

**Міністерство освіти і науки України
Управління освіти, науки та молоді Волинської облдержадміністрації
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Комунальна установа «Волинська обласна Мала академія наук»**

ОКСАНА МУЗИЧЕНКО

ДОСЛІДНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ УЧНІВ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ЕКОЛОГІЇ

Методичні рекомендації до практичних занять

Луцьк – 2018

Музиченко О. С. Дослідницька діяльність учнів в процесі вивчення екології: методичні рекомендації до практичних занять / О. С. Музиченко. – Луцьк, 2018. – 96 с.

Затверджено на засіданні кафедри екології та охорони навколишнього середовища Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 10 від «15» травня 2018 р.)

Рецензент: Нетробчук І. М. кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

В методичних вказівках представлено завдання з екології та охорони навколишнього природного середовища для проведення оцінки стану довкілля, впливу забруднень навколишнього середовища на живі організми, біосферу, атмосферне повітря та водні об'єкти.

Методичні вказівки призначені для практичного використання під час організації науково-дослідницької діяльності обдарованої учнівської молоді.

ЗМІСТ

Передмова.....	4
<i>Практичне заняття 1</i> Порівняльний аналіз життєвих форм рослин та біоморфологічних спектрів.....	6
<i>Практичне заняття 2</i> Структура і динаміка популяцій рослин.....	10
<i>Практичне заняття 3</i> Трофічні зв'язки і динаміка чисельності організмів.....	14
<i>Практичне заняття 4</i> Основні компоненти лісу.....	16
<i>Практичне заняття 5</i> Визначення індексу стану деревних зелених насаджень...	23
<i>Практичне заняття 6</i> Вивчення видової та трофічної структури широколистяного лісу.....	26
<i>Практичне заняття 7</i> Оцінка запиленості листя дерев.....	28
<i>Практичне заняття 8</i> Еколого-біологічні особливості лучних рослин.....	30
<i>Практичне заняття 9</i> Біоіндикація і її значення в екологічних дослідженнях.....	33
<i>Практичне заняття 10</i> Структура біосфери та її біологічна продуктивність...	39
<i>Практичне заняття 11</i> Визначення рівня забруднення атмосферного повітря...	41
<i>Практичне заняття 12</i> Методи відбору, консервації та зберігання проб води.....	46
<i>Практичне заняття 13</i> Дослідження фізичних властивостей води.....	51
<i>Практичне заняття 14</i> Визначення вмісту сухих речовин у воді (сухого залишку).....	59
<i>Практичне заняття 15</i> Визначення концентрації шкідливих речовин у природних водоймах і стічних водах.....	62
<i>Практичне заняття 16</i> Будова ядра та радіоактивні перетворення ядер.....	67
<i>Практичне заняття 17</i> Основні поняття радіаційної дозиметрії та одиниці вимірювання.....	73
Словник термінів.....	79
Література.....	94

ПЕРЕДМОВА

Сучасна епоха характеризується бурхливим розвитком науки і техніки, стрімкого зростання населення на Землі, поступової деградації природного середовища під впливом негативних антропогенних чинників. Все це неминуче призводить до порушення екологічної рівноваги, що складалася протягом тривалого часу і спричинює появу екологічної кризи, небезпечної для людей і довкілля.

У умовах загострення глобальної екологічної кризи основною стратегією людства повинен бути перехід до сталого розвитку, що передбачає таку організацію господарської діяльності людини, яка має збалансований і невиснажливий характер природокористування. Це вимагає змін в соціально-економічних пріоритетах суспільства, головним завданням якого є збереження та раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки держави.

Позитивне вирішення цієї проблеми можливе за умови удосконалення освіти, у тому числі позашкільної, орієнтації підростаючого покоління на нову модель взаємин з навколишнім середовищем.

Реалізація цієї проблеми вимагає нових підходів у формуванні екологічної освіти учнів, яка повинна забезпечувати не тільки систему екологічних понять і законів, а й викликати прагнення молоді брати активну особисту участь в екологічній діяльності.

Кінцевою метою формування екологічної освіти учнів у процесі дослідницької роботи з екології у системі позашкільної освіти є формування у їхній свідомості цілісної наукової картини світу, ідей та переконань стосовно навколишнього природного середовища, набуття відповідних знань, вироблення умінь і навичок з його вивчення та охорони, застосування їх в організації і здійсненні дослідницької роботи з екології.

У процесі проведення практичних чи дослідницьких робіт з екології відбувається активізація пошукової та пізнавальної діяльності, творчого мислення

учнів, на основі якого встановлюють зв'язки між предметами, явищами, процесами об'єктивної дійсності.

Оскільки екологія не є самостійним навчальним шкільним предметом, особливо зростає роль позашкільної освіти екологічного спрямування.

Метою даних методичних рекомендацій є надання учням практичних знань та навичок у проведенні досліджень екологічного спрямування.

Головне завдання практичних робіт – подолання розриву між теорією і практикою, посилення міжпредметних зв'язків, формування пізнавальної активності в учнів, застосування набутих практичних навичок у проведенні самостійної експериментально-пошукової діяльності.

В методичних рекомендаціях наведені дослідження щодо пристосування організмів до середовища існування, оцінки екологічного стану довкілля, зокрема, поверхневих вод, атмосферного повітря, ґрунтів, біосфери, біоіндикації за участю живих організмів. Також приділена увага методам аналізу структури та стану лісових фітоценозів.

Методичне видання складається з 17 практичних занять (по 3 год). Кожна робота містить теоретичні відомості по темі роботи та практичні завдання. Словник основних екологічних термінів сприятиме більш ефективному засвоєнню знань з екології.

Практичне заняття 1

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЖИТТЄВИХ ФОРМ РОСЛИН ТА БІОМОРФОЛОГІЧНИХ СПЕКТРІВ

Мета: Ознайомитися з класифікацією життєвих форм К. Раункієра і встановити їх екологічну специфіку.

Теоретична частина. Рослини і тварини, які інколи далекі по систематичному положенню, і по походженню, зростаючи чи мешкаючи в подібних умовах, часто мають і подібний зовнішній вигляд. До такої групи організмів, подібних за зовнішністю завдяки існуванню в однакових або близьких умовах, які мають однакові екологічні особливості застосовують поняття «життєва форма».

Життєва форма визначається систематичним становищем видів, їх формами росту, біологічними ритмами, вона визначає пристосованість організмів до комплексу факторів і зумовлена специфічними умовами їх місцезростання. Характеризуються вони габітусом – своєрідним зовнішнім виглядом, що сформувався в процесі онтогенезу під впливом умов середовища і насамперед ґрунтово-кліматичних умов.

У 1903 р. К. Раункієр запропонував систему класифікації рослин, яка характеризує пристосування рослин до перенесення несприятливого періоду року – холодного чи сухого. Цією ознакою є розташування бруньок відновлення на рослині відносно рівня субстрату і снігового покриву. Він виділив 5 основних життєвих форм (рис. 1).

Фанерофіти (Ph) – життєва форма рослин, у яких бруньки стійкі до несприятливих умов, розміщені на стеблі високо над рівнем ґрунту (до 15 м і вище) і існують кілька або багато років. Це переважно дерева і чагарники. Серед них виділяють трав'янисті фанерофіти – рослини тропічних лісів, зі сланкими не дерев'янистими стеблами (бегонія); епіфітні фанерофіти – життєва форма рослин, які поселяються на інших рослинах, але використовують їх лише як місце прикріплення.

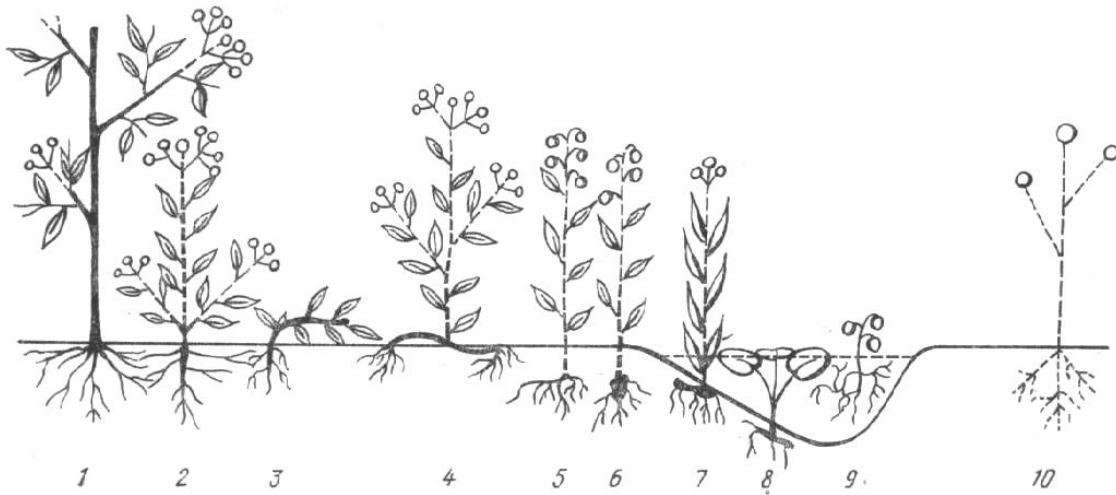


Рис. 1. Життєві форми рослин за Раункієром:

1 – фанерофіти; 2-3 – хамефіти (2 – напівкущ, 3 – активний хамефіт); 4 – гемікриптофіт; 5-9 – криптофіти (5 – кореневищний геофіт; 6 – цибулинний геофіт; 7 – гелофіт; 8 – гідрофіт з плаваючими листками і кореневищем, 9 – гідрофіт, вільно плаваючий у воді); 10 – терофіт.

Стеблосукулентні фанерофіти – життєва форма рослин з товстими листками (агава, алое) або стеблами (кактуси).

Вічнозелені фанерофіти з незахищеними бруньками відновлення – рослини тропіків та субтропіків, із захищеними – помірної та помірно-холодної зони.

Хамефіти (Ch) – рослини, бруньки відновлення яких знаходяться над поверхнею ґрунту, але не вище 20-30 см, що забезпечує зимівлю під захистом снігового покриву. До хамефітів відносяться маленькі чагарнички, рослини-подушки та деякі трави зі сланким стеблом.

До них належать напівкущові хамефіти – життєва форма рослин, в яких верхня частина пагона щорічно відмирає (представники родин глухокропивних, бобових, гвоздикових).

Активні хамефіти – життєва форма рослин, в яких вегетативні пагони не змінюються за несприятливих умов, лежать на поверхні ґрунту. Це сланкі форми рослин – барвінок, чебрець, мучниця, вероніка лікарська.

Рослини-подушки – життєва форма рослин, у якої завдяки посиленому галуженню і дуже обмеженому і сповільненому росту наземних пагонів виникає

напівсферичне обтічне утворення зі своєрідним мікрокліматом (ломикамінь, костриця лежача).

Гемікриптофіти (Нк) рослини, бруньки відновлення яких знаходяться на рівні ґрунту і взимку захищені листовим опадом та снігом. До цієї групи належить більшість трав'янистих рослин (кульбаба, первоцвіт, кропива дводомна).

Криптофіти (К) – рослини, бруньки відновлення яких знаходяться або під ґрунтом (геофіти), або під водою (гідрофіти). Геофіти – трав'янисті багаторічники, для яких характерне запасання значної кількості поживних речовин у кореневищах, цибулинах, коренях (пирій повзучий, купина, картопля, цибуля, півонія, підсніжник, осот польовий).

Гелофіти – життєва форма рослин, бруньки відновлення яких розвиваються у ґрунті, надмірно насиченому вологою. Це болотні рослини – пухівка, багно, журавлина, рогіз.

Гідрофіти – життєва форма рослин, бруньки яких розвиваються на органах, занурених у воду.

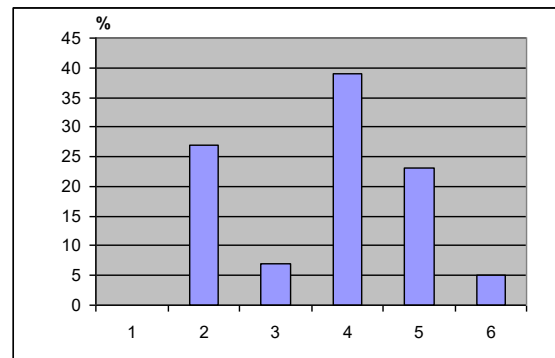
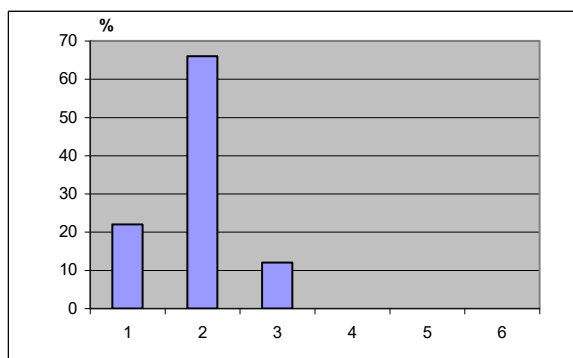
Терофіти (Tr) – однорічні рослини, що переживають несприятливі умови (холодну зиму або посушливе літо) у вигляді насіння або спор. Ці рослини проходять цикл розвитку протягом вегетаційного періоду і не закладають бруньок поновлення.

К. Раункієр застосував свою систему життєвих форм рослин для з'ясування залежності життєвих форм від клімату, в результаті чого він одержав досить чітку картину. У біологічних спектрах К. Раункієр показав участь (у %) виділених ним типів життєвих форм рослин в рослинному покриві різних природних зон та країн (табл. 1).

Виходячи зі складу біологічних спектрів, клімат вологих тропіків буде кліматом фанерофітів; клімат помірно холодних областей – кліматом гемікриптофітів; терофіти є переважаючими в пустелях середземноморського типу, а хамефітів багато в тундровій і в пустельній рослинності, що вказує на неоднорідність цієї групи.

Біоморфологічні спектри флори різних регіонів Землі (в %)

Регіон	Ph	Ch	Hk	K	Tr
Сейшели (тропіки)	61	6	12	5	16
Лівія (пустеля)	12	21	20	5	42
Італія (Середземномор'я)	12	6	29	11	42
Франція (помірний пояс)	8	6,5	51,5	25	9
Київське плато (лісостеп)	6	4	55	17	18
Щпіцберген (Арктика)	1	2,5	60	15	2
Альпи	—	24,5	68	4	3,5



Біологічні спектри двох лісів за К. Раункієром

Рис. 1. Тропічний дощовий ліс

Рис. 2. Ліс з опадаючим листям

Вест-Індії

Данії

1-епіфіти; 2-фанерофіти; 3-хамефіти; 4-гемікриптофіти; 5-геофіти; 6-терофіти

Завдання 1.

1. Порівняйте біоморфологічні спектри різних регіонів земної кулі, наведені в табл. 1.

2. Поясніть біологічні спектри двох лісів наведені в рис. 1-2.

3. Які фактори зумовлюють формування даних життєвих форм?

Завдання 2.

Вказати життєві форми рослин за К. Раункієром: ялина, кульбаба, мак, пшениця, барвінок, кактус, півонія, картопля, лобода, ліщина, чебрець, кропива, чорниця, конвалія, суниця, барбарис, ромашка, копитняк, магнолія, журавлина.

Запитання.

1. Біоморфологічний аналіз життєвих форм рослин за Серебряковим.

2. Класифікація життєвих форм тварин за Кашкаровим.

Практичне заняття 2

СТРУКТУРА І ДИНАМІКА ПОПУЛЯЦІЙ РОСЛИН

Мета: ознайомитися із віковою структурою популяцій рослин і характером змін, які в них проходять.

Теоретична частина. Кожна популяція представлена особинами, які в процесі онтогенезу в якийсь момент досягають певної фази (стадії) розвитку. Під *віковою структурою* популяцій розглядають співвідношення чисельності різних вікових груп в популяціях.

У рослин вікова структура ценопопуляцій конкретного фітоценозу визначається співвідношенням вікових груп і поділяється на періоди: – латентний період (l), фаза первинного спокою. В цю групу входять насіння, плоди та інші зачатки, які ще не почали проростати, і можуть роками перебувати в такому стані.

Віргінільний період складається з таких вікових станів: p – проростки, j – ювенільні рослини. im – іматурні, v – віргінільні. Період охоплює групу рослин від проростання зачатків до утворення генеративних органів.

Генеративний період (g) – фаза розмноження рослин насіннєвими або іншими зачатками.

Синільний період (ss – субсинільні, s – синільні, sc – відмираючі). До нього належать особини, які закінчили статеве розмноження і здатні лише до вегетації. Розподіл особин за віковим складом називається **віковим спектром**.

Завдання.

1. Визначення типу вікового спектра рясту проміжного (*Corydalis intermedia* Merat.)

Ряст – дібровний ефемероїд. Проростання весняне. Цвітіння на 3-7-му році життя. Вегетативне розмноження починається наприкінці генеративного віку. Вегетативне потомство завжди ослаблене і представлене субсенільними чи сенільними особинами.

Проаналізувати дані таблиці 1.

Таблиця 1

Чисельність і вікові спектри рясту, %

Фітоценоз	Віковий стан						Середнє число особин на 0,25 м ²
	p	j	im	v	g	s	
Яглицево-осокова 90-річна діброва	57	9	6	4	21	33	14,4
Осокова 120-річна діброва	0	37	77	40	16	0	0,3
Яглицева 150-річна діброва	3	31	12	12	41	1	9,6
Яглицева 250-річна діброва	8	54	18	8	21	1	18,1

Відмітити частку особин, що не приступили до цвітіння; частку сенільних рослин. Скласти узагальнений (базовий) віковий спектр для рясту кожного біотопу.

1. У якому фітоценозі найбільш сприятливі умови для рясту? 2. У якому фітоценозі віковий спектр популяції стає неповночленним? 3. Де імовірніше поява великої кількості квітучих рослин у найближчий у 120-літній чи 150-літній діброві? Пояснити чому.

2. Визначення типу вікових спектрів костриці безостої (*Bromus inermis*).

Костриця безоста – довгокореневищний злак, мезофіт, домінант чи кодомінант багатьох асоціацій заплавних лугів і лугових степів, цілини і світлих лісів. Широко розповсюджений у Європі, Казахстані, Середній Азії. Тривалість життєвого циклу 15-20 років. Рослина зацвітає на 4-6-й рік життя. Вегетативне розмноження супроводжується глибоким омолодженням потомства.

Проаналізувати дані таблиці 2. Скласти графіки вікових спектрів ценопопуляції костриці безостої на різних луках. Обчислити частку особин у прегенеративному стані на різних луках.

Таблиця 2

Костриця безоста на сінокісних заплавних луках р. Оки

Умови місцезростання	Середнє число на 0,25 м ²	Наземна маса, г	Віковий склад популяції								
			j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃	ss	s ₁	s ₂
Щорічне внесення добрив N, K	26,3	35,0	0	2	11	4	24	8	34	15	4
Добрива не вносять 3 роки	10,4	5,6	1	1	4	0	5	24	48	14	4
Добрива не вносять 10 років	?	?	0	0	0	0	0	1	41	8	50

1. До якого типу відносяться вікові спектри цього виду? 2. Про що свідчить правобічний спектр вікової структури популяції? 3. Як впливає внесення мінеральних добрив на стан ценопопуляції костриці безостої на досліджених луках? 4. Якими особливостями довгокореневищних рослин можна пояснити характер їхнього базового спектру?

3. Вікова структура популяцій пізньоцвіту осіннього (*Colchicum autumnale* L.) в різних гірських угрупованнях

Скласти гістограми й охарактеризувати тип вікових спектрів у таблиці 3.

Пізньоцвіт осінній – бульбоцибулинний ефемероїд, що росте в лісах і на луках Центрального і Західного Кавказу. Використовується як сировина для одержання колхіцину і колхаміну. Останній застосовується в онкологічній практиці. Життєвий цикл рослини триває 70-80 років. Вегетативне потомство практично не омолоджується. Як лікарську сировину використовують бульбоцибулини дорослих квітучих рослин.

Таблиця 3

Віковий склад популяції пізньоцвіту осіннього

Тип угруповання	Віковий склад ценопопуляції, %					Число особин на 0,25 м ²	
	j	im	v	g	s	всього	дорослі
Широколистяні ліси нижнього і середнього гірських поясів	31	12	25	32	—	3,0	2,1
Середньогірські високотравні луки	18	16	30	31	5	9,2	7,5
Низькотравні середньогірські пасовища	12	6	49	24	9	0,8	0,7
Слабо порушені високогірські луки	17	6	40	27	10	4,3	3,6
Слабо порушені і вибиті луки	54	3	21	15	7	9,8	4,3

1. У яких умовах у ценопопуляціях пізньоцвіту осіннього помітну роль грає вегетативне розмноження а у яких – самопідтримка виду здійснюється винятково насіннєвим шляхом? 2. У яких гірських поясах і в яких співтовариствах найбільш сприятливі умови для росту пізньоцвіту осіннього? 3. Де раціонально проводити масові заготівлі сировини пізньоцвіту осіннього? 4. Як пізньоцвіт осінній реагує на різні форми антропогенних порушень – вирубку лісу, випасання, збій?

4. Щорічна динаміка ценопопуляції мітлиці тонкої (*Agrostis capillaris*).

Лук мітлиці тонкої являє собою стадію в сукцесійному ряду: поле – бур'яниста рослинність – мітлиця тонка, мітлиця тонка з підростом берези й осики – бір (табл. 4).. Середні результати спостережень зведені в таблиці 5.

Мітлиця тонка – пухкодерновий злак, що часто панує на бідних ґрунтах суходільних луґів, пасовищ у лісовій зоні.

