


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до семінарських занять з дисципліни
«ЕКОЛОГІЯ»

для бакалаврів 3 року навчання денної та заочної форм
спеціальності 103 «Науки про Землю»
та 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
103 «Науки про Землю»
Протокол № 7 від «29» березня 2022 р.
Голова групи  Шакірзанова Ж.Р.

Затверджено
на засіданні кафедри екології
та охорони довкілля _____
Протокол № 7 від «23» лютого 2022 р.
Завідувач кафедри _____ Сафранов Т.А.



Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до семінарських занять з дисципліни
«ЕКОЛОГІЯ»

для бакалаврів 3 року навчання денної та заочної форм

спеціальності 103 «Науки про Землю»

Затверджено на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № 7
від «29» березня 2022р.

Одеса – 2022

Збірник методичних вказівок до семінарських занять з дисципліни «Екологія» для бакалаврів 3 року навчання денної та заочної форм спеціальності 103 «Науки про Землю». / Романчук М.Є. Одеса, ОДЕКУ, 2022. 66 с.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП.....	6
ПЕРЕЛІК ТЕМ І ЗМІСТ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ	
ТЕМА 1. Екологія як міждисциплінарна наука.....	8
1.1 Мета і задачі курсу. Програма курсу. Еволюція поняття “екологія”. Основні структурні підрозділи сучасної екології. Побіжний огляд основних глобальних екологічних проблем сучасності наука	8
1.2 Основні положення факторіальної і популяційної екології.....	13
ТЕМА 2. Біосфера як глобальна екосистема.....	19
2.1 Поняття “біосфера”. Схема еволюції біосфери. Деякі уявлення про складові біосфери.....	20
2.2 Загальні відомості про живу речовину. Біологічний контроль стану природного середовища (гіпотеза Геї). Кругообіг речовин у екосистемах.....	23
ТЕМА 3. Біогеоценози (екосистеми) – основні структурні одиниці біосфери.....	26
3.1 Екосистеми, їх характеристики, типи й принципи класифікації.....	26
3.2 Поняття про екологічні піраміди. Енергетична класифікація екосистем.....	32
ТЕМА 4. Проблема антропогенного забруднення довкілля. Класифікація забруднень.....	34
ТЕМА 5. Антропогенне забруднення атмосферного повітря та його екологічні наслідки.....	40
ТЕМА 6. Антропогенне забруднення природних вод та його екологічні наслідки.....	47
ТЕМА 7. Антропогенне забруднення ґрунтового покриву та його екологічні наслідки.....	58
ПЕРЕЛІК ТЕМ ДОМАШНЬОГО ЗАВДАННЯ.....	61
ЛІТЕРАТУРА.....	64

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БС- біосфера
ЕС- екосистема
ЖР – жива речовина
НПС - навколишнє природне середовище
ПВ – підземні води
ГДК - гранично допустима концентрація
ІЗВ – індекс забруднення води
НС - навколишнє середовище
ЕФ – екологічний фактор
ФАР - фотосінтетично активна радіація
БГЦ – біогеоценоз
ХЕ – хімічний елемент
ШР – шкідлива речовина
ДДТ – діхлордіфенілтрихлоретан
ЛОШ - лімітуюча ознака шкідливості
ХФВ - хлорфторвуглеці
ПХБ - поліхлоровані біфеніли
БСК – біохімічне споживання кисню
ВМ – важкі метали
ККД – коефіцієнт корисної дії
ЗР- забруднювальна речовина
ЕМП – електромагнітне поле
ГМО - генетично модифіковані організми
НП – нафтопродукти
СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини
ТПВ – тверді побутові відходи
СЗВ – синьо-зелені водорості

ВСТУП

Мета цих методичних вказівок полягає в наданні допомоги у підготовці до семінарських занять та індивідуального (домашнього) завдання. Вони дозволяють студентам денної форми навчання самостійно підготуватись до усного опитування під час семінарських занять, а студентам заочної форми – розмістити відповіді по темах на сайті кафедри екології та охорони довкілля у системі Е-навчання ОДЕКУ (за посиланням <http://dpt09s.odeku.edu.ua/login/index.php>). Практична робота студента (семінарські заняття) є основним засобом набуття певних компетенцій під час аудиторних занять, а також надає можливість поглибити знання з основних екологічних законів, взаємодії живої речовини з навколишнім середовищем, еволюції взаємовідносин людини й довкілля, особливостей біосфери, кругообігу речовин та енергії в біосфері, природних та штучних екосистем, основних джерел і типів антропогенного забруднення довкілля та шляхів збереження компонентів довкілля, причин і можливостей розвитку глобальної екологічної кризи, значення міжнародного співробітництва в галузі охорони природи, екологічних аспектів використання природних (насамперед, водних) ресурсів.

