

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до самостійної роботи студентів з дисципліни  
“Біоіндикація та біотестування навколишнього середовища”

ХАРКІВ 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до самостійної роботи студентів з дисципліни  
“Біоіндикація та біотестування навколишнього середовища”

Затверджено методичною  
радою університету  
протокол №                    від  
“                    “                    200 р.

ХАРКІВ 2015

Предметом навчальної дисципліни є закономірності, категорії і концепції забруднення довкілля і принципи оцінки його масштабів за допомогою живих організмів.

Основні задачі дисципліни – формування у студентів комплексу знань, навичок та уявлень при принципі 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.

В методичних вказівках наведено матеріали, що розширюють та доповнюють положення та висновки конспекту лекцій з дисципліни “Біоіндикація та біотестування навколишнього середовища”.

Мета даного посібника – допомогти студентам в поглибленому вивченні питань використання біоіндикації та біотестування в екологічних дослідженнях.

## **ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ СТРЕСОРІВ НА ДИНАМІКУ РОСЛИННИХ ПОПУЛЯЦІЙ**

### **1 БІОХІМІЧНА ІНДИКАЦІЯ ХВОЇ - СПОСІБ РАННЬОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЕФЕКТІВ УШКОДЖЕННЯ**

Біохімічні методи раннього розпізнавання придбали важливість у лісовому моніторингу в останні роки після комп'ютерних експериментів, що показали, що ушкодження хвойних варіюють у залежності від концентрації і часу. Таким чином, у край критичні концентрації забруднювань ( $SO_2$  120 мкг/м) протягом більш тривалого часу помітно знижують асиміляцію, в той час як на приріст лісу не роблять негативного впливу.

У зв'язку з цим сучасні біоіндикаційні дослідження сконцентровані на методах раннього розпізнавання, що показують на зміни в метаболізмі, що передують будь-яким видимим симптомам ушкодження, і необоротні ушкодження можуть бути розпізнані в оптимальний термін.

Раннє розпізнавання ефектів ушкодження дозволяє запобігти необоротній реакції на забруднювання зниженням забруднення; зменшити оборотну реакцію на забруднення специфічними компенсаторними мірами.

Ранні способи розпізнавання, що відповідають цим вимогам, починаються на первинних рівнях впливу, тобто в системі хлоропластів асимілюючих органів.

Як правило, перед видимим ушкодженням, таким як деформація хлоропластів, біохімічні і фізіологічні параметри хлоропластів показують визначені зміни, що залежать від концентрації забруднювань. Коли ці індикаційні параметри досягають свого максимального значення, і ушкодження даного рівня біоіндикації стає очевидним, то хлорози і некрози, наприклад, можуть очікуватися на наступному більш високому індикаційному рівні.

Біохімічна основа методу - це модель, що описує ефекти  $SO_2$  і також озону і  $NO_x$ , які ервинно або вдруге викликають утворення токсичних радикалів у фотосистемі. Кисневі групи стимулюють антиокисні системи або ферменти супероксидні дисмутази (СОД) і пероксидази (ПОД) і в остаточному підсумку перетворюються в кисень або воду. Стимуляція ферментів виражається в збільшенні активності СОД ізоферментів і багаторазовості ПОД форм.

Коли потенціал систем перевищується, починається процес ушкодження в хлоропластах, що можливо ініціюється кисневою деградацією визначених хлорофіл-білків фотосистеми. У той же час мембрана хлоропласта стає проникною для функціональних елементів Mg і Mn. Окисна хлорофіл-білкова деградація може виражатися за допомогою хлорофіл-білкового індексу, мобілізація Mg і Mn - визначенням загального змісту.

Узяття проб. З кожного дерева зрізується молодий верхівковий пагон з 7 колотівки. З 25 молодих пагонів беруться голки 6-місячного віку і змішуються в пробу.

Контрольні ділянки і контрольні зони. 25-30 старих насаджень утворюють контрольну ділянку, 5 ділянок утворюють контрольну зону.

Обробка проб і аналіз. Для ферментного аналізу матеріал зі свіжих голок зберігається як сухий ацетонний порошок. При такому способі збереження аналіз проб можливий у лабораторних умовах. Гомогенізація голок в ацетоні при температурі  $-25^{\circ}C$  не робить впливу на структуру ферментів. Сухий ацетонний порошок може зберігатися в холодильнику 12 місяців без утрати стабільності.

Типовість контрольних зон. Для того, щоб контрольна зона була типовою, досить 5 контрольних ділянок. Завдяки змішаним пробам висока розбіжність у індикаційних параметрах окремих дерев (завдяки генетичній розмаїтості ізоферментних структур і індивідуальної толерантності до забруднювання) може бути зменшене з 60 до 20%, тобто до методичної помилки, нормальної при дослідженні біологічного матеріалу.

Оцінка результатів по аналізах і доказ наявності ушкодження контрольних ділянок і контрольних зон. Оцінка результатів здійснюється інтегруванням усіх індикаційних параметрів. При цьому використовуються два типи оцінки результатів із застосування мультिवаріантного просторового аналізу:

А. Аналіз контрольної ділянки. Ця оцінка заснована на життєвих циклах, класифікованих методом групового аналізу, випадково обраних проб, узятих з різних по ступені впливу контрольних ділянок. Вони корелюють з концентрацією забруднення.

Знову досліджені контрольні ділянки можуть бути віднесені до даного життєвого типу обчисленням неелементарних диференціальних характеристик (інтегрованих індикаційних параметрів) через неелементарні диференціальні функції.

Б. Аналіз контрольної зони. Ця мультिवаріантна оцінка припускає класи або типи. Контрольна зона з 5 або більш контрольних ділянок відповідає цій вимозі. Відповідно до числа контрольних зон, включених в оцінку, ми робимо розходження між наступним:

а) Якісний аналіз. Усі вивчені контрольні зони, у тому числі фонові, включаються в мультिवаріантну оцінку і представлені в двухвекторному просторі через їхні середні диференціальні характеристики.

З діаграми контрольних зон легко виділяються різні по стресі ушкодження контрольні зони серед них самих і в порівнянні з тлом. Цей графічний результат може бути доповнений відстанню, статистично доведеним дистанційним рівнем.

б) Кількісний аналіз. Оцінка виконується попарним порівнянням контрольних зон. Для кількісної оцінки ушкодження контрольної зони використана середня інтегрована I неелементарна диференціальна характеристика  $W_1$ . Способом кількісного аналізу можуть бути здійснені спрямовані дослідження, наприклад по ефекті ушкодження контрольних зон.

#### Рекомендована література

- Бэрдокс Р. Стратегия защиты окружающей среды. М., Мир, 1983,  
Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969.  
Александрова Б.Д. О возможности применения идей и методов кибернетики в лесной биогеоценологии//Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964.