Таблиця 4

Періодизація великого життєвого циклу мітлиці тонкої

Віковий стан	Віковий склад ценопопуляції						
	p	j	im	v	g ₁	g ₂	s
Тривалість у роках	0,4	до 1	до 2	1-3	2-3	2-4	1-2
Фази онтоморфогенезу	Первинний пагін		Цілісна пухка партикулююча дерновина				

Загальна тривалість онтогенезу 12-15 років.

Таблиця 5

Співвідношення вікових груп мітлиці тонкої в різні роки

Рік	Віковий склад ценопопуляцій						Всього особин на 0,25 м ²
	p	j	im	v	g	s	
1967*	73	9	10	4	2	2	481
1968	18	33	39	6	3	1	460
1969	4	27	47	17	4	1	429
1970	16	41	1	15	15	26	366
1971	0	3	4	3	23	67	290
1972	пропуск спостережень (лісові пожежі)						
1973	67	27	5	0	0	1	298
1974	0	66	28	6	0	0	32

* - 1967-1969 рр. – роки, сприятливі за погодними умовами;

- 1971-1972 рр. – сильна засуха.

Скласти гістограми вікових спектрів ценопопуляцій по роках дослідження.

1. У який рік можна відзначити найбільшу стабільність ценопопуляцій? 2. Вкажіть ознаки швидкого старіння, тривалість великого життєвого циклу в даних умовах, початок нових хвиль життєвого циклу (роки), загальний напрямок розвитку ценопопуляцій. 3. В які роки ценопопуляція мітлиці тонкої могла б дати найбільшу кількість насіння?

Практичне заняття 3

ТРОФІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ І ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМІВ

Мета: вивчити особливості трофічних зв'язків у популяціях рослин і тварин, ознайомитися із загальними закономірностями регуляції чисельності популяції.

Теоретична частина. *Трофічні зв'язки в угрупованнях* – це механізм передачі енергії від одного організму до іншого, тому вони в угрупованнях переплітаються у складну сітку, яка називається **кормовою мережею**. Конкретна порція енергії, яка накопичена зеленими рослинами, може передаватися не більш ніж через 4-6 ланок ряду, що складається із організмів, які послідовно живляться одне іншим. Такі ряди, в яких можна прослідкувати шляхи витрати первинної дози енергії, називають **ланцюгами живлення**. Кормова мережа об'єднує усі організми біоценозу в єдиний комплекс.

Місце кожного організму (ланки) в ланцюзі живлення називають трофічним рівнем. *Перший трофічний рівень* представлений продуцентами або автотрофними організмами (рослини). Це найважливіша частина б/ц, тому що решта організмів прямо чи опосередковано залежить від енергії, яка накопичена рослинами.

Другий трофічний рівень утворюють травоядні тварини, яких ще називають *первинними консументами*.

На третьому трофічному рівні знаходяться м'ясоїдні тварини, які живляться травоядними, їх ще називають *вторинними консументами*, або первинними хижаками.

Хижаки, які живляться первинними хижаками, становлять *четвертий трофічний рівень* і називаються *третинними консументами* і т.д.

Завдання.

1. Вивчення співвідношення динаміки чисельності хазяїна і паразита.

Проаналізувати дані, отримані при обліках листовійки (*Acrelis variana*) на ялицях і ялинах у лісах Канади в таблиці 1.

Накреслити графіки зміни загальної чисельності популяції і число уражених

гусениць. Обчислити відсоток уражених особин у кожному поколінні.

Таблиця 1

Число здорових і уражених паразитами гусениць на дослідній ділянці

Гусінь	Покоління											
	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е	6-е	7-е	8-е	9-е	10	11	12
Здорова	22	112	533	225	12	3	3	31	150	237	300	183
Уражена	7	9	43	97	88	31	?	14	10	28	44	?

1. Як залежить частка уражених гусениць листовійки? 2. На яких фазах популяційної динаміки листовійки сильніше всього виявляється дія паразитів? 3. Яка роль паразитів даного виду в динаміці чисельності хазяїна?

2. Динаміка чисельності білки в роки врожаю і неврожаю насіння кедрової сосни.

Побудувати графік динаміки чисельності білки та врожайності кедрової сосни за даними таблиці 3.

Таблиця 3

Динаміка чисельності білки та врожайності кедрової сосни

Послідовність років	Величина заготівлі	Врожай насіння кедра	Послідовність років	Величина заготівлі	Врожай насіння кедра
1	1,3	5	11	94,8	1
2	31,6	4	12	20,7	2
3	3,7	0	13	67,9	4
4	27,4	3	14	28,5	1
5	25,4	2	15	0,6	1
6	1,7	0	16	21,9	2
7	2,7	3	17	21,7	3
8	36,6	1	18	40,6	2
9	0,6	0	19	26,1	3
10	6,3	5	20	61,5	0

1. Чи збігаються кормові роки з роками масового розмноження білки? 2. Яка закономірність виявляється у збільшенні чисельності білок у зв'язку з врожаєм кедрової сосни? 3. Який розмах мінливості заготівель білки за даний період? 4. Які

середньорічні показники заготівель білки за 10 років. 5. Який середній період між термінами масового розмноження білки? 6. З якою імовірністю можна планувати обсяг заготівель хутра білки на 5 років, на 10 років?

Практичне заняття 4

ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ЛІСУ

МЕТА: Ознайомитись з основними компонентами лісу.

Теоретична частина. Ліс є явищем біологічним та фізико-географічним, складовою частиною географічного ландшафту і біосфери планети в цілому. Як екологічна система він характеризується складною структурно – функціональною організацією, взаємопов'язаністю та взаємозалежністю всіх його елементів.

Отже «ліс – елемент географічного ландшафту, який складається із сукупності дерев, чагарників, трав'янистих рослин, тварин і мікроорганізмів, які у своєму розвитку біологічно взаємопов'язані і впливають один на одного і на довкілля» [12].

Форма та висота дерева в лісі залежить від багатьох умов, зокрема освітленості, вологості та родючості ґрунту, температурного режиму дня, ночі, пір року. Ліс формує власне середовище. Впливає не тільки на свою територію, а й на угіддя (поля, вигони, луки), на річки та водойми, міста й села, клімат місцевості.

Основні компоненти лісу. До основних складових частин (компонентів) лісу належать: деревостан, підріст, підлісок, живий надґрунтовий покрив, лісова підстилка, лісовий ґрунт, позаярусна рослинність (рис. 1).

ДСТУ 3404-96 дає такі визначення лісівницьким термінам:

Деревостан – сукупність дерев, які є основним компонентом лісу.

Підріст – молоде покоління рослин під пологом лісу або на вирубках, яке здатне сформувати деревостан.

Підлісок – кущі, іноді дерева, що ростуть під пологом лісу і нездатні утворити деревостан у даних лісорослинних умовах.

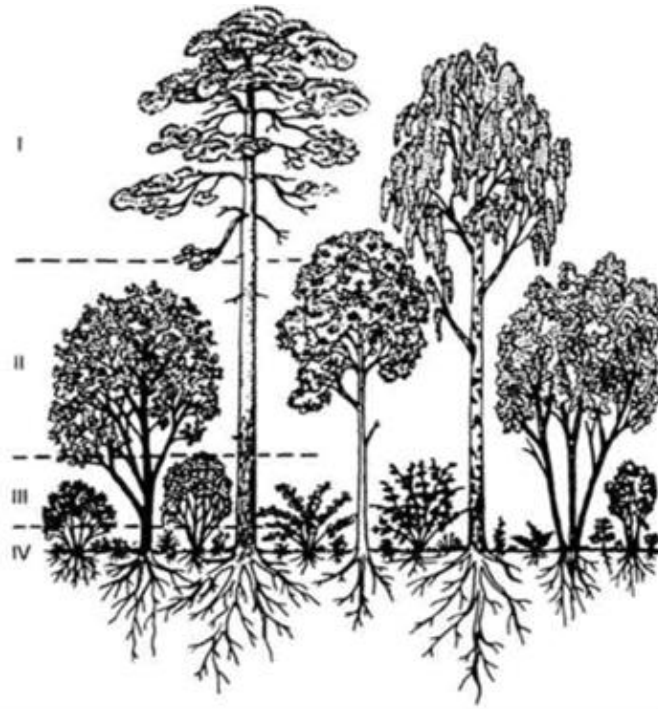


Рис. 1. Ярусна будова деревостану

I – головні породи, II супутні породи, III – підлісок і підріст, VI – живе надґрунтове покриття [12]

Живий надґрунтовий покрив – сукупність мохів, лишайників, трав'янистих рослин і напівкущів, які вкривають ґрунт під пологом лісу, на вирубках і згарищах.

Лісова підстилка – скупчення на поверхні ґранту рослинного опаду, який знаходиться на різній стадії розкладання.

Лісовий ґрунт – коренедоступна товща ґранту і материнської породи.

Позаярусна рослинність – сукупність ліан, лишайників та інших рослин, які ростуть у різних ярусах лісу [8].

Вирізняють у насадженні ще й підгін – дерева чи кущі, які сприяють прискоренню росту і поліпшенню форми стовбура головної породи. Роль підгону можуть виконувати і дерева головних порід одне відносно одного.

Насадження (лісовий фітоценоз) – елементарна, однорідна ділянка лісу, що відрізняється від сусідніх по характеру рослинності, головним компонентом є деревостій. Насадження можуть відрізнятися походженням, складом, віком, мірою зімкнутої або формою.

За складом насадження буває чистим і мішаним.

У *чистому* лісі росте одна деревна порода, наприклад, ялиця. У *мішаному* – багато порід: ялиця, бук, дуб, ясен клен, липа, береза, граб та ін.

Лісівничо-таксаційні ознаки деревостану – це такі показники, за допомогою яких відрізняють одне насадження від іншого. До найважливіших з них належать: *склад, форма, вік, походження, бонітет, повнота, густина, зімкненість, продуктивність, запас.*

Складом деревостану – називають перелік деревних порід з вказанням долевої частини кожної з них в запасі деревостану.

Склад насадження визначають для кожного ярусу деревостану. В основі поділу є співвідношення запасів порід, що складають деревостан, і записують у вигляді формули, в якій великими літерами вказують породу і цілими числами коефіцієнт участі породи в загальному запасі деревостану. Сума всіх числових коефіцієнтів повинна бути рівною 10. Наприклад, формула 7СЗБ характеризує змішаний деревостан, в запасі якого 70% сосни і 30% берези. Якщо в цьому ж деревостані осика складатиме від 2 до 5%, то формула матиме вигляд 7СЗБ+Ос (використовується «+»), якщо осика матиме менше 2%, то формула матиме вигляд 7СЗБодОс (використовується «од»).

Якщо насадження складне за складом, то формула матиме такий вигляд: 7Сз2Бп1Вч 10Сз. Це означає, що перший ярус насадження має 70% запасу з сосни звичайної, 20% з берези повислої, і 10% з вільхи чорної. Другий ярус – 100% з сосни звичайної. Якщо насадження різновікове то проти кожної породи вказуємо вік: 5Сз(90р)5Бп(40р) +Вч – формула простого різновікового насадження.

Ярус деревостану – сукупність рослин, що займають певне положення у вертикальній структурі насаджень (деревостою). Ярусність насаджень – наслідок відмінності біологічних властивостей лісової рослинності і умов середовища.

Середня висота нижнього ярусу має бути не менше половини середньої висоти верхнього ярусу. Ділення деревостою на яруси має господарське значення. Тому у ряді випадків для кошовних деревних порід (наприклад, дуба) виділення окремого ярусу допускається при запасі менше 20 % від запасу основного ярусу.

Форма насадження – це сукупність ярусів деревостану, що характеризують його будову.

За формою розрізняють *прості* один ярус деревостану та *складні* деревостани два яруси і більше. Світлолюбні деревні породи (сосна, модрина, береза) частіше створюють однаюрні деревостани, а тіньовитривалі (ялина, ялиця, бук) можуть бути як простими (однаюрними), так і складними (двохяюрними).

Основою для виділення другого ярусу є середня висота дерев, яка має бути на 20% нижчою, ніж у першого.

Вік насадження відображає його онтогенез (розвиток окремого покоління лісу) починаючи від сходів і закінчуючи стиглим деревостаном.

За віком поділяються: *Одновікові* – це такі, що мають один вік їх ще поділяють на:

а) дійсно одновікові – насадження складаються з одного віку.

б) умовно одновікові – насадження складаються з дерев з різницею в межах одного класу віку.

Різновікові – це такі насадження, що відрізняються більш ніж на один клас віку.

а) панівний вік – це вік більшості дерев у деревостані;

б) середній вік – це середньоарифметичний вік усіх його дерев.

Клас віку – це кількість років в межах яких ліс для господарських цілей можна вважати однорідним. Згідно положень є 3 класи віку: 5; 10; 20:

5 – для швидкорослих порід;

10 – для хвойних, твердолистяних, м'яколистяні на рівнинах.

20 – для хвойних, твердолистяних в Карпатах. У розвитку віку розрізняють такі *вікові категорії*: (для хвойних)

1. молодняки (до 20 років);

2. жердняки (21–40);

3. середньовікові (41–70);

4. пристигаючі (70–80);

5. стиглі (81–100);

6. перестиглі (101 і більше).

Класи віку встановлені в залежності від віку головної рубки. Є багато способів визначення віку дерев, серед них:

- визначення за кількістю річних шарів на рівні кореневої шийки;
- у сосни – одне кільце гілок утворюється за рік. На початковий період росту, коли кільця не утворюються додаємо 2–3 роки.
- визначення за кольором кори, певною мірою, її тріщинуватістю, формою крони, наявністю лишайників.
- анатомічні, фізіологічні, біофізичні методи визначення віку насадження.

Ліс може бути насіннєвого і порослевого походження. *Походження* – це спосіб виникнення насадження. *Відновлення* лісу відбувається природним і штучним шляхом.

– природне – коли насадження створюється без втручання людини. Вирощенні насадження таким шляхом більш біологічно стійкі та довговічні.

– штучне – насадження створене людиною. Здійснюється посівом насіння або посадкою саджанців, вирощених у спеціальних розсадниках.

Дерева в лісах штучного походження розміщені рядами, чого не має у природному лісі.

Штучне насадження по часу створення поділяється:

- а) попереднє – коли насіння чи саджанці, сіянці вводять у доросле насадження до головної рубки;
- б) супутнє – коли культури вводяться одночасно із проведенням головної рубки;
- в) наступне – культури створюють безпосередньо після проведення головної рубки тобто на зрубі.

Бонітет деревостану – показник продуктивності насаджень окремої породи, який залежить від умов зростання (клімату, ґрунту). Чим кращими є умови, тим вищий бонітет. Спочатку було виділено п'ять класів бонітету – I, II, III, IV, V, які потім були доповнені I^a, I^b, V^a, V^b.

Найкращі умови місцезростання, а відповідно, найпродуктивніший ліс

відповідає I-му класу бонітету; найгірші умови, де зростають низькопродуктивні насадження – V-му класу бонітету.

Для визначення класу бонітету необхідно знати висоту, вік і походження насадження.

Таблиця 1

Розподіл 100-річних соснових деревостанів насіннєвого походження за класами бонітету виглядає таким чином (за Орловим М.М.) [12]

Класи бонітету	I ^a	I	II	III	IV	V	V ^a
Висота дерев (в м)	35–31	30–27	26–24	23–20	19–16	15–13	12–9

Повнота деревостану – це показник щільності стояння дерев на одиниці площі. Є однією з таксаційних характеристик деревостану. Характеризує ступінь використання залісненого простору. Є абсолютна і відносна повнота.

Відносна повнота – визначається відношенням суми площ поперечного перерізу стовбурів на висоті 1,3 м. даного насадження до суми площ перерізів стовбурів при повноті 1.0 (табл. 2).

Зімкнутість крон дерев або намету в цілому характеризує лісівничу повноту, яка визначається візуально.

Таблиця 2

Поділ насадження за відотною повнотою

Насадження за відотною повнотою	Показник відотної повноти
Високоповнотні	0,8 – 1
Середньоповнотні	0,7 – 0,5
Низькоповнотні	0,4 – 0,3
Рідколісся	0,2 – 0,1
Поодинокі дерева	до 0,1

Абсолютна повнота це сума площ поперечного перерізу всіх дерев на 1 га. на висоті 1,3 м виражена в м².

Густота деревостану – щільність стояння дерев в деревостані, що характеризується числом дерев на одиниці площі (1 га) з врахуванням товщини стовбурів.

Від густоти залежать зростання дерев у висоту і по діаметру, розвиток крон, очищення стволів від суччя і ін. Чим більше густота деревостою, тим інтенсивніше відпад, менше середня висота і діаметр дерев.

У природних насадженнях первинна густина складає декілька тисяч рослин на 1 га. З віком густина деревостою зменшується і до стиглості насадження досягає декількох сотень дерев. Густина деревостою залежить від умов місцезростання Норми густоти деревостою встановлені для основних лісоутворюючих порід, груп типів лісу і вікових груп і приведені в таблицях ходу зростання деревостанів. Деревостан з густотою дерев 25 % і менш від норми можна вважати рідким, 26–50 % – зрідженим, 51–75 % – середньої густини, 76–100 густим, 101 % і більш – дуже густим.

Густоту деревостану частіше оцінюють у молодому віці (до 10 років) і при необхідності проводять заходи щодо доповнення або збереження дерев в рідких і проріджених деревостанах і розрідження надмірно густих деревостанів для прискореного зростання перспективних дерев.

Продуктивність насадження – це запас стовбурної деревини, сучків, гілок, листя, і коренів основного деревостану в віці стиглості, а також підросту і підліску та живого надґрунтового вкриття на одиниці площі. Вимірюється в м² і тонах.

Продуктивність залежить: від природних умов, породи, густоти і повноти.

Запас – це сума об'ємів стовбурів дерев на одиниці площі. Виражається у м³/га.

Основні запасоутворюючі показники – висота, сума площ поперечних перетинів (повнота) і видове число деревостану. В процесі таксації лісу запас деревостану визначають окомірно. Для окомірного визначення запасу деревостану з середньою висотою (Н) більше 11 м і повнотою 1,0 можуть застосовуватися емпіричні формули.

Найточніше запас визначається суцільним переліком дерев на досліджуваній ділянці лісу (таксаційному виділі, пробній площі, відведеній у вирубування лісосіці). Для визначення суми площ поперечних перетинів при вибірковій

перелічувально-вимірювальній таксації закладають кругові майданчики постійного радіусу, на яких проводять суцільний перелік по елементах лісу.

Завдання. Дайте опис типу лісу згідно вашого варіанту в таблиці 3.

Таблиця 3

Лісівничо-таксаційні показники типів деревостанів

№ варіанту	Склад деревостану	Середні показники деревостану			Бонітет	Повнота	ТЛУ
		D см	H м	вік, років			
1	8Сзв2Бп+Гзв	22,4	18	39	Ia	0,6	C ₂
2	8Сзв2Грзв+КлгДчЧер	36,3	29,3	80	Ia	0,67	C ₃
3	6Сз2Гз1Дзв	31,5	27	55	I	0,75	C ₃
4	10Сз+Дзв	29,8	24	50	I	0,65	A ₃
5	8Сзв2Грзв+Череш,Лп	30,6	28,4	60	Iб	0,78	C ₃
6	5Сзв4Дзв1Гр+Ябл., Груш	32,6	24,6	70	I	0,7	Д ₃
7	6Дзв4Гр	24,4	16	40	II	0,6	Д ₃
8	6Сзв4Дзв+Гр	32,6	24,6	70	I	0,7	C ₃
9	9Бкл1Гр+Дзв,Сзв	46	34	116	Ia	0,6	C ₃
10	7Сзв3Бкл+Гзв,Ялє,Кл	35	26	93	I	0,96	C ₄
11	10Сзв,Бп	40	23	75	I	0,58	A ₂
12	5Гр2Дзв3Сзв,Гр,Бп	36	27	84	I	0,73	Д ₄
13	5Гр2Дзв3Сзв+Яс	31	25	69	I	0,45	Д ₃
14	8Сзв2Гр+Дч	31,3	28,2	80	Iб	0,7	C ₄
15	8Ялє2Яцб+Бкл	29,6	26,4	68	I	0,89	C ₃

Запитання.

1. Вкажіть, що є спільним і в чому різниця між лісом, насадженням і деревостаном?

2. Які лісівничо-таксаційні показники використовуються для складання його формули?

Практичне заняття 5

ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ СТАНУ ДЕРЕВНИХ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

Мета: Ознайомитися з методикою оцінки санітарного стану деревних зелених насаджень.

Теоретична частина. Пошкодження зелених насаджень техногенним забрудненням атмосфери залежить від його якісних і кількісних характеристик.

Ступінь пошкодження деревної рослинності промисловими викидами залежить, насамперед, від їх фітотоксичності. Гази та аерозолі рідин можна умовно розташувати в такому порядку у міру зменшення їх токсичності: фтор > фтористий водень > хлор > сірчистий ангідрид > окисли азоту > хлористий водень > формальдегід > сірчана кислота > аміак > бензол > метанол > циклогексан > сірководень > сірковуглець > окис вуглецю > піридин. При попаданні їх в атмосферу відбувається не тільки забруднення приземного шару повітря, але й опадів, лісових насаджень, підстилки, ґрунту.

Залежно від концентрації та тривалості дії токсикантів розрізняють три типи пошкоджень: латентні, хронічні та гострі. Першим симптомом латентного пошкодження є зниження фотосинтезу.

Гострі пошкодження, що є наслідком незворотних змін у рослині, добре помітні за зміною забарвлення листя, за передчасним їх опаданням, за наявністю у кроні сухих пагонів, а в насадженні – за наявністю сухостою.

