини (LD50 = 20 Гр), тому вона є одним з основних природних тест-систем в радіо-і екологічних дослідженнях.

Таблиця 7

**Радіаційні ефекти в рослинному співтоваристві
(Д. А. Криволицкий, 1988)**

Характер пошкодження	Доза опромінення , Гр		
	весною	осенню	Хронічне опромінення
Загибель голонасінних	10	15	50
Часткове пригнічення трав'яних рослин	25	50	100
Ураження листяних дерев	—	50	100
Загибель листяних дерев	—	125	200
Часткова загибель трав'янистих рослин	200	325	530
Повна гибель рослинності	3 000	6 000	—

Радіаційні ефекти оцінюються за такими критеріями: загибель і відновлення дерев; терміни відновлення; морфологічні зміни хвої та пагонів; кількісні характеристики (радіальний і вертикальний приріст, маса і розмір хвої та пагонів). Репродуктивна здатність оцінюється по мінливості насіння.

Більшість виявлених морфологічних змін (мор-фозов) сосни, яка виростала в радіоактивно забруднених районах, пов'язані зі змінами в меристемних тканинах - це група клітин в стадії активного ділення і зростання. Така тканина являє собою два типи клітин: одна з високою репродуктивною здатністю, інша з різним ступенем диференціації. Відомо, що чутливість клітин прямо пропорційна ступеню їх диференціації. Саме тому при високих дозах опромінення спостерігаються загибель верхівкових пагонів і поява пагонів з бічних нирок, що знаходяться на ранніх стадіях диференціації. Більш глибокі причини відмінностей радіо-чутливості меристемних тканин слід пов'язати з біохімічними порушеннями в метаболізмі клітин. При радіоактивному опроміненні спостерігаються: загибель бруньок, хвої, пагонів; гальмування росту пагонів і хвої; подвійний приріст протягом одного року вегетації; нерівномірне зростання хвої та пагонах; укороченість пагонів при інтенсивному зростанні хвої («метлообразние» пагони); многопочечность (поява на пагонах верхніх мутовок до 30 нирок замість 5-6 в нормі); порушення орієнтації хвої та пагонів у просторі (поява «м'ятою» хвої); викривлення пагонів; зміна форми хвої; поява гігантизму і карликовості пагонів і хвої. Відомо, що репродуктивні органи сосни звичайної більш чутливі до опромінення, ніж вегетативні. Особливо високою радіочутливістю володіють чоловічі генеративні органи. Підтвердження цьому фахівці спостерігали в зоні сильного і середнього радіоактивного забруднення після аварії на Чорнобильській АЕС: чоловічі квітки відсутні протягом перших двох років після аварії, жіночі квітки також були частково або повністю вражені.

Хвойні породи, крім їх високої радіочутливості, особливо сильно страждають від сірчистого газу. Чутливість до нього убуває в послідовності: ялина - ялиця - сосна вейму-това і звичайна - модрина. Тривалість життя хвої сосни в нормальних умовах становить 3-4 роки. За цей час вона накопичує таку кількість сірчистого газу, яка істотно перевищує порогове значення. Під впливом токсиканта хвоя сосни в зонах сильного забруднення стає темно-червоною, забарвлення поширюється від основи голки до її вістря, і, проіснувавши всього один рік, хвоя відмирає і опадає. Модрина, щорічно скидає хвою, значно стійкіше до сірчистому газу. Тому за тривалістю життя хвої сосни і характером некрозів можна визначити ступінь ураження соснових насаджень сірчистим газом.

За спостереженням вчених товщина воскового шару на хвої сосни тим більше, чим вище концентрація або тривалість впливу на неї сірчистого газу. Це послужило підставою для розробки кількісного

методу індикації даного з'єднання в атмосфері. Суть методу «помутніння по Гертеля» полягає в тому, що ступінь помутніння екстракту хвої прямо пропорційна кількості воску, що покриває хвою. Чим вище каламутність, встановлювана фотоколориметрично, тим більше концентрація сірчистого газу в повітрі. Однак сучасні дослідження показали, що помутніння водного екстракту з * хвої викликано не тільки воском, але і цілим рядом інших речовин, присутніх в рослинних тканинах. У зв'язку з цим виникли сумніви щодо достовірності результатів тесту з Гертеля. Тим часом накопичення епікутикулярного воску під впливом сірчистого газу виявлено і у інших рослин, наприклад у райграса. З цієї причини, можливо, слід визначати не інтенсивність помутніння екстракту, а безпосередньо вміст воску в рослинному матеріалі.

Разом з тим двоокис сірки викликає у сосни звичайної характерні зміни у вмісті фенольних сполук, які спостерігаються задовго до появи видимих симптомів ушкодження.

Принцип запропонованого в практичній роботі методу заснований на виявленій залежності ступеня пошкодження хвої (некрозів і всихання) від забруднення повітря в районі виростання сосни звичайної.

Мета роботи - експрес-оцінка якості повітря станом хвої *Pinus sylvestris*.

Для вибору відповідних дерев (тест-об'єктів для визначення ступеня всихання та пошкодження хвої в польових умовах) знадобляться збільшувальні скла (або лупи), олівець, блокнот, компас.

