

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з курсу

“Екологія людини”

для напрямку підготовки: 6.040106

*“Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування”*

Київ

НТУУ «КПІ»

2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

з курсу “ Е к о л о г і я л ю д и н и ”

для напряму підготовки: 6.040106

***“ Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування ”***

Рекомендовано Вченою радою

Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»

Протокол № 8 від « 24 » вересня 2012 р.
(протокол №, дата)

2012

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Екологія людини” для напряму підготовки: 6.040106 *“Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”* / Укл. В.В. Вембер, О.І. Іваненко, 2012. – 41 с.

Укладачі: В. В. Вембер, О.І. Іваненко

Рецензент: Т.С. Тодосійчук, к.т.н., доц.

Відповідальний редактор: М.Д. Гомеля, д.т.н., проф.

З М І С Т

ВСТУП.....	2
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2	7
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4	11
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5	12
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8	19
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9	23
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10	27
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11	40
Список рекомендованої літератури.....	42

В С Т У П

Курс “Екологія людини” відноситься до групи нормативних дисциплін для підготовки бакалаврів за напрямом підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”. Засвоєння основ цієї науки, набуває особливого значення в період підвищення рівня антропогенного забруднення довкілля та, як наслідок цього, різких змін в умовах існування людини в середовищі, що її оточує. Курс «Екологія людини» відноситься до комплексних дисциплін, що поєднують численні аспекти взаємодії людини із середовищем її існування: соціальні, медико-біологічні, географічні і т.п. Майбутніх фахівців-екологів у галузі екології людини цікавлять, насамперед, питання, пов’язані із впливом людської діяльності на природні та антропоєкосистеми та заходи по охороні навколишнього середовища, які можуть сприяти нівелюванню даного впливу найбільш ефективно. Особлива увага звертається та зв’язок між суспільством та навколишнім середовищем, а також зміни, що виникають внаслідок суспільної діяльності людини та їхній вплив на зміну умов її власного існування. Студенти знайомляться також з основними напрямками токсикології, впливом основних забруднювачів навколишнього середовища на живі організми і екосистеми в цілому. Слухачі отримують знання з токсикокінетики, токсикометрії; знайомляться з принципами визначення параметрів токсичності, зокрема гранично-допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у різних середовищах.

Таким чином, „Екологія людини” є інтегрованим курсом, вивчення якого ґрунтується на знаннях студентів з загальної та ландшафтної екології, біології, біогеохімії, неорганічної, органічної та аналітичної хімії.

Метою дисципліни є формування у студентів уявлення про предмет «Екологія людини» як про новітню комплексну міждисциплінарну науку, яка визначає положення людини в системі живої природи та про різноманітні аспекти взаємодії людини та оточуючого її середовища.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити **наступні завдання**:

- визначити адаптивні можливості людського організму в умовах середовища, що швидко змінюється;
- познайомитись з методами оцінки показників здоров’я, визначити їх відповідність до вікових норм;
- виявити основні стресогенні фактори середовища;
- познайомитись з методами якісної та кількісної оцінки антропогенного навантаження на різні частини навколишнього природного середовища.

Основними **об'єктами вивчення** в курсі є:

- людина та форми її діяльності;
- антропогенні фактори оточуючого середовища;
- умови життя людини в межах сучасної техносфери.

Внаслідок вивчення учбової дисципліни студенти повинні **знати**:

- предмет вивчення і основні завдання дисципліни «Екологія людини»;
- роль природно-кліматичних факторів в адаптації організму;
- фактори ризику для здоров'я людини, їх класифікації;
- про взаємозв'язок між екологічною безпекою та господарчою діяльністю людини;
- джерела та типи забруднюючих речовин, що є найбільш небезпечними для людини;
- показники токсичності і небезпечності шкідливих речовин;
- шляхи потрапляння шкідливих речовин до організму людини;
- взаємозв'язок між антропогенним навантаженням на територію і захворюваністю населення;
- особливості комбінованої дії речовин, шкідливих для довкілля;
- методики нормування вмісту хімічних забруднювачів в атмосферному повітрі, у воді водоймищ і в ґрунтах;

Студенти повинні **вміти**:

- прослідкувати рух хімічних речовин в екосистемах по трофічним ланцюгам;
- визначити клас токсичності і небезпечності хімічних забруднювачів за параметрами токсикометрії;
- за допомогою розрахункових методів встановити орієнтовне значення ГДК хімічних речовин;
- провести аналіз органолептичного і санітарного показників шкідливості при встановленні ГДК речовини-забруднювача у воді водоймищ;
- провести біотестування води за допомогою фіто- та зоотестів;
- визначити стан забрудненості повітря за допомогою фітотестів;
- розібратися в показниках екологічного ризику.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення показника органолептичної ознаки шкідливості речовин у воді на прикладі фенолу, сульфонолу та іонів міді (2 години)

До органолептичних показників води (тих, що визначають її зовнішній вигляд та сприймаються органами чуття) належать запах, колірність, каламутність (обернена їй величина – прозорість), які мають надзвичайно велике значення для процесів, які проходять у водоймищах. Зокрема, запах може бути зумовлений наявністю різних забруднюючих речовин: фенолу, нафти чи нафтопродуктів, хлору, гнилої органіки тощо.

За характером запахи поділяють на 2 групи:

- запахи природного походження: землистий, торф'янистий, гнильний, трав'яний, болотний, дерев'янистий, ароматичний, рибний, запах цвілі, сірководневий тощо;
- запахи штучного походження: хлорний, оцтовий, фенольний, бензиновий, камфорний тощо.

Інтенсивність запаху визначають за п'ятибальною шкалою:

- 0 балів – запаху немає;
- 1 бал – дуже слабкий (може бути виявлений лише досвідченим дегустатором);
- 2 бали – слабкий (виявляється споживачем, якщо звернути на те його увагу);
- 3 бали – помітний (легко виявляється і стає причиною скарг);
- 4 бали – чіткий (виразний) (сильний запах і присмак, вода неприємна для пиття);
- 5 балів – дуже сильний (вода непридатна для пиття).

Запах в 2 бали вважається порогом шкідливої дії при визначенні ГДК шкідливих речовин у воді.

Від вмісту завислих часточок залежить прогрівання води, розвиток водяних рослин та тварин; каламутність і колір води впливають на глибину проникнення сонячного випромінювання.

Чиста вода в малому об'ємі безбарвна, в товстому шарі вона має блакитно-зелений відтінок. Інші відтінки свідчать про наявність в ній різноманітних розчинених або завислих домішок. Так, гумусові речовини забарвлюють природні водойми у жовтуватий колір; коричневий колір свідчить про наявність заліза; зеленуватий – про масове розмноження синьо-зелених водоростей. Для питної води нормативом кольоровості є інтенсивність не більше 20⁰С за стандартною шкалою.

Речовини, що утворюють стійкий шир піни на поверхні води (синтетичні поверхнево-активні речовини – СПАР), заважають проходженню процесів газообміну.

Мета роботи: визначити за органолептичними ознаками концентрації фенолу (за запахом); сульфонолу (за піноутворенням) та іонів міді (за кольором), які є порогоми шкідливої дії при визначенні ГДК цих речовин у воді.

Матеріали та обладнання: 1) фотоелектроколориметр; 2) бюретка на 25 мл; 3) 12 мірних колб на 100 мл; 4) *розчин 1* (містить 0,0875 г дихромату калію $K_2Cr_2O_7$, 2 г сульфату кобальту $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ і 1 мл H_2SO_4 ($\rho=1,84$ г/см³), розчинених в 1 л розчину); 5) *розчин 2* (1 мл H_2SO_4 ($\rho=1,84$ г/см³) в 1 л води); 6) $CuSO_4 \cdot 7H_2O$; 7) сульфонол; 8) фенол; 9) мірні циліндри (на 100 та 250 мл); 10) конічні колби на 250 та 500 мл; 11) колби з широким горлом на 200 мл.

Х І Д Р О Б О Т И :

1. Визначення запаху.

Готують **модельну стічну воду-1**, яка містить **10 мг/л фенолу**. З неї готують розведення: 1:10, 1:100, 1:1.000 та 1:10.000.

Для визначення порогу запаху зразки аналізованої води потрібно розбавляти водою, що не має запаху. Для її приготування пропускають воду крізь колонку з активованим вугіллям; можна додати 0,6 г вугілля на 1 л води, перемішати та профільтрувати крізь шар вати у кімнаті, де немає запахів.

Порогова концентрація запаху – це концентрація визначуваної речовини в розчині при максимальному розведенні, коли запах ще відчутний.

100 мл аналізованої води кожного з розведень наливають у колби місткістю 150–200 мл з широким горлом, закривають та струшують при обертанні при температурі 20⁰С, після чого відкривають і визначають характер та інтенсивність запаху.

Визначення запаху проводять, починаючи з найбільшого розведення.

Визначення характеру та інтенсивності запаху проводять за кімнатної температури і при 60–65⁰С в колбі, накритій годинниковим склом чи притертою пробкою.

2. Визначення колірності води.