Компетентність – Прагнення до збереження природного навколишнього середовища

Задачі методичних вказівок:

- підготовка до виконання індивідуального (домашнього) завдання.
- підготовка до усного опитування під час семінарських занять (денна форма навчання) та підготовка до надання відповідей по темах семінарських занять на сайті кафедри екології та охорони довкілля (заочна форма навчання).

Результат навчання - формулювання основних принципів раціонального природокористування й охорони навколишнього природного середовища.

- розуміння мети, задач навчальної дисципліни, вимог до її засвоєння;
- знання основних екологічних понять;
- вміння розрізняти генетичні типи екосистем та мати уявлення про процеси взаємодії між їх складовими; про форми взаємодії організмів; про фактори забруднення природних середовищ та причини порушення їх історичної рівноваги; про принципи класифікації природних ресурсів;
- вміння виконувати нескладні екологічні узагальнення і розрахунки;

- вміння застосувати базові екологічні знання при виконанні досліджень біопродуктивності водних екосистем та ін.

Методичні вказівки складаються з таких частин:

- *Скорочення та умовні позначки*

- *Перелік тем і зміст семінарських занять* (загалом 7 тем). До кожного розділу тем семінарських занять наприкінці надаються контрольні запитання. Результатом підготовки до семінарських занять (формою контролю) є усне опитування. Всього за практичні (семінарські) заняття студент може отримати **30 балів**. До цієї оцінки входить, окрім опитування, систематичність підготовки до занять, систематичність відвідування, підготовка коротких повідомлень (до 2-3 хвилин) про сучасний екологічний стан у світі.

- *Перелік тем домашнього завдання*. Індивідуальне (домашнє) завдання виконується з метою більш поглибленого опанування окремими темами дисципліни або темами екологічного спрямування, що не входять до основного курсу дисципліни. Максимальна оцінка за виконання індивідуального завдання дорівнює **10 балам**.

Наприкінці методичних вказівок наводиться перелік основної та додаткової літератури, яку можна використовувати при підготовці до семінарських занять, написанні домашньої роботи та модулів.

Більш повно методика оцінювання наведена в силлабусі.

Збірник методичних вказівок складений відповідно до силлабусу з дисципліни «Екологія» для студентів спеціальності 103 «Науки про Землю».

ПЕРЕЛІК ТЕМ І ЗМІСТ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

ТЕМА 1. Екологія як міждисциплінарна наука

Мета і задачі курсу. Програма курсу. Еволюція поняття “екологія”. Основні структурні підрозділи сучасної екології. Побіжний огляд основних глобальних екологічних проблем сучасності. Основні положення факторіальної і популяційної екології

1.1. Мета і задачі курсу. Програма курсу. Еволюція поняття “екологія”. Основні структурні підрозділи сучасної екології. Побіжний огляд основних глобальних екологічних проблем сучасності

Слово "екологія" утворено від грецьких слів "oikos" - дім, житло, місцеперебування й "logos" - вчення, наука. Німецький біолог-еволюціоніст *Ернст Геккель* (1834-1919), який ввів цей термін в 1866 р., під екологією розумів суму знань про взаємовідносини тварин з навколишнім середовищем (НС), насамперед - живими організмами, з якими вони контактують.

Екологія йде своїм корінням в біологію, але вона вже вийшла з цих рамок, оформившись в принципово нову інтегральну дисципліну, яка пов'язує фізичні і біологічні явища і створює міст між природними і суспільними науками [7]. В наш час екологія розпадається на низку наукових галузей і дисциплін (близько 50 розгалужень сучасної екології), часом далеких від первинного розуміння екології як біологічної науки, хоча в основі всіх сучасних напрямів екології лежать фундаментальні ідеї біоекології (Ю. Одум, Р. Дажо, М.Ф. Реймерс, І. Дедю, Г.О. Білявський, В.Ю. Некос та ін.).