Порядок роботи наступний:

1. Вибрати сосонки висотою 1-1,5 м на відкритій місцевості з 8-15 бічними пагонами. Вибірку хвої необхідно робити з кількох близько зростаючих дерев на площі 10 x 10 м². У блокнот вносяться відомості про місце збору і наявності поблизу можливого інтенсивного руху транспорту; вказується також час огляду хвої. Дуже важливий при виборі дерев показник вигоптаності ділянки виростання сосни. Ступінь вигоптаності ділянки оцінюється балами 1-4: 1 - вигоптування немає; 2 - Вигоптані стежки; 3 - немає ні трави, ні чагарників; 4 - залишилося трохи трави навколо дерев. При вигоптаності території, оцінюваної балами 3 і 4, експрес-оцінка повітряного забруднення неможлива.

2. Оглянути у кожного дерева хвоинки попереднього року (другий зверху колотівки). Якщо дерева дуже великі, то обстеження проводити на бічному пагоні у четвертій зверху мутовке (рис. 1). Всього збирають або оглядають не менше 30 хвоїнок. Шипик хвоинки

завжди світліше. Він не оцінюється. За ступенем пошкодження і всихання хвої виділяють кілька класів (рис. 2).

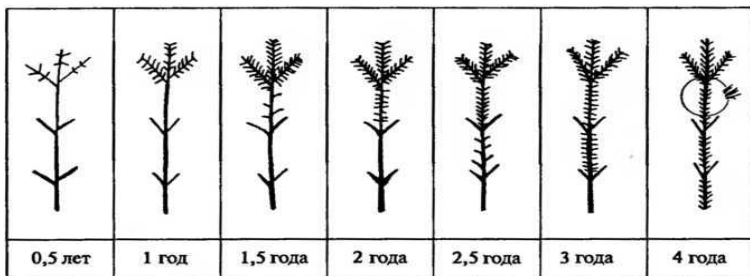


Рис. 1. Ділянка гілки , на якій проводять дослідження хвої експрес-аналіза якості повітря

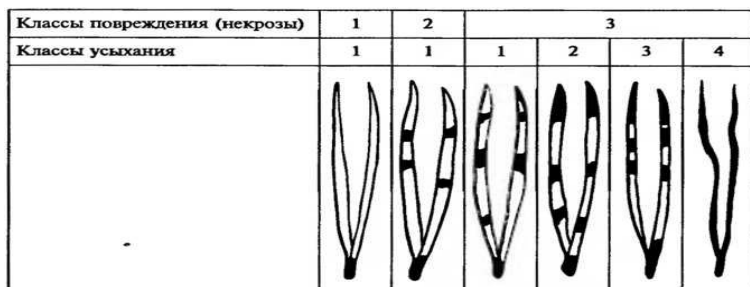


Рис. 2. Класи пошкодження і всихання хвої . Класи пошкодження: 1 - хвоїнки без плям; 2 - хвоїнки з невеликим числом дрібних плям; 3 - хвоїнки з великим числом чорних і жовтих плям. Класи всихання: 1 - на хвоїнках немає сухих ділянок; 2 - на хвоїнках усох кінчик 2 - 5 мм; 3 - всохла 1/3 хвоїнки; 4 - вся або велика частина хвоїнки суха.

3. Визначити тривалість життя хвої. Обстежити верхівкову частину стовбура за останні роки: кожна колотівка, вважаючи зверху, - це рік життя (див. рис. 1).

4. Провести оцінку ступеня забруднення повітря за оціночною шкалою, що включає вікові характеристики хвої, а також класи пошкодження хвої на пагонах другого року життя за допомогою рис.1..

Обладнання та матеріали: лупа, стенди з хвою різного ступеня пошкоженості, індивідуальне завдання на картці.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Отримати у викладача завдання на картці.

2. Оцінити, користуючись рис. 2, клас пошкодження (некроз) і всихання хвоїнок сосни. Занести дані по всіх хвоїнці у зошит. Провести статистичну обробку даних.

3. Визначити тривалість життя хвої, використовуючи рис. 1

4. Провести експрес-оцінку забруднення повітря по класу пошкодження хвої на пагонах другого року життя з урахуванням віку хвої за допомогою табл. 8

Таблиця 8

Експрес-оцінка забруднення повітря (I-VI) з використанням сосни звичайної (*Pinus sylvestris*)

Максимальний вік хвої	Клас пошкодження хвої на гілках другого року життя		
	I	I — II	III
4	I	I — II	III
3	I	II	III — IV
2	II	III	IV
2	—	IV	IV-V
1	—	IV	V-VI
1	—	-	VI

Примітка. I - повітря ідеально чисте; II - чистий; III - відносно чистий («норма»); IV - забруднене («тривога»); V - брудний («небезпечно»); VI - дуже брудний («шкідливо»); - неможливі поєднання.

За зібраними зразками зробити аналіз і результати досліджень записати в зошит, зробивши при цьому відповідні висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ФЛУКТУЮЮЧА АСИМЕТРІЯ ДЕРЕВНИХ І ТРАВ'ЯНИСТИХ ФОРМ РОСЛИН ЯК ТЕСТ-СИСТЕМА ОЦІНКИ ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА

Для цілей біомоніторингу можуть використовуватися тільки ті види живих організмів, які відповідають вимогам, що застосовуються до біоіндикаторами. Для оцінки якості водного середовища оптимальними є водні та навколоводних великі вищі судинні рослини, багато з яких можуть бути біоіндикаторами. Листя у них формуються кожен рік, що дозволяє проводити щорічний моніторинг; багато видів мають масове поширення і чітко виражені ознаки, за якими можливо проводити дослідження. Оцінка повітряного середовища, або інтегральна оцінка якості середовища проживання живих організмів, проводиться за станом вищих деревних і трав'янистих форм рослин.