Колірність води визначають колориметричним методом у градусах, порівнюючи її з дихроматно-кобальтовою шкалою кольоровості, яку отримують, змішуючи в різних співвідношеннях *розчини 1* та 2:

Таблиця 1. Шкала колірності

Кількість, мл:												
розчину 1	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
розчину 2	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84
Градуси колірності	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Готують серію еталонних розчинів: у мірні колби на 100 мл наливають зазначені об'єми розчину 1, доливають до риски розчином 2 і перемішують. Визначають оптичну густину отриманих розчинів і будують градувальну криву залежності кольоровості від оптичної густини.

Готують **модельну стічну воду-2**, яка містить **10 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$** . З неї готують розведення: 1:10, 1:100, 1:1.000 та 1:10.000.

Вимірюють оптичну густину отриманих модельних розчинів і визначають її колірність за градувальною кривою колірності. Якщо кольоровість складає більше 80⁰, - воду розбавляють, а результати помножують на кратність розбавлення.

Під час визначення колірності води рекомендують визначати її оптичну густину на спектрофотометрі за різних довжин хвилі або на фотоелектроколориметрі з різними світлофільтрами.

Визначення проводять упродовж 2 год, заздалегідь профільтрувавши пробу та викинувши перші порції фільтрату.

Оптичну густину вимірюють у кюветі з товщиною світлопоглинального шару 1 см порівняно з дистильованою водою. Довжина хвилі світла, як найбільше поглинається водою, і є характеристикою її кольору. Слід пам'ятати, що видимий колір розчину є додатковим до кольору випромінювання, що поглинається (табл. 2):

Таблиця 2. Довжина хвиль спектра і відповідне забарвлення

Довжина хвилі світла, що поглинається, нм	Колір випромінювання, що поглинається	Додатковий (видимий) колір розчину
400–450	Фіолетовий	Жовто-зелений
450–480	Синій	Жовтий
480–490	Зелено-синій	Оранжевий
490–500	Синьо-зелений	Червоний
500–560	Зелений	Пурпурний
560–575	Жовто-зелений	Фіолетовий
575–590	Жовтий	Синій
590–605	Оранжевий	Зелено-синій

605–730	Червоний	Синьо-зелений
730–760	Пурпурний	Зелений

Значення оптичної густини досліджуваної води за довжини хвилі, близької до максимуму поглинання, є мірою інтенсивності її забарвлення.

За правилом скидання стічних вод у водойми природна вода при змішуванні має залишатися прозорою у шарі завтовшки 10 см. З цією метою в лабораторних умовах визначають ступінь розбавлення води, за якого колір її шару зазначеної товщини стає непомітним.

Для цього на аркуш паперу ставлять три циліндри з прозорого скла діаметром 20–25 мм. У перший циліндр наливають стічну (досліджувану модельну) воду (висота шару – 10 см), у другий – стільки ж дистильованої води. В третьому циліндрі – досліджувана вода, яку поступово розбавляють доти, доки при огляді зверху розбавлена і дистильована вода не стануть однаковими.

3. Визначення наявності ПАР у зразках води за піноутворенням.

Наявність ПАР у зразках води виявляють завдяки їх здатності до піноутворення.

Вважають, що при наявності ПАР у водному розчині у концентраціях, менших за ГДК, – піна при струшуванні не утворюється.

Готують **модельну стічну воду-3**, яка містить **500 мг/л сульфонулу**. З неї готують розведення: 1:10, 1:100, 1:1.000 та 1:10.000.

Для визначення порогу піноутворення зразки аналізованої води вміщують у конічні колби та струшують. Реєструють наявність піни, її стабільність.

Оформлення результатів роботи :

1. За даними, занесеними до таблиці:

Концентрація фенолу у зразках води, мг/л	Інтенсивність запаху (в балах)					
	0	1	2	3	4	5
10,0						
1,0						
0,1						
0,01						
0,001						

визначити інтенсивність, характер та порогову концентрацію запаху модельної стічної води-1.

2. Отримані результати колірності модельної стічної води-2 занести до таблиці:

Концентрація $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, мг/л	Оптична густина зразків при різній довжині хвилі, нм			Колірність в градусах
	490–500	500–560	560–575	
10,0				
1,0				
0,1				
0,01				
0,001				

3. Зробити висновок про колір модельної води-1 на основі отриманих даних, а також даних з таблиці № 2.

4. Провести оцінку забрудненості води сульфолом за піноутворенням зразків:

Концентрація сульфолому у зразках води, мг/л	Параметри піноутворення*
500	
50	
5	
0,5	
0,05	

* (+) — піноутворення є;
 (±) — піна швидко спадає;
 (–) — піноутворення відсутнє.

5. Відмітити зразок модельної води з розведенням, при якому взагалі не спостерігається утворення піни. Розрахувати вміст у ньому сульфолому, який відповідає ГДК для цієї речовини.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Біотестування питної і стічних вод за допомогою фіто- і зоотестів

(4 години)

Токсичність стічної, питної або природної води можна визначити за допомогою методів біотестування.

Найбільш відомими тест-організмами є рачки *Ceriodaphnia dubia* та *Daphia magna*. Вид *Daphia magna* характеризується більшими розмірами, тому саме йому віддається перевага у токсикологічних дослідженнях.

Дафнії легко культивуються у лабораторних умовах в акваріумах з дехлорованою водою, які вміщують у термолюміностат. Кормом для дафній служать мікроскопічні водорості або пекарські дріжджі. Температура води повинна становити 18–22⁰С.

Оцінка токсичної дії на рачків проводиться за такими біологічними показниками:

- 1) виживання;
- 2) плодючість;
- 3) якісні характеристики потомства.

Експерименти з дафніями можуть бути гострими та хронічними. В гострих експериментах вивчають виживання, а в хронічних – спостерігають за дією токсичних речовин на плодючість та якість молоді.

Токсичність води оцінюється за п'ятибальною шкалою, де:

- 1 бал – вода **надгостротоксична** (впродовж доби чи швидше гине 100% дафній);
- 2 бали – вода **гостротоксична** (100% дафній гинуть впродовж 5 діб);
- 3 бали – вода **токсична** (впродовж 5 діб гине 70% дафній);
- 4 бали – вода **малотоксична** (гине не більше 30% дафній впродовж 5 діб);
- 5 балів – вода **умовно токсична** (виживає 100% дафній, які за зовнішнім станом і поведінкою не відрізняються від контрольних).

Токсичність води можна також встановлювати, використовуючи в якості тест-об'єктів насіння та проростки вищих рослин. Токсичний вплив в такому випадку визначають за зміною відсотку проростання насіння та за пригніченням розвитку проростків (реєструється за довжиною стебельця та корінців, порівняно з контролем).

М е т а р о б о т и : визначити гостру і хронічну токсичність модельної стічної води заводу побутової хімії та води, що містить важкі метали.

Матеріали та обладнання: 1) стакани хімічні об'ємом на 50, 100, 250 мл ; 2) колби мірні на 500, 1.000 та 2.000 мл; 3) колби конічні ($V = 200\text{--}500$ мл); 4) мірні циліндри ($V = 0,5\text{--}2,0$ л); 5) піпетки; 6) скляні трубочки для відлову дафній; 7) пральний порошок „Лотос” (із сульфонолом); 8) $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 9) молоді дафнії віком 1–2 доби; 10) насіння крес-салату; 11) паперові фільтри; 12) чашки Петрі.

Х І Д Р О Б О Т И :

1. Готують **модельну стічну воду-1**, яка містить **2 г синтетичного миючого засобу (СМЗ) „Лотос”** на 1 л води. З цієї води роблять розведення: 1:2;1:4; 1:10 та 1:20.
2. Готують **модельну стічну воду-2**, яка містить **1 г $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$** на 1 л води. З неї готують розведення: 1:2;1:4; 1:10 1:20 та 1:100.

К о н т р о л е м в обох випадках слугує дехлорована вода, або природна вода з чистої ділянки водойми.

3. В хімічні склянки наливають по 100 мл **контрольної води** або **модельної стічної води** (та її розведень) та вміщують туди по 10 дафній віком 1–2 доби, після чого експонують їх при температурі $18\text{--}22^\circ\text{C}$ протягом 5 діб. Перші спостереження роблять через 1, 2, 4, 6 та 24 години. Вважають, що дафнії вижили, якщо вони вільно пересуваються у воді або спливають нагору не пізніше 15 с після легкого погойдування посуду. У такий спосіб визначають гостру токсичність. Про хронічну токсичність роблять висновок, культивуючи дафнії в зразках досліджуваної води протягом 10 діб і спостерігаючи за поведінкою дафній, кількістю та розмірами новонароджених особин.
4. У чашки Петрі $\varnothing 90$ мм розкладають паперові фільтри і додають по 5 мл досліджуваних модельних стічних вод. Контролем слугує чашка, у яку додають чисту дистильовану воду.

Для кожного зразка води роблять по 3 паралельних досліди. На поверхню змочених фільтрів розкладають по 20 насінин крес-салату. Через 1 і 2 доби роблять підрахунок пророслого насіння в контрольних та дослідних чашках та визначають вплив СМЗ „Лотос” та іонів міді в різних концентраціях на проростання насіння.

В подальші дні спостерігають за розвитком проростків, вимірюючи довжину їх корінців і порівнюючи з контрольними проростками.