Хронічні пошкодження виражені слабкіше і виявляються у зниженні облистяності крон дерев, зменшенні розмірів листя, передчасному листопаді, зниженні приросту.

Пошкодженість насадження фітотоксикантами має таку просторову залежність стосовно підприємства:

- найбільше пошкоджуються деревостани, що наближені до джерела викидів;
- стан деревостанів поліпшується в міру віддаленості від підприємств;
- найбільше деревостани пошкоджуються в напрямках частих вітрів з боку

промислового виробництва.

Пошкодженість дерев визначають за шкалою категорії стану життєвості дерев з виділенням таких категорій:

I – здорові дерева – без ознак пошкодження;

II – I ослаблені дерева, в яких пошкоджена, всохла або відсутня 1/3 хвої (листя), з вкороченим приростом бруньок;

III – сильно ослаблені – пошкоджено, всохло або відсутня 2/3 хвої (листя), з сильно вкороченим приростом, а також суховершинні;

IV – всихаючі – дерева з блідо-зеленою, жовтіючою хвоєю, в яких пошкоджені або відсутні понад 2/3 хвої (листя);

V – свіжий сухостій – дерева всохли в поточному році, з сухою хвоєю і без неї;

VI – старий сухостій – дерева всохли в минулому році, без хвої, частково або повністю без кори, яка легко відокремлюється від стовбура.

Завдання.

Визначити індекс стану паркового насадження м. Луцька або приміських лісів.

Індекс стану деревостану (I_c) розраховується як сума добутоків показника категорії стану на кількість дерев різних порід однієї категорії стану, поділену на загальну кількість обстежених дерев за формулою:

$$I_c = \frac{K_1(n_a+n_b+...n_i)+K_2(n_a+n_b+...n_i)+...+K_6(n_a+n_b+...n_i)}{N},$$

де I_c – індекс стану деревостану;

$K_1...K_6$ – категорія стану (від I до VI);

$n_1...n_6$ – кількість дерев різних порід однієї категорії стану;

N – загальна кількість дерев на пробній площі.

На основі визначення індексу стану насадження за таблицею 1 встановлюється зона пошкоджень лісових насаджень.

Приклад.

Із 100 дерев 25 без зовнішніх ознак пошкодження, 20 ослаблених, 31 сильно ослаблених, 10 всихаючих, 5 свіжого і 9 старого сухостою: $I_c = (1-25+2-20+3-31+4-10+5-5+6-9)/100 = 2,86$

Отже, санітарний стан деревостану сильно ослаблений, ступінь пошкодження середній, зона пошкодження II.

У районі промислових підприємств на підставі проведених досліджень виділяють такі зони пошкодження лісових насаджень:

I – зона всихаючих насаджень;

II – зона сильно ослаблених насаджень;

III – зона ослаблених насаджень;

IV – зона насаджень, які перебувають під загрозою можливих пошкоджень і в яких відсутні візуальні пошкодження.

Таблиця 1

**Шкала оцінки санітарного стану і виділення зон пошкодження
лісових насаджень**

Індекс	Ступінь пошкодження	Санітарний стан деревостану	Середня категорія стану	Зона пошкодження
1,00-1,50	Відсутній	Здоровий	1	–
1,51-2,5	Слабкий	Ослаблений	2	III
2,51-3,50	Середній	Сильно ослаблений	3	II
3,51-4,50	Сильний	Всихаючий	4	I
4,51-6,00	Дуже сильний	Мертвий	5	Ia

Запитання.

1. Які зміни можуть відбуватися у лісових насадженнях під впливом атмосферного забруднення?

2. Як індекс стану насаджень впливає на його продуктивність?

3. Які лісові насадження є більш стійкими проти атмосферного забруднення?

Практичне заняття №6
ВИВЧЕННЯ ВИДОВОЇ ТА ТРОФІЧНОЇ СТРУКТУРИ
ШИРОКОЛИСТЯНОГО ЛІСУ

Мета: з'ясувати видову та просторову структури типового широколистяного лісу, їх значення у стійкості угруповання.

Теоретична частина. Певна сукупність видів є характерною ознакою природного угруповання. Чим більш різноманітний видовий склад екосистеми, тим більша кількість зв'язків між окремими видами, тим складніша структура угруповання і тим стійкіша уся система в цілому. Біогеоценози ніколи не бувають цілком однорідними. Вони мають свою певну просторову структуру, яка включає в себе ярусність вертикальну та горизонтальну.

Просторова структура – закономірне розміщення структурних елементів угруповання по відношенню один до одного.

Ярусність – це розчленованість фітоценозу на структурні або функціональні горизонт, що мають різний ступінь зімкнутості і беруть участь в асиміляції та акумуляції речовин та енергії.

Ярусом називають частину шару рослинного угруповання в якій розміщені асимілюючі органи рослин – листя, стебла, а також запасуючі підземні органи.

В лісових фітоценозах розрізняють яруси деревостою, підліску, трав'янисто-кущового та мохового покриву.

Підземна ярусність біоценозу відбиває вертикальний розподіл кореневих систем фітоценозу. Так, у степах виділяють 3 підземних яруси: *верхній* – із коренями однолітніх рослин, бульбами та цибулинами, *середній* – із коренями злаків, *глибокий* – із стриж некореневими системами рослин.

Тваринний світ також поділяють на яруси життя: зооєдафон (види, які живуть у ґрунті), і наземні тварини.

Завдання.**1. Визначення ярусності фітоценозу лісу.**

З поданого нижче переліку рослин виберіть такі, що будуть утворювати п'ять ярусів: клен гостролистий, дуб звичайний, липа дрібнолиста, осика, підріст дерев, терен, кизил, бузина, калина, ліщина, глід, шипшина, крушина, калина, брусниця, папороті, лишайники, мохи, гриби, трави, кислиця, анемона.

- 1 ярус – ярус високих дерев 6-20 м;
- 2 ярус – менш високі дерева до 6 м;
- 3 ярус – кущі до 2-5 м висоти;
- 4 ярус – трав'янисті рослини та інші види 1-8 дм;
- 5 ярус – надґрунтові рослини (мохи) до 3 см висотою.

2. Визначення ярусності зооценозу лісу.

З поданого нижче переліку тваринних організмів виберіть такі, що населяють розглянуті яруси. Мухи, жуки, славка, кропивниця, синиця-московка, павуки, чорний дрозд, зяблик, галка, сорока, комарі, мурахи, метелики, оси, миша полівка, землерийки, лісові миші, косуля, сойка, дятел, повзик, личинки гусені п'ядуна дубового, білка, мертві організми, дощові черви, личинки мух, жуки-могильники, жуки-гноювики, мокриці, кліщі, нематоди, борсуки, лисиці.

Опишіть наявні зв'язки між усіма представниками даного угруповання.

3. Побудувати можливі ланцюги живлення.

Пояснити, як видова різноманітність впливає на стійкість угруповання.

Запитання.

1. Описати структурні елементи фітоценозу: мозаїчність, синузальність, консортивність.

Практичне заняття 7

ОЦІНКА ЗАПИЛЕНOSTІ ЛИСТЯ ДЕРЕВ

Мета: Навчитися проводити оцінку ступеня запиленості листя дерев.

Теоретична частина. Ліси і зелені насадження відіграють велику роль в очищенні повітря від пилу, шкідливих газів та аерозолів. Здатність рослин затримувати пил залежить від їх біологічних особливостей (опушення листя, клейкості, наявності воскового нальоту), кількості і характеру опадів, вітрового режиму тощо. За здатністю утримувати пил виділяється гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*). Саме це є головним фактором його використання у вуличних насадженнях великих і малих міст.

Зелені насадження за вегетаційний період здатні осадити близько 40-60 тонн пилу на 1 га. Токсичні речовини впливають на анатомічну будову і функції рослин, що може супроводжуватися такими візуальними змінами як некроз, побуріння або скручування, зменшення розмірів, часткове або повне опадання хвої та листя.

Особливістю пилу є те, що він може бути нетоксичним, але адсорбуючи на своїй поверхні газоподібні чи рідкі сполуки, набуває зовсім інших особливостей і збільшує цим небезпеку як для рослин, так і для тварин та людей.

Обладнання і матеріали: аналітичні терези, садовий секатор, пінцети, лінійка, калька, вата, фільтрувальний папір, карта частини міста, що досліджується.

Порядок виконання роботи.

І спосіб. Листки одного виду деревної породи відбирають на висоті 1,5-2 м (висота шару повітря, яке вдихає людина) з 10-15 разовою повторюваністю по 100-150 шт., використовуючи секатор. Одночасно відбирають листя тієї ж породи з чистої зони (контроль). Листя складають у пакети з кальки і переносять в лабораторію, уникаючи струшування пилу.

У лабораторних умовах зважують шматочок вологої вати, загорнутий у кальку (m_1) на аналітичних терезах з точністю $\pm 0,0002$ г. Листя ретельно витирають шматочком вати з обох боків, розгортаючи її пінцетом, і зважують

разом з ватою повторно (m_2). Масу пилю (m) обчислюють як різницю між двома зважуваннями (1):

$$m = m_2 - m_1 \quad (1)$$

Площу листка обчислюють, вимірявши листкові пластинки уздовж (A) і впоперек (B) та помноживши результат на коефіцієнт k (2):

$$S = A \cdot B \cdot k \quad (2)$$

Коефіцієнт k знаходиться в межах 0,60-0,66. Кількість пилю обчислюють за формулою (3):

$$M = m/S, \text{ мг/см}^2 \quad (3)$$

II спосіб. Так само відібране листя, як і у першому способі, переносять у лабораторію.

Фільтрувальний папір зволожують водою до стікання. На нього кладуть листок верхнім боком, а поряд – нижнім і прикривають аркушем кальки або поліетиленовою плівкою. На фільтрі дістають відбиток, який оцінюють візуально за ступенем забрудненості (суцільне – 100%, навпіл – 50% тощо).

Отримані дані заносять у таблицю 1.

Таблиця 1

Результати визначення кількості пилю

Місце збирання зразка	Площа листків, см^2	Кількість пилю	
		мг/см^2	% від контролю

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

Завдання.

Провести оцінку запиленості листя дерев міських насаджень вулиць та листя дерев паркових зон м. Луцька. Результати подати у таблиці 1.

Запитання.

1. Листя яких видів дерев і чому, на вашу думку, затримує більше пилю?
2. Чому запилення сільськогосподарських культур поблизу місць відкритого видобутку корисних копалин зумовлює зниження їх урожайності?

Практичне заняття 8

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛУЧНИХ РОСЛИН

Мета: Освоїти класифікацію екоморф трав'янистих рослин лісових лук та пасовищ.

Теоретична частина. *Луками* називають ділянки земної суші, зайняті багаторічною мезофітною рослинністю, яка утворює трав'яний покрив або травостій. За способом використання рослинності виділяють: *сінокоси* (сіножаті) – ділянки природних і сіяних кормових угідь, призначені для сінокосіння та виробництва консервованих кормів – сіна, сінажу, силосу; *пасовища* – ділянки, травостої яких використовуються для випасання тварин.

У складі лучної рослинності вагомому частку становлять представники родини злакових. До родини злакових належать багато- і однорічні трав'яні рослини з мичкуватою або кореневищною кореневою системою. На природних кормових угіддях росте дуже багато цінних трав, які слід вводити в культуру на сіножатях і пасовищах. Це насамперед пирійні і стоколосові перелоги з бобовими і різнотрав'ям.

Другою дуже цінною групою трав'яних рослин лук і пасовищ є родина бобових, або метеликових. Бобові відрізняються від злакових добре розвиненими стрижневими коренями, які проникають у ґрунт на глибину 2,5-9 м.

Осоки – це кореневищні багаторічні, рідше однорічні рослини, які утворюють щільну дернину або купини. Поживність осокових гірша, ніж злакових, їх гірше поїдають тварини.

За господарським використанням рослини лук та пасовищ поділяють на чотири групи: три ботанічні родини – злакові, бобові, осокові та різнотрав'я – рослини інших родин, включаючи чагарники. Частка різнотрав'я на луках може становити до 50% і більше.

За відношенням до вологості кормові рослини лук та пасовищ поділяють на три екологічні групи: мезофіти, ксерофіти й гігрофіти. Є перехідні (проміжні) типи, наприклад, від ксерофітів до мезофітів – житняк гребінчастий та ін.; від мезофітів до ксерофітів мезоксерофіти – суданська трава.

Відношення кормових рослин до надмірного зволоження. Рослини заплав по-різному витримують затоплення. За кількістю днів, протягом яких вони витримують затоплення, рослини лук поділяють на коротко- (до 10-15 днів), середньо- (30-40) і довгозаплавні (більш як 40 днів).

За тривалістю життя розрізняють кормові культури однорічні, дворічні, мало річні (до 4-х років), середньорічні (до 5-7 років) і довгорічні (понад 7 років).

Завдання.

За допомогою довідників визначити екоморфи наведених трав'янистих рослин та занести їх в табл. 1-5.

Гребінник звичайний (*Cynosurus cristatus*), буркун білий (*Melilotus albus*), житняк пустельний (*Agropyrum desertorum*), конюшина лучна (*Trifolium pratense*), стоколос безостий (*Bromopsis inermis*), лисохвіст лучний (*Alopecurus pratensis*), люцерна жовта (*Medicago falcata*), лядвенець рогатий (*Lotus corniculatus*), тонконіг лучний (*Poa pratensis*), костриця лучна (*Festuca pratensis*), паспалюм пальчастий (*Paspalum pasnaloides*), польовиця біла (*Agrostis alba*), пирій повзучий (*Agropyron repens*), райграс пасовищний (*Lolium perenne*), грястиця збірна (*Dactylis glomerata* L.), очеретянка звичайна (*Phalaris arundinacea*).

Таблиця 1

Розподіл лучних рослин по відношенню до вологи

№ з/п	Мезофіти	Ксерофіти	Гігрофіти
1			
2			

Таблиця 2

Відношення кормових рослин до затоплення

№ з/п	короткозаплавні (до 10-15 днів)	середньозаплавні (до 30-40 днів)	довгозаплавні (більше 40 днів)
1			
2			

Таблиця 3

Поділ лучних рослин по відношенню їх до родючості ґрунтів

№ з/п	Еутрофи	Мезотрофи	Оліготрофи
1			
2			

Таблиця 4

Відношення лучних рослин до тривалості освітлення

№ з/п	Рослини довгого дня	Рослини короткого дня
1		
2		

Таблиця 5

Поділ лучних рослин за тривалістю життя

№ з/п	Однорічники	Дворічники	Малорічники	Середньо-річники	Довгорічники
1					
2					

Запитання.

1. Класифікація рослин за екоморфами.
2. Основні кормові рослини сіножатей та пасовищ.

Практичне заняття 9**БІОІНДИКАЦІЯ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**

Мета: Ознайомити з поняттям біоіндикація, її роль в екологічних дослідженнях та практичне використання.

Теоретична частина. «Біоіндикація – використання організмів або угруповань організмів, у яких морфологічна, гістологічна або клітинна структура, метаболічні та біохімічні процеси, поведінка та популяційна організація дають інформацію щодо якості навколишнього середовища або природи змін цього середовища» [22].

Застосування біоіндикаційних методів ґрунтується на тому, що у ході еволюції живі організми адаптувались до дії природних факторів середовища, які з певною стабільністю і пливають на них протягом всього життя. Проте до антропогенного впливу адаптації не відбулося через короткий історичний період його дії. Тому у випадку перевищення допустимих норм концентрації їх негативна дія проявляється і становить загрозу для життя. Дана особливість є основою для використання водних організмів в якості біоіндикаторів екологічного стану водних екосистем.

Зв'язок між об'єктами живої й неживої природи лежить в основі фітоіндикації. Найкращими індикаторами є види з вузькими екологічними амплітудами. Наприклад, дводомна кропива є індикатором багатих на азот ґрунтів.

Розроблені наступні напрямки індикації: індикація ґрунтів (педоіндикація), гірських порід (літоіндикація), підземних вод (гідроіндикація), багаторічної мерзлоти (геокриологічна індикація), засолення (галоіндикація) та інші.

Фітоіндикаторами називають рослини, рослинні угруповання, що вказують на якість, конкретні умови середовища. Вони можуть бути прямими, тобто такими, що безпосередньо пов'язані з якимись конкретними умовами середовища (наприклад, з вмістом у ґрунті кальцію (рослини-кальцефіли), або непрямыми – супутниками (наприклад, астрагал накопичує селен, який є супутником уранових руд, тому астрагал є непрямим індикатором урану).

Рослини можуть бути індикаторами, тобто вказувати на певні умови чи властивості, зокрема екологічні. Наприклад, лишайники невибагливі до умов зростання, дуже чутливі до забруднення повітря діоксидом сірки, тому поблизу ТЕС, металургійних комбінатів, пожвавлених автомагістралей вони ніколи не ростуть (табл. 1).

Таблиця 1

Біоіндикатори забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Компоненти забруднень	Біоіндикатори	Симптоми
-----------------------	---------------	----------

Фтористий водень	Гладіолус, тюльпан, півники, петрушка кучерява Бджола медоносна	Некрози верхівок і країв листків. Нагромадження фтора в сухій речовині. Захворювання і загибель.
Озон	Тютюн Шпинат, соя	Некротичні плями на верхній стороні листка. Некрози верхньої сторони листка.
Діоксид сірки	Люцерна Гречка, подорожник великий, горох, конюшина Личинки мухи червоноголової	Міжжилкові некрози і хлорози. Порушення енергетичного балансу, зменшення АТФ і збільшення АМФ. Збільшення смертності личинок.
Діоксид азоту	Шпинат, махорка, селера Щур	Міжжилкові некрози. Пероксидація ліпідів легеневої тканини.
Хлор	Личинки мухи червоноголової Шпинат Квасоля, салат	Підвищення смертності личинок. Побіління листя. Деформація хлоропластів.
Етилен	Петунія Салат, томат	Відмирання квіткових бруньок, дрібних квіточок. Закручування країв листків, підвищення пероксидазної активності.
Радіонукліди ^{90}Sr , ^{137}Cs	Оленячий мох, ісландський мох	Нагромадження в сухій речовині.
Фторид-іон, іони металів (Pb, Zn, Cd, Mn, Cu)	Райграс багатоквітковий, мітлиця повзуча, мітлиця тонка Миша Бджола медоносна Гірчиця біла, листяна капуста, кінський каштан	Нагромадження в сухій речовині. Зміни в співвідношенні Т- і В-лімфоцитів. Нагромадження в меді Нагромадження в сухій речовині.
Поєднання шкідливих речовин у повітрі (SO ₂ , HCl, NO ₂ , HF)	Вивідкові бруньки в печіночних мохах Листуваті та кущисті лишайники Ялиця біла, ялина, сосна	Зменшення приросту клітин. Зниження вмісту хлорофілів а і b, зменшення вмісту живих клітин водоростей. Зниження вмісту хлорофілів а і b, зменшення віку хвоїнок і затримка росту.

Такі рослини, як чорниця, кисличник, сфагнум, кладонія можуть бути індикаторами умов зростання лісу, тому слугують у лісівництві для визначення типів умов зростання. Кількісні співвідношення різних видів, популяцій і угруповань організмів характеризують ступінь забруднення середовища. За наявності певних видів рослин і хребетних тварин визначають температурні зони у водному середовищі. Скупчення морських рибоїдних птахів є біоіндикатором місць, де водиться риба; за складом планктону можна передбачити вилов риби. Під час космічних досліджень біоіндикацію використовують для з'ясування впливу чинників космічного простору на живі організми.

Угруповання рослин і тварин бувають більш надійними індикаторами особливостей середовища, ніж окремі організми. В останні роки виникла нова галузь біогеографії – індикаційна біогеографія.

Дані аналізів наносять на карту, а точки з однаковою концентрацією тих або інших елементів з'єднують ізолініями. Ці лінії називають ізоцинками, ізокобальтами, ізомарганцями тощо. Точки або регіони найбільшої концентрації елементів у попелі рослин є найбільш перспективними для дальшої розвідки там певних корисних копалин. Такими методами знайдені поклади міді, цинку, нікелю, кобальту та ряду інших елементів. Індикаторами збагачення ґрунту, а отже, і порід, які під ними залягають, є такі види рослин:

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| – цинку у ґрунті – | фіалка, талабан, армерія; |
| – магнію – | бурачок, полин; |
| – селену – | астрагал, стенлея; |
| – кобальту – | кроталарія, смілка кобальтова; |
| – срібла – | епігонум; |
| – міді – | віскарія альпійська. |

Геоботанічні індикаційні методи використовуються при вивченні ґрунтів, рельєфу, особливо зсувів, обвалів, для пошуків води в пустелі.

Різні елементи гідросфери тісно пов'язані з живими організмами. У зв'язку з цим вони можуть бути використані для визначення чистоти водойм.

Біотичний індекс Майєра використовують для визначення якості води у водоймах будь-яких типів з різним рівнем забруднення. Метод заснований на тому, що різні групи донних безхребетних мешкають у водоймах з певним ступенем забруднення. При цьому організми-індикатори відносять до однієї з трьох груп: чистих вод, помірно забруднених та забруднених вод (табл. 2).

Індекс Майєра (I_m) розраховується за формулою:

$$I_m = A \times 5 + B \times 2 + C \times 1,$$

де, А, В та С – кількість видів (чи груп) із відповідних індикаторних груп, що відмічені у водоймі.

Значення суми характеризує ступінь забруднення водойми. При сумі балів більше 22 – водойма дуже чиста і відноситься до 1 класу якості води; 17-21 – водойма чиста і 2 клас якості води, 11-16 – помірно забруднена, 3 клас якості води, менше 11 – водойма брудна (4-5 клас якості).