## 2 ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ЛІСОВИХ СПІВТОВАРИСТВ У РІЗНИХ ЗОНАХ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНИХ КОМБІНАТІВ

В даний час технологічно й екологічно прогресивними вважаються металургійні комбінати (ЕМК), де виключений доменний процес. Відсутність доменного процесу дозволяє віднести ЕМК до числа екологічно чистих підприємств. Проте в атмосферу надходять в обмеженій кількості як відходи виробництва різні забруднюючі речовини (тверді речовини, окисли азоту, окис вуглецю, сірчистий ангідрид і ін.).

Викиди ЕМК поділяються на організовані і неорганізовані. Неорганізовані викиди, що попадають в атмосферу, минаючи очисні системи, можуть досягати 80 % відносно організованого. Організовані викиди видаляються після очищення через високі труби (240 і 250 м), значна частина їх осідає в радіусі приблизно 6-7 км від джерела. У зв'язку з цим територія в радіусі приблизно 2-3 км від ЕМК знаходиться в зоні впливу його неорганізованих викидів, у 3-7 км - організованих, а понад 7 км - є умовно-фоновією.

В зв'язку з необхідністю організації моніторингу впливу ЕМК на навколишні екосистеми, особливо важливо вивчення реакції лісових насаджень (і

їхніх структурних частин) на забруднюючий вплив і виявлення фітоіндикаторів.

Серед лісових насаджень виділяються соснові посадки, присвячені в основному до надзаплавних терас, складеним піщаними відкладеннями, і діброви, що виростають в основному на приводораздельных схилах на сірих лісових супіщаних і суглинних ґрунтах, а також байрачні діброви - по зниженнях.

У сформованих лісових співтовариствах спостерігається визначена збалансованість стану і взаємин видів, що забезпечує відносну сталість їхнього складу і чисельності. При впливі на співтовариства антропогенних факторів сталі в них чисельні пропорції і видовий склад можуть помітно змінитися.

Фітоіндикація можлива на різних рівнях, у тому числі і на рівні структур співтовариств, при використанні як індикаторних ознак морфологічних, динамічних, патологічних і т.п. реакцій лісових співтовариств. Різномірнева фітоіндикація при комплексному підході дозволяє інтегрально оцінити інтенсивність антропогенного впливу.

Для виявлення зв'язку між структурою соснових насаджень і інтенсивністю впливу проаналізовані залежності між зімкнутістю крон у різновікових насадженнях і проективному покритті трав'яного ярусу у виділених зонах впливу ЕМК.

У зоні впливу неорганізованих викидів зімкнутість крон у соснових насадженнях молодше 20 років досить висока і характеризується малим розкидом у порівнянні з зімкнутістю крон насаджень цього ж віку в зоні впливу організованих викидів комбінату і на умовно-фонових територіях. На перший погляд парадоксально, але очевидно, більш висока зімкнутість крон молодих насаджень у зоні впливу неорганізованих викидів обумовлена компенсаторними реакціями, тому що найбільший опад хвої і найбільшу частку збесхвоєних ділянок річних пагонів (табл.1) рослини змушені компенсувати інтенсивним зростанням.

У 20-25-літніх насадженнях середні значення зімкнутості крон трохи вище, ніж у молодих насадженнях, причому з наближенням до комбінату вони збільшуються, досягаючи максимальних показників і мінімального розкиду в зоні впливу неорганізованих викидів, тобто в безпосередній близькості від ЕМК.

У більш зрілих насадженнях ми бачимо зворотну картину: у зоні впливу неорганізованих викидів середня зімкнутість крон стає мінімальною, а розкид її значень - максимальним, що, очевидно, свідчить про початок розпаду структури древостоя. З видаленням від джерела забруднення величина зімкнутості крон у насадженнях цього віку збільшується, а її розкид поступово зменшується, досягаючи на умовно-фонових територіях своїх мінімальних значень, що відповідають нормальному станові древостоев, що вступають у фазу що пріспівають.

У зоні впливу неорганізованих викидів проективне покриття трав'яного покриву має вкрай низькі значення в соснових насадженнях усіх віків, що корелює з максимальними значеннями опада хвої. Разом з тим на поверхню ґрунту надходить багато токсичних речовин; крім того, шар опада, що розкладається повільно в зоні сильного впливу комбінату, сам по собі гальмує розвиток трав'яного покриву в нижньому ярусі лісів.

Таблиця 1 - Середні показники стану хвої сосни звичайної в різних зонах впливу ЕМК (кількість хвоїнок на площадках 1x1 м поверхні і товщі снігу

Зона впливу ЕМК	Зимовий опад (середня кількість хвоїнок, шт.)	Частка збесхвоєних ділянок пагонів сосни від загальної довжини пагонів (%)
Умовнофонові території	446	35,6
Зона впливу:		
організованих викидів	699	52,7
неорганізованих викидів	1413	85,2

Немаловажне і нагромадження нальоту пилоподібних викидів на поверхні ґрунту. Розкид значень проективного покриття трав'яного ярусу молодих насаджень у зоні впливу неорганізованих викидів незначний; в аналогічних насадженнях на умовнофонових територіях розкид значень характеризується найбільшою амплітудою, що відбиває ранні етапи формування трав'яного покриву в нормальні умовах. Іншими словами, розвиток трав'янистих рослин у зоні неорганізованих викидів придушується, і це - показник впливу ЕМК.

У цілому, у міру видалення від ЕМК середнє проективне покриття трав'яного ярусу збільшується не тільки в соснових, але й у листяних насадженнях, відповідно від 6,7 у зоні впливу неорганізованих викидів до 17,6% на умовнофонових територіях і від повної відсутності до 51,7%.

Таким чином, кожна зона впливу ЕМК може бути охарактеризована особливостями стану соснових насаджень. Так, на умовнофоновій території простежуються типові, досить відомі вікові зміни структури соснових насаджень - від слабкозімкнутих із широким варіюванням проективного покриття трав'яного покриву молодих насаджень - до досить зімкнутого із середнім варіюванням проективного покриття трав'яного покриву. Для зони неорганізованих викидів, де розвиток трав'яного покриву загальмовано, характерна близькість насаджень усіх віків до мертвопокровних. Найбільші коливання в зімкнутості крон відзначаються для самих спілих насаджень, що відбиває порушення нормального росту і розвитку насаджень цього віку. Аналізуючи зміну структури насаджень, можна відзначити наростання впливу забруднення на насадження від умовнофонові території - до зони впливу неорганізованих

викидів. Структура насаджень у зоні впливу організованих викидів може бути оцінена як початковий прояв відповідної реакції лісових екосистем.

Таким чином, структура (зімкнутість крон і проективне покриття трав'яного ярусу) - індикатор інтенсивності специфічного впливу комбінату.

Тому що трав'янисті рослини досить чуйно реагують зміною проективного покриття на забруднення, можна провести диференційовану оцінку реакції трав'янистих рослин на вплив ЕМК.