Оформлення результатів роботи :

1. Отримані результати оформити у вигляді наступних таблиць:

Вплив досліджуваних забруднювачів на виживання дафній

Зразок води		% дафній, що вижили					Токсичність води за п'ятибальною шкалою
		через 1 добу	через 2 доби	через 3 доби	через 5 діб	через 7 діб	
із СМЗ „Лотос”, г/л	2,0						
	1,0						
	0,5						
	0,2						
	0,1						
із $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, г/л	1,0						
	0,5						
	0,25						
	0,10						
	0,05						
	0,01						
КОНТРОЛЬНА ВОДА							

Вплив досліджуваних забруднювачів на проростання насіння крес-салату

Зразок води		% пророслого насіння		Довжина корінців проростків, мм		
		через 1 добу	через 2 доби	через 3 доби	через 5 діб	через 7 діб
із СМЗ „Лотос”, г/л	2,0					
	1,0					
	0,5					
	0,2					
	0,1					
із $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, г/л	1,0					
	0,5					
	0,25					
	0,10					
	0,05					
	0,01					
КОНТРОЛЬНА ВОДА						

2. Зробити висновок про токсичність *модельної стічної води-1* та *модельної стічної води-2*.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Запиленість територій та наслідки цього явища для довкілля. Оцінка токсичності пилової фракції

(4 години)

1 заняття – виконуємо завдання 1–2. Готуємо культуральну рідину для розмноження найпростіших

2 заняття – Визначаємо кількість пилу на листі рослин та токсичність пилової фракції.

Запиленість повітря – важливий екологічний чинник. Небезпека пилу для людини визначається його хімічною природою, концентрацією, формою часточок, токсичністю, здатністю сорбувати забруднюючі речовини.

За розміром часточок пил можна розділити на дві групи:

- **тонкодисперсний пил** (порох), який складається з легких і рухомих часточок розміром до кількох десятків і сотень мікрометрів ($1 \text{ мкм} = 10^{-3} \text{ мм}$), який довго утримується в повітрі і в разі вдихання людиною може накопичуватися в легенях;
- **грубодисперсний пил**, що складається з великих і важких часточок, який швидко осаджується з повітря.

У закритому приміщенні в 1 см^3 повітря може міститися до 10^6 пилових часточок різних розмірів, токсичності, природи.

Мета роботи: навчитися визначати вміст пилу в повітрі, його гранулометричний склад та токсичність.

Матеріали та обладнання: дистильована вода; 10%-вий розчин хлорної або сульфатної кислоти; аналітичні терези; лопатки для взяття зразків пилу; мікроскоп; піпетка; препарувальна голка; скельця для мікроскопіювання: предметове, покривне, скельце з лункою; секундомір; фільтри паперові типу АФА-10; термостат; скляні бюкси; фарфорова ступка; пінцети; чашки для випарювання; лінійка; вата; фільтрувальний папір; карта частини міста, що досліджується; суспензія найпростіших.

Х І Д Р О Б О Т И :

1. Визначення відносної запиленості повітря

Нанести 1 краплю води (100 мкл) на предметове скло. Встановити скло у вибраному місці на 15 хв. Підготувати мікропрепарат, накривши краплю води з осілими пиловими часточками покривним скельцем.

Помістити мікропрепарат на предметовий столик мікроскопа. Встановити таке збільшення, щоб у полі зору була якомога більша частини краплі. Підрахувати кількість пилових часточок у краплі і описати їх якісний склад (вигляд, структуру, взаємне розміщення, особливості будови, тощо).

Визначити кількість пилових часточок, що осіли протягом 15 хв. На поверхні краплі такої самої площі після витримування предметового скла з краплею у різних ділянках одного й того ж самого приміщення, в різних приміщеннях.

2. Визначення якісного складу пилу

Відібрати зразок пилу, піддівуючи лопаткою відклади пилу на «доріжці» завширшки 3-5 см. Перенести зразок з лопатки на предметове скло. Підготувати мікропрепарат сухого пилу, накривши зразок пилу покривним скельцем. Розглянути мікропрепарат під мікроскопом, встановивши таке збільшення, щоб у полі зору була якомога більша частина препарату. Описати зовнішній вигляд, форму, розміри, взаємне розміщення, колір, часточок, тощо.

Підняти покривне скельце препарувальною голкою, нанести на зразок пилу краплю кислоти і відразу накрити покривним скельцем. Вмістити мікропрепарат на предметовий столик, розглянути його під мікроскопом та описати зміни, що відбуваються із зразком пилу у кислоті.

3. Визначення запиленості листя дерев

У лабораторних умовах на аналітичних терезах зважити скляні бюкси з вміщеними до них шматочками зволоженої вати. Зважування проводити з точністю до $\pm 0,0002$ г. Точну вагу записати як m_1 . Бюкси закрити притертими кришечками.

У позначених на карті місцях обрати тополі одного виду. На кожному дереві на висоті 1,5-2 м (висота шару повітря, яке вдихає людина) обрати листочок і ретельно протерти його зволоженою ватою. Вату необхідно тримати пінцетом над бюксом, слідкуючи, щоб з неї не стікали краплини води. Листок необхідно обробляти з обох боків, після чого вату з накопиченою пиловою фракцією обережно вмістити назад до бюксу. Обчислити площу обробленої листкової пластинки, вимірявши її уздовж (A), впоперек (B) та помноживши результат на коефіцієнт k (коефіцієнт k для різних видів тополь коливається від 0,6 до 0,66):

$$S = A \cdot B \cdot k.$$

Подібні маніпуляції на кожному дереві повторити в 10-15 повторностях.

Одночасно подібним чином обробити листя тополь з чистої зони (*контроль*).

В лабораторії бюкси, що містять вату з пиловою фракцією, зважити (m_2). Обчислити масу пилу, як різницю між двома зважуваннями:

$$m = m_2 - m_1.$$

Кількість пилу обчислюють за формулою:

$$M = \frac{m}{S}, \text{ мг/см}^2.$$

Отримані результати занести в таблицю та статистично обробити.

4. Визначення токсичності пилу за допомогою проби з найпростішими

Для дослідів використовують культуру найпростіших, яку підготовують заздалегідь.

Готують перепарат пилу, додавши до його наважки таку кількість дистильованої стерильної води, щоб кінцева концентрація розчину становила 0,2 мг/л.

Рівні кількості суспензії найпростіших та пилового розчину змішують. Краплину суміші наносять на середину покривного скельця та виготовляють препарат «висяча краплина». Препарат розміщують під мікроскопом, встановивши загальне збільшення $\times 200$. Спостерігають за рухом найпростіших, контролюючи час експозиції з пиловою фракцією за допомогою секундоміра.

Спостерігають спочатку прискорення руху найпростіших, потім – уникнення ними частинок пилу, далі – зменшення і припинення руху. Відзначають час, необхідний для повного припинення руху найпростіших в перепараті. Токсичність пилу розраховують за формулою:

$$Tox = \frac{1000 \cdot 2}{t \cdot C}, \text{ де}$$

t – час експозиції, необхідний для повної зупинки руху найпростіших (с);

C – концентрація пилу у його суспензії (мг/л).

Оформлення результатів роботи :

- Отримані результати оформити у вигляді наступних таблиць:

Відносна запиленість та якісний склад пилу у різних точках приміщення

№ зразка пилу	Місце відбору зразка	Результати спостережень	
		Кількість пилових часточок в полі зору при 15-хвилинній експозиції	Опис якісного складу зразка (з урахуванням поведінки у розчині кислоти)
1.			
2.			
3.			

Оцінка запиленості листя дерев

Місце відбору зразка	Площа листків, cm^2	Кількість пилу	
		мг/ cm^2	% від контролю

2. Дані щодо запиленості листя дерев (у відсотках від контролю) на різних ділянках території наносять на карту, подібні за забрудненістю ділянки з'єднують ізолініями і зафарбовують різними кольорами: червоним – зону найбільшого забруднення, оранжевим – меншого, жовтим – слабкого, зеленим – чисту зону.

3. Проаналізувавши отримані результати, роблять висновок про:

- якісний склад пилу;
- відносну запиленість повітря в різних точках приміщення;
- екологічний стан приміщення;
- токсичність пилу в залежності від місця та джерела його отримання.

4. Відповісти на контрольні запитання:

- Чи залежить шкідливість пилу для здоров'я людини від форми часточок?
- Які джерела пилу можуть бути у кімнатному приміщенні?
- Від яких чинників залежить здатність рослин очищати повітря від пилу?
- Назвіть прямий та опосередкований вплив запиленості атмосферного повітря на рослини і тварин.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Вміст хлорофілу в листках рослин – біоіндикаційна ознака середовища

(4 години)

1 заняття – будуємо калібрувальну криву залежності оптичної густини від кількості хлорофілу у розчині (за допомогою розчину Гетрі. Визначаємо вологість листя.

2 заняття – Визначаємо вміст хлорофілу у листі, зібраному на деревах забруднених зон та чистих (контроль). Показник кількості хлорофілу виражаємо як відсоток до контролю (дерева чистих зон).