Найбільш зручними для цілей біоіндикації є наступні види рослин: трав'янисті - снитя звичайна (*Aegopodium podagraria*), мати-й-мачуха звичайна (*Tussilago farfara*); деревні: тополя бальзамічний (*Populus balsamifera*); клен гостролистий (*Acer platanoides*) і ясенелистий (*A. negundo*); береза бородавчаста (*Betula pendula*)¹, водні - рдест пронзеннолістний (*Potamogeton perfoliatus*); рдест блискучий (*P. lusens*); рдест плаваючий (*P. natans*).

Всі перераховані рослини мають чітко виражену двосторонню симетрію, що є головною вимогою методу. Крім зазначених рослин часто для біомоніторингу стабільності розвитку використовують: подорожник великий (*Plantago major*) як найбільш пластичний вид трав'янистих рослин; манжетку звичайну (*Alchemilla vulgaris*) і конюшина гібридний (*Trifolium hybridum*) і повзучий (*T. repens*) як лугові види; ячмінь (*Hordeum* sp.), овес (*Avena* sp.) і пшеницю (*Triticum* sp.) як сільськогосподарські культури для оцінки стану агроценозів.

Береза бородавчаста (повисла) *Betula pendula* і близький до неї вид береза пухнаста *B. alba* здатні схрещуватися між собою, утворюючи міжвидові гібриди, які мають ознаками обох видів. Щоб уникнути помилок слід вибирати дерева з чітко вираженими ознаками одного виду.

Принцип методу заснований на виявленні порушень симетрії розвитку листової пластинки деревних і трав'янистих форм рослин під впливом антропогенних факторів.

Мета роботи – інтегральна експрес-оцінка якості середовища, у якому перебувають живі організми за флюктууючою асиметрією листової пластинки берези повислої (*Betula pendula*).

Збір матеріалу. Для збору матеріалу в польових умовах необхідні: олівець, блокнот, компас, лінійка, атласи-визначники вищих рослин; пакети для збору листків.

Вибірку листів деревних рослин необхідно робити з декількох близько зростаючих дерев на площі 10×10 м або на алеї довжиною 30-40 м, у виняткових випадках з 2-3 рослин. Вибірка листів трав'янистих рослин робиться з декількох екземплярів на площі 1 м². Усього треба зібрати не менше 25-ти листків середнього розміру з одного виду рослини. Листки збирати з нижньої частини крони, на рівні піднятої руки, з максимальної кількості доступних гілок, спрямованих умовно на північ, захід, схід і південь.

Обробка матеріалу. Обробку матеріалу зручно проводити в лабораторії. Весь зібраний матеріал повинен бути позначений точною інформацією про місця збору, наявності поблизу можливого забруднення (інтенсивність руху транспорту), час збору. Обробка полягає у вимірі довжини жилок на листках праворуч і ліворуч. З одного листка знімають показники по п'ятьох параметрах (Рис.3). Дані вимірів заносять у таблицю (Табл.9).

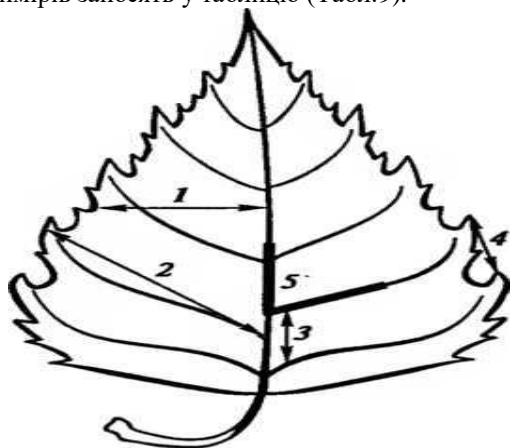


Рис.3. Параметри промірів листків для детального розрахунку:
1 – ширина половини листка;
2 – довжина другої жилки від основи листка;
3 – відстань між основами 1-ї та 2-ї жилок;
4 – відстань між кінцями цих жилок;
5 – кут між головною жилкою й 2-ю від основи листка.