Для цієї мети видовий склад трав'яного ярусу поділяють на еколого-ценотичні групи (ЕЦГ), що характеризуються не тільки тим, що вони властиві тим або іншим фітоценозам, але саме головне - мають різну екологію, різну толерантність.

У табл.2 приведені рослини різних ЕЦГ у лісових насадженнях зон впливу ЕМК і умовнофоновій території (у %). Приведені дані отримані шляхом підрахунку середнього арифметичного значення частки кожної ЕЦГ із числа всіх описів, зроблених у тій або іншій зоні впливу ЕМК.

Таблиця 2 - Середній вміст (ЕЦГ) видів в трав'яному покриві лісових насаджень в різних зонах впливу ЕМК (%)

Вид	Умовнофонові територія		Зона впливу		
			Організованих викидів		Неорганізованих викидів
	Соснові	Листяні	Соснові	Листяні	Соснові
Дубравні	9,9	49,2	4,8	40,9	0
Лучно-лісові та лісолучні	22,7	29,6	15,0	30,6	18,5
Бур'янисті	9,3	0,6	16,1	3,2	26,1
Сорні лучно-лісові	10,2	4,4	6,7	4,4	9,2
Лучні	36,0	11,8	51,0	18,6	40,4
Лучно-степові	4,8	3,7	2,2	1,3	0,7
Степові	7,1	0,7	4,2	1,1	5,2

Індикатором інтенсивності впливу і для соснових, і для листяних лісів є збільшення частки рослин, що відносяться до групи бур'янистих і, крім того, для листяних насаджень - до лугової групи. Різко негативна реакція на інтенсивність впливу виявляється в рослин дібрової і лучно-степової груп видів.

Найбільш показовим для соснових насаджень є наявність або відсутність видів дібрової, бур'янистої або лучно-степової груп, а для листяних - бур'янистої, лугов і лучно-степовий.



Ґрунтуючись на індикаційній значимості рослин різних ЕЦГ, проведено типізацію соснових і листяних лісів з урахуванням частки участі в їхньому складі видів, що відносяться до найбільш показових ЕЦГ.

Це дозволяє зробити наступні висновки. Соснові ліси в зоні неорганізованих викидів представлені типами з мінімальною участю дібровних елементів і перевагою в трав'яному покриві рослин степовий і бур'янистої ЕЦГ. Звертає на себе увага, що рослини степовий ЕЦГ присвячені до сосників, розташованим у безпосередній близькості до комбінату на навітряній стороні.

У зоні впливу організованих викидів у соснових насадженнях у трав'яному покриві переважають рослини луговий, бур'янистої, лучно-лісовий і лісо-лучної ЕЦГ із незначною участю дібровних видів. У цих насадженнях переважають дібровна, лучно-лісова і лісо-лучна ЕЦГ із незначною участю бур'янистих і сорно-лучно-лісових видів.

Таким чином, лісові насадження зі збільшеною часткою дібровних видів поширені на деякому видаленні від ЕМК (6-7 км). Збільшення участі бур'янистих і степових рослин у трав'яному покриві соснових насаджень відзначено в радіусі 3 км від ЕМК, у листяних насадженнях підвищена частка бур'янистий і лугових спостерігається на відстані 3-6 км від комбінату. Відзначено, що бур'янисті, лугові і степові рослини характерні для пригальвних частин насаджень і на більшій відстані від джерела забруднення.

У межах виділених зон і умовнофонової території, використовуючи вищевказані фітоіндикатори, можна здійснювати моніторинг забруднення екосистем.

#### Рекомендована література

- Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 1986.  
Воронов А.Г. Геоботаника. М.: Высшая школа, 1978.  
Криволицкий Д.А., Степанов А.М., Тихомиров Ф. А, Федотов Е.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного и химического загрязнения экосистем//Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. М.: Наука, 1988.  
Программа и методика биогеоценологических исследований/Под ред.В.Н.Сукачева и Н.В.Дылиса. М.: Наука, 1966.  
Смит У-Х. Лес и атмосфера. М.: Прогресс, 1985.

### 3 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ПРИ ВИВЧЕННІ ПОРУШЕНЬ РОСЛИННОСТІ

Питання про оцінку зроблених порушень зводиться до процедури порівняння. Вивчаючи порушення рослинності, нескладно порівнювати однотипні фітоценози, визначаючи наявні в них розходження. Більш складну задачу представляє оцінка порушення рослинного покриву великих територій, коли фітоценози, щоскладають його відносяться до різних типів рослинності.

Пропонується підійти до рішення цієї проблеми з позицій загальної теорії системи.

Системою називається всяка сукупність елементів, що знаходяться у взаємному зв'язку. Кожна система характеризується властивою їй структурою, під якою розуміється склад елементів, що її складають, і характер зв'язків між ними і кожна системою є підсистемою (елементом) у системі наступного ієрархічного рівня. У той же час елемент системи розглядається як самостійна система, складена своїм набором взаємозалежних елементів на попередньому ієрархічному рівні. Відповідно до цього визначення, фітосфера Землі як сукупність усіх форм рослинного життя являє собою ієрархію фітосистем, організованих зв'язками на різних рівнях: молекулярному, клітинному, організменом, видовому, фітоценотичному і фітостроматичному - рівні рослинного покриву. Рослинний покрив реалізується в двох складових: флорі і рослинності, кожен з яких варто розглядати як систему. Системний аналіз у флористичних дослідженнях розвивається в рамках напрямку порівняльної флористики. Представники цього напрямку не задовольняються традиційним розумінням флори як сукупності видів рослин, що виростають на досліджуваній території. Флора розглядається як "матеріальна система місцевих географічних популяцій видів". Взаємовідношення між цими популяціями, здійснюються за допомогою обміну генетичною інформацією і виражаються в розподілі життєвого простору і матеріально-енергетичних ресурсів між популяціями різних видів. Флористична система характеризується визначеною структурою і має ієрархічну упорядкованість, що відбиває в поняттях конкретної і парціальної флор. "Конкретна флора визначається як об'єднання флористичних комплексів усіх екотопов, що існують у даному ландшафті". Парціальними є флори будь-яких екологічно своєрідних підрозділів ландшафту, наприклад парціальна флора фації, парціальна флора урочища, парціальна флора місцевості. Застосування системного підходу дає можливість порівнювати структури флор різних територій, у тому випадку якщо вони відносяться до систем одного ієрархічного рівня.

Необхідно також відмовитися від вузького розуміння останньої як сукупності типів рослинних співтовариств досліджуваної території. Рослинність повинна розглядатися як цілісна матеріальна система - система фітоценозів, організована зв'язками між ними (як прямими, так і опосередкованими), що виявляється в особливому типі матеріально-енергетичного обміну в її границях. Кожна система фітоценозів має оригінальну структуру і складає ланку в ієрархії систем рослинності.