Рослини можуть бути індикаторами стану довкілля на різних рівнях: популяційному, організменному, тканинному та молекулярному.

Б. Келлер у 1909 р. наголошував, що рослинність є чудовим показником стану навколишнього середовища в цілому і ґрунтів зокрема.

Зміна умов навколишнього середовища призводить до численних змін у зовнішньому вигляді рослин, що робить їх чудовими організмами-біоіндикаторами.

Хлорофіл може бути індикатором збільшення в повітрі кислотних оксидів, засолення ґрунтів, нестачі нітрогену та деяких елементів у ґрунті, підвищенні концентрації озону під час фотохімічного смогу Руйнування зеленого барвника проявляється у вигляді хлорозу (знебарвлення), некрозу (відмирання тканин), зміни кольору листка (пожовтіння у липи внаслідок сольового стресу, у смородини – почервоніння від SO₂).

В умовах міста в якості біоіндикаторів можна використовувати газочутливі види: липу дрібнолисту, клен гостролистний, каштан кінський, ялину звичайну, сосну звичайну (шпилькові види більш чутливі, ніж листяні, оскільки листя опадає щорічно, а шпильки – раз на 3-7 років, що сприяє накопиченню забруднювачів).

Метод кількісного визначення хлорофілу в листі дерев базується на попередньому його вилученні органічними розчинниками (спирт або ацетон) і вимірювання світлопоглинання екстракту на фотоелектроколориметрі чи спектрофотометрі.

М е т а р о б о т и : освоїти метод кількісного визначення вмісту хлорофілу у листі зелених рослин і навчитися застосовувати цей метод для оцінки загального стану навколишнього середовища і ґрунтів зокрема.

Матеріали та обладнання: аналітичні терези; фотоелектроколориметр; насос Камовського або водоструменевий; колба Бунзена з пробкою і скляними фільтрами № 2 і № 3 (якщо немає насосу і колби Бунзена, витяжку хлорофілу можна відділити центрифугуванням); ступки фарфорові малі з товчачиками; скляні палички; ножиці; подрібнене і просіяне скло; мірні колби на 50 та 100 мл; калька; вазелін; фільтрувальний папір; 1%-вий розчин CuSO₄·5H₂O; 2%- вий розчин K₂Cr₂O₇; 7%- вий розчин аміаку (на 7 мл аміаку беруть 11 мл дистильованої води); листя рослин, зібране в «забруднених» та «чистих» зонах (можна використати і кімнатні рослини, вирощені на родючому гумусовому і малородючому ґрунтах з поливом розчином солей важких металів).

Х І Д Р О Б О Т И :

Визначення хлорофілу в листках можна проводити як на свіжому, так і на фіксованому матеріалі. Фіксацію проводять текучим паром (5 хв.) чи сухим жаром (при 105⁰С у сушильній шафі протягом 5-10 хв.).

При роботі з сухим матеріалом беруть наважку 0,5-1 г, зі свіжим – 1-2 г. Попередньо визначають вологість листків.

Наважку рослин (крім прожилків) подрібнюють у ступці, додаючи крейду чи карбонат магнію. Вилучення хлорофілу з сухого матеріалу проводять 90%-вим розчином етанолу чи 80-85%-вим розчином ацетону, а із свіжого – 96-98%-вим спиртом чи абсолютним ацетоном.

До розтертого рослинного матеріалу додають кілька мілілітрів розчинника і знову розтирають. Рідину зі ступки переносять по скляній паличці на скляний фільтр чи в центрифужну пробірку, попередньо змастивши «носик» ступки вазеліном із зовнішнього боку. У ступки долити ще 4-5 мл розчинника і знову розтерти 1 хв. Отриману порцію рідини долити до попередньої. Весь розтертий матеріал перенести на фільтр і відфільтрувати розчин, промиваючи його розчинником, доки фільтрат не стане безбарвним (аналогічно проводять центрифугування, зливаючи рідину і промиваючи твердий залишок розчинником).

Весь екстракт переносять у мірну колбу об'ємом 50 мл, споліскують колбу Бунзена (або центрифужну пробірку) розчинником і ним доводять об'єм до риски.

Фотометрування проби здійснюють на фотоелектроколориметрі з червоним світлофільтром.

Для перерахунку вмісту хлорофілу на стандартні величини використовують розчин Гетрі (в мірну колбу місткістю 100 мл вносять 28,5 мл розчину $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 50 мл розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10 мл розчину аміаку і доводять об'єм до риски дистильованою водою, перемішують). Розчин Гетрі за забарвленням колориметрично еквівалентний розчину кристалічного хлорофілу з концентрацією 8,5 мг/л.

Методом розбавлення стандартного розчину будують градувальну криву $A = f \cdot (C_{\text{хл}}, \text{мг/л})$. Концентрацію хлорофілу вимірюють в діапазоні від 0,085 (1 мл початкового розчину і 99 мл дистильованої води) до 7,65 мг/л (90 мл початкового розчину і 10 мл води).

За градувальною кривою визначають вміст хлорофілу у дослідних зразках. Розраховують масову частку хлорофілу в мг/г у листках (на сиру чи на суху масу). Можна також визначити масову частку пігменту у відсотках (в насадженнях сосни ці дві величини становлять 0,08-0,14% на сиру масу і 0,3-1,3% на абсолютно суху масу листя).

Оформлення результатів роботи :

1. Результати експерименту внести в таблицю:

Опис зразку	Наважка листя, мг	Об'єм витяжки, мл	Оптична густина	Кількість хлорофілу за градувальною кривою, мг/50 мл	Вміст хлорофілу у листяках	
					мг/г	%
Листя, зібране на забрудненій (чим?) території						
Листя, зібране у межах «чистої» зони						

2. Порівняти кількість хлорофілу в листі рослин, зібраному в «забрудненій» та «чистій» зонах.
3. Зробити узагальнення стосовно того, які чинники докільки знижують вміст хлорофілу в листі рослин.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

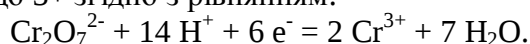
Екологічна оцінка стану природних водойм за індексами хімічного та біологічного споживання кисню

(2 години)

Інтенсивний розвиток промисловості та велика концентрація населення у містах призводить до забруднення стічної води широким спектром органічних та неорганічних речовин. Для визначення хімічної природи та кількості забрудників використовують різні аналітичні методи (титриметричні, колориметричні, хроматографічні тощо). Однак у зв'язку з тим, що склад забрудників може бути дуже різноманітним і невизначеним, існують універсальні методи аналізу стічної води, такі як:

- вміст загального органічного вуглецю;
- хімічне споживання кисню (ХСК);
- біохімічне споживання кисню (БСК).

Хімічним споживанням кисню (ХСК) називається величина, яка характеризує загальний вміст у воді органічних та неорганічних відновників, здатних реагувати з сильними окисниками. Для аналізу природних вод як окисник використовують перманганат калію (так звана перманганатна окисність), а для стічних вод – біхромат калію (біхроматна окисність). Внаслідок окиснення забрудників води хром, що входить до складу біхромату калію, відновлюється з 6+ до 3+ згідно з рівнянням:



Остаточне значення ХСК виражають у міліграмах кисню, що витрачається на окиснення забрудників води.

Оскільки вміст у воді неорганічних речовин можна точно визначити спеціальними методами, то, віднімаючи від загальної кількості ХСК витрату окисника, що відповідає вмісту у воді неорганічних відновників, можна за різницею з достатньою точністю знайти вміст органічних речовин у зразку, що досліджується:

$$\text{ХСК}_{\text{загальне}} - \text{ХСК}_{\text{неорган. сполук}} = \text{ХСК}_{\text{орган. сполук}}$$

При контакті з біхроматом в присутності сірчаної кислоти та каталізатора сульфата срібла більшість органічних речовин окиснюється на 95-100%. Окиснення органічних сполук біхроматом за зазначених умов відбувається до утворення двооксиду вуглецю та води, азот виділяється у вигляді газу. Однак існує незначна кількість сполук (бензол, толуол, піридин та ін.), котрі зовсім не окиснюються навіть у присутності каталізатора.

Для визначення екологічної небезпеки забрудненої води та перспектив її очистки в природних водоймищах і на біологічних очисних спорудах потрібно знати не лише загальний вміст в ній органічних речовин, а й можливість їх біологічного руйнування. Таку інформацію можна отримати, визначивши рівень біохімічного споживання кисню у стічній воді.

Біохімічне споживання кисню (БСК) – це кількість кисню, виражена у міліграмах, яка необхідна для окиснення органічних речовин, що містяться в 1 л стічної води, за аеробних умов під впливом біологічних процесів.

Швидкість окиснення певної органічної речовини, і, відповідно час, що необхідний для її повної мінералізації, залежить від природи цієї речовини. Як показали дослідження, у водах, забруднених господарсько-побутовими стоками, мінералізації органічних речовин закінчується через 10 діб, а остаточна стабілізація значення БСК (БСК повне) настає через 20 діб. Результати БСК виражають у мг О₂ у перерахунку на 1 л води.

М е т а р о б о т и : навчитися оцінювати екологічний стан природних водойм з використанням показників хімічного (ХСК) та біохімічного (БСК) споживання кисню.