За *М.Ф. Реймерсом* [8], екологію за розмірами об'єктів вивчення поділяють на аутоекологію або факторіальну екологію (організм і його середовище), популяційну екологію або демекологію (популяція і її середовище), синекологію (угруповання і його середовище), ландшафтну екологію (великі геосистеми, географічні процеси за участю живої речовини і її середовища) та глобальну екологію або мегаекологію (учення про БС). По відношенню до предметів вивчення екологію поділяють на екологію мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини; сільськогосподарську, промислову (інженерну), загальну екологію (як теоретичну узагальнюючу дисципліну). За середовищем і компонентами

розрізняють екологію суші, водоймищ, морську, Крайньої Півночі, високогір'їв, хімічну (геохімічну, біогеохімічну) і т.д. За *підходами до предмета* виділяють аналітичну і динамічну екологію. З точки зору на *фактор часу* розглядають історичну і еволюційну екологію.

Найвищим за рангом узагальнюючим поняттям, що використовується в класифікації Г.О.Білявського та ін. [3], є “універсальна” або “загальна” екологія - наука про тактику й стратегію збереження і стабільного розвитку життя на Землі. Універсальній екології підпорядковані два основні блоки екологічних досліджень: *теоретична екологія та практична (прикладна) екологія*. У теоретичну екологію входить розділ екології живих організмів (з підрозділами екології людини, мікросвіту, рослин і тварин). Практична (прикладна) екологія поєднує три розділи: науки про охорону та раціональне використання природних ресурсів (“*геоекологія*” або енвайронментологія та оптимізація природокористування); науки про соціально-економічні фактори впливу на навколишнє середовище (“*соціоекологія*”); науки про техногенні фактори забруднення довкілля (“*техноекологія*”).

У розвитку екології як науки можна виділити декілька основних етапів або періодів (Г.С.Розенберг, 1992) [4]: *I період* – до 1866 р., тобто до введення Е.Геккелем терміну «екологія»; для цього періоду характерна відсутність власного понятійного апарату. *II період* - від 1866 до 1936 р. – період формування факторіальної екології, виявлення закономірностей відносин тварин і рослин до різноманітних абіотичних факторів. *III період* – з 1936 р. до початку 70-х років - період синекологічних досліджень. *IV період* - з початку 70-х років до середини 80-х – вивчення екосистем в їх розвитку. *V період* – з середини 80-х років до теперішнього часу- становлення істинного системного підходу до вивчення екологічних об'єктів.

Як вважає Ю. Одум [7], зміст сучасної екології краще усього визначати з концепції рівнів організації, які складають своєрідний „біологічний спектр”: *біотичні компоненти* (гени → клітини → органи → організми → популяції → угруповання ⊕ *абіотичні компоненти* (речовини, енергія) = *функціональні системи* (відповідно – генетична система → клітинна система → система органів → система організмів → популяційна система → система угруповань, або ЕС).

Оскільки *навколишнє середовище* (НС) являє собою поєднання взаємопов'язаних природних, видозмінених природних, штучно створених

і соціально-економічних компонентів [8], то аналіз екологічної ситуації в будь-якому регіоні повинен базуватися на такому багатоаспектному розумінні, як середовище мешкання живих організмів, включаючи людину.

Методологічною основою екології як науки про екосистеми (ЕС) є *системний підхід*. Система – це впорядковано взаємодіючі і взаємопов'язані компоненти, що утворюють єдине ціле. Ідеальне вивчення тричленної *ієрархії* – системи (дерево), підсистеми (лист) і надсистеми (ліс, тобто угруповання дерев). *Ієрархічний підхід* – це розташування ступінчастим рядом. Якщо розташувати основні рівні організації життя в ієрархічному порядку, то на кожному рівні організації (ступеню), внаслідок взаємодії з фізичним середовищем (енергією і речовиною), виникають характерні функціональні системи.