Для позначення гетерогенних сукупностей рослинних співтовариств уведений термін фітоценохора. Він цілком відповідає сутності системної концепції, оскільки фітоценохора "це цільне утворення, що діє в такій якості в процесі метаболізму рослинного покриву".. Відповідно до цього вивчення системи рослинності, повинне називатися фітоценохорологією (або порівняльною фітоценохорологією за аналогією з порівняльною флористикою).

Першочерговим питанням фітоценохорології є проблема вичленовування систем фітоценозів у просторі, тобто побудова ієрархічної моделі систем різних рівнів і класифікація фітоценохор. Виділено геоботанічні округи, провінції, підзони, області, групи областей і геоботанічний пояс. Виділяючи фітоценохори на топологічному (ландшафтному) рівні, необхідно розуміти, що будь-яка фітоценохора - це елемент (або підсистема) більш складної природної системи - геосистеми і існує в рамках диференціації єдиного географічного простору. Іншими словами диференціація фітосфери обумовлена диференціацією умов середовища. Отже, границі систем фітоценозів повинні відповідати границям ландшафтних систем. Географи вважають, що "елементарні територіальні ландшафтні осередки (фації) зв'язані між собою різними просторовими відносинами і можуть інтегруватися в різні територіальні структури в залежності від того, яке системоутворююче відношення прийняте як ця інтеграція". Виділяються чотири типи таких відносин і ландшафтних систем: 1) генетико-морфологічні (фації поєднуються по генетичній близькості в урочища, місцевості, ландшафти); 2) позиційно-динамічні (фації поєднуються по подібності позиції щодо каркасних ліній рельєфу - брівки, підосви схилу, тальвегу і вододільної лінії в ландшафтні смуги і ландшафтні яруси); 3) зв'язані по лінії струму або іншому "центральному місцю", визначальний напрямок ландшафтогенеза (фації поєднуються в парагенетичні ландшафтні структури: ланки, сектори, пояси); 4) по гідрофункціонуванню трьох приведених вище структур фації поєднуються в басейнові ландшафтні системи різних порядків.

Традиційно виділювані при великомасштабному картографуванні мікро-, мезо- і макрокомбінації, під якими розуміються закономірні сполучення рослинних співтовариств, обумовлені чергуванням форм рельєфу відповідної розмірності, власне кажучи є застосуванням генетико-морфологічного принципу. Він же покладений в основу побудови моделі парціальних флор. Виділення підрозділів рослинності по парагенетическому принципі проводиться при вивченні річкових заплав. У рамках порівняльної флористики ведуться дослідження конкретних флор річкових басейнів і позиційно-динамічних систем.

Для того щоб оцінити порушення рослинності великого району, насамперед необхідно виділити в ньому фітоценохори одного ієрархічного рівня по одному з зазначених вище принципів. Порівнюючи особливості фітоценохора (у тому числі і їх порушення) як цілісного явища, можна судити про ступінь порушення всієї території.

Вивчення особливостей фітоценохори зводиться до дослідження її структури. Виділяють три основних напрямки в трактуванні поняття "структура ценоза", що є загальносистемними: 1) структура як синонім складу - елементна структура; 2) структура як синонім будівлі - просторова (морфологічна) структура; 3) структура як сукупність зв'язків - функціональна структура.

Що ж вкладається в кожне з цих понять при вивченні структури системи фітоценозів - фітоценохори?

Структура як синонім складу або елементна структура- поняття включає традиційно прийняту під терміном "рослинність" сукупність що складають фітоценохору типів рослинних співтовариств, їхню фітоценотичну класифікацію і характеристику, а також епітаксони, або генетично єдині групи рослинних співтовариств, усередині яких устанавлюється динамічний зв'язок між корінними (материнське ядро) і мнимокорінними, серійними і трансформованими співтовариствами. Серійні співтовариства розташовуються в серійних рядах, що відбиває етапи розвитку рослинності в часі. Трансформовані співтовариства (у залежності від виду причин, що викликали трансформацію) складають ряди трансформацій корінних співтовариств (ряди антропогенних змін), де черговість співтовариств відповідає ступеню виробничих порушень. Ботаніко-географічна характеристика корінного співтовариства дозволяє визначити місце кожного епітаксона (а отже, і всіх його компонентів) у ланках ієрархічного ланцюжка фітоценохор. Сукупність таких характеристик показує первісний ступінь розмаїтості системи, на тлі якої визначається кількість порушених співтовариств, з обліком їх «родовід», ступеня трансформованості, екологічної своєрідності.

Морфологічна (просторова) структура фітоценохори. Її моделлю є геоботанічна карта, на якій кожен елемент системи представлений у просторі. Аналіз карти може проводитися на якісному і кількісному рівнях. При якісному аналізі визначається характер мозаїки контурів: мозаїчний, дифузійний, плямистий, смугастий і ін. Кількісний аналіз являє собою підрахунок коефіцієнтів, що характеризують особливості геометрії частин карти. Існує п'ять груп прийомів, по яких проводиться якісний аналіз: 1) прийоми аналізу площ контурів (загальні і середні значення) і складності малюнка (коефіцієнти складності і роздробленості, етропійні міри складності й ін.); 2) прийоми аналізу форм контурів, куди входять показники подовженості, розчленованості і повного опису форми (коефіцієнти форми і стиски, показник форми і ін.); 3) прийоми аналізу орієнтування і метричних особливостей взаєморозташування контурів (ентропія кута орієнтування, розподіл напрямків діаметрів і границь контурів і ін.); 4) прийоми аналізу сусідства контурів (матриці сусідства, матриці тісноти сусідства, показники середньої контрастності сусідства й ін.);

Усього якісний аналіз малюнка карти може містити до 37 показників, що дозволяють судити про розміри, конфігурацію і взаєморозташування елементів системи, тобто про участь кожного з них у розподілі займаного нею простору.

При вивченні порушення фітоценохори визначається частка, займана трансформованими співтовариствами в просторі, форма й орієнтування їхніх ділянок, частота зустрічальності, що переважає сусідство з іншими фітоценозами. Такі дані являють собою великий і зручний матеріал для порівняння нарушеності різних фітоценохор.

Функціональна структура - сукупність зв'язків між елементами. Сукупна характеристика зв'язків між елементами системи повинна відбивати інди-

відуальність її функціонування. Визначені по якості і кількості елементи, що складають систему, властивим тільки їй образом поділяють життєво важливий простір, а, отже, і матеріально-енергетичні ресурси, якими система володіє. Особливий тип матеріально-енергетичного обміну обумовлює інтенсивність і своєрідність генеральної функції рослинних організмів - синтезу органічної речовини, тобто утворення і нагромадження фітомаси. Отже показником функціональної структури фітоценозу є фітомаса її рослинних співтовариств. При визначенні цього показника можуть використовуватися наступні дані: 1) сумарні і фракціоновані запаси фітомаси (у сирому і абсолютно сухому стані); 2) сумарний і фракціонований приріст фітомаси в тих же одиницях; 3) елементарний хімічний склад фітомаси; 4) склад основних груп органічних речовин, що входять до складу фітомаси і її фракцій; 5) запаси енергії у фітомасі (у ккал), сумарні і фракціоновані.