Матеріали та обладнання: .

Х І Д Р О Б О Т И :

1. Визначення хімічного споживання кисню (ХСК) (прискорений метод)

Даний метод визначення ХСК ґрунтується на тому, що зразок природної або стічної (слабкозабрудненої) води прогрівують в присутності біхромата калію, сірчаної кислоти та каталізатора, а потім залишок неокисненого біхромату відтитрують сіллю Мора в присутності індикатора. Якщо у воді містяться хлорид-іони, то потрібно їх або відділити, або визначити їх вміст і результат відняти від загальної окиснюваності води.

50 мл природної або слабкозабрудненої стічної води внести у конічну колбу з притертою пробкою місткістю 250 мл. Долити 25 мл розчину біхромату калію, додати 0,3-0,5 г сульфату аргентуму і 20 мл концентрованої сульфатної кислоти. Колбу закрити пробкою і залишити на 10 хв. Періодично перемішувати, не відкриваючи пробку.

Не охолоджуючи розчину, прилити 5-7 крапель індикатора (фенілантранілова кислота) і титрувати розчином солі Мора до переходу забарвлення розчину з бурувато-зеленого до чисто-зеленого.

Окиснюваність води визначити за формулою:

$$ХСК = \frac{(a - b) \cdot C \cdot \left(\frac{1}{z}\right) \cdot 8 \cdot 1000}{V}, \text{ мг } O_2/\text{л},$$

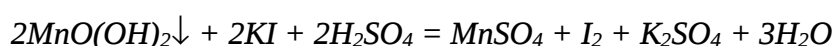
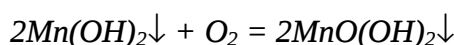
де a і b – об'єм солі Мора, витрачений на титрування контрольної проби і аналізованого розчину відповідно, мл; $C \cdot \left(\frac{1}{z}\right)$ – молярна концентрація еквівалентів розчину солі Мора; V – об'єм проби, взятий для аналізу, мл; 8 – еквівалент кисню.

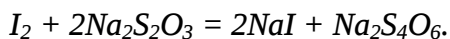
2. Визначення біохімічного споживання кисню (БСК)

Метод полягає в тому, що відібраний зразок стічної води насичують киснем повітря і визначають вміст кисню одразу та після деякого терміну інкубування при 20⁰С. Зменшення вмісту кисню у кисневих склінках через 5 діб (БСК₅) зумовлене, головним чином, біохімічними процесами, що відбуваються в аеробних умовах та призводять до розпаду (мініралізації) органічних забрудників води.

Склянки для визначення БСК ополіскують і заповнюють доверху водою через лійку з гумовим наконечником для запобігання потрапляння до неї бульбашок повітря (2 склянки з досліджуваною водою і 2 склянки з водою для розведення).

1. У контрольній воді відразу ж визначають вміст розчиненого кисню. Його визначення базується на протіканні наступних реакцій:





Визначення концентрації розчиненого O_2 :

у склянку, заповнену пробую, вносять на дно 2 мл розчину $MnSO_4$, потім під рівень проби вводять 2 мл лужного розчину KI . Склянку закривають пробкою і перемішують до утворення пластівців осаду MnO . Дають осаду відстоятись на дні, потім додають 1 мл концентрованої H_2SO_4 і перемішують до повного його розчинення. Відбирають 100 мл води з колби і титрують 0,01 М розчином $Na_2S_2O_3$.

Вміст кисню обчислюють за формулою:

$$C = \frac{V \cdot K \cdot 0,01 \cdot 8 \cdot 1000}{100} \text{ [мг } O_2 / \text{л}], \text{ де}$$

V – об'єм розчину тіосульфату натрію, витраченого на титрування (мл);

K – поправний коефіцієнт для приведення молярної концентрації розчину $Na_2S_2O_3$ точно до 0,01;

0,01 – молярна концентрація розчину тіосульфату натрію (моль/л);

8 – молярна маса кисневого еквіваленту;

100 – об'єм проби для титрування.

Дослід показує, що в зразках модельних вод водоймищ та стічних вод відразу після їх приготування вміст кисню такий же самий, як у контрольній воді.

За звичаєм вміст розчиненого кисню в контролі становить 8–9 мг/л.

Дослідні і контрольні склянки закривають пробками і ковпачками для гідрозатвору і залишають в термостаті. Кожна проба закладається в чотирьох повторностях.

Через 5 діб визначаємо вміст розчиненого кисню в пробах. Об'єм проби для титрування модельних розчинів становить 50 мл. Вміст розчиненого кисню визначаємо за наведеною вище формулою, коректуючи тільки об'єм проби.

Біологічне споживання кисню буде дорівнювати різниці між його вмістом в пробі на час закладання досліду і через 5 діб (БСК₅). Потрібно мати на увазі, що показник БСК не включає витрати кисню на нітрифікацію.

Оформлення результатів роботи :

1. Визначити ХСК отриманих розчинів модельної води.
2. Визначити БСК отриманих розчинів модельної води.
3. Розрахувавши біохімічний показник (БП) модельного розчину, зробити про здатність забрудника даного розчину розкладатися за допомогою мікроорганізмів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Встановлення показника ознаки шкідливості хімічних речовин у воді за їх впливом на санітарний режим водоймища

(6 годин)

1 заняття – приготування розчинів для визначення кисню за Вінклером. Підготовка посуду та бюретонок. Приготування води для розведення (розчини мікроелементів). Розрахунок та приготування розчинів модельної води, забрудненої різноманітними токсичними речовинами.

2 заняття – Підготовка ґрунтової бовтанки. Постановка досліду. Визначення показника БСК₀.

3 заняття – Визначення показника БСК₇ або БСК₁₄.

Задовільний санітарний стан водоймищ підтримується завдяки проходженню у воді процесів самоочищення. Забруднювачі, які із стічними водами потрапляють до водойм, можуть впливати на процеси самоочищення і змінювати санітарний режим.

Відповідно до правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами передбачається, що вода у водоймі повинна містити не менше 4–6 мг/л розчиненого кисню.

Окислення органічних речовин у воді біологічним шляхом здійснюють різні групи аеробних мікроорганізмів, які витрачають на це кисень, розчинений у воді. Тому **основним показником загального санітарного стану водоймищ прийнятий показник біологічного споживання кисню (БСК).**

БСК – це кількість кисню в міліграмах, яка потрібна для окислення органічних речовин, що містяться у 1 л води за певний проміжок часу. Так, показники БСК₅, БСК₁₀ та БСК₂₀ будуть відповідати кількості кисню, необхідного для окислення органіки в 1 л води за 5, 10 та 20 діб відповідно.

За характером впливу на БСК речовини, що потрапляють у воду, можуть бути поділені на 3 групи:

- 1) речовини, які не впливають на рівень БСК;
- 2) речовини, що пригнічують процес БСК;
- 3) речовини, які підвищують рівень БСК.

М е т а р о б о т и : встановити характер впливу сульфону та іонів міді на процес біологічного споживання кисню.

Матеріали та обладнання: 1) склянки для визначення БСК; 2) бутель для води; 3) піпетки; 4) мірні колби; 5) бюретка; 6) лійка з гумовим наконечником; 7) термостат.

Х І Д Р О Б О Т И :

Приготування необхідних реактивів :

1. Сульфат або хлорид марганцю (II):

$400 \text{ г } \text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $480 \text{ г } \text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 $364 \text{ г } \text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

} Розчинити одну з наведених солей в дистильованій воді та довести об'єм розчин до 1 л. Профільтрувати.

Замість сульфата можна працювати з хлоридом марганцю. В цьому випадку 245 г $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ розчиняють в дистильованій воді та доводять до 1 л.

2. Лужний розчин йодиду калію або натрію:

700 г KOH або 500 г NaOH розчиняють у дистильованій воді так, щоб об'єм розчину складав приблизно 800 мл. Осад карбонатів збирається на дні колби, а прозору рідину зливають в іншу колбу. Окремо в невеликій кількості води розчиняють 150 г KI або NaI , після чого розчин йодиду зливають з розчином лугу і доводять їх загальний об'єм до 1 л. Отриманий розчин зберігають в посуді з темного скла.

3. Концентрована сірчана кислота ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$).

4. Крохмаль – 0,5% розчин.

5. Тіосульфат натрію – 0,01 н. розчин.

Готують шляхом розбавлення із 0,1 н. розчину. Титр розведеного розчину перевіряють раз на тиждень за стандартним розчином дихромату калію.

Приготування води для розведення

Воду для розведення готують на дистильованій воді, яку відстоюють впродовж 4–5 діб, додаючи у неї солі елементів, які необхідні для живлення та життєдіяльності мікроорганізмів:

ü фосфатний буферний розчин, $\text{pH} \approx 7,2$:

8,5 г KH_2PO_4 та 21,75 г NH_4Cl розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм розчину до 1 л;

ü сульфат магнію:

22,5 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у дистильованій воді і доводять водою до 1 л;

ü хлорид феруму (III):

0,25 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у дистильованій воді та доводять її об'єм до 1 л;

ü хлорид кальцію:

27,5 г CaCl_2 (б/в) розчиняють у дистильованій воді та доводять до 1 л.