Таблиця 2

Індикаторні групи організмів за індексом Майєра

Організми чистих водойм	Організми помірної чутливості	Організми забруднених водойм
Личинки веснянок Личинки одноденок Личинки волохокрилець Личинки вислокрилок Двостулкові молюски	Бокоплав Річковий рак Личинки бабок Личинки комарів-довгоніжок Молюски-котушки, молюски-живородки	Личинки комарів-дзвінців П'явки Водяний віслучок Ставкики Малоцетинкові черви Личинки мошки

Завдання.

1. Виконати наступні тести:

1. Біоіндикатори – це організми або угруповання організмів, життєві функції яких:

- тісно корелюють з певними чинниками середовища;
- слабо корелюють з певними чинниками середовища;
- не корелюють з певними чинниками середовища.

2. Точкові і плямисті некрози листя характеризують:

- вплив озону;

- вплив сірчаного ангідриду;
- засолення ґрунту.

3. Крес-салат використовується як тест-об'єкт для:

- оцінки забруднення ґрунту і повітря;
- оцінки вологозабезпечення ґрунту;
- оцінки щільності і температури ґрунту.

4. Липа використовується як тест-об'єкт для:

- оцінки засолення ґрунту;
- оцінки щільності ґрунту;
- оцінки температурних умов.

5. Дуже чутливим деревом до впливу сірчаного ангідриду є:

- сосна звичайна;
- ялівець козацький;
- клен гостролистий.

6. Індикаторами підвищеної кислотності ґрунтів є:

- чорниця;
- герань лісова;
- щавель горобинний;
- перстач гусячий;
- хвощ польовий.

7. Індикаторами ґрунтів багатих на сполуки азоту є:

- сосна звичайна;
- кропива дводомна;
- очиток їдкий;
- вільха клейка.

2. Розрахувати індекс Майєра та визначити ступінь сапробності води річки за безхребетними гідробіонтами (табл. 2-3).

Характеристика ділянок річки за індексом Майєра

Організми водойм	Досліджувані ділянки		
	Ділянка № 1	Ділянка № 2	Ділянка № 3
Організми чистих водойм	одноденка двокрила, личинки волохокрилець, горошинка річкова	личинки одноденки, одноденка двокрила, горошинка річкова	-
Організми помірного забруднення водойм	личинки бабки стрілки, котушка рогова, личинки мошок (<i>Eusimulium sp</i>) і (<i>Odagmia ornata</i>)	личинки бабки стрілки, живордка лужанка, котушка семиобертна, котушка рогова	личинки мошок (<i>Eusimulium sp</i>) і (<i>Odagmia ornata</i>)
Організми забруднених водойм	комар-дзвінець, ставковик овальний, ставковик звичайний, ставковик болотяний, олігохета	комар-дзвінець, ставковик овальний, ставковик болотяний, водяний віслючок	комар-дзвінець, водяний віслючок, п'явка, олігохети
Σ балів			
Ступінь забрудненості			

Запитання.

1. Що таке біоіндикація?
2. В яких галузях найбільш широко застосовуються біоіндикаційні дослідження?
3. Назвіть найбільш поширені рослини-індикатори ґрунту.

Практичне заняття 10

СТРУКТУРА БІОСФЕРИ ТА ЇЇ БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ

Мета: ознайомитися із структурою біосфери, властивостями живої речовини та її біологічною продуктивністю.

Теоретична частина. Термін «біосфера» запропонував австрійський вчений Е. Зюсс у 1975 р. і визначав дану оболонку як обмежену у часі і просторі сукупність організмів на поверхні Землі.

Сучасне вчення про біосферу було розроблено В. І. Вернадським (1863-1945), а також незалежно від нього свою власну концепцію створив інший вчений П.А. Тутковський.

Біосфера (у сучасному розумінні) – своєрідна оболонка Землі, що містить всю сукупність живих організмів і ту частину речовини планети, що знаходиться в безперервному обміні з цими організмами.

В. І. Вернадський виділяв основні структурні компоненти біосфери, кожна з цих складових характеризується специфічною, динамічною структурою та організацією.

Жива речовина – сукупність всіх живих організмів планети;

Біогенна речовина – органічні та органо-мінеральні продукти, створені живими організмами (кам'яне вугілля, нафта, торф, горючі сланці);

Біокосна речовина – речовина, яка є одночасно продуктом діяльності живих організмів та дії факторів неживої природи (осадові породи, вапняки, ґрунт);

Косна речовина – гірські породи і мінерали земної кори, абіогенні сполуки, що є мінеральним субстратом розвитку і існування життя.

Радіоактивні речовини, які входять до складу земної кори з моменту її зародження.

Речовини космічного походження (метеорити).

Межі біосфери як глобальної екосистеми (верхня та нижня) визначаються наявністю сприятливих для організмів абіотичних факторів: температури, води, складу газів, елементів мінерального живлення. *Верхню межу* біосфери В.І. Вернадський назвав *променевою*, яка обмежена інтенсивною концентрацією ультрафіолетової радіації, а фізичною межею поширення життя в атмосфері є озоновий екран, який поглинає більшу частину ультрафіолетового випромінювання Сонця, Отже, верхню межу біосфери проводять на висоті приблизно 20-25 км від поверхні Землі.

Нижню межу біосфери називають *термічною*, оскільки вона зумовлена наявністю високих температур. Її проводять на суші у середньому на глибині 3-3,5 км від земної поверхні, тобто там, де температура підземних вод та гірських порід у літосфері перевищує 100 °С.

У гідросфері нижня межа існування активного життя обмежується дном Світового океану – понад 11 км, де температура становить близько 0°С.

Завдання.

1. Заповнити таблицю 1 «Верхні та нижні межі життя в оболонках Землі» і пояснити, які фактори обмежують життя в атмосфері, літосфері та гідросфері.

Таблиця 1

Верхня та нижня межі життя в оболонках Землі

Оболонки Землі	Межі життя, км
----------------	----------------

Завдання 2. Ліс площею 1 га в сонячний день поглинає з повітря 220-280 кг CO₂ і виділяє 180-220 кг кисню, а мох – 3/5 цієї кількості. Яку кількість цих газів поглинають і виділяють ліси України (площа 10 млн. га) протягом року за умови, що похмурі і сонячні дні однаково часто, а процес фотосинтезу активно здійснюється протягом 5 місяців в сонячну погоду (1 місяць – 30 днів).

Завдання 3. Побудувати діаграму розподілу загальної біомаси материкових та морських екосистем Землі (табл. 2).

Таблиця 2

Світовий розподіл біомаси Землі (суха вага)

Тип екосистем	Площа, млн. км ²	Середня біомаса рослин, кг/м ²	Біомаса рослин, млрд. т	Біомаса тварин, млн. т
Вологі тропічні ліси	17	45	765	330
Тропічні сезонно-зелені ліси	7,5	35	260	90
Вічнозелені ліси помірної пояси	5	35	175	50
Листопадні ліси помірної пояси	7	30	210	110
Лісочагарникові зарості	8,5	6	50	40
Тундра високогір'я	80,6	5	20	35
Пустелі, напівпустелі	180,7		13	8
Сухі пустелі, скелі, піски, льодовики	24	0,02	0,5	0,02
Землі в обробітку	14	1	14	6
Болота	2	15	30	20
Озера і ріки	2	0,02	0,05	10
Відкритий океан	332	0,003	1	800
Зони апвелінгу	0,4	0,02	0,008	4
Континентальний шельф	26,6	0,01	0,27	160
Зарості водоростей і рифи	0,6	0	1,2	12
Естуарії	1,4	1	1,4	21

Морські екосистеми в цілому	361	0,01	3,9	997
Загальна біомаса Землі	510	3,6	1841	2002

1. Які екосистеми мають максимальну і мінімальну біомасу на суші і в океані, в цілому у біосфері?

Запитання.

1. Які фізико-хімічні умови обмежують розповсюдження життя на Землі?
2. Властивості та функції живої речовини.

Практичне заняття 11

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Мета: Ознайомити студентів основним видами і класифікацією забруднень атмосферного повітря та джерелами їх утворення, з основними показниками, які регламентують якість атмосферного повітря.

Теоретична частина. *Забруднення атмосферного повітря* – це будь-яка зміна складу і властивостей повітря, що негативно впливає на здоров'я людей і тварин, стан рослинного покриву та екосистеми.

За походженням забруднення поділяють на природні та штучні; хімічні, фізичні та біологічні; земні, космічні, морські та континентальні.

Речовини-забруднювачі за дисперсним складом поділяють на гази, пари та аерозолі, за агрегатним станом – на тверді, рідкі та газоподібні. При цьому на частку газоподібних речовин приходить біля 90%, а на долю твердих – близько 10%; маса рідких домішок дуже мала порівняно з масою газоподібних і твердих. У складі твердих домішок присутні сульфати, органічні сполуки, твердий вуглець та вода.

За фізико-хімічними властивостями аерозолі поділяють на пил і сажу (тверді частинки), дим (дуже обводнені частинки), краплини (туману, хмар, опадів). Твердий вуглець – це різного виду сажа, яка найбільш сильно поглинає сонячну радіацію і впливає на термічний режим приземного шару атмосфери. Роль сульфатів полягає у тому, що служать ядрами конденсації, що визначають умови

утворення хмар і туманів.

Антропогенні джерела забруднення атмосферного повітря.

1. Промисловість (пил, газоподібні речовини, теплове, шумове і електромагнітне забруднення).
2. Сільське господарство (пил від ерозії ґрунтів, засоби хімізації, відходи тваринництва).
3. Транспорт (пил, викиди двигунів внутрішнього згоряння, втрати паливно-мастильних матеріалів, продукти корозії конструкційних матеріалів).
4. Комунально-побутове господарство (пил, дим, продукти розпаду комунально-побутових відходів).

За характером впливу на живі організми забруднювачі поділяються на 5 груп:

1. загальнотоксичні, які викликають отруєння всього організму (оксид вуглецю, ціаністі сполуки, свинець, ртуть, бензол);
2. подразнюючі, які викликають подразнення дихальних шляхів і слизових оболонок (хлор, аміак, сірчаний газ, оксиди азоту, озон, ацетон та інші);
3. сенсibiliзуючі, що діють як алергени (формальдегід, органічні розчинники, лаки на основі нітро- і нітрозосполук);
4. канцерогенні, що викликають злоякісні пухлини (бенз(а)пірен, нікель і його сполуки, аміни, оксиди хрому та інші);
5. мутагенні, що призводять до змін спадкової інформації (свинець, марганець, радій, уран).

У системі заходів з охорони атмосфери має велике значення встановлення певних показників, які з санітарно-гігієнічних позицій забезпечують необхідну якість атмосферного повітря та обмежують масштаби його забруднення.

В якості основного показника рівня забруднення атмосферного повітря в санітарно-гігієнічному контролі використовують *гранично-допустиму концентрацію (ГДК)*.

ГДК – це максимальна концентрація шкідливої речовини в атмосфері, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичній дії або на протязі

всього життя людини не здійснює на неї шкідливого впливу, враховуючи віддаленні наслідки, а також на оточуюче середовище в цілому.

ГДК визначається на основі санітарно-гігієнічних досліджень над лабораторними тваринами і спостережень за станом здоров'я людей, які знаходяться під впливом забруднюючих речовин з відомою концентрацією.

Розрізняють такі *види ГДК* атмосферного повітря:

1. максимально разова – час впливу 20-30 хв ($ГДК_{м.р.}$), яка встановлюється з врахуванням порогу рефлекторної дії шкідливої речовини;
2. середньодобова. Час впливу доба або більше ($ГДК_{с.д.}$), коли враховується хронічна дія шкідливої речовини;
3. робочої зони ($ГДК_{р.з.}$). Час впливу – тривалість робочого тижня.

Повітря вважається не забрудненим, якщо відношення концентрації шкідливої речовини за певний проміжок часу до відповідного значення ГДК (із довідника або Держстандарту), не перевищує одиницю:

$$C_i / ГДК_i < 1 \quad (1)$$

Для територій, що перебувають під спеціальною охороною (лікарні, санаторії, курорти, спортивні споруди, дитячі заклади, рекреаційні та заповідні об'єкти) це відношення повинно бути не більше 0,8.

Деяким шкідливим речовинам властивий ефект сумації, тобто здатність підсилювати токсичний вплив на людину при одночасній їх присутності в атмосферному повітрі. Для таких речовин сума відношень їх концентрації до відповідних значень ГДК не повинна перевищувати одиницю:

$$C_1 / ГДК_1 + C_2 / ГДК_2 + \dots + C_n / ГДК_n < 1 \quad (2)$$

Завдання.

1. Визначити рівень забруднення повітря з врахуванням ефекту сумації за даними таблиці 1 та формули 2.

Таблиця 1

Назва забруднювача	Концентрація мг/м ³	ГДК мг/м ³
Вправа 1		
Ацетон	0,28	0,35

Фенол	0,003	0,01
Вправа 2		
Оксид сірки (IV)	0,003	0,005
Оксид азоту (IV)	0,04	0,085
Сірководень	0,001	0,008
Фенол	0,001	0,01

Для порівняння ступеню забруднення атмосфери в різних містах або територіях розраховують *комплексний індекс забруднення атмосфери* (J_m), як суму 5-ти найбільших значень індексів забруднення для окремих речовин.

Індекс забруднення для якоїсь речовини (J_m) визначається шляхом піднесення до степеня відносної токсичності відношення концентрації даної речовини до ГДК_{с.д.}:

$$J_i = (q : \text{ГДК}_{\text{с.д.}})^C, \quad (3)$$

де J_i – ІЗА для окремої речовини;

q – середня концентрація (мг/м³ повітря) шкідливої речовини за той термін часу, для якої визначається ІЗА (звичайно – рік);

C – ступінь відносної токсичності.

Ступінь відносної токсичності визначається за класом небезпеки речовини (табл. 2), який в свою чергу знаходять за значенням ГДК_{р.з} (табл. 3).

Таблиця 2

ГДК _{р.з}	Клас небезпеки	Ступінь відносної токсичності (C)
<0,1	1 (надзвичайно небезпечні)	1,7
0,1-1,0	2 (високо небезпечні)	1,3
1,0-10	3 (помірно небезпечні)	1,0
>10	4 (мало небезпечні)	0,9

Значення ІЗА для окремих речовин може також бути використане також для визначення пріоритету забруднювачів у системі заходів охорони атмосферного повітря у містах.

Завдання 2. Вирахувати комплексний індекс забруднення атмосфери м. Луцька за даними (табл. 2, 3).

Методика розрахунку: за значенням ГДК_{р.з} небезпеки вирахувати J_i для

окремих речовин і додати 5 найбільших значень.

Таблиця 3

Вихідні дані

Назва забруднювача	ГДК _{р.з.}	ГДК _{с.д.}	Середньорічна концентрація (q)
Пил	5	0,15	0,1
Оксид сірки (SO ₂)	10	0,05	0,02
Оксид вуглецю (CO ₂)	20	1	1
Оксид азоту (NO ₂)	5	0,085	0,05
Оксид азоту (NO)	8	0,40	0,03
Фенол	0,3	0,01	0,005
Формальдегід	0,5	0,003	0,010

Гранично - допустимий викид (ГДВ) – норматив, який вираховують із умови, що вміст (концентрація) забруднюючих речовин з приземному шарі повітря від організованого промислового джерела або їх сукупності не перевищує нормативів якості повітря для населення, тваринного і рослинного світу. Організоване промислове джерело викиду шкідливих речовин – це димова труба, газохід. Розрахунок ГДВ здійснюється з використанням ЕОМ за спеціальними програмами, які дозволяють визначити концентрації у полях розсіювання шкідливих речовин у районі впливу промислового підприємства.

Запитання.

1. Класифікація та характеристика забруднень атмосферного повітря.
2. Що таке санітарно-захисна зона і її призначення?

Практичне заняття 12

МЕТОДИ ВІДБОРУ, КОНСЕРВАЦІЇ ТА ЗБЕРІГАННЯ ПРОБ ВОДИ

Мета: Ознайомитись з методами і набути навичок відбору, консервації, зберігання проб від поверхневих та стічних вод.

Теоретична частина. Відбір проб води є дуже важливою частиною її аналізу. Якщо допущена помилка при відборі, її виправити неможливо.

При відборі проб потрібно керуватись наступними положеннями.

1. Відбір здійснюється тільки досвідченими, кваліфікованими працівниками, які несуть безпосередню відповідальність за результати аналізу.

2. Бажано, щоб спосіб відбору був попередньо погоджений з зацікавленими сторонами.

3. Деталі проведення аналізу визначаються в кожному конкретному випадку у відповідності з поставленим завданням і в залежності від місцевих умов.

4. Проба води, яка береться для аналізу, повинна відповідати умовам і створу зйомки на підставі обстеження місцевості, детального ознайомлення з технологією виробництва, споживання води, розташуванням цехів, системою каналізації, призначенням і роботою окремих елементів станції очищення і т.п.

5. Відбір проби, транспортування і збереження її повинно проводитися так, щоб не виникли зміни в складі компонентів або властивостях води, які визначаються при аналізі.

6. Об'єм проби повинен бути достатнім і відповідати методиці аналізу, що застосовується. Як правило, для неповного аналізу відбирається 1 л, для детального аналізу – 2 л води, для повного аналізу – ще більший об'єм води.

7. В залежності від мети аналізу застосовуються разовий або серійний відбір проб.

Разовий відбір здійснюють один раз у визначеному місці. Цей спосіб застосовують рідко, при постійній якості води, коли за результатами одного аналізу можна судити про якість досліджуваної води (наприклад, в підземних водах).

У випадку, коли якість води змінюється у часі і просторі, одноразового взяття проби води недостатньо. Тому в таких випадках застосовують серійний відбір проб. При цьому відборі проби беруться через визначений інтервал часу (годину, добу, місяць) в різних точках об'єкту (зональний). Взяті проби аналізуються і обробляються математично.

Особливий тип серійного відбору є проби, які відбирають у різних місцях за течією річки або стічних вод з урахуванням часу добігання води від одного

пункту до іншого.

8. Види проб: проста і змішана. Просту пробу отримують шляхом Одноразового відбору всієї необхідної кількості води. Аналіз простої Проби дає дані про склад води в даний момент у створі зйомки.

Змішану пробу отримують при змішуванні рівних частин простих проб, взятих в одному і тому ж місці через визначені проміжки часу або відібрані одночасно в різних місцях об'єкту. Ця проба характеризує середній склад з врахуванням як місця, так і часу.

Змішану пробу не рекомендується відбирати за період більше доби. При необхідності довготривалого зберігання пробу консервують (консервуючий реагент вводять у посуд для відбору проби).

9. Посуд для відбору і зберігання проби.

Найчастіше використовуються скляні бутилі з гумовим або скляним корком, або зі спеціальним корком, який має пружинне кріплення, з гумовим ущільненням і т.п. Можуть застосовуватись поліетиленові бутилі, термоси. Додаткові проби для проведення деяких визначень, що потребують спеціальної обробки, відбирають у менші бутилі або кисневі склянки.

Для відбору проб води також використовують спеціальні пристрої – батометри різних систем. Звичайно використовують пробовідбірники типу сулій. Для відбору проб із глибини до 20-30 м застосовують прості й надійні батометри конструкції Рутнера, Молчанова або ін. (рис. 1). Як правило, вони мають вид відкритого з обох кінців циліндра, об'ємом від 1 до 3 л і закриваються на необхідній глибині.

Посуд попередньо старанно миється концентрованою сірчаною кислотою (технічною), для знежирення використовують синтетичні миючі засоби або хромову суміш. Повне знежирення досягається пропарюванням посуду водяною парою. Вимитий посуд ополіскують дистильованою водою.



Рис. 1. Батометр Молчанова для відбирання проб води

Перш ніж узяти пробу, посуд необхідно ополоснути декілька разів водою, що відбирається. Бутилі з пробами нумеруються фарбою, яка не витирається, і номер заноситься в паспорт проби.

10. Відбір проб здійснюється безпосередньо посудом, а при необхідності додатковою ємністю з тримачем або з вагою на тросі чи пробовідбірником.

Якщо потрібно взяти пробу з конкретної глибини, то використовують батометр (пляшка Мейєра). На встановлену глибину на підвісному тросику опускають бутель, який має вагу і закритий корком, до якого прикріплений додатковий тросик, з'єднаний з основним.

Після досягнення необхідної глибини різким ривком за тросик підвісу витягують корок із горловини бутля, який після наповнення водою піднімають за допомогою підвісного тросика.

Обладнання і прилади: бутелі з гумовим або скляним корком; термоси; Кисневі склянки; пляшка Мейєра; термометри; годинник; паспорт проби; Консерванти; ДОСТ 24481-80 та ДОСТ 18963-73 (методи відбору проб).

Порядок відбору проб води.

1. Вивчити техніку безпеки, якої необхідно дотримуватися при виконанні роботи.

2. Провести відбір проб із річок і струмків.

Пробу води відбирати у місці найсильнішої течії, краще у фарватері течії. Категорично заборонено відбирати пробу в стоячій воді. Пробу відбирати у верхній третині загальної глибини (як правило 20-30 см до поверхні). Проби

відбираються одноразово або серійно, прості і змішані.

При скиданні стічних вод у річку проби відбирають на відстані 500 м - на великих, 300 м – на середніх, 100 м – на малих річках нижче скиду.

3. Провести відбір проб із водосховищ, озер і ставків.