Зміна функції трансформованих елементів фітоценохори дозволить судити про інтенсивність зроблених порушень і ступеня їхньої господарської значимості (нанесені збиток або отриманий вигода).

Оцінка порушень рослинності територій, що включають кілька фітоценохор, зводиться до порівняння їхніх структур. У результаті такого аналізу виявляється фітоценохора (частина всієї досліджуваної території), де при найбільшій розмаїтості порушених співтовариств велика і своєрідна займана ними площа і великі зміни продукції органічної речовини.

#### Рекомендована література

- Викторов А. С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 178 с.
- Грибова С. А. .Исаченко Т.Н. Структура растительного покрова и ее картографирование//Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1972. Т. 4 С. 172-200.
- Грибова С. А. .Самарина Г. Д. Составление детальной крупномасштабной карты с учетом динамики растительного покрова. Геобоаническое картографирование .М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 15-25.
- Дидух Я.П. Опыт сравнительного анализа горных элементарных флор// Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Л.: Наука, 1987. С. 117-128.
- Дылис Н.В., Карпов Б.Г., Цельникер Ю.Л. Изучение высшей растительности как компонента биогеоценоза//Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. С. 68-109.
- Лавренко Е.М. Об уровнях изучения органического мира в связи с познанием растительного покрова// Проблемы современной ботаники. М; Л Наука,1965. С.364-378.
- Мазинг В.В. Что такое структура биогеоценоза//Проблемы биогеоценологии. М.: Наука, 1973. С.148-157.
- Марина Л.В. Сравнительный анализ флор речных бассейнов и их а экотопологической структуры//Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л.: Наука, 1987. С.107-117.

#### 4 ВЕГЕТАТИВНЕ РОЗМНОЖЕННЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ЯК СПОСІБ ІНДИКАЦІЇ ФІТОПРИДАТНОСТІ ТЕХНОГЕННИХ ЗЕМЕЛЬ

При лісовій рекультивації техногенних ландшафтів поряд з екологічно коректним підбором видів деревних порід і чагарників потрібно враховувати значне число факторів середовища. У зв'язку з тим, що визначення фізико-хімічних параметрів площі, що рекультивується, трудомістко і не дає вичерпної інформації про можливість проведення лісо-відновлювальних робіт, варто визнати доцільним використання методів біоіндикації в умовах техногенеза.

Для індикації фітопридатності техногенних земель можуть бути використані деревні рослини, що розмножуються черешками. Особлива увага зосереджена на видах роду *Salix L.* унаслідок їхньої здатності до піонерного поселення на порушених землях, успішного виростання при посадці в техногенних ландшафтах, високих регенераційних здібностей верб, екологічної видоспецифічності і диференціації верб.

Використовуються 1-2-літні черешки 25-30 см довжиною, 1-1,5 см у діаметрі, з 7-12 бруньками. Для посадки в травні черешки заготовлюють узимку; у червні, липні, серпні - улітку (під час видалення листів пагони і бруньки варто оберігати від ушкоджень). При індикації фітопридатності техногенних земель враховується динаміка розвитку надземної і підземної маси, характеризується стан рослин.

При визначенні фактичної придатності ґрунтів техногенних ландшафтів для лісокультурних робіт варто враховувати, що на сірому лісовому ґрунті на бескарбонатних глинах чагарникові види верб і багатостовбурні дерева протягом вегетаційного сезону укореняються краще; ніж деревоподібні. Найбільші прирости утеч відзначені на черешках травневої посадки, середня кількість пагонів 2-4 шт. на черешку. Слід зазначити, що приживлюваність черешків вище в період активного росту рослин. Ріст пагонів до жовтня – в одних видів, в інших - активний ріст пагонів закінчується в травні. При проведенні індикації фітопридатності техногенних земель верби можуть бути використані в першій половині вегетаційного періоду.

#### Рекомендована література

Г р е ш т а Я. Рекультивация промышленных бросовых земель // Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск: Изд-во УФАН СССР, 1966. С.95-106.

Кулагин А.Ю. Ивы антропогенных неозкотопов //Растения и промышленная среда. Свердловск, 1982а. С.105-112.

Кулагин А.Ю. Сравнительная экология ивы корзиночной и ивы шерстистопабеговой//Экология. 1982б. № 4. С.51-55.

Кулагин А.Ю. Особенности вегетативного размножения некоторых видов ив в связи с лесовосстановлением в техногенных ландшафтах// Мониторинг лесных экосистем. Каунас, 1986а. С.276-277.

Кулагин А.ЮЧ. О регенерационных способностях древесных растений ж связи с антропогенностью// Экологические и физиолого-биохимические аспекты антропогенности растений. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1986. С.49.

## **БІОТЕСТУВАННЯ В ЗАПИТАННЯХ ТА ВІДПОВІДЯХ**

### **1. Що таке біотестування?**

Під біотестуванням (bioassay) звичайно розуміють процедуру встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини й у якому сполученні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єктів. Завдяки простоті, оперативності і доступності біотестування одержало широке визнання в усім світі і його всі частіше використовують поряд з методами аналітичної хімії.

### **2. Для чого використовується біотестування?**

Біотестування як метод оцінки токсичності водного середовища використовується:

- при проведенні токсикологічної оцінки промислових, стічних побутових, сільськогосподарських, дренажних, забруднених природних і ін. вод з метою виявлення потенційних джерел забруднення,
- у контролі аварійних скидань високотоксичних стічних вод,
- при проведенні оцінки ступеня токсичності стічних вод на різних стадіях формування при проектуванні локальних очисних споруд,
- у контролі токсичності стічних вод, подаваних на очисні споруди біологічного типу з метою попередження проникнення небезпечних речовин для біоценозів активного мулу,
- при визначенні рівня безпечного розведення стічних вод для гідробіонтів з метою обліку результатів біотестування при коректуванні і встановленні гранично допустимих скидів (ГДС) речовин, що надходять у водойми зі стічними водами, при проведенні екологічної експертизи нових матеріалів, технологій очищення, проектів очисних споруджень і ін.

### **3. Що таке тест-об'єкти?**

Тест-об'єкт (test organism) - організм, використовуваний при оцінці токсичності хімічних речовин, природних і стічних вод, ґрунтів, донних відкладень, кормів і ін. Тест-об'єкти, по визначенню Л.П.Брагинського - "датчики" сигнальної інформації про токсичність середовища і замітники складних хімічних аналізів, що дозволяють оперативно констатувати факт токсичності (отруйності, шкідливості) водного середовища ("так" або "ні"), незалежно від того, чи обумовлена вона наявністю однієї точно обумовленого аналітично речовини або цілого комплексу аналітично не обумовлених речовин, який звичайно представляють собою стічні води. Тест-об'єкти з відомим ступенем наближення дають

кількісну оцінку рівня токсичності забруднення водного середовища - стічних, скидних, циркуляційних і природних вод.