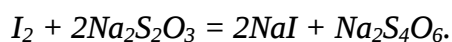
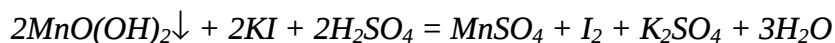
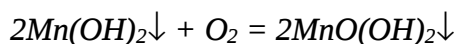
У дистильовану воду вносять по 1 мл поживних солей на 1 л води. Перемішують струшуванням для аерації. Безпосередньо перед визначенням БСК у воду для розведення додають культуру мікроорганізмів (1 мл на 1 л води) і 200 мг/л гідрокарбонату натрію (NaHCO_3) для створення рН у межах 6,8–7,5.

Як культуру мікроорганізмів використовують „грунтову бовтанку”: 25 г ґрунту вносять у 0,5 л дистильованої води, перемішують, відстоюють 1 год, два рази фільтрують; фільтрат додають до води для розбавлення в кількості 1 мл на 1 л води.

Вода для розведення за кімнатної температури (18–20°C) має містити 8–9 мг/л розчиненого кисню. БСК води для розведення визначають одночасно з визначенням БСК проби. БСК₅ води для розведення не має перевищувати 0,5 г/л.

Визначення рівня БСК

2. До відстояної розведеної води додають мікроорганізми із ґрунтової бовтанки.
3. Готують модельну стічну воду:
 - а) За воду водойми приймаємо воду для розведення з додаванням 0,05 г/л глюкози. Всі необхідні біогенні елементи є у воді для розведення.
 - б) До води зразка (а) додають сульфол у концентраціях 50; 10; 5 мг/л.
 - в) До води зразка (а) додають Cu^{2+} в концентраціях 100; 10; 1 мг/л.
 - г) Контрольною водою буде вода для розведення.
4. Склянки для визначення БСК споліскують і заповнюють до верху водою через лійку з гумовим наконечником для запобігання потраплянню бульбашок повітря.
5. У контрольній воді відразу ж визначають вміст розчиненого кисню. Його визначення базується на протіканні наступних реакцій:



Визначення концентрації розчиненого O_2 :

у склянку, заповнену пробую, вносять на дно 2 мл розчину MnSO_4 , потім під рівень проби вводять 2 мл лужного розчину KI . Склянку закривають пробкою і перемішують до утворення пластівців осаду MnO . Дають осаду відстоятись на дні, потім додають 1 мл концентрованої H_2SO_4 і перемішують до повного його розчинення. Відбирають 100 мл води з колби і титрують 0,01 М розчином $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Вміст кисню обчислюють за формулою:

$$C = \frac{V \cdot K \cdot 0,01 \cdot 8 \cdot 1000}{100} \text{ [мг } O_2 / \text{л}], \text{ де}$$

V – об'єм розчину тіосульфату натрію, витраченого на титрування (мл);

K – поправний коефіцієнт для приведення молярної концентрації розчину $Na_2S_2O_3$ точно до 0,01;

0,01 – молярна концентрація розчину тіосульфату натрію (моль/л);

8 – молярна маса кисневого еквіваленту;

100 – об'єм проби для титрування.

Дослід показує, що в зразках модельних вод водоймищ та стічних вод відразу після їх приготування вміст кисню такий же самий, як у контрольній воді.

За звичаєм вміст розчиненого кисню в контролі становить 8–9 мг/л.

Дослідні і контрольні склянки закривають пробками і ковпачками для гідрозатвору і залишають в термостаті. Кожна проба закладається в чотирьох повторностях.

Через 2 і 5 діб визначаємо вміст розчиненого кисню в пробах. Об'єм проби для титрування модельних розчинів становить 50 мл. Вміст розчиненого кисню визначаємо за наведеною вище формулою, коректуючи тільки об'єм проби.

Біологічне споживання кисню буде дорівнювати різниці між його вмістом в пробі на час закладання досліду і через 2 доби (БСК₂) або через 5 діб (БСК₅). Потрібно мати на увазі, що показник БСК не включає витрати кисню на нітрифікацію.

Після одержання результатів аналізують вплив сульфону та іонів міді в різних концентраціях на процес споживання кисню (інертний вплив, пригнічення або підвищення рівня БСК).

Оформлення результатів роботи:

1. Отримані результати представити у вигляді наступної таблиці:

Проба	Початковий вміст O_2	Вміст O_2 в пробах через 2 доби	БСК ₂	Оцінка впливу забруднювача*	Вміст O_2 в пробах через 5 діб	БСК ₅	Оцінка впливу забруднювачів*
Вода для розведення							
Модельна вода водоймища (а)							
Вода (а) + 50 мг/л сульфону							
Вода (а) + 10 мг/л сульфону							
Вода (а) + 5 мг/л сульфону							
Вода (а) + 100 мг/л Cu^{2+}							
Вода (а) + 10 мг/л Cu^{2+}							

Вода (а) + 1 мг/л Cu^{2+}							
--	--	--	--	--	--	--	--

2. Зробити узагальнення стосовно впливу конкретних забруднювачів* на екологічний стан водойми.

* Вплив забруднювачів (сульфонолу, Cu^{2+}) оцінюється як інертний, пригнічення або підвищення рівнів БСК. У випадках пригнічення або підвищення вплив виражають у % в порівнянні з модельною водою водоймища.

Приклад:

Якщо БСК₅ модельної води водоймища = 5 мг O_2 /л,
а БСК₅ води з додаванням іонів міді = 4 мг O_2 /л, то
пригнічення рівня БСК складає 20%.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Екологічне нормування вмісту нафти в ґрунті за допомогою мікробного амілолітичного угруповання

(3 години)

Нафта і нафтопродукти є пріоритетними забруднювачами біосфери. Фіто-, зоо- і мікроботоксичні властивості забруднених нафтою ґрунтів мають виражений негативний характер. Але при малих дозах нафти її вплив на біоту найкраще виявляється за реакцією ґрунтової мікрофлори, зокрема – на різних фізіологічних групах мікроорганізмів.

Мета роботи: визначити вплив різних доз нафти на розвиток індикаторної групи ґрунтових мікроорганізмів – амілолітичного угруповання.

Матеріали та обладнання: 1) чашки Петрі; 2) терези; 3) шпателі; 4) мікроскопи; 5) предметові та покривні скельця; 6) сира нафта; 7) зразки ґрунтів різного типу.

Х І Д Р О Б О Т И :

- Підготовка ґрунтових зразків:** ґрунт у повітряно-сухому стані розтирають у ступці, відділяють коріння і у воложують до 60% від повної вологості, після чого ретельно перемішують. У воложений ґрунт ділять на зразки, до яких додають сирі нафти у кількості: 10; 30; 100 та 300 мл/кг. Контрольні (без додавання нафти) та дослідні зразки розкладають у чашки Петрі, після чого витримують їх при $t^0 \sim 20-25^0\text{C}$ протягом 2-3 діб.
- В центр чашок Петрі на поверхню ґрунту напильюють тонкий шар крохмалю у вигляді квадрата розміром 4 см^2 ($2 \times 2\text{ см}$). Чашки вміщують в термостат ($t^0 = 25^0\text{C}$) і протягом 3 тижнів спостерігають за розвитком ініційованого амілолітичного угруповання, яке почне розвиватися на крохмальному квадраті. Через 5, 10, 15, і 20 діб роблять опис мікроорганізмів. Для цього реєструють:
 - Загальну біомасу угруповання, яку визначають за площею покриття крохмалю мікроорганізмами (у %).
 - Окремо визначають площу, зайняту мікроскопічними грибами і площу, що знаходиться під бактеріальними колоніями.
 - Ретельно описують морфологічні ознаки (наявність і тип повітряного міцелію; колір; консистенцію) мікроорганізмів амілолітичного угруповання.
 - Визначають мікроорганізм-домінант (площа, яку він займає, повинна складати більше 20% від загальної площі угруповання).

д) Реєструють які мікроорганізми зустрічаються часто (покривають 5–20% загальної площі) та ті, що зустрічаються рідко (покривають <5% загальної площі).

- Після останнього опису, співставляють та аналізують отримані результати в порівнянні з контролем.

Зазвичай доза нафти, яка складає **1–3 мл/кг ґрунту** стимулює загальну біомасу угруповання, а його якісний склад залишається постійним. Ці концентрації можна умовно визначити як „зону нафтового гомеостазу”.

Дози у **10–30 мл нафти на 1 кг ґрунту** вже діють як активні модифікатори мікробіологічних властивостей ґрунту. Такі концентрації визначають як „зону стресу”. В цьому концентраційному діапазоні визначають перерозподіл домінантних та мінорних видів мікроорганізмів.

Великі дози нафти (**100–300 мл/кг ґрунту**) інгібують ґрунтову мікрофлору та складають „зону репресії”.