Відбір проб здійснюється з човна у руслі річки. Не рекомендується брати середню пробу із водосховища, тобто одержувати пробу імітуванням однакових порцій води, взятих у різних місцях водосховища. Не можна відбирати пробу в місцях з густими заростями водних рослин.

4. Провести відбір проб із джерел, колодязів, свердловин і дренажів. Відбирають воду під поверхнею води безпосередньо в бутель Пробовідбірником. Якщо джерело має зливну трубку або жолобок, Пробу відбирають у посудину із зливної трубки. Якщо джерело потрібно попередньо почистити, то відбір проби здійснюється тільки через добу.

Проби із свердловин відбирають глибинним пробовідбірником з вузьким перерізом чи насосом.

При відборі проб із колодязів воду спочатку відкачують до встановлення постійної температури (приблизно 20 хвилин).

Проби дренажної води відбирають безпосередньо із стоку дренажних труб.

5. Провести відбір проб дощової води, снігу та льоду.

Дощову воду вловлюють за допомогою широкої лійки, трубка якої доходить до дна бутля для проби. Якщо потрібно визначити якість чистої дощової води, її збирають через декілька хвилин після початку дощу.

Падаючий сніг вловлюють так само, як і дощову воду, а потім розтоплюють. Проби снігового покриву відбирають у місцях, де він лежить найтовстішим шаром. Спочатку лопаткою знімають верхній шар, а потім заповнюють снігом широкогорлу банку. Пробу беруть з п'яти точок (принцип конверту).

При відборі проб льоду беруть куски в різних місцях і очищують їх зі всіх сторін на чистій підстилці чистим долотом чи ножом. Потім чисті куски льоду кладуть у чашку, залишають на деякий час і переносять в іншу посудину, де також залишають на деякий час. Далі лід переносять (перекладають) у

широкогорлу банку і витримують при кімнатній температурі доти поки він не розтане.

6. Провести відбір проб стічних вод як середньозмішану пробу (за годину, зміну, добу) або серійну пробу за попередньо розробленим планом. Визначати добовий максимум і мінімум кількості стічних вод і добову, тижневу, річну зміну якості води. При необхідності провести відбір погоджених проб у різних місцях течії стічних вод. Якщо вода витікає із труби, то пробу потрібно брати безпосередньо із струменя.

7. Відбір проб води, забрудненої екстрагуючими речовинами і нафтопродуктами.

Для відбору проб використовують широкогорлі скляні банки з притертим корком або звичайні бутлі. Бутлі із пластмаси бажано не застосовувати. Бутлі при відборі не споліскують, щоб не вплинути на склад відібраної проби води.

8. Провести консервацію проб з метою недопущення змін у воді в процесі транспортування та збереження. Консервація проб проводиться для визначення тільки окремих показників якості води. Консервант вноситься в бутель до відбору проби.

9. Транспортування і зберігання проб.

Транспортування проб повинно здійснюватись швидко і обережно. Бажано, щоб проби були доставлені в лабораторію в день відбору і під наглядом її працівника. Проби рекомендується зберігати в холодильнику і виймати тільки перед початком аналізу. До аналізу приступають після того, як температура води порівнюється з кімнатною. Після проведення аналізу проби не зберігають.

Завдання.

Провести відбір проби води у річці та скласти паспорт проби.

У паспорт вносять такі дані: місце відбору проби; мета відбору проби; номер проби; температура °C; об'єм проби; номер кисневої склянки; номер склянки на БСК; дата і час відбору проби.

Запитання.

1. Як відібрати пробу з річки і струмка?
2. Як відібрати пробу снігу, льоду?
4. Як транспортувати і зберігати проби?
5. Як скласти паспорт проби?

Практичне заняття 13

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ

Мета: Ознайомитися з нормативними документами якості фізичних показників води та методиками їх визначення.

Теоретична частина. Первинну оцінку якості води у водоймі проводять, визначаючи її фізичні властивості: температуру, запах, каламутність (кількість нерозчинних у воді речовин), прозорість і колірність, а також установлюють швидкість течії і витрат води для джерела, струмка або річки.

Органолептичні характеристики води визначаються за допомогою органів зору (каламутність, колірність) і нюху (запах). Незадовільні органолептичні характеристики опосередковано свідчать про забруднення води.

Визначення температури. Температура води – важливий фактор, що впливає на фізичні, хімічні, біохімічні та біологічні процеси, які відбуваються у водоймі. Від їх інтенсивності залежить кисневий режим, процеси самоочищення тощо.

Вимір температури води в поверхневому шарі водойми здійснюють каліброваним ртутним термометром з ціною поділки 0,1-0,5°C. Термометр занурюють у воду не менш ніж на одну третину шкали і витримують у такому стані понад 5 хв. Залишаючи термометр у воді, проводять відлік показань (з точністю до половини мінімальної поділки шкали).

Температуру води глибинних шарів визначають або звичайним ртутним термометром, укріпленим на відбірнику зразків, або сповільнюють зміну показників температури, заліпивши ртутний кінець термометра шаром пластиліну товщиною 5 мм.

Для контролю теплового забруднення визначають температуру води в декількох місцях: у стічних водах у 50-100 м вище місця скиду; безпосередньо в зоні змішування вод; у 100-500 м нижче місця скиду. Складають і порівнюють температурні профілі водойми.

Визначення запаху води та його інтенсивність. Запах належить до органолептичних показників якості води. У природних вод запах викликають леткі пахучі речовини, що потрапляють до них природним шляхом або з стічними водами. Запахи властиві деяким водним організмам, у тому числі цвілі і актиноміцетам. У питних вод запах обумовлений властивостями сирієї води і способом її обробки. Так, після хлорування може з'явитися неприємний запах хлорфенолів.

Досліджувану воду (100 мл) наливають у колбу місткістю 250 мл, закривають притертим корком. Вміст колби декілька разів струшують, після чого, відкривши корок, аналізують характер та інтенсивність запаху. Інтенсивність запаху визначають при температурі 20 та 60°C та оцінюють за п'ятибальною системою.

Вид, інтенсивність і стійкість запаху залежать від складу речовин, температури, рН, біологічної обстановки, ступеня забруднення водойми та ін. (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Визначення інтенсивності запаху води

Інтенсивність запаху	Характеристика	Оцінка інтенсивності запаху, бал
Немає	Запаху не відчувається	0
Дуже слабкий	Запах відразу не відчувається, але виявляється при ретельному дослідженні (при нагріванні води)	1
Слабкий	Запах відчувається, якщо звернути на це увагу споживача	2
Помітний	Запах легко відчувається і викликає неприємне враження щодо води	3
Виразний	Запах привертає на себе увагу і змушує утриматися від пиття	4
Дуже сильний	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною до вживання	5

Визначення характеру запаху

Природне походження	Штучне походження
Рибний	Нафтопродуктів
Квітковий	Лікарський (фенольний)
Трав'янистий	Хлорний
Торф'яний	Оцтовий
Землистий	Сірчистий
Гнилісний	Інший (зазначити, який саме)
Пліснявий	Бактеріологічне забруднення

Визначення каламутності води. Каламутність води обумовлена присутністю нерозчинних і колоїдних речовин неорганічного (кремнієва кислота, гідрооксид феруму і алюмінію) та органічного (мул, мікроорганізми, планктон) походження.

Каламутність води встановлюють фотометричним порівнянням зі стандартними розчинами з вмістом 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 та 5,0 мг/л каоліну, які є основою для побудови калібрувальної кривої. Досліджуваний зразок води колориметрують у кюветі з товщиною поглинального шару 5 см при довжині хвилі 530 нм. Каламутність для питної води не повинна перевищувати 1,5 мг/л.

Каламутність зразка води зручно і швидко визначають за допомогою нефелометра (в англійських країнах його називають турбидитиметр). Сучасні прилади для встановлення каламутності води (виробники – фірми Cole-Parmer International, Hewlett-Packard) зручні й портативні, масою не більше 1,5 кг. Принцип їх дії полягає в реєстрації інтенсивності пропущеного через шар води світла, що пропорційна вмісту зважених часток. Процес виміру триває кілька секунд.

Каламутність може бути визначена за допомогою металевого диску Секкі, діаметром 20 см, розділеного на чотири сектори: два з них – чорного кольору, а два – білого. До диска кріпиться мірний тросик.

Виміри проводять у затінку або тоді, коли сонце закриє хмара. Диск

занурюють у воду, доки він не перестане бути видимим. Фіксують глибину за допомогою мірного тросу. Потім диск повільно підіймають доти, поки його знову не буде видно. Записують середнє значення трьох вимірів.

Визначення прозорості води. Досліджувану воду наливають у циліндр з плоским дном до висоти 30 см. Циліндр встановлюють на підставці над спеціальним шрифтом Снеллена або іншим шрифтом з висотою літер 2 мм і товщиною штрихів 0,5 мм таким чином, щоб відстань між шрифтом і дном циліндра становила 4 см, а потім читають шрифт крізь шар води, розглядаючи його зверху в прохідному світлі. Доливаючи або відливаючи воду, знаходять максимальну висоту стовпчика води у сантиметрах, з якої можна прочитати шрифт. Отримане значення характеризуватиме прозорість досліджуваної води. Вода вважається прозорою, якщо шрифт Снеллена можна прочитати крізь шар води завтовшки не менше 30 см.

Визначення колірності (кольору) води. Поверхневі води часто мають забарвлення. Колірність їх викликається присутністю гумінових речовин і сполук заліза (III), а також домішками антропогенного походження.

Гумінові речовини – органічні сполуки, що утворюються в процесі хімічного і біохімічного розкладання залишків рослин. Переходячи з ґрунту у воду, ці речовини забарвлюють її в жовтий або коричневий колір залежно від концентрації.

Для природних вод жовто-коричневих відтінків, колір яких викликаний присутністю гумінових речовин, вимірювання колірності виконується кількісно, а результати визначення виражають у градусах. Вимірювання проводиться шляхом порівняння проби із стандартним розчином, приготованим із суміші солей гексахлорплатинату (IV) калію $K_2[PtCl_6]$ і хлориду кобальту $CoCl_2$ (платино-кобальтова шкала).

Колірність води в 1° відповідає кольору стандартного розчину, який містить 0,1 мг платини в 1 мл. В якості стандартного можна застосувати також розчин, який виготовляється з біхромату калію і сульфату кобальту (імітаційна шкала), оскільки, сполука платини, звичайно, дуже дорогий реактив.

Колірність питної води не має перевищувати 20°. В окремих випадках допускається колірність води до 35°.

Колірність річкової води коливається в широких межах – від 35 до 55°, досягає в окремих випадках 200° і вище.

Методи визначення.

Зручніше визначати колірність порівнянням забарвлення досліджуваної проби зі шкалою кольору еталонних розчинів компаратору.

Його, як правило, розмішують на тлі білих секторів диска Секкі й занурюють у воду на глибину близько 1 м. Виміри проводять не при прямому сонячному освітленні, а в тіні. Номер пробірки компаратора, колір якої зливається з водою, буде відповідним показником кольоровості.

При відсутності компаратора колір води визначають візуально. Для цього пробірку заповнюють водою до висоти 10-12 см і визначають колірність, розглядаючи пробірку зверху на білому тлі при достатньому бічному освітленні (денному, штучному). Найбільш відповідний відтінок вибирають і описують за класифікацією, наведеною в таблиці 4.

Таблиця 4

Характер забарвлення води

№ з/п	Забарвлення
1	Слабко-жовтувата
2	Світло-жовтувата
3	Жовта
4	Коричнювата
5	Червоно-коричнювата
6	Інша (зазначте, яка саме)

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр (ФЕК), бюретка на 25 мл, 12 мірних колб об'ємом 100 мл, розчин 1 (містить 0,0875 г дихромату калію $K_2Cr_2O_7$, 2 г сульфату кобальту $CoSO_4 \cdot 7H_2O$; розчин 2 (1 мл H_2SO_4 , $\rho=1,84$ г/см³ в 1 л води).

Порядок виконання роботи. Готують серію еталонних розчинів: у мірні колби об'ємом 100 мл наливають визначені 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. Потім вимірюють оптичну густину аналізованої води і визначають за графіком колірність (якщо вона перевищує 80°, пробу розбавляють дистильованою водою, а результати множать на кратність розбавлення).

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

Проби води не консервують, визначення проводять упродовж 2 год, заздалегідь профільтрувавши пробу і відкинувши перші порції фільтрату.

Оптичну густину вимірюють у кюветі з товщиною світопоглинального шару 1 см, розчин порівняння – дистильована вода. Довжина хвилі світла, яка найбільше поглинається пробєю води, і є характеристикою її кольору. Слід пам'ятати, що видимий колір розчину є «додатковим» до кольору випромінювання, який поглинається (табл. 5).

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

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

Таблиця 5

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	Пурпуровий
560-575	Жовто-зелений	Фіолетовий
575-590	Жовтий	Синій

590-605	Оранжевий	Зелено-синій
605-730	Червоний	Синьо-зелений
730-760	Пурпуровий	Зелений

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

Визначення швидкості течії річки. Швидкість течії впливає на процеси самоочищення вод, їх насиченість киснем, температуру.

Обладнання та матеріали: секундомір, легка стрічка відомої довжини (10-20 м), легкий плавучий предмет (наприклад, надувний м'яч).

Порядок виконання роботи. Виходять на середину струмка (якщо він неглибокий) або впливають на середину річки в човні і ставлять його на якір. Тримавши в одній руці кінець стрічки, другий її кінець з прив'язаним до нього плавучим предметом опускають у воду, одночасно натиснувши кнопку секундоміра. Коли стрічка натягнеться, зупиняють секундомір. Під час вимірювання рука, що тримає вільний кінець стрічки, має бути якомога ближче до поверхні води.

Якщо відомі час і довжина стрічки, легко визначити швидкість течії V (м/с). Повторюють процедуру 3-4 рази й визначають середнє значення всіх вимірів.

До важливих екологічних показників, від яких залежить концентрація забруднювачів, що потрапляють у річку, належать об'єм потоку (W , м³). Для визначення останнього в певних прийнятих його межах слід заздалегідь визначити швидкість потоку V (див. вище), середню ширину s (в м), середню довжину секції потоку l , де проводять замірювання, і середню глибину h . Об'єм потоку визначається за формулою:

$$W = l \cdot s \cdot h \cdot V$$

Визначення поперечного профілю потоку. Важливим показником, від якого залежать такі екологічні характеристики, як температура, швидкість потоку

і характер донних організмів, є також **поперечний профіль потоку**. Визначення цього параметра проводять біля неширокого й неглибокого потоку, який можна Легко подолати вбрід.

Обладнання та матеріали: мірна стрічка, довжина якої має бути трохи більшою за ширину потоку, планка з позначками (см).

Порядок виконання роботи. Натягують мірну стрічку впоперек потоку й закріплюють її кінці на берегах кілочками. Через певні інтервали заміряють Глибину потоку, визначаючи в кожній точці заміру характер донного матеріалу і кількість донних рослин. Якщо ширина струмка становить 1 м, то замірювати глибину слід через кожні 5 см, за ширини 5м – через кожні 50 см.

Накреслюють поперечний профіль потоку, позначивши в кожній точці заміру характер донного матеріалу, ввівши умовні знаки для таких порід, як пісок, гравій, намул, валуни, корінні породи, а також донні рослини.

Завдання. Визначити органолептичні властивості та фізичні властивості річкової води, результати записати.

Запитання.

- 1.3 якою метою визначають фізичні показники води та швидкості течії річки?
2. Від чого залежить характер забарвлення і запах води? Наведіть приклади.

Практичне заняття 14

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ СУХИХ РЕЧОВИН У ВОДІ (СУХОГО ЗАЛИШКУ)

Мета: Ознайомитися з класифікація природних вод за показником загальної мінералізації та методикою визначення вмісту сухих речовин у воді.

Теоретична частина. Під *сухим залишком* мається на увазі сума всіх домішок води, яка визначається шляхом випаровування проби. При такому аналізі не враховуються гази, леткі компоненти і речовини, що розкладаються при випаровуванні і висушуванні (при 105 °С) з утворенням летких компонентів.

Розрізняють сухий і щільний залишки. Сухий залишок визначається з ало

каламутних проби, щільний – із фільтрату. Для ало каламутних природних, а також питних вод результати обох визначень дуже близькі, оскільки вміст суспензії в цих водах звичайно невеликий, а величина щільного залишку складає значну частку.

У таблиці 1 наведена класифікація природних вод за величиною загальної мінералізації (тобто за вмістом щільного залишку).

Шляхом прожарювання сухого або щільного залишку при температурі близько 800°C визначають прожарений залишок, величина якого дозволяє судити про співвідношення мінеральної та органічної частини у сухому залишку.

Це співвідношення є орієнтовним, оскільки в результаті прожарювання згорають не тільки органічні речовини (до CO₂, H₂O і N₂), але частково розкладаються карбонати з виділенням CO₂ і частково випаровуються хлориди.

Згідно нормативів, показник загальної мінералізації не має перевищувати 1000 мг/л у воді джерела, що використовуються для господарсько-питної мети.

У процесі обробки води величина сухого залишку може змінюватися: як збільшуватися, так і зменшуватися.

Таблиця 1

Класифікація природних вод за показником загальної мінералізації

Клас	Аніонний склад	Загальна мінералізація,
Ультрапрісна	Звичайна	<200
Прісна	гідрокарбонатна	200-500
Вода з відносно підвищеною мінералізацією	Гідрокарбонатно-сульфатна	500-1000
Солонувата	Сульфатно-хлоридна	1000-3000
Солонна		3000-10000
Вода з підвищеною солоністю	Переважно хлоридна	10000-35000
Вода, перехідна до ропи	Хлоридна	35000-50000
Ропи		50000-400000

Обладнання, матеріали, реактиви: піпетка на 100 мл, фарфорові чашки, знезолений фільтр, «синя стрічка», піпетки Мора, хімічні стакани чи конічні колби для збирання профільтрованої води (фільтрату), сушильна шафа, ексікатор, муфельна піч, аналітичні терези, мірна колба на 1 л, водяна баня, розчин

карбонату натрію Na_2CO_3 (10 г хімічно чистого Na_2CO_3 , висушеного при 200°C упродовж 3 год. і зваженого на аналітичних терезах, розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л).

Порядок виконання роботи. У прожарену, охолоджену і зважену фарфорову чашку вносять 50-250 мл профільтрованої природної або стічної води. Воду випарюють на водяній бані з дистильованою водою досуха. Переносять чашку із залишком у сушильну шафу і висушують при 105°C до постійної маси.

Вміст сухого залишку X ($\text{мг}/\text{дм}^3$) вираховують за формулою:

$$X = \frac{(a - b) \cdot 1000}{V}, \text{мг} / \text{дм}^3 \quad (1)$$

де a і b – відповідно маса фарфорової чашки із залишком і пустої, г;

V – об'єм проби води, л.

Ці недоліки усуваються додаванням карбонату натрію Na_2CO_3 . При цьому хлориди та сульфати кальцію і магнію переходять у безводні карбонати.

Розчин Na_2CO_3 вносять піпеткою після доливання у фарфорову чашку останньої порції води з таким розрахунком, щоб маса доданого карбонату натрію приблизно вдвічі перевищувала масу очікуваного сухого залишку (для прісних вод об'єм розчину становить 25 мл). Розчин перемішують скляною паличкою, споліскують її над чашкою дистильованою водою.

Далі все роблять, як описано вище.

Масову концентрацію сухого залишку X розраховують за формулою:

$$X = \frac{(M_1 - M_2 - M_3) \cdot 1000}{V}, \text{мг} / \text{дм}^3 \quad (2)$$

де M_1 і M_2 – відповідно маса чашки із сухим залишком і пустої, мг;

M_3 – маса доданого Na_2CO_3 (25 мл 1%-го розчину містить 250 мг Na_2CO_3), мг;

V – об'єм води, взятої для аналізу, л.

Визначення залишку після прожарювання. Доведені до постійної маси при 100°C фарфорові чашки з сухим залишком після висушування переносять у муфельну піч і прожарюють до сталої маси при 600°C .

Обчислюють масову концентрацію сухого залишку після прожарювання, який практично дорівнює вмісту неорганічних речовин:

$$X = \frac{(a-b) \cdot 1000}{V}, \text{ г/дм}^3 \quad (3)$$

де a і b – відповідно маса чашки з осадом до і після прожарювання, г;

V – об'єм проби води, л.

Різниця значень масової концентрації залишку до і після прожарювання характеризує вміст летких речовин (переважно органічних).

Завдання.

Визначити вміст сухого залишку (табл. 2). До якого класу відноситься вода?

Таблиця 2

Вихідні дані

№ з/п	Маса фарфорової чашки , г		Об'єм води, взятої для аналізу, л
	із залишком	пустої	
1	75,656	75,552	0,25
2	75,996	75,964	0,25
3	100,228	100,108	0,25
4	100,366	100,156	0,25
5	75,499	75,433	0,25
6	75,672	75,521	0,25
7	75,8	75,599	0,25
8	75,766	75,552	0,25
9	76,067	75,964	0,2
10	100,194	100,108	0,2
11	100,226	100,156	0,2
12	75,737	75,433	0,2
13	75,708	75,599	0,2
14	75,858	75,552	0,2
15	75,992	75,964	0,2

Запитання.

1. З якою метою визначають сухий залишок?
2. Які елементи входять до складу сухого залишку?

Практичне заняття 15

ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ПРИРОДНИХ ВОДОЙМАХ І СТІЧНИХ ВОДАХ

Мета: Отримання навиків визначення концентрації шкідливих речовин у природних водоймах і стічних водах.