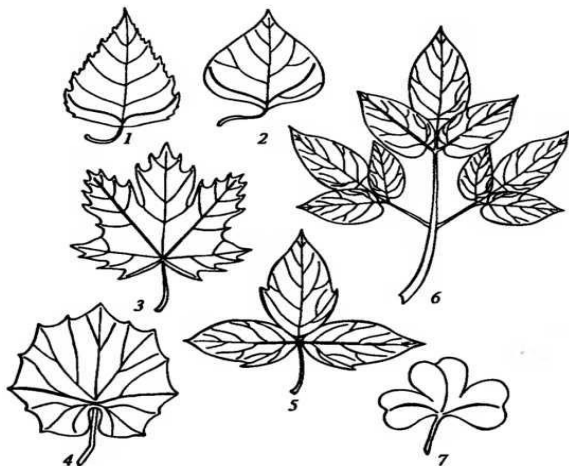


Рис. 4
Вимірювання
довжини жилок
на листках
травянистих і
деревних порід

Обробка полягає у вимірюванні довжин жилок на листках справа і зліва. На рис. 4 цифрами позначені листя наступних дерев: 1 - берези, вимірюється першими жилка від основи листа; 2 - тополі, перший жилка від основи листа; 3 - гостролистого клена, середня жилка бічних пластин праворуч і ліворуч; 4 - мати-й-мачухи, другий жилка від основи черешка; 5 - клена американського, перший жилка від основи черешка; 6 - снігі, перший жилка від основи черешка; 7 - конюшини повзучого, перший жилка від основи паростка. Жилки вимірюються курвіметром або лінійкою з точністю до 1 мм. Інтерес представляють не розміри жилок, а різниця їх довжини справа і зліва.

Таблиця 9

Результати вимірів листів травянистих і деревних порід

Дата		Виконавець									
Місце збору											
№	Ширина половинки		Довжина 2 жилки		Відстань між основами 1 і 2 жилки		Відстань між кінцями 1 і 2 жилки		Кут між центральною й 2-ю жилками		Форма верхівки*
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	
1											
...											
25											

* - Форма верхівки – окремо фіксують «вгнутість» верхівки листка (Рис. 5).

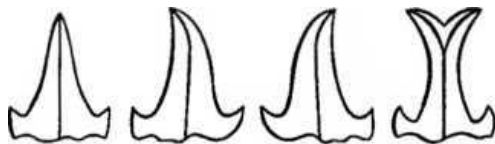


Рис. 5. Приклад «вигну тісті» верхівки листка: 1 – не вигнута; 2 – вигнута вліво; 3 – вигнуто вправо; 4 – «ластівчин хвіст».

Коефіцієнт флуктуючої асиметрії визначають за формулою, що була запропонована В.М. Захаровим:

$$d_{l-r} = \frac{2(d_l - d_r)}{d_l + d_r} - \text{різниця значень ознак між лівою (l) та правою (r) сторонами; n – вибірка;}$$

$$M_d = \frac{\sum d_{l-r}}{n} - \text{середня різниця між сторонами;}$$

$$\delta_d^2 = \frac{(\sum d_{l-r} - M_d)^2}{n-1}$$

$$\delta = \sqrt{\delta^2}$$

Таблиця 10

Бальна система чкості середовища за показниками флуктуючої асиметрії (за А.Б. Стрельцовим) (δ)

Види	Бал				
	1	2	3	4	5
Береза бородавчас-та	<0,05 5	0,056- 0,060	0,061- 0,065	0,065- 0,070	>0,070
Всі види рослин	<0,00 18	0,0019- 0,0089	0,0090- 0,0022	0,022- 0,04	>0,04
Характеристика середовища	чисто	Відносно чисто «норма»	Забруднено «тривога»	Брудно «небезпечно»	Дуже брудно «небезпечно»

Показник асиметрії вказує на наявність в середовищі існування живих організмів негативного фактора. Це може бути хімічне забруднення, зміна температури, проживання біологічного об'єкта на краю ареалу та ін. Таким чином, на підставі періодичного обчислення показника можна простежити зміни умов проживання об'єкта.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ВИКОРИСТАННЯ ФЛУКТУЮЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ТВАРИН ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА

Оцінка стабільності розвитку риб проводиться за флуктуюючої асиметрії і частоті фенодівіантов п'яти мирестичних ознак карася золотого (*Carassius carassius*) і карася срібного (*Carassius auratus*). На рис. 6 представлені показники, які зазвичай використовуються в іхтіологічних дослідженнях.

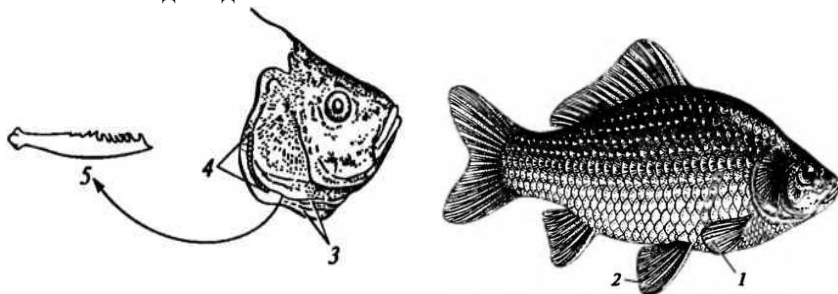


Рис. 6 Схема морфогенетических показателей, використовуваних для оцінки стабільності розвитку риб: золотого карася та срібного карася (по малюнку Д. Шепоткіна): 1-5 - мирестичні ознаки; в дужках вказана умовна «норма» - звичайне значення або діапазон значень ознаки (* - золотого карася; ** - срібного карася): 1 - число променів у грудних плавниках (* - 15 - 16, ** - 18 - 19); 2 - число променів у черевних плавцях (* - 9, ** - 9); 3 - число зябрових тичинок (* - 26-29, ** - 46-49); 4 - число глоткових зубів (* - 4, ** - 4); 5 - число лусок в бічній лінії (* - 29-31, ** - 28-29)

Принцип запропонованого в лабораторній роботі методу заснований на порушенні симетрії розвитку показників морфогенетичного гомеостазу тварин під дією антропогенних факторів.