Оформлення результатів роботи:

- Занести до таблиці результати спостережень за розвитком амілолітичних угруповань у контрольних та забруднених нафтою ґрунтових зразках:

Кількість нафти в ґрунті, мл/кг ґрунту	Загальна біомаса мікробного угруповання (% зайнятої площі)	% Від контролю	Площа, зайнята організмом-домінантом (%) через (добы)				Площа, зайнята організмами, що часто зустрічаються (%) через (добы)				Площа, зайнята мінорними організмами (%) через (добы)			
			5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
1														
3														
10														
30														
100														
300														
Контроль (без нафти)														

- За табличними даними студенти визначають таку концентрацію нафти у ґрунті, яка викликає перерозподіл основних представників мікробного амілолітичного угруповання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Визначення фітотоксичності важких металів

(3 години)

Метали надходять у рослини з ґрунтовим розчином. У незначних кількостях (як мікроелементи) вони необхідні рослинам, оскільки входять до складу біологічно активних речовин – ферментів, вітамінів тощо, забезпечуючи нормальне функціонування рослин. Так, зокрема, молібден необхідний для азотфіксуючих бульбочкових бактерій, розміщених на коренях бобових культур. Значні ж концентрації важких металів негативно впливають на ріст і розвиток рослин, змінюючи навіть їх зовнішній вигляд (розміри й форму стебла, листків, квітів, колір листків і квітів), що використовують у пошуках родовищ корисних копалин.

Важкі метали – це умовна назва металів, які мають щільність понад 6 г/см³ та відносну атомну масу понад 50 а.о.м. Більшість з них мають високу токсичність (кадмій, ртуть, хром, свинець, манган, цинк та ін.)

Мета роботи: навчитися оцінювати ступінь негативного впливу важких металів за пригніченням фітотоксичної активності.

Матеріали та обладнання: чашка Петрі; фільтрувальний папір; насіння кукурудзи, огірків або крес-салату; розчини солей важких металів: нітрати кадмію, свинцю, магнію з концентраціями 1,25 та 2,5 мкмоль/л.

Х І Д Р О Б О Т И :

Насіння поставити на проростання до чашок Петрі, розмістивши по 10 насінин на фільтрувальному папері, просякнутому розчинами відповідних солей. Контрольні рослини вирощувати на водогінній воді. Кожен дослід повторити у 3-х повторюваностях. Чашки промаркувати.

Через тиждень провести оцінку фітотоксичності важких металів, вимірявши довжину корінців та стебел рослин, що проросли на відповідних їх концентраціях.

Оформлення результатів роботи :

- Отримані результати внести до таблиці:

Критерій фітотоксичності	Контроль	Розчини солей важких металів з концентрацією 1,25 (1) та 2,5 (2) мкмоль/л					
		<i>Pb(NO₃)₂</i>		<i>Cd(NO₃)₂</i>		<i>Mn(NO₃)₂</i>	
Довжина корінців							
Довжина стебла							

- Побудувати криві росту корінців та стебел під впливом розчинів солей різних металів в залежності від їх концентрації.
- Зробити висновок про відмінності у фітотоксичності різних металів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Визначення вмісту нітратів в овочах і плодах

(2 години)

Нітрати потрапляють у рослини з ґрунту через кореневу систему. Їх накопичення в рослинах вище за ГДК відбувається в зв'язку з надлишковим внесенням в ґрунт азотних добрив чи в несприятливі для засвоєння терміни (холодна дощова погода; похмурі дні; нестача Р, К, Мо; при вирощуванні в закритому ґрунті рослини теж накопичують нітрати у більших кількостях). Високі дози нітратів в організмі людини спричиняють перетворення їх на канцерогенні нітрозаміни, тому вміст NO_3^- регламентуються і контролюється в сільськогосподарській рослинній продукції:

Вміст нітратів в овочах і плодах по Україні

Овочі, плоди	Середня масова частка нітратів, мг/кг
Картопля	$108,7 \pm 6,5$
Капуста білоголова	$337,7 \pm 33,3$
Буряки столові	$1049,7 \pm 158,3$
Морква	$253,2 \pm 9,7$
Огірки у відкритому ґрунті	$165,5 \pm 12,9$
Томати	$76,4 \pm 3,1$
Кавуни	$37,9 \pm 12,8$
Дині	$83,3 \pm 8,3$
Цибуля-перо	$381,6 \pm 31,4$
Цибуля ріпчаста	$237,9 \pm 41,3$
Яблука	$39,7 \pm 5,3$
Огірки у захищеному ґрунті	$237,8 \pm 41,3$
Томати	$144,5 \pm 16,7$

За даними ВООЗ, щодобові норми надходження нітратів в організм дорослої людини не повинні перевищувати 5 мг/кг маси.

Мета роботи: навчитися методам визначення нітрат-іону в розчинах. Вивчити закономірності накопичення нітратів у різних частинах різноманітних рослин.

Матеріали та обладнання: 1) маленькі ступки з товкачиком; 2) предметові скельця; 3) мірні піпетки на 1 та 5 мл; 4) мірні колби на 50 мл; 5) скальпель; термостійка хімічна склянка на 1 л; 6) різні частини овочів з великим вмістом нітратів і безбарвним соком (гарбуз, диня, огірки, капуста, картопля); 7) набір реактивів для визначення нітратів.

Х І Д Р О Б О Т И :

Заздалегідь миють та висушують овочі та фрукти для аналізу.

Під предметове скло кладуть аркуш білого паперу, на скло наносять дві краплі розчину, який вивчають, з триразовою повторюваністю і 2 краплі 1% дифеніламіну (ДФА) в

концентрованої сульфурної кислоти. Описують реакцію згідно з таблицею для кожного із стандартних розчинів:

Реакція ДФА на нітрати (за В. Церлінгом, 1965)

Бали	Характер забарвлення	Масова частка нітратів, мг/кг
6	Сік або зріз забарвлюється швидко та інтенсивно в синьо-чорний колір. Забарвлення стійке і не зникає	> 3000
5	Сік або зріз забарвлюється в темно-синій колір. Забарвлення зберігається недовго	3000
4	Сік або зріз забарвлюється в синій колір. Забарвлення з'являється через деякий проміжок часу	1000
3	Забарвлення світло-синє, зникає через 2–3 хв.	500
2	Забарвлення зникає швидко, залишаючись переважно по краях плями	250
1	Сліди блакитного забарвлення, що швидко зникає	100
0	Блакитного чи синього забарвлення немає. На цілих рослинах бувають рожеві плями внаслідок обвуглення тканин рослини концентрованою сульфурною кислотою	0

Для більш точного визначення нітрат-іону бажано користуватися шкалою забарвлення, побудованою на основі власних досліджень з відомими концентраціями нітрат-іону в розчині, оскільки на інтенсивність забарвлення може впливати багато чинників (температура, якість реактивів, наявність домішок тощо).

Овочі й плоди розділяють на частини:

- зону, близьку до плодоніжки;
- шкірку;
- периферійну частину;
- середину;
- качан (у капусти);
- листя.

Подрібнюють ножем і швидко розтирають у ступці. З утвореної маси віджимають сік крізь 2-3 шари марлі. 2-3 краплі соку наносять на предметове скло, додають 2 краплі ДФА та швидко описують реакцію.

У разі сумніву щодо вмісту нітратів у соці поряд наносять стандартний розчин з відомою концентрацією, додавши ДФА.

У цілих рослинах нітрати визначають так. У свіжозібраних рослин відрізають частини у вигляді грубих зрізів: стебла, плоди тощо. Розміщують їх на смугах воскового паперу, наносять ДФА та відмічають забарвлення згідно зі шкалою.

Метод дає змогу оцінити вміст нітратів у сільськогосподарських культурах прямо на полі. Його використовують для визначення забезпеченості нітрогеном різних видів рослин.

З метою вивчення впливу термічної обробки на вміст нітратів овочі кладуть у киплячу воду, кип'ятять 10-15 хв., після чого охолоджують і аналізують на вміст NO_3^- .

Оформлення результатів роботи:

Отримані результати заносять у таблицю:

Вид рослини	Частина	Масова частка нітратів, <i>мг/кг</i>		Бали	
		<i>у сирій продукції</i>	<i>після термічної обробки</i>	<i>у сирій продукції</i>	<i>після термічної обробки</i>
Картопля	під шкіркою				
	середина				
Капуста	листя				
	качан				
Буряк столовий	під шкіркою				
	середина				
Яблуко	під шкіркою				
	середина				

Роблять висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Обстеження наявності і видового різноманіття лишайників, як індикаторів чистоти повітря, в зонах техногенного забруднення (вздовж автомагістралей) і в умовно-чистих зонах Києва (парки, околиці міста)

(4 години)

Лишайники – симбіотичні організми, що утворюють талом (вегетативне тіло водоростей, грибів, лишайників тощо, яке не диференційоване не органи (стебло, лист, корінь) і не має справжніх тканин) та складається з гриба і одноклітинних водоростей.

Лишайники поширені по всій земній кулі і чутливі до забруднення атмосферного повітря речовинами, які збільшують кислотність середовища (SO_2, NO_2, HF, HCl), тоді як важкі метали і радіонукліди, що накопичуються на їх поверхні, для них практично нешкідливі. Завдяки цій властивості, а також тому, що їх вибагливість до чистоти повітря зростає в ряду: накипні—листуваті—кущисті, лишайники часто використовують для біоіндикації на різних рівнях: локальному, регіональному, глобальному.