Теоретична частина. Об'єктами водокористування є поверхневі води, підземні води, внутрішні води і територіальні морські води. Прісні води згідно з «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами №1166-74» поділяють на чотири категорії залежно від характеру їх використання:

Категорія I – господарсько-питного водопостачання населення та підприємств харчової промисловості;

Категорія II – культурно-побутового призначення (для купання, заняття спортом, відпочинку населення);

Категорія III – рибогосподарського призначення для збереження та розведення цінних порід риб (чутливих до кількості розчинного у воді кисню та кількості завислих часток);

Категорія IV – рибогосподарського призначення для збереження інших порід риб.

Надзвичайно важливим є принцип встановлення гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин.

Для вод господарсько-питного і культурно-побутового призначення для нормування їх якості встановлюються ГДК_в шкідливих речовин з урахуванням трьох показників шкідливості:

- органолептичного;
- санітарного (загальносанітарного);
- санітарно-токсикологічного.

Для вод рибогосподарського призначення (водокористування) – ГДК_{рибогосп.}, з врахуванням п'яти показників шкідливості:

- органолептичного;

- санітарного (загальносанітарного);
- санітарно-токсикологічного;
- токсикологічного;
- рибогосподарського.

Кожний показник шкідливості характеризує ту чи іншу властивість забруднюючих речовин, яка показує шкідливу дію цих речовин, а саме:

- *органолептичний* показник шкідливості характеризує здатність речовин змінювати органолептичні властивості води (смак, запах, колір тощо);
- *загальносанітарний* показник шкідливості характеризує вплив речовин на процеси природного самоочищення вод за рахунок біохімічних і хімічних реакцій за участю природної мікрофлори;
- *санітарно-токсикологічний* показник характеризує шкідливу дію речовин на організм людини;
- *токсикологічний* показник шкідливості характеризує токсичність речовин для живих організмів, які живуть у водному об'єкті (планктон тощо);
- *рибогосподарський* показник шкідливості характеризує вплив речовин на погіршення якості промислових риб.

При проектуванні очисних споруд необхідно враховувати склад та властивості виробничих стічних вод, норми водовідведення на одиницю продукції, умови скидання стічних вод у природні водойми та місцеву каналізацію, а також необхідний ступінь їх очистки.

У певних виробничих ситуаціях внаслідок недосконалості технологічних процесів або недостатньої потужності очисних споруд, кількість шкідливих речовин в стічних водах може перевищувати встановлені гранично допустимі скиди (ГДС). Проте, якщо стоки розвести деякою кількістю чистої води, можливо концентрацію шкідливих речовин знизити до величині ГДС, після чого стічні води можуть бути скинуті в поверхневі водойми.

Для здійснення розведення, необхідно провести відповідні розрахунки, в процесі яких визначають коефіцієнт розведення K_p , об'єм води V_p , сумарний об'єм стоків з врахуванням розведення V_Σ .

Якщо промислові стоки містять одну шкідливу речовину, коефіцієнт розведення визначається як відношення фактичної концентрації цієї речовини в одиниці об'єму води до гранично допустимої концентрації ГДК_С цієї ж речовини (1):

$$K_p = \frac{C_{\text{факт}}}{\text{ГДК}_С} \quad (1)$$

Знаючи коефіцієнт розведення, можна розрахувати необхідний об'єм чистої води (V_p), що необхідний для розведення одиниці об'єму скиду:

$$V_p = V(\text{м}^3) \cdot (K_p - 1), \text{ де}$$

V – об'єм первинного скиду, що містить шкідливу речовину.

Сумарний об'єм скидів з урахуванням розведення на одиницю об'єму первинного скиду по абсолютній величині дорівнює добутку коефіцієнту розведення на об'єм первинного скиду (2):

$$V_{\Sigma}(\text{м}^3) = V \cdot K_p \quad (2)$$

У випадках, коли промислові води містять декілька шкідливих речовин, що мають однонаправлену дію на організм людини, розрахунки проводять за схемою:

1. розраховують величину q сумарної дії шкідливих речовин;
2. величину K_p приймають рівною q ;
3. якщо $K_p > 1$, подальший розрахунок проводять за методикою, яка приведена для одного компонента.

Дуже важливими є принципи встановлення ГДК шкідливих речовин у природних водоймах з врахуванням показників шкідливості, залежно від категорії прісних вод. Значення ГДК деяких шкідливих речовин наведено в таблиці 1.

Таблица 1

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у водоймах

Речовина-забруднювач	ГДК, мг/дм ³	
	Для водойм I категорії (ГДК)	Для водойм III-IV категорії (ГДК)
Мідь (Cu^{2+})	0,1	0,01
Миш'як (As^{3+})	0,05	0,05

Нікель (Ni^{2+})	1,0	0,01
Нітрати (в перерахунку на азот)	10,0	—
Поліакриламід (ПАА)	2,0	—
Ртуть (Hg^{2+})	0,005	0,0001
Сульфати (SO_4^{2-})	500,0	—
Нафта і нафтопродукти в емульсованому стані	0,5	0,05
Феноли	0,001	0,001

Завдання.

У водойми рибогосподарського призначення потрапляють з різних промислових підприємств V_0 м³/год стічних вод. В одному зі стоків містяться нафтопродукти в емульгованому стані з концентрацією C_1 мг/дм³, мідь – з концентрацією C_2 мг/дм³, нікель – з концентрацією C_3 мг/дм³, та ртуть – з концентрацією C_4 мг/дм³. Об'єм цього стоку складає V_1 м³/год. Чи буде в загальному стоці спостерігатись перевищення ГДК? Чи є необхідність розводити дану стічну воду чистою перед скиданням у природну водойму, якщо так, то в якій кількості? Провести розрахунки використовуючи дані таблиці 2.

Методика розрахунку.

Першим етапом розв'язування задачі є визначення маси нафтопродуктів, які містяться у стоках:

$$M_i = C_i \cdot V_1 \text{ (мг/год);}$$

Знаходимо концентрацію кожної забруднюючої речовини у загальному стоці:

$$C_i = \frac{M_i}{V_0} \text{ (мг/дм}^3\text{);}$$

Порівнюючи розрахункове значення концентрації кожної токсичної речовини в стічних водах зі значенням ГДК, яке приведене в таблиці 1, робимо висновок про необхідність очистки стічних вод перед їх скиданням у природну водойму. У зв'язку з тим, що для всіх речовин-забруднювачів водойм необхідно проводити комплексну оцінку характеру впливу на живі організми, то в розв'язку задачі визначаємо коефіцієнт q .

$$q = C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + \dots + C_n/\text{ГДК}_n$$

Якщо розрахункове значення коефіцієнту $q > 1$, то сумарна дія цих речовин є небезпечною. Це зумовлює необхідність очистки стічної води або її розведення чистою водою для приведення концентрації цих речовин до значень ГДК. Як було зазначено вище, значення коефіцієнту q прирівнюють до значення коефіцієнту розведення K_p .

Таблиця 2

Вихідні дані

№ з/п	V_0	V_1	C_1	C_2	C_3	C_4
1	1000	200	0,2	0,01	0,004	0,00005
2	500	100	0,1	0,005	0,002	0,0001
3	300	50	0,2	0,15	0,004	0,00008
4	600	250	0,15	0,001	0,005	0,00004
5	1000	200	0,1	0,005	0,006	0,00005
6	1000	200	0,09	0,002	0,005	0,00002
7	200	50	0,05	0,001	0,004	0,0001
8	500	100	0,1	0,002	0,001	0,00015
9	200	50	0,15	0,0015	0,002	0,00009
10	300	50	0,25	0,001	0,0015	0,00005
11	300	50	0,2	0,005	0,001	0,00008
12	900	200	0,3	0,001	0,004	0,0001
13	1000	200	0,3	0,01	0,004	0,00005
14	500	100	0,2	0,005	0,001	0,0001
15	300	50	0,25	0,15	0,0015	0,00008

Запитання.

1. Екологічна класифікація якості води поверхневих вод.
2. Визначення коефіцієнта розведення стічних вод чистою водою.

Практичне заняття 16**БУДОВА ЯДРА ТА РАДІОАКТИВНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЯДЕР**

Мета: Вивчити будову ядра та розглянути основні ядерні перетворення.

Теоретична частина. Досліджуючи проходження α -частинок з енергією декілька MeV крізь тонкі пластинки золота, Е. Резерфорд зробив висновок про те, що атом складається з позитивно зарядженого ядра і електронів, які його оточують. Розмір ядра $\sim 10^{-14} - 10^{-15}$ м, а розмір атома $\approx 10^{-10}$ м.

Атомне ядро складається з елементарних частинок протонів і нейтронів. Протон (p) має позитивний заряд, що дорівнює заряду електрона, масу спокою $m_p = 1.672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Нейтрон (n) – нейтральна частинка з масою спокою $m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Протони і нейтрони називають *нуклонами* (від лат. «nucleus» – ядро). Загальна кількість нуклонів в ядрі називається *масовим числом* A . До складу ядра входять Z протонів та N нейтронів, тому $A = Z + N$.

Атом з певним числом протонів і нейтронів в складі ядра називається *нуклідом*. Нуклід з ядром в основному стані позначають ${}_Z^A X$, де X – символ хімічного елемента з порядковим номером Z .

Атомне ядро характеризується зарядом Ze , де e – заряд протона, Z – *зарядове число* ядра.

Зарядове число Z характеризує одночасно:

- число протонів в ядрі,
- число електронів в електрично нейтральному атомі,
- порядковий номер елемента в періодичній системі Менделєєва.

Ядра атомів умовно поділяють на легкі (з масовим числом $A < 25$), середні (з масовим числом $25 \leq A \leq 80$) та важкі ($A \geq 80$). Ядра водню (протони) і гелію (α -частки) відносять до групи елементарних часток. Усі ядра (крім ядра водню) складаються із протонів та нейтронів (що звуться нуклонами), пов'язаних між собою ядерними силами. Радіус ядра для різних елементів знаходиться у межах $(2-8) \cdot 10^{-13} \text{ м}$.

У стабільних атомах співвідношення між кількістю протонів і нейтронів, що в них містяться, описується формулою:

$$Z = \frac{F}{1,98 + 0,015A^{2/3}}$$

Якщо це співвідношення є порушене, ядра стають радіоактивними. При цьому ядра з більшим вмістом (надлишком) протонів випромінюють позитрони, ядра з надлишком нейтронів – електрони.

Хімічні елементи позначаються у вигляді ${}_Z^A X$, де X – назва елемента, атому якого належить ядро (наприклад, ядра: гелію – ${}_2^4\text{He}$, кисню – ${}_8^{16}\text{O}$, урану – ${}_{92}^{235}\text{U}$).

Нукліди, ядра яких мають однакову кількість протонів, але різну кількість нейтронів, називаються *ізотопами*. Ізотопи хімічно тотожні, але відрізняються масою і ядерними властивостями. Всі хімічні речовини мають ізотопи. Найменшу кількість відомих ізотопів (три – водень, дейтерій, тритій) має водень, а найбільшу (36) ксенон і цезій. Всього відомо близько 1300 ізотопів, з них 250 стабільні, інші радіоактивні. Ізотопи вуглецю і тритій утворюються під впливом космічної радіації.

Нукліди – загальна назва атомів, які вирізняються кількістю ядерних частинок. Радіонуклід – це нестійкий нуклід, такий, що розпадається. Термін «радіонуклід» застосовується для визначення атомів радіоактивних речовин.

Залежно від зміни складу (по вмісту протонів і нейтронів) атомні ядра одного і того ж елемента можуть бути ізотопами, ізобарами і ізотонами.

Ізотопи – це ядра одного елемента з однаковими значеннями протонів Z , але різними значеннями нейтронів N . Більшість хімічних елементів мають два та більше ізотопів.

Ізобари – це атомні ядра з однаковими масовими числами A , але різним вмістом протонів Z .

Ізотони – це атомні ядра з однаковим числом нейтронів, але різними масовими числами A .

До елементарних часток, належать протони (ядра водню), α -частинки (ядра гелію) та нейтрони.

Нейтрон – елементарна частка, що не має електричного заряду і входить до складу атомних ядер, позначається символом n . Маса нейтрону $m_n = 1,008981$ а.о.м. По діапазонам кінетичних енергій (E) нейтрони поділяються на такі групи:

– холодні нейтрони:

$$0 < E_n < 0,005 \text{ eV};$$

– теплові нейтрони (знаходяться у тепловій рівновазі з атомами речовини)

$$0,005 \text{ eV} < E_n < 0,5 \text{ eV},$$

– проміжні нейтрони:

$$0,5 \text{ eV} < E_n < 100\text{-}500 \text{ keV};$$

– швидкі нейтрони:

$$0,1 \text{ MeV} - 0,5 \text{ MeV} < E_n < 10 - 20 \text{ MeV};$$

– надшвидкі нейтрони:

$$E_n > 20 \text{ MeV} \text{ (надходять тільки з космосу)}$$

Протон (ядро водню) – стійка елементарна частинка з позитивним елементарним електричним зарядом, що дорівнює по абсолютній величині заряду електрона ($1,6 \cdot 10^{-19}$ кул), позначається p .

Маса протона дорівнює різниці масі атому водню та маси електрону і складає:

$$m_p = 1,00759 \text{ а.е.м.} = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Альфа-частинка (α -частинка) є ядром гелію, що складається з двох протонів та двох нейтронів і має позитивний електричний заряд, вдвічі більший заряду електрону по абсолютній величині, позначається символами α та He .

Атомна маса α -частинки складає 4,003. Маса дорівнює $6,644 \cdot 10^{-27}$ кг. Альфа-частинки випромінюються при розпаді важких радіоактивних ядер (урану, торію, радію та ін.). Якщо в ядрі є надлишок нейтронів, випромінюються електрони.

Електрон (або негативна β -частинка) – це стійка елементарна частка з масою $9,108 \cdot 10^{-31}$ кг з негативним електричним зарядом, що дорівнює $1,6 \cdot 10^{-19}$ кулонів, позначається символами e^- або β^- . Якщо в ядрі є надлишок протонів, випромінюються позитрони.

Позитрон (або позитивна β -частинка) є античастинкою електрону, має масу, що дорівнює масі електрону та позитивний електричний заряд, що по абсолютній величині дорівнює заряду електрона, позначається β^+ .

Джерелом β -частинок (електронів і позитронів) є радіоактивні ізотопи а також ядерні вибухи і реакції поділу у ядерних реакторах.

Радіоактивністю називають самовільне (спонтанне) перетворення ядер нестійких ізотопів одних елементів у ядра ізотопів інших елементів, що зумовлено внутрішніми причинами та супроводжується α -, β -, γ -випромінюванням, а також інших частинок (нейтронів, протонів).

До радіоактивних процесів належать:

1. α -розпад;
2. β -розпад;
3. γ -випромінювання;
4. спонтанний поділ тяжких ядер;
5. протонна радіоактивність.

Радіоактивний розпад характеризується середнім часом життя радіоактивного ізотопу $\tau = 1/\lambda$ і періодом напіврозпаду ($T_{1/2}$), що виражається формулою $T_{1/2} = \tau \ln 2$ або

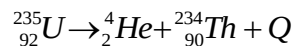
$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} = 0,693\tau.$$

Періодом піврозпаду називається час, протягом якого початкова кількість ядер певної речовини розпадається наполовину

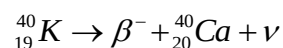
Природні радіоактивні перетворення ядер, які відбуваються самочинно, називаються *радіоактивним розпадом*.

Альфа-розпад супроводжується викидом з ядра нестійкого елемента α -частинки, яка являє собою ядро атома гелію. При цьому воно втрачає 2 протони й 2 нейтрони і перетворюється в інше ядро, заряд якого менше на 2, а масове число на 4. Отже, при такому розпаді, відповідно із правилом зміщення, сформульованим Фаянсом і Содді (1913 р.), створений дочірній елемент зміщується вліво відносно материнського на 2 клітинки таблиці Менделєєва.

Наприклад:

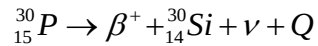


Бета-розпад. Якщо в ядрі є надлишок нейтронів, то відбувається електронний (β^-) розпад, при якому один із нейтронів перетворюється в протон, а з ядра вилітає електрон і антинейтрино. При цьому розпаді заряд ядра і номер збільшується на одиницю, а дочірній елемент зсунутий в таблиці Менделєєва на один номер вправо від материнського, а масове число залишається без зміни:



Якщо в ядрі є надлишок протонів, відбувається позитронний β^+ розпад. При

цьому ядро викидає позитрон і нейтрино, а один із протонів перетворюється в нейтрон. Заряд ядра і атомний номер зменшуються на 1 і дочірній елемент зміщується на 1 номер вліво від материнського елементу в таблиці Менделєєва. Масове число залишається без змін:



Позитрон, що вилетів з ядра, зриває з оболонки атома «лишній» електрон, або взаємодіє з вільним електроном, утворюючи пару «позитрон-електрон», яка миттєво перетворюється в 2 γ -кванти з енергією, еквівалентною масі частинок ($e^{+} + e^{-}$). Процес перетворення пари в 2 γ -кванти отримав назву анігіляції (знищення), а виникаюче електромагнітне випромінювання – анігіляційного. В даному випадку відбувається перетворення одної форми матерії – частинок речовини, в іншу форму – γ -фотони. Таким чином, при позитронному розпаді в кінцевому результаті за межі материнського атома вилітають не частинки, а два γ -кванта, кожний з яких має енергію 0,511 MeV, що дорівнює енергетичному еквіваленту маси спокою частинок – позитрону та електрону.

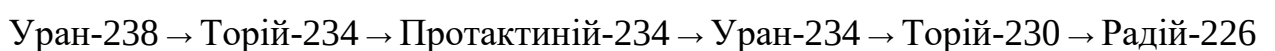
Гамма-випромінювання – це короткохвильове електромагнітне випромінювання з дуже малою довжиною хвилі $\lambda < 10^{-10} \text{ м}$ і внаслідок цього – яскраво вираженими корпускулярними властивостями.

Експериментально встановлено, що γ - випромінювання не є самостійним видом радіоактивності, а лише супроводжує α - та β - розпади; виникає також під час ядерних реакцій, гальмування заряджених частинок, їх розпаду та ін. Встановлено, що γ - випромінювання не викликає зміни заряду і масового числа ядер, воно випускається дочірнім ядром, яке в момент свого утворення перебуває у збудженому стані.

Ядерні реакції – це перетворення атомних ядер при взаємодії з елементарними частинками, з γ - квантами або між собою.

Завдання.

1. Вкажіть тип ядерних перетворень у радіоактивному розпаді сімейства урану-238.



→ Радон-222 → Полоній-218 → Свинець-214 → Бісмут-214 → Полоній-214 → Свинець-210 → Бісмут-210 → Полоній-210 → Свинець-206 (стабільний).

2. Вкажіть кількість нейтронів у ядрі нукліду ^{40}Ar :

а) 40; б) 18; в) 22; г) 20; д) 58.

3. Вкажіть назву атомів з певним значенням нуклонного та протонного чисел:

а) ізотоп; б) нуклід; в) нуклон; г) радіонуклід; д) ізомер.

4. Вкажіть кількість частинок, які містить ядро нукліду Ванадію $^{51}_{23}\text{V}$:

а) 51 нейтрон і 23 електрони; б) 51 протон і 28 нейтронів;

в) 23 протони і 28 нейтронів; г) 23 нейтрони і 51 протон;

д) 74 нейтрони і 23 протони.

5. Вкажіть, чим кількісно відрізняються атоми ізоотопів одного й того ж елемента:

а) зарядом ядра; б) кількістю нейтронів;

в) кількістю протонів; г) кількістю електронів;

д) кількістю нейтронів і протонів.

6. Вкажіть кількість частинок, які містить ядро нукліду Феруму $^{56}_{26}\text{Fe}$:

а) 56 нейтронів і 26 протонів; б) 26 протонів і 30 нейтронів;

в) 56 протонів і 30 нейтронів; г) 26 нейтронів і 56 протонів;

д) 82 нейтрони та 26 протонів.

Запитання.

1. Описати сучасну модель будови атома.
2. Від чого залежить період напіврозпаду радіонукліду?
3. Що таке ізоотопи, радіонукліди?

Практичне заняття 17

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ РАДІАЦІЙНОЇ ДОЗИМЕТРІЇ ТА ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ

Мета: Ознайомитися з дозами та одиницями вимірювання радіоактивності.

Теоретична частина. Важливим завданням в цивільному захисті є виявлення і оцінка небезпечності іонізуючих випромінювань для населення у різних умовах радіаційної обстановки.

Для визначення необхідності проведення дезактивації й санітарної обробки, визначення норм споживання забруднених продуктів, дози опромінення з метою визначення працездатності населення вимірюють потужність дози випромінювання, радіоактивність речовин та об'єктів.

В науковій літературі одиниці подаються як в Міжнародній системі (СІ) так і несистемні одиниці, які активно застосовувались раніше. Тому розглянемо їх також.

Наявність радіоактивних речовин у середовищі часто буває дуже малою. Тому мірою радіоактивних речовин є не вага, а активність радіоізотопів.

Активністю радіоактивного елемента є число атомних розпадів в ньому за одиницю часу, вона характеризує швидкість радіоактивного розпаду радіонукліда. Активність радіоактивної речовини пропорційна її кількості. Кількість радіоактивної речовини свідчить про її активність – про кількість атомів, що розпадаються за 1 с.

Одиницею активності в системі СІ є Беккерель.

Беккерель (Бк, Bq) – це така кількість радіоактивної речовини, в якій проходить 1 акт розпаду за 1 с, а несистемна одиниця – *Кюрі (Ки, Ci)* – така кількість радіоактивної речовини в якій проходить 37 млрд. актів розпаду за 1 с.