Мета роботи - інтегральна експрес-оцінка якості середовища проживання живих організмів по флуктуєє асиметрії деяких ознак хребетних і безхребетних тварин.

Збір матеріалу. У польових умовах для відлову та підготовки матеріалу до аналізу знадобляться олівець, блокнот, атлас-визначники хребетних і безхребетних тварин, 70%-й і 96%-й спирт, 3%-й формалін, вудки з гачком № 4, мишоловки, приманки, мішечки для збору матеріалу.

Оцінка стабільності розвитку земноводних проводиться за флуктуюючої асиметрії 13 ознак безхвостих амфібій - зелених жаб гібридного комплексу *Rana esculenta*. На рис. 7 представлений комплекс показників морфогенетичного гомеостазу жаб.

Оцінка стабільності розвитку ссавців проводиться за флуктуюючої асиметрії 10 краниологічних ознак рудої полівки і звичайної бурозубки. На рис. 8 наводиться така оцінка на прикладі рудої полівки.

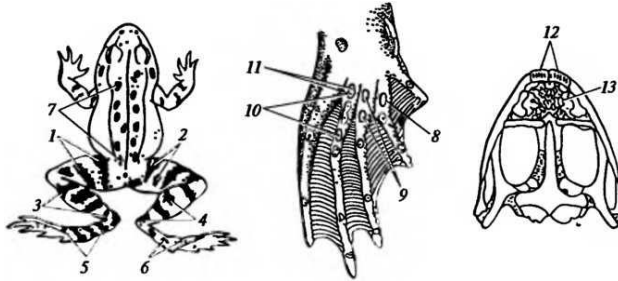


Рис. 7. Схема морфогенетических показників (1-13), що використовуються для оцінки стабільності розвитку зелених жаб гібридного комплексу *Rana esculenta* (по малюнку Д. Шепоткіна): 1-7 - ознаки забарвлення: число смуг (7) і плям (2) на стегні; число смуг (3) і плям (4) на голілки; число смуг (5) і плям (6) на стопі; число плям на спині (7); 8-11 - ознаки шкірних покривів: число плям на вентральній стороні другого (8), третього (9) і четвертого (10) пальців; число пір на вентральній стороні третього пальця (11), 12-13 - остеологічний ознаки: число зубів на межчелюстной кістки (12) і сошнику (13)

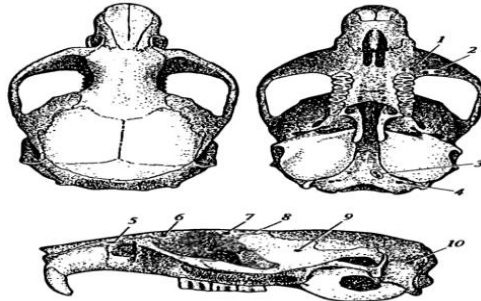


Рис. 8 Схема морфогенетических показників, використаних для оцінки стабільності розвитку ссавців на прикладі рудої полівки (по малюнку Д. Шепоткіна): 1-10 - краниологічні ознаки (число отворів для виходу дрібних кровонесних судин і нервів); 1 - (1); 2 - (1 - 2); 3 - 0; 4 - (3-4); 5 - (1); 6 - (1); 7 - (1 - 2); 8 - (1); 9 - (1); 10 - (1). У дужках

зазначена умовна «норма» - звичайне значення або діапазон значень ознаки

Вилов риби проводиться за допомогою вудки або водяного сачка. Оптимально використовувати свіжоспійману рибу. Якщо це неможливо, то зібраний матеріал поміщають в морозильну камеру. При фіксації використовувати 70%-й спирт або 3%-й формалін.

Зелених жаб відловлюють вудкою з гачком № 4. На гачок насаджується приманка (коник, муха або імітатор у вигляді темної папери, гуми). Підійти до жаби на відстань вудки і піднести приманку до її роти, злегка похитуючи. Вилов бурих жаб виробляють вручну або з використанням ґрунтових пасток Барбера. Якщо немає можливості обробити або зафіксувати матеріал відразу, жаб можна зберігати кілька днів у тропічних мішечках, куди попередньо кладуть пучок трави щоб уникнути «спінування» тварин. Щодня необхідно зволожувати мішечок і переглядати жаб. Для більш тривалого зберігання жаб фіксують у 96%-му спирті або 3%-м формаліні.

Рижих полівок відловлюють за допомогою стандартних мишоловок в типових місцях проживання виду в кількості не менше 20 особин з однієї точки. В якості приманки добре використовувати змочений соняшниковою олією білий хліб. Мишоловки ставлять біля нір, корчів, пнів, повалених дерев на відстані 2 - 2 м один від одного. Тіла тварин фіксують у 96%-му спирті.

Обладнання та матеріали: бинокляр; чашки Петрі; ентомологічні шпильки; гумові рукавички; фіксований матеріал риби і жаб, витриманий попередньо у воді; черепа рудої полівки.