За допомогою лишайників учені-екологи визначають стан повітряного середовища та складають карти забруднення.

М е т а р о б о т и : дослідити наявність і різноманіття лишайників – біоіндикаторів чистоти повітря у різних районах міста.

Матеріали та обладнання: 1) лупа; 2) рамка для визначення покриття лишайниками стовбурів дерев розміром 10×10 см з клітинами 1×1 см.

Х І Д Р О Б О Т И :

1. Вибирають район для спостереження і складають його карту, на якій позначають розташовані поблизу ТЕС, заводи, інші підприємства, пожвавлені автомагістралі.
2. Розбивають вибрану територію на квадрати розміром 10×10 м. У кожному квадраті вибирають 10 старих, але здорових дерев, що ростуть окремо. На кожному дереві підраховують кількість видів лишайників (не обов'язково знати точну назву видів, потрібно лише розрізняти їх за кольором та формою талому). До **накипних** належить *графіс* (світло-сірий), *ксанторія* (жовто-оранжевий); до **листуватих** – *гіпогімнія* (попелясто-сірий); до **кущистих** – *кладонія* (схожа на маленький сріблясто-сірий кущик), *уснея* (має вигляд звисаючої бороди сірувато-зеленого кольору).

3. Проводять оцінку ступеня покриття деревного стовбура. Для цього на висоті 30–150 см на найбільш зарослу лишайниками частину кори накладають рамку. Підраховують, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники.

Крім дерев можна досліджувати обростання лишайниками каміння, стін споруд тощо.

Оформлення результатів роботи:

1. Одержані результати занести до таблиці та за цими даними визначити ступінь забрудненості повітря:

Ознака	Дерева									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість видів лишайників, у тому числі:										
кущистих										
листуватих										
накипних										
Ступінь покриття стовбура дерева лишайниками, %										

2. Зробити висновок про ступінь забрудненості повітря на досліджуваній території, використовуючи наступну таблицю:

Зона	Ступінь забрудненості повітря	Наявність (+) або відсутність (–) лишайників		
		кущистих	листуватих	накипних
1	Забруднення немає	+	+	+
2	Слабке забруднення	–	+	+
3	Середнє забруднення	–	–	+
4	Сильне забруднення („лишайникова пустеля”)	–	–	–

3. Відмітити, які види лишайників є найчутливішими до забруднення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Оцінка впливу автотранспорту на стан повітря (4 години)

Мета роботи: опанувати метод, за допомогою якого можна надати оцінку ступеню впливу автотранспорту на стан повітря в умовах міста.

Робота складається з 2 етапів:

На першому етапі проводиться визначення завантаження ділянки вулиці автомобільним транспортом;

На другому – із залученням отриманих даних здійснюється Оцінка ступеня забрудненості атмосферного повітря відпрацьованими газами на ділянці магістральної вулиці (за концентрацією CO).

Х І Д Р О Б О Т И :

Етап 1.

Студенти розподіляються на групи по 3 особи (один підраховує, другий – записує, третій – контролює та координує їхні дії), які після інструктажу займають спостережні пункти по обидва боки вулиць (кожна група має обрати ділянку вулиці з різною інтенсивністю руху).

Інтенсивність руху автотранспорту визначають методом підрахунку автомобілів різних типів – 3 рази по 20 хвилин.

Етап 2.

Ступінь забрудненості повітря автотранспортом залежить не лише від інтенсивності руху, вантажності машин, кількості та характеру викидів, а й від типу забудови, рельєфу місцевості, напрямку вітру, вологості й температури повітря. Тому усі ці особливості слід враховувати при оцінці ступеню забрудненості:

$$K_{CO} = (A + 0,01 \cdot N \cdot K_m) \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_{ш} \cdot K_v \cdot K_n,$$

де A – фонове забруднення атмосферного повітря ($A = 0,5 \text{ мг/м}^3$);

N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на ділянці вулиці (шт./год);

K_m – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами CO;

K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

K_n – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря оксиду карбону, залежно від величини поздовжнього нахилу;

$K_{ш}$ – те саме відносно швидкості вітру;

K_v – те саме відносно вологості повітря;

K_n – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря оксидом карбону біля перехрестя.

- 1) Коефіцієнт токсичності автомобілів K_m визначають як середньозалежний для потоку автомобілів за формулою:

$$K_m = P_i \cdot K'_m,$$

де P_i – склад руху, частки одиниці; значення K'_m визначають за таблицею:

Тип автомобіля	Коефіцієнт K'_m
Важкий вантажний	2,3
Середній вантажний	2,9
Легкий вантажний	0,2
Автобус (мікроавтобус)	3,7
Легковий	1,0

2) Значення коефіцієнту K_a , що враховує аерацію місцевості, визначають за таблицею:

Тип місцевості за ступенем аерації	Коефіцієнт K_a
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці і дороги з багатоповерховою забудовою з обох боків	1,0
Вулиці та дороги з одноповерховою забудовою	0,6
Міські вулиці та дороги з однобічною забудовою, набережні, естакади, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

3) Значення коефіцієнту K_n , що враховує зміни забруднення повітря СО відповідно величини поздовжнього нахилу вулиці, визначають за таблицею:

Поздовжній ухил, град	Коефіцієнт K_n
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

4) Коефіцієнт $K_{ш}$, що враховує вплив швидкості вітру на вміст СО в повітрі, визначають за таблицею:

Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт $K_{ш}$
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

5) Коефіцієнт K_ϕ (враховує вплив відносної вологості повітря на концентрацію СО) поданий у таблиці:

Відносна вологість повітря, %	Коефіцієнт K_ϕ
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

6) Значення коефіцієнту K_n для різних типів перехресть наведені в таблиці:

Тип перехрестя	Коефіцієнт K_n
<i>Регульоване перехрестя</i>	

зі світлофорами звичайне	1,8
зі світлофорами регульоване	2,1
саморегульоване	2,0
<i>Нерегульоване перехрестя</i>	
зі зниженою швидкістю	1,9
кільцеве	2,2
з обов'язковою зупинкою	3,0

Оформлення результатів роботи :

Етап 1.

1. Зроблені підрахунки оформити у вигляді таблиці:

Тип автомобіля	Кількість автомобілів, шт.			
	<i>1-а повторність</i>	<i>2-а повторність</i>	<i>3-я повторність</i>	Середнє значення
Важкої вантажності				
Середньої вантажності				
Легкої вантажності				
Автобус				
Легковий				

2. Здійснити оцінку руху транспорту на окремій вулиці. Побудувати графіки. Обговорити способи зменшення негативного впливу транспорту на стан довкілля

Етап 2.

Підставивши значення наведених коефіцієнтів, обчислюють концентрацію оксиду карбону на певній ділянці магістралі за різних метеорологічних умов або на ділянках з різною забудовою. Доходять висновків, які чинники більші, а які менше впливають на забрудненість повітря оксидом карбону, що міститься у викидах автотранспорту.

Рекомендована література

1. *Абрамов М.С.* Окружающая среда и физическое состояние населения. – М.: Наука, 1985.
2. *Агаджанян Н.А., Баевский Р.Н.* Экология человека и проблемы здоровья // Вестник АМН СССР. – 1989. – №9. – 68-73.
3. *Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М.* Основи екології: теорія та практикум. – Київ: Лібра, 2002. – 351 с.
4. *Бурдин К.К.* Основы биологического мониторинга. – М., 1985.
5. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов: Метрол. аспекты: [Справочник] (в 2 т.) / Под ред. *Исаева Л.К.* – М.: ПАИМС, 1997. – 509 с.
6. *Гичев Ю.П.* Здоровье человека как индикатор экологического риска индустриальных районов // Вестник РАМН. – 1995. – №8. – С. 52-54.
7. *Кораблева А.И., Чесанов Л.Г., Шапарь А.Г.* Введение в экологическую токсикологию. – Днепропетровск: Центр экономического образования, 2001. – 308 с.
8. Основы общей и промышленной токсикологии / Под ред. *Н.А. Толоконцева, В.А. Филова.* – Ленинград: Медицина, 1976. – 304 с.
9. *Прохоров Б.Б.* Экология человека: понятийно-терминологический словарь. – М.: МНЭПУ, 1999. – 346 с.
10. *Шумейко В.М., Глуховський І.А., Овруцький В.М. та ін.* Екологічна токсикологія. – Київ: Столиця, 1998. – 235 с.
11. *Юритов Е.В., Лейкин Ю.А.* Химическая токсикология. – М.: МХТИ, 1991. – 39 с.
12. *Безель В.С., Большаков В.Н., Воробейчик Е.Л.* Экологическая токсикология: проблемы, задачи, подходы // Токсикологический вестник. – 1995. – № 1. – С. 2–7.
13. *Левин С.В., Халимов Э.М., Гузев В.С.* Эколого-токсикологическое нормирование содержания нефти в почве с использованием лабораторных моделей // Токсикологический вестник. – 1995. – № 1. – С. 11–15.
14. *Рахманин Ю.А.* Направления и методические основы изучения влияния химического состава питьевой воды на здоровье населения / В сб.: Факторы окружающей среды и здоровье населения. – М, 1988. – С. 87-96.