За одиницю радіоактивності речовини – питому вагову активність прийнята одиниця *Беккерель на кілограм (Бк/кг)*, а несистемна – *Кюрі на кілограм (Ки/кг)*.

Одиницею радіоактивності рідкого і газоподібного середовища – питомою об'ємною активністю в системі СІ є *Беккерель на літр (Бк/л)*, а несистемна

одиниця – *Кюрі на літр* (Кі/л).

За одиницю радіоактивності площі – питому забрудненість площі в системі СІ є *Беккерель на квадратний кілометр* (Бк/км²), несистемна одиниця – *Кюрі на квадратний кілометр* (Кі/км²).

Іонізуючу властивість радіації в повітрі характеризують дозою випромінювання.

Доза випромінювання (опромінення) – це кількість енергії радіоактивних випромінювань поглинутих одиницею об'єму середовища, яке опромінюється.

Доза випромінювання є мірою уражаючої дії радіоактивних випромінювань на організм людини, тварин і рослини. Вона накопичується за різний час, а ураження від опромінення залежить від величини дози та від часу її накопичення. Розрізняють експозиційну, поглинуту і еквівалентну дози.

Експозиційна доза (ЕД) відображає степінь іонізації сухого повітря за нормальних кліматичних умов, зокрема, при температурі атмосферного повітря 0° С і тиску 760 мм ртутного стовпчика. Системною одиницею експозиційної дози є Кулон на кілограм (Кл/кг). Один Кл/кг дорівнює експозиційній дозі, при якій всі електрони і позитрони, що вивільнені фотонами в об'ємі повітря масою 1кг, утворюють іони з зарядом 1 Кл кожного знаку. Позасистемною одиницею експозиційної дози є Рентген (Р). $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$, а $1 \text{ Кл/кг} \approx 3,876 \cdot 10^3 \text{ Р}$.

При експозиційній дозі, яка дорівнює одному рентгену, в 1 м³ сухого повітря при нормальному атмосферному тиску виникає сумарний заряд іонів одного знака величиною $0,33 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$.

Потужність експозиційної дози (ПЕД) γ -випромінювання прямо пропорційна активності радіонукліду і енергії квантів, та обернено пропорційна квадрату відстані від детектору до джерела випромінювання. ПЕД обчислюється за формулою:

$$MD = \frac{G_{\sigma} \times A}{R^2} \quad (1)$$

де: MD – потужність експозиційної дози (А/кг); G_{σ} – γ -постійна для радіонукліду ($\text{Р} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$); A – активність радіонукліду (Бк); R – відстань від

детектора до джерела випромінювання (см).

Поглинута доза (ПД) – фізична величина, що дорівнює відношенню енергії поглинутого випромінювання до маси опромінюваної речовини. . Одиниця поглинутої дози випромінювання – грей (Гр): $1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ – доза випромінювання, при якій опромінюваній речовині масою 1 кг передається енергія довільного іонізуючого випромінювання 1 Дж.

Позасистемною одиницею вимірювання поглинутої дози є рад. $1 \text{ Рад} = 0,01 \text{ Гр} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/кг}$. Поглинута доза обчислюється за формулою:

$$D_{\text{rad}} = X f, \quad (2)$$

де: D_{rad} – поглинута доза (рад), X – експозиційна доза в цій точці (Кл / кг), f – перехідний коефіцієнт.

Числове значення перехідного коефіцієнту (f) залежить від енергії випромінювання, виду поглинаючої тканини (атомного номера і щільності), відстані від детектора до джерела. Для води і м'яких тканин тваринного організму значення цього коефіцієнту становить 0,93 (заокруглено 1), для кісткової тканини – 2-5 Рад / Р.

Еквівалентна доза (ЕД) відображає відносну біологічну ефективність випромінювання. Еквівалентна доза характеризує те, що різні види іонізуючого випромінювання під час опромінювання організму однаковими дозами приводять до різного ефекту. Це пов'язано з неоднаковою щільністю іонізації різних видів випромінювань. Так, кількість іонів, які утворюються під дією опромінення α -частинками, у сотні разів вища від γ -променів. Тому введено поняття «*відносна біологічна ефективність*» (ВБЕ), яка показує співвідношення поглинутих доз різних видів випромінювання, що викликають однаковий біологічний ефект. Якщо умовно прийняти біологічну ефективність γ - і β -променів за одиницю, то для α -частинок вона буде дорівнювати десяти, а для повільних і швидких нейтронів відповідно п'яти і двадцяти. Еквівалентна доза опромінення використовується для оцінювання дії випромінювання на людей і тварин

Системною одиницею еквівалентної дози є Зіверт (Зв). При дозі 1 Зв виникає

біологічний ефект, подібний до дози 1 Гр. Системною одиницею обчислення потужності еквівалентної дози є Зв/с.

Еквівалентна доза обчислюється за формулою:

$$H = D_{rad} \cdot W_R, \quad (3)$$

де: H – еквівалентна доза опромінення (Зв), D_{rad} – поглинута доза опромінення (Рад), W_R – зважений коефіцієнт для даного виду опромінення.

Зважений коефіцієнт (W_R) даного виду опромінення показує в скільки разів ефективність біологічної дії даного виду випромінювання перевищує рентгенівське або γ -випромінювання, при однаковій поглинутій дозі в тканинах

Позасистемною одиницею вимірювання еквівалентної дози є *біологічний еквівалент рентгена (Бер)*. 1 бер – доза довільного виду іонізуючого випромінювання, яка здійснює таку саму біологічну дію, яку здійснює доза рентгенівського або γ -випромінювання в 1 Р. $1 \text{ Бер} = 10^{-2} \text{ Зв}$.

Доза в берах виражається тоді, коли необхідно оцінити загальний біологічний ефект незалежно від типу діючих випромінювань.

Щоб урахувати нерівномірність ураження від різних видів випромінювань введено «коефіцієнт якості», на який необхідно перемножити величину поглинутої дози від певного виду випромінювання, щоб одержати еквівалентну дозу.

Всі міжнародні й національні норми встановлені в еквівалентній дозі опромінення. Одиницею потужності еквівалентної дози в системі СІ є *Зіверт за секунду (Зв/с, Sv/s)*, а несистемною одиницею є *бер за секунду (бер/с)*.

Співвідношення між величинами одиниць радіації наступне:

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ розпад/с} = 2,7 \cdot 10^{-11};$$

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк};$$

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 1 \text{ Дж/кг};$$

$$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр} = 100 \text{ Ерг/г};$$

$$1 \text{ рад} = 1,14 \text{ Р};$$

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ Бер} = 1 \text{ Гр};$$

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр};$$

$$1 \text{ Бер} = 10^{-2} \text{ Зв} = 10^{-2} \text{ Гр};$$

$$1 \text{ Р} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}.$$

Завдання.

1. Обчисліть потужність експозиційної дози в атмосферному повітрі, а також експозиційну дозу за 12 годин опромінення на відстані (R) 3-5 та 120 см. Перетворіть отримані результати обчислень в показники поглинутої дози, використовуючи дані таблиць 1 та 2.

Таблиця 1

Вихідні дані

Показники	Варіант			
	1	2	3	4
Радіонуклід (x)	⁵⁸ Co	¹⁴⁴ Ce	¹⁰⁶ Ru	¹³⁷ Cs
Активність радіонукліду (z) (Бк)	3000	2000	5000	7000
Гамма постійна (Gσ)	0,000000443	0,000000758	0,000000248	0,000000651
Перехідний коефіцієнт (f)	2	3	2	4

Таблиця 2

Вихідні дані

Показники	Варіант			
	5	6	7	8
Радіонуклід (x)	⁹¹ Sr	²²⁵ Ra	¹³⁶ Cs	⁶⁵ Ge
Активність радіонукліду (z) (Бк)	4000	9000	12000	11000
Гамма постійна (Gσ)	0,000000328	0,000000179	0,000000572	0,000000282
Перехідний коефіцієнт (f)	3	5	4	2

2. Обчисліть еквівалентну дозу опромінення (H) на основі даних таблиці 3.

Таблиця 3

Вихідні дані

Об'єкт опромінення	Зважений коефіцієнт, (W_R)	Поглинута доза опромінення, D_{rad} (Рад)
Шкіра	0,01	3
Кістковий червоний мозок	0,12	24
Легені	0,12	11
Стравохід	0,05	8
Шлунок	0,12	18
Печінка	0,05	7
Нирки	0,01	4
Товстий кишечник	0,12	10
Інші органи	0,01	5

Запитання.

1. Що називають експозиційною дозою опромінення? Як розраховується еквівалентна доза і в яких одиницях вона вимірюється?
2. Що таке відносна біологічна ефективність випромінювання.
3. Дайте визначення біологічного еквівалента рентгена.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

АВАРІЯ ЕКОЛОГІЧНА – локальний техногенний інцидент з немасштабними екологічними наслідками, але з можливими людськими жертвами і значними економічними збитками.

АВТОТРОФНІ ОРГАНІЗМИ, АВТОТРОФИ – організми, які створюють необхідні для свого життя органічні речовини з неорганічних у процесі фотосинтезу або хемосинтезу.

АКЛІМАТИЗАЦІЯ – пристосування організмів до кліматичних, фізико-хімічних і ґрунтових умов нового середовища та до нових біоценозів.

АМЕНСАЛІЗМ (від *a...* та лат. *mensa* – стіл, трапеза) – форма взаємозв'язків організмів, за якої один із них продуктами своєї життєдіяльності пригнічує іншого, не маючи користі для себе й не зазнаючи зворотного негативного впливу.

АНАБІОЗ (грец. *anabiosis* – пожвавлення, від *ana* – знов і *bios* – життя), стан організму, при якому життєві процеси тимчасово припиняються або настільки сповільнені, що відсутні всі видимі прояви життя.

асектатори

АСЕКТАТОРИ (від лат. *assectator* – вірний супутник) – група видів рослин, властивих конкретному фітоценозу, але які мало впливають на його структуру та створення мікро-кліматичних та ін умов в ньому.

АТМОСФЕРА (від грец. *atmos* – пара та *sphaira* – куля) – газова оболонка, що оточує Землю й обертається разом з нею.

АУТЕКОЛОГІЯ (від *ayto...* та *екологія*) – розділ екології, що вивчає пристосовуваність видів рослин і тварин до умов проживання та спосіб життя виду на рівні організмів і популяцій.

БЕНТАЛЬ (від грец. *benthos* – глибина) – дно водойм, заселене мікроорганізмами, рослинами і тваринами, що мешкають на його поверхні або в товщині ґрунту водойми.

БЕНТОС (від грец. *bentos* – глибина) – сукупність організмів, що мешкають на дні водойм.

БІОГЕОХІМІЯ (від грец. *bios* – життя, *ge* – земля та лат. *chemia* – хімія) – наука, яка вивчає геохімічні процеси, що відбуваються у біосфері за участі організмів.

БІОГЕОЦЕНОЛОГІЯ (від *біогеоценоз* та грец. *logos* – наука) – наука, що вивчає біогеоценози (їх функціонування, саморегуляцію, саморозвиток) та їх сукупність, тобто біосферу.

БІОІНДИКАТОРИ – (грец. *bios* – життя, та лат. *indico* – вказую, визначаю) – група особин (угруповань) рослин чи тварин, за наявності і станом яких, а також за їхньою поведінкою визначають зміни в навколишньому середовищі.

БІОІНДИКАЦІЯ – (грец. *bios* – життя, та лат. *indico* – вказую, визначаю) екологічна галузь, яка здійснює оцінку стану природного середовища та його окремих компонентів за реакціями живих організмів.

БІОМ (від грец. *bios* – життя, *...oma* – закінчення, означає сукупність) – сукупність біогеоценозів зі схожими характеристиками, що займають значну територію й розвиваються в схожих кліматичних умовах.

БІОМАСА (від грец. *bios* – життя та лат. *massa* – шматок) – кількість живої речовини на одиниці площі або об'єму місцеперебування в момент спостереження.

БІОМОРФА – життєва форма, що визначається систематичним становищем видів, їх формами росту і біологічними ритмами.

БІОСФЕРА (від грец. *bios* – життя та грец. *sphaira* – куля) – область існування живої речовини, оболонка Землі, що охоплює верхні шари літосфери, гідросферу та нижню частину атмосфери.

БІОТА (від грец. *bios* – життя) – живе населення екосистеми будь-якого рангу.

БІОТОП (від грец. *bios* – життя та *topos* – місце) – однорідний за абіотичними факторами середовища простір у межах біоценозу з усім комплексом абіотичних компонентів.

БІОЦЕНОЗ (від грец. *bios* – життя та *ценоз*) історично складена сукупність популяцій різних видів рослин, тварин, мікроорганізмів, які населяють певний біотоп.

БІОЦЕНОЛОГІЯ (від *біоценоз* та грец. *logos* – вчення) – розділ екології, що

вивчає біоценози, їх виникнення, розвиток, структуру, розподіл, взаємозв'язки різних біоценозів та їх компонентів.

ВАЖКІ МЕТАЛИ – метали з великою густиною (понад 8000 кг/м³).

ВИД – територіально й репродуктивно ізольована сукупність популяцій, здатних до схрещування й обміну генами, що має єдину спадкову основу й характеризується низкою якісно специфічних ознак.

ГЕЛІОФІТИ (від грец. *helios* – Сонце та *phyton* – рослина) – рослини, яким для розвитку необхідно багато сонячного світла і у яких навіть за дуже незначного затінення з'являються ознаки пригнічення.

ГЕЛІОФОБИ (від грец. *helios* – Сонце та *phobos* – страх) – організми, які не витримують прямого сонячного світла.

ГЕМІКРИПТОФІТИ (від грец. *kryptos* – потаємний) рослини, бруньки відновлення яких знаходяться на рівні ґрунту.

ГЕОБІОНТИ – організми, що населяють ґрунт.

ГЕОЕКОЛОГІЯ – розділ екології, що досліджує екосистеми (геосистеми) високих ієрархічних рівнів до біосфери включно.

ГЕРБІЦИДИ (від лат. *herba* – трава) – рослина хімічні речовини з групи пестицидів, що застосовуються для знищення небажаної рослинності, в основному бур'янів.

ГЕТЕРОТРОФИ (від лат. *heteros* – інший) – організми, які не здатні самостійно синтезувати органічні речовини з неорганічних, тому живляться готовими органічними сполуками, виробленими іншими організмами.

ГІГРОФІТИ (від гр. *hygros* – вологий та ...фіт(и)) – вологолюбні рослини, які живуть в умовах надмірної вологості – на болотах, сирих луках, берегах річок, у вологому лісі.

ГІДАТОФІТИ (від грец. *hydatos* – вода і *phyton* – рослина) – водні рослини, цілком або більшою своєю частиною занурені у воду (на відміну від гідрофітів, занурених у воду тільки нижньою частиною).

ГОМЕОСТАЗ (від грец. *homoios* – подібний, *stasis* – нерухомість) здатність біологічних систем протистояти змінам і зберігати відносну динамічну сталість

складу й властивостей.

ГОМОЙОТЕРМНІ (гр. *homoios* – подібний, схожий та *therme* – тепло) – організми, які незалежно від температури навколишнього середовища, підтримують температуру тіла на одному рівні.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМА КОНЦЕНТРАЦІЯ (ГДК) – максимальна кількість шкідливої речовини, яка не впливає на здоров'я людини.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ ВИКИД (ГДВ) – обсяг забруднювачів, що надходять у атмосферу, водойми, ґрунт за одиницю часу з виробничо-господарських об'єктів, перевищення якого негативно впливає на довкілля й загрожує здоров'ю людини.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ СКИД (ГДС) – максимальна маса забруднювачів, що дозволена до надходження у водний об'єкт із стічними водами й наступного відведення з нього за одиницю часу для забезпечення норм якості води в контрольному пункті.

ГРУНТ – органомінеральний продукт багаторічної спільної діяльності різних організмів, повітря, води, сонячного тепла й світла.

ГУМУС (від лат. *humus* – земля) – органічна речовина темного кольору, що утворюється в результаті розкладання рослинних і тваринних решток або продуктів життєдіяльності організмів.

ДЕМЕКОЛОГІЯ (від грец. *demos* – народ) – екологія популяцій, розділ екології, що вивчає структурні й функціональні характеристики, динаміку чисельності популяцій, внутрішньопопуляційні угруповання та їхні взаємозв'язки.

ДЕСТРУКТОРИ – організми в екосистемі, що руйнують органічні речовини до молекул меншого розміру, які знову включаються до кругообігу (редуценти).

ДЕТРИТ (від англ. *detritus*) – 1) нагромадження уламків гірських порід, що складаються з скелетів безхребетних тварин, кісток хребетних тварин; 2) сукупність завислих у воді та осілих на дно водойм дрібних (декілька мкм – декілька см) нерозкладених частинок рослинних і тваринних організмів або їхніх виділень.

ДЕЦИБЕЛ – (дБ) одиниця вимірювання інтенсивності звуку.

ДОБСОН ОДИНИЦЯ – одиниця вимірювання товщини озонового шару.

ДОМІНАНТИ (від лат. *dominantis* – панівний) – переважаючі, або домінуючі, в головних шарах біоценозів види рослин (види, що переважають у другорядних шарах, називаються субдомінанти).

ЕВРИ... (від грец. *eurys* – широкий) – частина складних слів, що означає: широкий, різноманітний, великий.

ЕВРИБІОНТИ – організми (види), здатні існувати за значних змін довкілля.

ЕВТРОФІКАЦІЯ (від грец. *eutrophia* – добре харчування) – збагачення водойм біогенними елементами, що супроводжується підвищенням продуктивності водойми. Евтрофікація може бути наслідком природного старіння водойми, внесення добрив або забруднення стічними водами.

ЕДИФІКАТОРИ (від лат. *aedificator* – будівельник) – види рослин у рослинному угрупованні, які визначають його особливості, створюють біологічне середовище в екосистемі та відіграють найважливішу роль у формуванні її структури.

ЕКОЛОГІЧНА ВАЛЕНТНІСТЬ – здатність живих організмів пристосовуватися до змін умов середовища існування.

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА – оцінка впливів на довкілля й здоров'я людей усіх видів господарської діяльності та відповідності цієї діяльності чинним нормам і законам про охорону природи, вимогам екологічної безпеки суспільства.

ЕКОЛОГІЧНА НІША – функціональне місце виду в екосистемі, яке визначається сукупністю факторів довкілля, до яких він пристосований і в межах яких можливе його існування у природі.

ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР – будь-який фактор середовища, що здатен тою чи іншою мірою, прямим або непрямим способом впливати на живі організми, в період хоча б однієї фази індивідуального розвитку.

ЕКОЛОГІЯ (від грец. *oikos* – дім, та *logos* – наука) – комплексна наука про виживання у довкіллі, завдання якої – пізнання законів розвитку й функціонування біосфери як цілісної системи під впливом природних та антропогенних факторів.

ЕКОСИСТЕМА – сукупність організмів, які спільно проживають, та умов їх

існування, що перебувають у закономірному взаємозв'язку і утворюють систему взаємозумовлених біотичних і абіотичних явищ та процесів.

ЕКОТОН – перехідна територія між двома і більше різними угрупованнями (фізіономічно помітними), наприклад між лісом і лугом або між м'яким і твердим ґрунтом морських біоценозів. Це прикордонна зона, яка може мати значну лінійну протяжність, але завжди буває вужчою від територій самих сусідніх угруповань.

ЕМІГРАЦІЯ В БІОЛОГІЇ – масове виселення особин із займаної території, переміщення надлишку дорослих особин та їх потомства, насіння, спор і т.д. у пошуках нових місцеперебувань.

ЕРОЗІЯ – руйнування гірських порід, ґрунту чи будь-яких інших утворень зі зміною властивостей і цілісності їхньої поверхні.

ЕТОЛОГІЯ (від грец. *ethos* – звичай, характер) наука про біологічні основи поведінки тварин.

ЖИВА РЕЧОВИНА – сукупність організмів нашої планети (за В.І. Вернадським).

ЗАБРУДНЕННЯ – внесення в якесь середовище природне чи антропогенне або виникнення у ньому нових не характерних для нього речовин, агентів, що шкідливо впливають на організми, або перевищення природного середньо багаторічного рівня концентрацій зазначених агентів у середовищі.

ЗАБРУДНЮВАЧ – будь-який фізичний агент, хімічна речовина чи біологічний вид, котрий потрапляє у довкілля чи виникає у ньому в кількостях, що перевищують граничні природні коливання або середній природний фон.

ЗАКАЗНИК – територія або акваторія, на якій охороняються окремі види рослин чи тварин або природні комплекси.

ЗАЛІСНЕННЯ – створення штучних лісонасаджень шляхом сівби насіння лісових порід і висаджування саджанців на раніше безлісних площах чи сприяння відновленню лісу.

ЗАПОВІДНИК – виділена державою територія або акваторія, в межах якої охороняються природні об'єкти, що становлять особливу екологічну, генетичну, культурну та наукову цінність.

ЗАПОВІДНИК БІОСФЕРНИЙ – природно-заповідні території міжнародного значення, в яких охороняються всі оболонки біосфери; і доступ до яких обмежений.

ЗЕЛЕНА КНИГА – списки рідкісних екосистем і тих, що зникають, які потребують особливої охорони.

ЗООЦЕНОЗ (від грец. *zoo* – тварина та *ценоз*) – сукупність усіх тварин-консументів біогеоценозу.

ІМІГРАЦІЯ (від лат. *immigrantis* – той, що вселяється) – вселення в середовище організмів, які раніше в ньому не мешкали.