#### **4. Які тест-об'єкти використовуються для біотестування?**

Для біотестування використовуються різні гідробіонти - водорості, мікроорганізми, безхребетні, риби. Найбільш популярні об'єкти - ювенальні форми (juvenile forms) планктонних ракоподібних-фільтраторів *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia affinis*. Сьомидобовий тест на добовій молоді церіодафнії *Ceriodaphnia affinis* дозволяє за більш короткий термін (7 діб), чим на *Daphnia magna* (21 доба) дати висновок про хронічну токсичність води.

Важлива умова правильного проведення біотестування - використання генетично однорідних лабораторних культур, тому що вони проходять перевірку чутливості, утримуються в спеціальних, обговорених стандартами лабораторних умовах, що забезпечують необхідну збіжність і відтворюваність результатів досліджень, а також максимальну чутливість у токсичним речовинам.

#### **5. Що служить підставою для вибору тест-об'єкта при проведенні біотестування?**

Стандартні методики, регламентовані нормативними документами, визначають тест-об'єкти, що використовуються при визначенні токсичності тих або інших середовищ. В Україні в якості стандартних прийняті тести з ракоподібними, водоростями, інфузоріями, бактеріями що світяться .

#### **6. Що таке токсіт (ТОХКІТ®)?**

Нове покоління біотестів, розроблених у лабораторії екологічної токсикології і водної екології (LETAЕ), Університет Гент, Бельгія під керівництвом проф. G. Persoone. Токсіти призначені для проведення досліджень гострої токсичності природних середовищ і містять всі необхідні матеріали для виконання біотестування або екотоксикологічних досліджень (тест-організми в анабіотичному стані, ефіпіуми дафній (resting eggs), що спочивають, яйця коловерток, яйця артемієві, культури водоростей). Тохкіт® реалізуються разом із усіма необхідними пристосуваннями, посудом і середовищами культивування.

#### **7. Що таке тест-функція (test function)?**

Життєва функція або критерій токсичності (toxicity criterion), використовувані в біотестуванні для характеристики відгуку тест-об'єкта на дію середовища, що ушкоджує. Тест-функції, використовувані як показники біотестування для різних об'єктів:

- для інфузорій, ракоподібних, ембріональних стадій молюсків, риб, комах - виживаність (смертність) тест-організмів.
- для ракоподібних, риб, молюсків - плідність, поява аномальних відхилень у ранньому ембріональному розвитку організму, ступінь синхронності дроблення яйцеклітин.



- для культур одноклітинних водоростей і інфузорій - загибель кліток, зміна (приріст або збиток) чисельності кліток у культурі, коефіцієнт розподілу кліток, середня швидкість росту, добовий приріст культури.
- для рослин - енергія проростання насіння, довжина первинного кореня й ін.

### **8. Як довго триває біотестування?**

Тривалість біотестування залежить від задачі, поставленої дослідником. Гострі біотести (acute tests), виконувані на різних тест-об'єктах по показниках виживаності, тривають від декількох хвилин до 24-96 ч. Короткострокові (short-term chronic tests) хронічні тести тривають протягом 7 доби і закінчуються, як правило, після одержання першого покоління тест-об'єктів. Хронічні тести (chronic tests) на загальну плідність ракоподібних, що охоплюють 3 покоління, тривають до народження молоді в F<sub>3</sub>.

### **9. Що таке токсичний ефект?**

Токсичний ефект (toxic effect) - зміна будь-якого показника життєдіяльності або функцій організму під впливом токсиканта. Залежить від особливостей отрути, специфіки метаболізму організму, факторів зовнішнього середовища (вміст кисню, рН, температури й ін.).

### **10. Що таке токсичність середовища і як вона визначається?**

Токсичність (toxicity) - свойство хімічних речовин виявляти ушкоджуючу або летальну дію на живі організми. Речовина, що робить токсичний вплив, називається токсикантом, а процес впливу токсиканта на організм - токсикацією (на екосистему - токсифікацією). По Н.С.Строганову, кількісно токсичність речовини для окремого організму визначається як величина, зворотна медіанній летальній концентрації:  $T = 1/LC_{50}$ .

Токсичність водного середовища (toxicity of water environment) - токсичність води і донних відкладень для гідробіонтів, що виникає внаслідок появи в ній токсичних речовин природного або антропогенного походження (ксенобіотиків), забруднення стічними водами, токсичними атмосферними опадами й ін. При виникненні токсичності водного середовища вода із середовища, що підтримує життя, стає середовищем, згубним для життя. Ступінь токсичності водного середовища оцінюється методами біотестування, а також по перевищенню ГДК (гранично припустимих концентрацій).

### **11. Яка різниця між гострою і хронічною токсичністю?**

Гостра токсичність виражається в загибелі отруєного організму за короткі проміжки часу - від декількох секунд до 48 ч. Хронічна токсичність середовища виявляється через якийсь час у виді порушень життєвих функцій організмів і виникнення патологічних станів (токсикозів). У водних організмів хронічна токсичність виражається в гонадотропній і ембріотропній дії токсиканта, що приводить до порушення плідності (продуктивності), ембріогенезу і постембріонального розвитку, виникненню каліцтв (мутацій) у потомстві, скороченню тривалості життя, появі "карликових" форм.

### **12. Що таке інтегральна токсичність і як вона визначається?**

Інтегральна токсичність (integral toxicity), по визначенню Л.П.Брагинського, токсичність складних сумішей, стічних вод, багатокомпонентних факторів для водних організмів.

Кількісно інтегральна токсичність визначається як величина, зворотна максимальному розведенню (1:2, 1:5, 1:10, 1:50, 1:100 і т.д.), при якому не спостерігається яких-небудь порушень життєво важливих функцій тест-організмів при 24-48 годинному біотестуванні.

Виражається в балах токсичності (БТ) цілими числами (2, 5, 10, 50, 100 і т.д.) відповідно величинам розведення.

Бали токсичності можуть бути чітко ранжовані і дозволяють вибудувати ряд досліджуваних речовин або вод по зниженню (підвищенню) рівня їхньої токсичності.

### **13. Що таке толерантність організму?**

Толерантність (tolerance) - витривалість (стійкість) організму до впливів, що ушкоджують.

Діапазон толерантності - межі коливань концентрацій токсичних речовин, при яких не відбувається порушень функцій організму.

Толерантний ліміт (tolerance limit, TLm) - кількісне вираження концентрації токсиканта, при якій гине або виживає 50% тест-організмів за 48 год дослідження.

### **14. Що таке токсикорезистентність організму?**

Токсикорезистентність (toxin resistance)- опірність живих організмів до впливу токсичних речовин.

### **15. Що таке токсобність середовища?**

Токсобність (toxobity) - здатність водних організмів існувати в токсичному середовищі, сорбуючи або використовуючи визначену кількість токсичної речовини.