Перед роботою з черепами рудої полівки голови відокремлюють від тушок і виварюють у воді 30-40 хв після закипання. Далі вичищають череп, використовуючи очної пінцет, препарувальні голки, зубну щітку з жорсткою щетиною, очної скальпель. Очищені черепа висушують і зберігають кожен в окремій тарі з етикеткою.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. З кожного препарату риби зняти 5 ознак відповідно до рис. 6.
2. З кожного препарату жаб зняти до 11 ознак відповідно до рис. 7 (як правило, не враховуючи ознаки зубів).
3. З кожного черепа рудої полівки зняти до 10 параметрів відповідно до рис. 8.
4. Дані вимірювань занести в таблицю:

Таблиця 11

Феногенетичні ознаки досліджувальних тварин

Дата		Виконавець				Вид								
Місце збору														
№ препарата	№ ознаки													
	1		2		3		4		5		...		κ	
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр
1														
2														
20														

Примечание, л — ліва сторона; пр — права сторона

Таблиця 12

Оцінка якості навколишнього середовища в балах по інтегральному показнику стабільності розвитку тварин (по В. М. Захарову, 1996)

Клас	Коефіцієнт асиметрії згідно бальної оцінки				
	1 (чисто)	2 (відносно чисто)	3 (забрудне- но)	4 (брудно)	5(дуже брудно)
Риби	<0,35	0,35-0,40	0,40-0,45	0,45—0,50	>0,50
Земноводні	<0,50	0,50-0,55	0,55-0,60	0,60-0,65	>0,65
Млекопитаючі	<0,35	0,35-0,40	0,40-0,45	0,45-0,50	>0,50

5. Провести оцінку величини флуктуючої асиметрії по дисперсії відносно відмінності між сторонами (л - ліва, пр - права), заснованої на оцінці величини дисперсії відмінностей між сторонами не від нуля (суворої симетрії), а від деякого середнього відмінності

між ними, що має місце в розглянутій вибірці особин (див. лаб. роботу № 3).

6. Для аналізу асиметрії якісних ознак розрахувати середнє число асиметричних ознак (ПАП) на особину:

$$\text{ЧАП} = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{nk},$$

де A_i -число асиметричних проявів ознаки i (число особин, асиметричних за ознакою i); n - чисельність вибірки; k - число ознак.

7. Провести бальну оцінку якості середовища проживання відповідно до табл. 4.1, в якій наведено коефіцієнти асиметрії.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Назва теми	Номер джерела
1	Можливі варіанти зміни вихідних параметрів біологічних систем на антропогенний вплив.	1
2	Рівні біоіндикації, їхня характеристика - об'єкти, показники.	1, 2
3	Критерії при виборі біоіндикаційних показників.	2, 4, 6
4	Вплив антропогенних стресорів на динаміку рослинних популяцій	4, 5, 6
5	Вплив антропогенних стресорів на характер поширення рослин	2,4
6	Показові ознаки екосистемного рівня	1, 4
7	Метод комплексної біоіндикації, його етапи і переваги	3, 5, 6, 7, 8
8	Методи біоіндикації за структурою і будовою рослинних співтовариств	5, 6, 7, 8
9	Метод дендроіндикації	6
10	Метод бріоіндикації	5
11	Метод ліхеноіндикації	5

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Екологічні фактори і їхня класифікація в біоіндикації.
2. Що таке границя витривалості? Схематичне представлення «закону мінімуму» Ю. Лібіха, «закону толерантності» Шелфорда, «закону оптимуму».
3. Які види називають еври- і стенобіонтними? Які з них є кращими біоіндикаторами?
4. Чим визначається індикаторна цінність виду?
5. Поняття «стрес». Види стресу. Хід адаптації і стійкість до стресу.
6. Визначте переваги методів біоіндикації перед інструментальними методами оцінки стану природного середовища.
7. З'ясуйте сутність біоіндикації. Основні методи біоіндикації.
8. Форми біоіндикації.
9. Сформулювати основні принципи біоіндикації.
10. Які показники можна використовувати як абсолютні стандарти в біоіндикації?
11. Які показники можна використовувати як відносні стандарти в біоіндикації?
12. Можливі варіанти зміни вихідних параметрів біологічних систем на антропогенний вплив.
13. Специфічна і неспецифічна індикація.
14. Рівні біоіндикації, їхня характеристика - об'єкти, показники.
15. Критерії при виборі біоіндикаційних показників.
16. Можливості і практичне значення біоіндикації.
17. Біоіндикація і шість основних груп біологічних дисциплін.
18. Поняття «біоіндикатор», класифікація біоіндикаторів.
19. Пряма і непряма біоіндикація. Приклади.
20. Позитивні і негативні біоіндикатори. Приклади.
21. Типи чутливості біоіндикаторів. Рання й акумулятивна біоіндикація.
22. Вірогідність біоіндикації. Групи індикаторів за ступенем вірогідності результатів, приклади.
23. Вимоги до біоіндикаторів, критерії добору біоіндикаторів. Приклади.
24. Критерії щодо вибору біоіндикаторів при фітоіндикаційних дослідженнях
25. У чому відмінність по чутливості до стресорів біологічних систем на субклітинному, клітинному, організменному і екосистемному рівнях?

26. У чому складається діагностична цінність біоіндикації на біохімічному і фізіологічному рівні?

27. У чому полягає достоїнство біоіндикації на молекулярному рівні?

28. Які основні етапи обміну речовин піддаються впливові стресорів і спостереження за якими має вирішальне значення для біоіндикації?

29. Які з індикаційних ознак на фізіолого-біохімічному рівні придатні для ранньої біоіндикації?