ІНСЕКТИЦИДИ (від лат. *insektus* – комаха) – хімічні препарати, що призначені для боротьби з комахами – шкідниками сільськогосподарських рослин і тварин.

ІНТРОДУКЦІЯ (від лат. *introductio* – вступ) – переселення видів рослин і тварин за межі природного чи культурного ареалу.

ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ – електромагнітне або корпускулярне випромінювання, яке, взаємодіючи з речовиною, безпосередньо або опосередковано викликає іонізацію та збудження її атомів і молекул.

КАНЦЕРОГЕНИ (від лат. *cancer* – рак) – речовини або фізичні агенти, що спричиняють за певних умов утворення злоякісних пухлин.

КАТАСТРОФА ЕКОЛОГІЧНА – широкомасштабна зміна екологічної та економічної ситуації, яка призводить до повної деградації екосистем, загибелі значної кількості живих істот, тривалої зміни характеру захворювань і надзвичайних соціально-економічних потрясінь.

КЛІМАКС (від грец. *klimax* – драбина) – стан динамічної рівноваги біогеоценозу, що характеризується відсутністю сукцесійних змін.

КЛІМАТ (від грец. *klimatos* – нахил) – багаторічний режим погоди, характерний для даної місцевості в силу її географічного положення.

КОМЕНСАЛІЗМ – тип співжиття особин різних видів, за якого один організм існує за рахунок іншого, не завдаючи йому шкоди.

КОНКУРЕНЦІЯ – тип міжвидових і внутрішньовидових взаємовідносин, за якого популяція або особини у боротьбі за харчування, місцепроживання та інші

необхідні для життя умови, впливають один на другого негативно.

КОНСУМЕНТИ – організми, які живляться безпосередньо або через інші організми готовою органічною речовиною, синтезованою автотрофами.

КОРОЗІЯ (від лат. *corrosio* – роз’їдання) – руйнування гірських порід під впливом хімічних агентів чи внаслідок розчинення їх у воді з утворенням карстових форм рельєфу; руйнування металів внаслідок хімічних або електрохімічних процесів взаємодії з навколишнім середовищем.

КРИПТОФІТИ (від грец. *kryptos* – потаємний і ...*phim*) рослини, бруньки відновлення яких знаходяться або під ґрунтом (геофіти), або під водою (гідрофіти).

КРІОСФЕРА (від грец. *kryos* – холод, мороз, лід і *sphaira* – куля) – особлива оболонка Землі, для якої характерні негативні температури повітря, води і порід, а також наявність льоду. Кріосфера включає частину атмосфери, гідросфери та літосфери.

КСЕНОБІОТИКИ (від грец. *xenos* – чужий, та *bios* – життя) – чужорідні для організму хімічні (органічні та неорганічні) сполуки, які не використовуються для вироблення енергії, побудови клітин і тканин (харчові добавки, відходи виробництва, промислові отрути, пестициди, побутова хімія тощо).

КСЕРОФІТИ (від грец. *xeros* – сухий і *phyton* – рослина) – рослини, здатні завдяки ряду пристосувань і властивостей переносити перегрів і зневоднення.

ЛІМІТУЮЧІ ФАКТОРИ – фактори, які при певному наборі умов навколишнього середовища обмежують будь-які прояви життєдіяльності організмів.

ЛІТОРА́ЛЬ (від лат. *litoralis* – береговий, прибережний) – зона узбережжя морського дна, що осушується під час відпливу. Розташована між рівнем найвищого припливу і найнижчого відпливу. Ширина її звичайно 10-15 м, хоча в окремих випадках може досягати і декількох кілометрів.

ЛІТОСФЕРА – зовнішня тверда оболонка Землі, що включає в себе земну кору й верхню частину мантії.

МЕЗОФІТИ (від *mezo...* і грец. *phyton* – рослина) – рослини, що мешкають в

умовах з більш менш достатньою, але не надлишковою кількістю води в ґрунті; проміжна група між ксерофітами і гігрофітами.

МЕЛІОРАЦІЯ (від лат. *mellioratio* – поліпшення) – комплекс організаційно-господарських та технічних заходів, спрямованих на поліпшення властивостей природно-територіальних комплексів для оптимізації використання природного потенціалу земель, води, клімату, рельєфу, рослинності.

МІКРОБОЦЕНОЗ – сукупність усіх редуцентів (бактерій, грибів-сапрофітів) – обов’язкових компонентів біогеоценозу.

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИЙ (моніторинг навколишнього середовища) – це комплексна система спостережень за станом навколишнього середовища, оцінки та прогнозу змін стану навколишнього середовища під впливом природних і антропогенних факторів.

МУТАГЕНИ – будь-які фактори, які у разі впливу на організм збільшують частоту генних і хромосомних мутацій.

МУТАЦІЇ (від лат. *mutatio* – зміни) – раптові природні або штучно спричинені (мутагенами) зміни генотипу, що призводять до змін тих чи інших спадкових ознак організму.

МУТУАЛІЗМ – форма симбіозу, вигідного для обох організмів різних видів, за якого жодна із сторін не може існувати без іншої.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК – охоронювана територія (акваторія), на якій збереглися природні, історично-культурні комплекси, що становлять особливу екологічну, естетичну або історичну цінність, відкрита для регулярного відвідування.

НЕЙТРАЛІЗМ (від лат. *neutralis* – нічийний) – форма співіснування двох видів, коли жоден із них не зазнає впливу іншого.

НІТРАТИ – солі нітратної кислоти, які використовуються як мінеральні добрива.

НООСФЕРА – якісно новий стан біосфери, за якого розумова діяльність і праця людини стають визначальним фактором її розвитку.

НУКЛІДИ (від лат. *nucleus* – ядро) – спільна назва атомів із визначеною кількістю протонів і нейтронів.

ОЗОН – модифікація кисню (O_3), синій газ із різким запахом, сильний окисник, добре розчинний у воді, вибухонебезпечний і токсичний.

ОЗОНОВА «ДІРА» – локальна ділянка озоносфери, де концентрація озону істотно менша за звичайну.

ОНТОГЕНЕЗ (від грец. *ontogenez* – буття й *uevnon* – походження, народження) індивідуальний розвиток організму з моменту утворення зиготи до природної смерті.

ПАРАЗИТИЗМ – специфічна форма співжиття організмів різних видів, з яких один використовує іншого як середовище проживання та джерело живлення.

ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ – нагрівання нижніх шарів атмосфери внаслідок того, що порівняно короткохвильове випромінювання сонячне видимого діапазону проникає в атмосферу й поглинається в основному тільки на поверхні Землі, нагріваючи її.

ПАСПОРТ ЕКОЛОГІЧНИЙ – комплексний екологічний документ, на основі якого визначається вплив об'єкта людської діяльності на довкілля з метою контролю й мінімізації цього впливу.

ПАСПОРТИЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНА – функція державного обліку об'єктів людської діяльності з метою їх класифікації та інвентаризації за особливостями впливу на довкілля (типами і обсягами забруднень) для розроблення планів і програм екологізації та еколого-безпечного розвитку.

ПЕДОСФЕРА (від грец. *педо* – ґрунт і *sphaira* – куля, сфера) – ґрунтова оболонка Землі.

ПЕСТИЦИДИ – загальна назва хімічних препаратів, для боротьби зі шкідниками й хворобами сільськогосподарських рослин, бур'янами, різними переносниками інфекційних захворювань людини й тварин.

ПРАМІДА БІОМАС – графічна модель, що відображає послідовність розташування біомас популяцій екосистеми, основою якої слугує перший трофічний рівень – біомаса продуцентів.

ПРАМІДА ВІКОВА – графічна модель розподілу вікових груп у природних популяціях, в якій число особин або їх частка у вікових групах зображується у

вигляді розташованих за рангом один над одним прямокутників.

ПІРАМІДА ЕНЕРГІЙ – графічна модель передавання потоку енергії та продуктивності в екосистемі від одного трофічного рівня до іншого.

ПІРАМІДА ЧИСЕЛ – графічна модель розподілу чисельності популяцій у ланцюгах живлення екосистеми, основою якої слугує трофічний рівень, тобто чисельність продуцентів.

ПЛАНКТОН (від грец. *planktos* – блукаючий) – сукупність дрібних організмів, що живуть у товщі води у завислому стані та не можуть активно протистояти перенесенню течією.

ПОЙКІЛОТЕРМНІ (від грец. *poikilos* – різний, мінливий та *therme* – тепло) – організми, які не мають постійної температури тіла, тобто температура їх тіла змінюється залежно від температури навколишнього середовища.

ПОЛЮТАНТИ – речовини антропогенного походження, що забруднюють середовище проживання живих істот.

ПРАВИЛО ПІРАМІДИ БІОМАС – сумарна маса рослин більша, ніж біомаса фітофагів і травоядних, а маса останніх перевищує масу хижаків.

ПРАВИЛО ПІРАМІДИ ЕНЕРГІЙ – під час переходу з нижнього трофічного рівня на вищий витрачається близько 90% енергії.

ПРАВИЛО ПІРАМІДИ ЧИСЕЛ – загальна кількість особин, які беруть участь у ланцюгах живлення, з кожною ланкою зменшується.

ПРОДУЦЕНТИ – організми автотрофні й хемотрофні (рослини і бактерії), які синтезують органічні речовини з простих неорганічних за допомогою процесів фотосинтезу або хемосинтезу.

РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ – наявність або процес поширення радіоактивних речовин у межах радіаційного поля в обсягах, які перевищують їхній природний вміст у довкіллі.

РАДІОАКТИВНІСТЬ – самочинне перетворення нестійкого нукліда в інший нуклід, що супроводжується виникненням іонізуючого випромінювання.

РАДІОЕКОЛОГІЯ – наука, що досліджує різноманітні аспекти дії іонізуючого випромінювання на екосистеми.

РЕДУЦЕНТИ – організми, які в процесі своєї життєдіяльності розкладають мертві органічні речовини до мінеральних.

РЕКРЕАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ – ступінь впливу відпочиваючих людей на рекреаційні об'єкти (лісові, водні, гірські та інші зони відпочинку, турбази тощо).

РЕКРЕАЦІЯ (від лат. *recreation* – відпочинок) – система заходів, пов'язаних із використанням вільного часу людей для оздоровлення, культурно-пізнавальної діяльності на специфічних територіях поза місцями їх проживання; вплив людини на довкілля підчас відпочинку.

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ – штучне відновлення ґрунтового й рослинного покриву після техногенного його порушення.

РЕКУПЕРАЦІЯ (від лат. *recuperation* – зворотне одержання) – повернення частини матеріалів та енергії для повторного використання в тому самому технологічному процесі.

РИЗОСФЕРА (від грец. *rhiza* – корінь і *sphaira* – куля) – шар ґрунту (2-3 мм), що безпосередньо оточує корінь і характеризується підвищеним вмістом мікроорганізмів.

САНАЦІЯ (від лат. *sanatio* – лікування) – заходи з модернізації екологічно брудних підприємств та очищення забруднених територій.

САПРОТРОФИ (від грец. *sapros* – гнилий та *троф*) – гетеротрофні організми, що живляться органічними сполуками решток мертвих рослин і тварин або виділеннями живих.

САПРОФІТИ (від грец. *sapros* – гнилий та *фіти*) – рослинні організми, що живляться органічними сполуками решток мертвих рослин і тварин або виділеннями живих.

СИНЕКОЛОГІЯ (від грец. *syn* – разом) – розділ екології, що вивчає багатовидові угруповання організмів (екосистеми, біоценози), шляхи їх формування та взаємозв'язки з довкіллям.

СМОГ (від. англ. *smog* – туман) – видиме сильне забруднення повітря, що характеризується поєднанням частинок пилу, краплин води, газоподібних забруднень та диму.

СТЕНО... (від грец. *stenos* – вузький) – частина складних слів, що означає: вузький, обмежений, дрібний, бідний.

СТЕНОБІОНТИ – тварини й рослини, що можуть жити лише в певних умовах середовища, за незначних коливань температури, вологості, тиску і т.д.

СУКЦЕСІЯ (від грец. *succession* – спадкоємець) – послідовна і необоротна зміна складу і структури біоценозу, що зумовлена зовнішніми факторами.

СЦІОФІТИ – тіньолюбні рослини.

ТЕРИКОН – конусоподібний настил із пустої (без корисних копалин) породи біля шахти чи рудника.

ТЕРОФІТИ – (від грец. *theros* – літо і ...*phim*) – однорічні рослини, що переживають несприятливі умови (холодну зиму або посушливе літо) у вигляді насіння або спор.

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ – прикладний екологічний напрям, пов'язаний із такими об'єктами людської діяльності, як енергетика, промисловість, транспорт, космос, сільське господарство і т.д.

ТОПІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – це форми зв'язків між популяціями біоценозі, коли особини одного виду змінюють фізико-хімічні умови існування іншого виду. Особливу роль у формуванні середовища існування відіграють рослини.

ТРОФІЧНА МЕРЕЖА – система переплєтених між собою ланцюгів живлення в межах біогеоценозу.

ТРОФІЧНИЙ РІВЕНЬ – сукупність організмів, об'єднаних схожим типом живлення.

ТРОФІЧНИЙ РІВЕНЬ – сукупність організмів, об'єднаних схожим типом живлення (автотрофи, рослиноїдні, м'ясоїдні та ін.). Перший Т. р. займають продуценти – рослини, другий – рослиноїдні тварини, третій – хижаки, які живуть за рахунок рослиноїдних організмів, четвертий – організми, що споживають хижаків третього Т. р.

ТРОФІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – зв'язки живлення організмів у біоценозі. Розрізняють Т. з. прямі і опосередковані. Прямі – коли організми одних видів самі є їжею або постачають їжу іншим видам. Опосередковані виникають тоді, коли особини двох

видів конкурують між собою за їжу або один з них створює доступні чи недоступні умови для живлення іншого.

УРБАНІЗАЦІЯ (від лат. *urbanus* – міський) – соціально-демографічний процес, що полягає в рості чисельності міського населення, кількості та розмірів міст.

УРБОЕКОЛОГІЯ – розділ екології, що вивчає проблеми міст і їх мешканців у взаємозв'язку з довкіллям.

ФАБРИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – це використання одним видом продуктів життєдіяльності інших видів для влаштування (фабрикацій) свого помешкання. Наприклад, птахи використовують для спорудження своїх гнізд гілочки дерев, вовну ссавців, траву, пір'я інших видів птахів.

ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ те саме що аутоекологія.

ФАНЕРОФІТИ – (від грец. *phaneros* – видимий) життєва форма рослин, у яких бруньки стійкі до несприятливих умов, розміщені на стеблі високо над рівнем ґрунту (до 15 м і вище) і існують кілька або багато років.

ФАУНА (від лат. *Fauna* – богиня лісів і полів, покровителька стад тварин) сукупність видів тварин, що мешкають на певній території або акваторії.

ФЕНОЛОГІЯ (від грец. *phainomena* – явища), система знань про сезонні явища природи, терміни їх настання і причини, що визначають ці терміни.

ФІТОМЕЛІОРАНТИ – це рослини (ріпак, гірчиця, буркун, кормове просо, вико-вівсяна суміш) сидеральних і так званих комбінованих парів, які дозволяють, зберігши цінні якості парів як для накопичення вологи і очищувачів від бур'янів, збагатити ґрунт органічними речовинами і різко знизити небезпеку ерозії, вітрової і водної.

ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ – один з напрямів прикладної екології, в межах якого досліджуються, прогнозуються, моделюються і створюються рослинні системи, чия діяльність спрямована на поліпшення геофізичних, геохімічних, санітарно-гігієнічних, біотичних, інтродукційних, просторових і естетичних характеристик екосистем.

ФІТОЦЕНОЗ – сукупність усіх продуцентів біоценозу.

ФІТОЦЕНОЛОГІЯ – наука, що вивчає рослинні угруповання.

ФЛОРА (від лат. *Flora* – богиня квітів і весни) – історично сформована сукупність видів рослин, поширених на конкретній території або на території з певними умовами в даний час або в минулі геологічні епохи.

ФОРЕЗИЯ – це перенесення тваринами інших дрібних тварин. Поширена переважно серед дрібних членистоногих, особливо в різноманітних груп кліщів.

ФОРИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – це участь одного виду в поширенні іншого (наприклад: перенесення тваринами насіння, спор, пилку рослин).

ФОТОПЕРІОДИЗМ (від грец. *photos* – світло і *periodos* – круговерть) – реакція живих організмів (рослин і тварин) на добовий ритм освітленості, тривалість світлового дня і співвідношення між темним і світлим часом доби (фотоперіоду).

ФОТОСИНТЕЗ (від грец. *photos* – світло і *synthesis* – сполука) – процес утворення органічних речовин з вуглекислого газу і води на світлі за участю фотосинтетичних пігментів (хлорофіл у рослин, бактеріохлорофіл і бактеріородопсин у бактерій).

ФРЕОНИ – фторо- та хлоровмісні ненасичені вуглеводні, що широко використовуються як холодоагенти в холодильній техніці й наповнювачі аерозольних упаковок.

ХАМЕФІТИ (від грец. *chamai* – приземкуватий, карликовий) рослини, зимуючі бруньки відновлення яких знаходяться невисоко над поверхнею ґрунту.

ХЕМОСИНТЕЗ – автотрофний тип живлення, який ґрунтується на засвоєнні вуглекислого газу за рахунок окиснення неорганічних сполук без участі кисню.

ХИЖАЦТВО – форма взаємозв'язків між організмами різних видів, з яких один поїдає іншого, але спочатку нападає, а потім убиває.

ЧЕРВОНА КНИГА – список рідкісних видів і видів, які зникають, тварин і рослин, що потребують охорони.

ЯРУС – структурна частина фітоценозу, відокремлена від ін. морфологічно, флористично, екологічно й фітоценотично.

ЯРУСНІСТЬ – вертикальне розташування рослинних угруповань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Батлук В. А. Основи екології : підручник / В. А. Батлук. – К. : Знання, 2007. – 519 с.
2. Білявський Г. О. Основи екологічних знань : підручник [Текст] / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. – К. : Либідь, 2000. – 320 с.
3. Білявський Г. О. Основи екології : підручник / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навроцький. – К. : Лібра, 2002. – 351 с.
4. Бойчук Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища : навч. посібник / Ю. Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бутай. – К. : Видавничий дім «Княгиня Ольга», 2005. – 302 с.
5. Гудков І. М. Радіобіологія: Підручник / І. М. Гудков.. – К. : НУБіП України, 2016. – 485 с.
6. Джигирей В. С. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища : навч. посібник / В. С. Джигирей, В. М. Сторожук, Р. А. Яцюк. – Львів : Афіша, 2001. – 272 с.
7. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посібник / В. С. Джигирей. – К. : Знання, 2007. – 422 с.
8. ДСТУ 3404-96 Лісівництво. Терміни та визначення. – К. : Держстандарт України, 1997. – 43 с.
9. Екологія: теоретичні основи і практикум : навч. посібник / А. Ф. Потіш, В. Г. Медвідь, О. Г. Гвоздецький, З. Я. Козак. – Львів : Новий Світ-2000, Магнолія плюс, 2003. – 296 с.
10. Екологія: підручник / Ю. П. Бобильов, В. В. Бригадиренко, В. Л. Булахов, В. А. Гайченко та ін. [за ред. О. Є. Пахомова]. – Харків: Фоліо, 2014. – 666 с.
11. Злобін Ю. А. Загальна екологія: навч. посібник / Ю. А. Злобін, Н. В. Кочубей. – Суми : Університетська книга, 2003. – 414 с.
12. Краснов В. П. Фітоекологія з основами лісівництва: навч. посіб. / В. П. Краснов, З. М. Шелест, І. В. Давидова. – Суми : Університетська книга, 2012. – 416 с.

13. Кучерявий В. П. Екологія : підручник / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2000. – 499 с.
14. Лабораторний та польовий практикум з екології / [за ред. В. П. Замостяна і Я. П. Дідуха]. – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 216 с.
15. Лапи́га І. В. Радіоекологія: лабораторний практикум / І. В. Лапи́га. – К: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2018. – 53 с.
16. Музиченко О. С. Недеревні ресурси лісу. Методичні рекомендації до практичних робіт для студентів напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / О. С. Музиченко. – Луцьк : Вид-во ПП Іванюк В.П., 2015. – 63 с.
17. Музиченко О. С. Основи екології. Методичні рекомендації до практичних робіт для студентів спеціальності 206 «Садово-паркове господарство» / О. С. Музиченко. – Луцьк : Вежа-Друк, 2018. – 31 с.
18. Музиченко О. С. Радіоекологія. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів спеціальності 101 «Екологія» / О. С. Музиченко. – Луцьк : Вежа-Друк, 2018. – 75 с.
19. Мягченко О. П. Основи екології / О. П. Мягченко. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 312 с.
20. Олійник Я. Б. Основи екології : підручник / Я. Б. Олійник, П. Г. Шищенко, О. П. Гавриленко. – К. : Знання, 2012. – 558 с.
21. Санітарні правила в лісах України. – К.: Міністерство лісового господарства України, 1995. – 11 с.
22. Слободян В. О. Біоіндикація / В. О. Слободян. – Івано-Франківськ: Полум'я, 2004. – 196 с.
23. Сухарев, С. М. Основи екології та охорони довкілля : навч. посібник / С. М. Сухарев, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. – К. : ЦНЛ, 2006. – 394 с.
24. Федоренко О. І. Основи екології : підручник / О. І. Федоренко, О. І. Бондар, А. В. Кудін. – К. : Знання, 2006. – 543 с.
25. Федоряк М. М. Основи екології : навч. посібник / М. М. Федоряк, Г. Г. Москалик. – Чернівці : ЧНУ, 2009. – 336 с.