### **16. Що таке токсикометрія?**

Токсикометрія (toxicometry) сукупність прийомів оцінки токсичності речовин. Основними прийомами токсикометрії є встановлення мінімальної стерпної або граничної (threshold concentration) концентрації ( $LC_0$ ), медіанної летальної концентрації ( $LC_{50}$ ), або дози ( $LD_{50}$ ), і зони токсичної дії (toxic effect limits) - діапазону токсичних концентрацій - від  $LC_0$  до абсолютно летальної ( $LC_{100}$ ).

### **17. Що таке біомаркери?**

Біомаркери – це організми і їхні характеристики, що дозволяють діагностувати поточний стан навколишнього середовища. Як характеристики можуть виступати фізіологічні, біохімічні, імунологічні й інші властивості (процеси) організмів.

### **18. Що таке біоіндикація?**

Біоіндикація (bioindication) – метод визначення якості середовища мешкання організмів за видовим складом і показникам кількісного розвитку видів біоіндикаторів і структурі утворених ними співтовариств.

### **19. Що таке біоіндикатори?**

Біоіндикатор (bioindicator) – організм, вид, популяція, співтовариство, що характеризуються специфічними особливостями мешкання або вказують на специфічні зміни умов середовища.

Біоіндикатори поділяють на наступні групи:

1. Індивідуальні: розмір особин, плідність, наявність аномальних особин і т.д.

2. Процеси: збільшення або зменшення швидкостей процесу (наприклад, швидкості фотосинтезу).

3. Структурні: видова структура, число толерантних видів, біотичні індекси і т.д.

4. Екосистемні: видова розмаїтість, видова структура.

Біоіндикатори забруднення (bioindicators of contamination) - 1) організми, що поглинають (накопичують) токсичні речовини і здатні в силу цього бути показниками забруднення середовища даною речовиною; 2) організми, що свідчать про забруднення середовища. По наборі таких організмів судять про якість середовища.

На відміну від біомаркерів, біоіндикатори не можуть миттєво реагувати на зміну екологічних умов, тому що їхніми індикаторними властивостями є популяційні процеси і процеси в співтоваристві в цілому. Основною перевагою біоіндикаторів перед біомаркерами є той факт, що далеко не завжди короточасна зміна умов, на яке реагує біомаркер, приводить до негативних змін у популяціях, співтовариствах і екосистемах.

### **20. Як правильно вибрати біоіндикатори?**

У країнах ЄС при біоіндикації водних об'єктів, в основному, використовуються найбільш чутливі організми бентосу. Чисельність толерантних видів зменшується в міру збільшення ступеня забруднення. До таких видів відносяться личинки комах загонів Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera.

### **21. Що таке біотичний індекс?**

Біотичесні індекси – це інтегровані показники стану умов середовища, розраховані на підставі бальної оцінки різних біоіндикаторів.

### **22. Чи існують кількісні міри токсичності речовин для живих організмів?**

Так, такі величини існують. Це показники гострої токсичності NOEC, LC<sub>0</sub>, LC<sub>50</sub>, LC<sub>100</sub>, установлені для "чистої" речовини при його лабораторному дослідженні. Показники не мають універсального значення і встановлюються для кожного тест-об'єкта індивідуально.

NOEC - no observed effect concentration - максимально недіюча концентрація речовини;

LC<sub>0</sub> - мінімальний поріг чутливості, при якому відзначаються специфічні тест-реакції або смертність тест-об'єктів;

LC<sub>50</sub> - стандартная міра токсичності речовини, що показує, яка концентрація речовини викликає загибель 50% тест-організмів за встановлений час (24, 48 або 96 год)

LC<sub>100</sub> - вищий смертельний поріг для усіх тварин або тест-культури водоростей, використаних у досвіді.

### **23. Чи можна містити тест-об'єкти в домашніх умовах?**

Можна, але для правильного утримання лабораторних тварин необхідні стандартизовані лабораторні умови, обговорені у відповідних методичних посібниках із проведення аналізів. У випадку недотримання основних вимог утримання тест-об'єкти можуть змінити чутливість і в цьому випадку дані досліджень будуть носити тільки аматорський характер. Відповідно до вимог нормативних документів, дослідження якості природних середовищ проводяться на базі атестованих лабораторій, що володіють необхідним набором повірників приладів, реактивів і кваліфікованим персоналом.

### **24. Чи можна використовувати біотестування замість хімічного аналізу на вміст забруднюючих речовин?**

Біотестування, як правило, використовують до хімічного аналізу, тому що цей метод дозволяє провести експрес-оцінку природного середовища і виявити "гарячі крапки", що вказують на найбільш забруднені учаски акваторії (території, полігона). На ділянках, де методами біотестування виявлені які-небудь відхилення і досліджуване середовище характеризується як токсичне, аналітичним шляхом необхідно установити причини цього явища.

### **25. Чи можна по реакції тест-об'єктів знайти зони екологічного лиха або джерела забруднення?**

Так. На найбільш забруднених акваторіях (територіях) тест-об'єкти демонструють мінімальну виживаність (плідність) у тестованих середовищах, на підставі чого робиться висновок про гостру (хронічну) токсичність. Токсикометричні показники, використовувані в біотестуванні, дозволяють картувати забруднені райони.

### **26. Чи існують специфічні реакції тест-об'єктів на специфічні види забруднення?**

Як правило, біотестування не дає відповіді на питання про характер забруднюючої речовини, що викликала ту або іншу реакцію тест-об'єкта. Тест-функції в біотестуванні носять загальний, неспецифічний характер. Однак кількість забруднюючих речовин, що потрапляють у навколишнє середовище, неухильно зростає і не виключено, що яка-небудь речовина, або суміш речовин, може привести до виникнення специфічних реакцій у тест-об'єктів, особливо на клітинному або тканинному рівнях організації.

### **27. Чи можна методами біотестування оцінити токсичність питної води?**

Можна. Для цих цілей найбільш підходящим можна вважати тест на інфузоріях (*Tetrachylena pyriformis*).

**28. Якщо у водоймі є ракоподібні або одноклітинні водорості, чи значить це, що вода не токсична?**

Ні, присутність у водоймі живих організмів ще не означає, що в ньому здатні виживати й інші види організмів, або деякі, особливо чуттєві їхні стадії розвитку. Іноді у водоймах спостерігають явище "цвітіння" одноклітинних водоростей, деякі з яких виділяють токсичні продукти життєдіяльності - метаболіти, що викликають загибель інших видів водоростей, ракоподібних, риб.