30. Показові uszkodження молекулярного рівня як біоіндикаційні показники, приклади.

31. Показові uszkodження клітинного рівня як біоіндикаційні показники.

32. Критерії добору біоіндикаційних показників тканевого й організменого рівнів.

33. Показові ознаки пошкодження на тканевому рівні, приклади.

34. Характеристика і типи некрозів у рослин.

35. Характеристика стандартних тест-рослин для біоіндикації на тканевому рівні.

36. Показові патологічні прояви несприятливого зовнішнього впливу у тварин як біоіндикаційні показники, приклади.

37. Показові uszkodження організменого рівня в рослин, приклади.

38. Зміна фарбування листів у рослин і тіла у тварин як біоіндикаційні показники, приклади.

39. Зміна розмірів і продуктивності рослин і тварин як біоіндикаційні ознаки.

40. Екобіоморфні ознаки як біоіндикаційні показники, приклади.

41. Добір показових видів на популяційному рівні біоіндикації

42. Показники популяційного рівня біоіндикації.

43. Вплив антропогенних стресорів на динаміку рослинних популяцій

44. Вплив антропогенних стресорів на характер поширення рослин

45. Показові ознаки екосистемного рівня

46. Метод комплексної біоіндикації, його етапи і переваги

47. Екологічні індекси, використовувані в методі комплексної індикації (індекс Шеннона, індекс домінантності, індекс подібності)

48. Модель оцінної ттткали при використанні методу комплексної індикації

49. Фітоідикаційні методи дослідження екологічного стану

природного середовища.

50. Показники стану рослинності як індикатора екологічного стану території

51. Класифікація фітоіндикаційних ознак

52. Методи біоіндикації за структурою і будовою рослинних співтовариств

53. Метод дендроіндикації

54. Метод бріоіндикації

55. Метод ліхеноіндикації

56. Біоіндикаційні показники ліхеноіндикації (показник достатку-щільності, індекс чистоти атмосфери, індекс чистоти повітря).

57. Методи біотестування, їхні переваги і достоїнства.

58. Тест-об'єкти, стандартні і найбільше часто використовувані в практиці.

59. Розрахунок загальноприйнятих статистичних параметрів у біоіндикації - вибіркове середнє, вибіркова дисперсія, коефіцієнт варіації, критерій Ст'юдента, критерій Фішера

60. Оцінка подібності-розходження (коефіцієнт Сьєренсена, коефіцієнт Жакка-ра, процентна подібність, індекс Шеннона, індекс Сімпсона, розмаїтість і багатство видів).

61. Основні наслідки дії пилу і золи на ПТК

62. Зміна кислотності ґрунтів, рослини-індикатори кислотності і багатства ґрунтів

63. Механічний склад ґрунтів, літо індикатори

64. Показники й індикатори ґрунтової родючості

65. Індикація засоленості ґрунтів - постійні, перемінні, негативні індикатори

66. Індикація типів ґрунтів

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Біоіндикація - це

- А. вивчення впливу людини на екосистеми;
- Б. індикація абіотичних та біотичних факторів ;
- В. виявлення змін оточуючого середовища під дією радіаційного випромінювання;
- Г. виявлення змін оточуючого середовища під дією промислового комплексу;

2. Біоіндикатори – це:

- А. живі організми, які мешкають в районах техногенного забруднення;
- Б. живі організми, які змінюються морфологічно в умовах техногенного забруднення;
- В. живі організми, які реагують на зміну сапробності води;
- Г. живі організми, яких використовують для вияву забруднення оточуючого середовища ;

3. Найбільш ефективні методи очищення:

- А. механічний;
- Б. хімічний;
- В. біохімічний;
- Г. фізико-хімічний;

4. Перспективними біоіндикаторами є види:

- А. з вузькою амплітудою толерантності до антропогенних умов;
- Б. з широкою амплітудою толерантності до антропогенних умов;
- В. з низькою екологічною валентністю;
- Г. з низьким адаптивним потенціалом;

5. Індикатором ступеню чистоти атмосфери є:

- А. гриби;
- Б. лишайники;
- В. водорості;
- Г. -комахи ;

6. Найкращий метод очищення води від забруднення органічними речовинами:

- А. Механічний;
- Б. хімічний ;

- В. біологічний ;
- Г. фізичний.

7. Біологічний метод очистки води від забруднення заснований на використанні:

- А. риб ;
- Б. рослин ;
- В. мікроорганізмів;
- Г. торфа;

8. Біоіндикаційні дослідження неможна проводити на рівнях:

- А. субклітинному;
- Б. клітинному;
- В. видовому;
- Г. міжвидовому;

9. Води рфчок відновлюються:

- А. Через добу;
- Б. Через місяць;
- В. Приблизно через 10-12 діб;
- Г. Через рік;

10. Особливості стану популяції визначають також такі її показники:

- А. віковий спектр;
- Б. стійкість;
- В. індекс чисельності;
- Г. снерційність популяційної системи;

11. Живі системи рахуються відкритими, тому що вони:

- А. побудовані з тих самих хімічний елементів, що і неживі;
- Б. обмінюються речовиною, енергією та інформацією з навколишнім середовищем;
- В. володіють здатністю до адаптації;
- Г. здатні розмножуватися;

12. Масова загибель риби при розливанні нафти у водоймах повязана зі зменшенням у воді:

- А. світлової енергії;
- Б. кисню;
- В. вуглекислого газу;

Г. солоності.