**29. Чи можна, використовуючи методи біотестування, визначити, чи забруднений ґрунт?**

Існує два методичних підходи для визначення токсичності ґрунтів. Для експрес-діагностики використовують водні екстракти, що містять водорозчинні фракції ґрунтів. У цьому випадку біотестування виконують на традиційних для водної токсикології тест-об'єктах - ракоподібних, інфузоріях, водоростях. При необхідності досліджувати фітотоксичні властивості ґрунтів як тест-об'єкти використовують насіння культурних рослин - вівса, кресс-салата й ін. У цьому випадку показниками токсичності служать енергія проростання насіння, морфометричні характеристики листа й ін.

**30. Чи можна, ґрунтуючись на даних біотестування, пред'явити штрафні санкції за збиток навколишньому середовищу?**

Так. Результати досліджень токсичності стічних вод методами біотестування використовуються при розрахунках і коректуванні гранично припустимих скидань (ГДС) речовин, що надходять у водні об'єкти зі стічними водами.

**31. Як зберегти проби води і зразки ґрунтів або донних опадів, призначених для біотестування?**

Проби води встановленого обсягу повинні бути відібрані в чистий посуд з етикетками і поміщені в холодильник з температурою 4°C. Зразки донних відкладень або ґрунтів повинні бути упаковані в поліетиленові мішки для проб, постачені етикетками і поміщені в холодильник з температурою 0-4°C.

**32. Як довго можна зберігати зразки до проведення досліджень їхньої токсичності?**

Дослідження проводять якнайшвидше, не пізніше, ніж через 6 годин після добору проб. При неможливості дотримання цих вимог, проби прохолоджують до 4<sup>0</sup> С на місці добору. У цьому випадку аналіз проводять не пізніше, ніж через 48 годин після добору.

При відсутності можливості досліджень протягом 48 годин, пробу можна зберігати в замороженому стані 2 місяці.

**33. Чи можна використовувати масові види організмів, зібраних у природі, у якості тест-об'єктів?**

Масові види організмів можна використовувати для первинної оцінки гострої токсичності середовища, а також для введення в лабораторну культуру-

ру необхідних для експериментів тварин. Однак необхідно пам'ятати, що організми, узяті в природних водоймах, генетично неоднорідні, часто і живуть у забруднених водоймах і адаптовані до різних забруднюючих речовин. Для коректного використання таких організмів як тест-об'єкти для біотестування впливає, як мінімум, провести їхній аклімацию в стандартних лабораторних умовах.

Оптимальним підходом можна вважати більш тривалий і складний, але виправданий шлях - одержання достатньої для експериментів кількості потомства в другому і наступному поколіннях. У ракоподібних, наприклад, потомство від однієї партеногенетичної самиці може дати початок новій лабораторній культурі.

**34. Де можна одержати лабораторні культури тест-об'єктів і консультацію по методах біотестування?**

В Україні генетично однорідні культури тест-об'єктів (водних безхребетних і водоростей) можна одержати в спеціалізованих наукових установах, акредитованих у системі сертифікації УкрСЕПРО на проведення аналізів з використанням необхідного тест-об'єкта. Там же можна одержати необхідні консультації і методичні рекомендації з проведення досліджень.

**35. Де можна провести дослідження токсичності природних середовищ з використанням методів біотестування?**

В Україні для виконання досліджень по визначенню показників токсичності варто звертатися в лабораторії, акредитовані в державній системі сертифікації УкрСЕПРО для виконання необхідних видів досліджень.

**36. Які культури водоростей, крім *Phaeodactylum tricornerutum*, ще можна використовувати для біотестування водного середовища?**

Для морських вод нормативним документом, прийнятим в Україні, крім *Phaeodactylum tricornerutum* регламентована ще і *Skeletonema costatum*. Цей же вид водоростей рекомендується стандартом ISO. Для прісних вод використовується *Selenastrum capricornutum*, *Scenedesmus subspicatus* і *Chlorella vulgaris*.

**37. Чи існують стандартні культури бентосних організмів для біотестування морських вод і донних відкладень?**

У стандартах України і Росії рекомендовані універсальні тест-об'єкти, використовувані як для біотестування води, так і для біотестування донних відкладень. При цьому для біотестування донних відкладень готують водні екстракти (витяжки), а тестування відбувається в рідкій фазі.

Відомі закордонні стандарти для біотестування донних відкладень морських, солонуватоводних і прісноводних водойм: морські бентосні амфіподи (*Corofium volutator*), прісноводні і солонуватоводні хірономіди.

**38. Чи можна перевіряти на токсичність фуражне зерно і на основі біотестування видавати висновок? І потрібно чи атестація фахівця лабораторії?**

Можна, якщо цей висновок улаштує Вашого замовника. Існує документ, затверджений Росією, Україною й ін. країнами "Зерно фуражне, продукти його переробки, комбікорму. Методи визначення токсичності" (ДСТУ 3570-97, ДСТ 3496.7-97) по оцінці токсичності зерна з використанням інфузорій і ссавців. Для проведення робіт потрібна не тільки підтверджена атестаційними документами кваліфікація фахівців, потрібна ще й акредитація самої лабораторії на проведення даних робіт у системі Держстандарту.

### **39. Ким розроблений тест на церіодафніях?**

У 1984 р. у США Д. Маунтом і Т. Норбергом розроблений 7-и добовий тест на церіодафніях. Для використання в СРСР тест був адаптований у лабораторії фізіології і токсикології водних тварин ІБВВ РАН під керівництвом проф. Б.А.Флерова. (Mount D.I., Norberg T/J/ A seven-day life-cycle cladoceran toxicity test // Environ. Toxicol. Chem. - 1984. – V. 3. – P. 425-434. Флеров Б.А., Жмур Б.С. Біотестування з використанням церіодафній // Методичний посібник з біотестування води. РД-118-02-90. – М.: 1991. – С.19-28.

#### Рекомендована література

1. Брагинський Л.П. Теоретичні передумови (загальні концепції токсикологічної гідроекології) // Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: Теорія, методи, практика використання / за ред. И.Т.Олексіва, Л.П.Брагинського. - Львів: Світ, 1995. - С.7-39.

2. Брагинский Л.П. Методологические аспекты токсикологического биотестирования на *Daphnia magna* Str. и других ветвистоусых ракообразных (критический обзор) // Гидробиол. журн. - 2000. - Т. 36, N 5. - С. 50-70.

3. Дятлов С.Е. Роль и место биотестирования в комплексном мониторинге морской среды // Экология моря. - 2000, вып.51. - С. 83-87.

4. Крайнюкова А.Н. Биотестирование в охране вод от загрязнения // Методы біотестування вод. - Черноголовка, 1988. - С. 4-14.

5. Кузьменко М.И., Брагинский Л.П., Ковальчук Т.В., Романенко А.В. Гидроэкологический русско-украинско-английский словарь-справочник. - К.: "Демиур", 1999. - 262 с.

6. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. – Минск: "Орех", 2004. – 125 с.

7. Методическое руководство по биотестированию воды РД 118-02-90 Утвержден Госкомприроды СССР от 06.08.1990. с.37.

8. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. - М.: РЭФИЯ, НИА-Природа, 2002.