13. За який час розкладається половина нафти, вилитої в море:

- А. за тиждень;
- Б. за місяць;
- В. за рік;
- Г. за десять років.

14. Гомеостаз – це:

- А. захист організму від антигенів ;
- Б. підтримка відносної стабільності внутрішнього середовища організму;
- В. зміна біологічних ритмів ;
- Г. зміна біоценозів;

15. Шкіра у сільських жителів старіє швидше, ніж у міських внаслідок прояву мінливості:

- А. мутаційної;
- Б. модифікаційної;
- В. комбінативної;
- Г. співвідносної ;

16. Основна задача біоіндикації

- А. розробка системи контролю за станом навколишнього середовища;
- Б. розробка методів та критеріїв, які адекватно відображають рівень антропогенних впливів з урахуванням характеру забруднення;
- В. розробка системи спостережень за станом навколишнього середовища ;
- Г. виявлення характеру впливу зовнішніх факторів на живі організми;

17. Використання методів біоіндикації дозволяє вирішувати завдання:

- А. екологічного моніторингу;
- Б. фенологічного моніторингу;
- В. географічного моніторингу;
- Г. антропогенного моніторингу;

18. Термін "екологія" запропонований Ернстом Геккелем в:

- А. 1900 р.;
- Б. 1866 р.;
- В. 1953 р.;
- Г. 1859 р.;

19. Для захисту навколишнього середовища від забруднення:

- А. створюють заповідники;
- Б. охороняють окремі природні співтовариства;
- В. обмежують видобування біологічних ресурсів;
- Г. впроваджують маловідходні и безвідходні технології;

20. Організми, які здатні мешкати у вузькому діапазоні екологічної валентності:

- А. евритопні;
- Б. космополіти;
- В. стенотопні;
- Г. полу космополіти;

21. Опосередковано діючий екологічний фактор – це:

- А. рельєф;
- Б. температура;
- В. світло;
- Г. вода;

22. Вчення про лімітуючи фактори розробив:

- А. В.Н.Сукачов;
- Б. Ю. Лібіх;
- В. В.И.Вернадський;
- Г. Э. Зюсс;

23. Рослини, які зростають на помірно зволжених луках:

- А. Ксерофіти;
- Б. Гігрофіти;
- В. Гідрофіти;
- Г. Мезофіти;

24. Пустельні кактуси відносяться до групи

- А. Укулентів;
- Б. Склерофітів;
- В. Сциофітів;

Г. Гігрофітів;

25. Чотири «закона», які є обов'язковими для раціонального природокористування, запропонував:

- А. Ч. Дарвін;
- Б. К.Линней;
- В. К. Мальтус;
- Г. Б. Коммонер;

26. Світло, температура, вологість, тиск відносяться до факторів:

- А. Біотичних;
- Б. Абіотичних;
- В. Антропогенних;
- Г. Екзогенних;

27. Абіотичні фактори визначаються:

- А. елементами неживої природи;
- Б. фізичними факторами;
- В. хімічним складом;
- Г. сонячною енергією;

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артамонов В. И. Зеленые оракулы. — М.: Мысль, 1989.
2. Биоиндикация и биомониторинг /Отв. Ред. Д.А. Криволицкий.М.,1991. с.214
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта.М., 1988.с.165
4. Гарибова Л. В. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л. В. Гарибова [и др.]. — М.: Мысль, 1978.
5. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: Теорія, методи, практика використання / за ред. И.Т.Олексієва, Л.П.Брагинського. - Львів: Світ, 1995. -С.7-39.
6. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М., 1988. с.305
7. Жизнь растений. Т. 3. Водоросли, лишайники. — М.: Просвещение, 1977.
8. Захаров В. М. Асимметрия животных. — М.: Наука, 1987.
9. Крайнюкова А.Н. Биотестирование в охране вод от загрязнения // Методы биотестирования вод. - Черногловка, 1988. - С. 4-14.
10. Криволицкий Д.А. Биоиндикация радиационных загрязнений.М.,1999. с. 128
11. Криволицкий Д.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного загрязнения экосистем //Д. А. Криволицкий [и др.] // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. — М.: Наука, 1988.
12. Мэнниг У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У. Д. Мэнниг, У.А.Федер. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985.
13. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методом фитоиндикации. М., 1998. с.97
14. Общая ботаника с основами геоботаники. — М.: Высшая школа, 1994.
15. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений. Изд-во С.-Петербургского университета, 2004. с. 266
16. Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды / под ред. В. М. Захарова, Е. Ю. Крысанова. — М.: Моск. отд. Международного фонда «Биотест», 1996.
17. Сынзыныс Б. И. Экологическая диагностика качества атмосферного воздуха с помощью лишайников / Б. И. Сынзыныс, Е. И. Егорова. — М.: Русполиграф, 1997.

18. Солдатенкова Ю. П. Малый практикум по ботанике. Лишайники. — М.: Изд-во МГУ, 1977.
19. Стрельцов А. Б. Региональная система биологического мониторинга. — Калуга: Изд-во Калужского ЦНТИ, 2003.
20. Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы. — М.: Атомиздат, 1972
21. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — Т.7.
22. Dobson F.S. Lichens. — Richmond Publishing Co, 1992.