Емерджентність - наявність у системного цілого особливих властивостей, не притаманних його підсистемам і блокам, а також сумі елементів, які не об'єднані системоутворюючими зв'язками. Виходячи з *принципу емерджентності*, для вивчення цілого не обов'язково знати всі його компоненти. Такий метод вивчення системи (система уявляється «чорним ящиком») називають *холістичним*. Стисле античне визначення емерджентності: ціле більш за суму його частин. Часто в екології застосовують і *редукційний метод*, тобто аналіз частини цілого.

В екології використовують три основні *групи методів*: 1) польові спостереження; 2) експериментальні дослідження в полі і лабораторних умовах; 3) моделювання. Техніка обробки інформації залежить від методики досліджень; частину інформації можна опрацьовувати безпосередньо на об'єкті досліджень, але основну – в камеральних умовах [10].

За даними різних авторів нараховується від 100 до 250 методів прогнозу стану природного середовища. *Методи прогнозу* стану довкілля можна об'єднати в 3 основних методи: 1) експертної оцінки; 2) екстраполявання; 3) моделювання [11]. *Моделями* називаються спрощені версії реального світу. Найбільш широко в екології використовують абстрактні моделі, які в залежності від апарату дослідження підрозділяють на: 1) вербальні моделі – це суто словесні описи елементів та процесів

екосистем; 2) графічні моделі – схематичні зображення компонентів системи та зв'язків між ними; 3) математичні моделі – описують екосистеми у вигляді математичних виразів [1].

Основні завдання екології XXI століття: 1) вивчення загального стану сучасної біосфери, умов його формування та причин змін під впливом природних і антропогенних факторів; 2) прогнозування динаміки стану біосфери в часі і просторі; 3) розробка з урахуванням основних екологічних законів шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства й Природи, збереження здатності БС до самоочищення, саморегулювання й самовідновлення.

Сучасні екологічні дослідження мають стати науковою базою для розробки стратегії й тактики поведінки людства у XXI ст.

Існує багато екологічних проблем різного масштабу й різної значимості, але основними екологічними проблемами сучасності є [2]:

1. зміна клімату (геофізики) Землі на основі посилення теплого ефекту викидів метану й інших газових домішок, аерозолів, легких радіоактивних газів, зміни концентрації озону в тропосфері й стратосфері;

2. засмічування (контамінація) і інше забруднення найближчого космічного простору;

3. загальне ослаблення стратосферного озону, утворення великої “озонової діри” над Антарктидою, малих “дір” над іншими регіонами планети;

4. забруднення атмосфери з утворенням кислотних опадів, сильно токсичних і згубно діючих речовин внаслідок повторних хімічних реакцій, у тому числі фотохімічних (у цьому одна з основних причин руйнування озонового шару, на який впливають фреони, пари води, оксиди азоту, малі газові домішки);

5. забруднення Світового океану, поховання в ньому (дампінг) отруйних і радіоактивних речовин, насичення його двоокисом вуглецю з атмосфери, надходження в нього антропогенних нафтопродуктів, інших забруднюючих речовин, особливо важких металів і складних органічних сполук, підкислення мілководь за рахунок забруднення оксидами сірки й азоту атмосфери, розрив нормальних екологічних зв'язків між океаном і водами суші у зв'язку з будівництвом дамб на річках;

6. виснаження й забруднення поверхневих вод суші, континентальних водойм, підземних вод; порушення балансу між поверхневими і підземними водами;

7. радіоактивне забруднення локальних ділянок і деяких регіонів, особливо у зв'язку з поточною експлуатацією атомних пристроїв, чорнобильською аварією і випробуванням ядерної зброї;

8. зміна геохімії окремих регіонів планети в результаті, наприклад, переміщення важких металів і концентрування їх на поверхні землі при нормальній дисперсності в літосфері;

9. накопичення (що продовжується) на поверхні суші отруйних радіоактивних речовин, побутового сміття і промислових відходів (практично нерозкладних і дуже стійких), типу поліетиленових виробів, інших пластмас і т.п.; виникнення повторних хімічних реакцій в усіх середовищах з утворенням токсичних речовин;

10. порушення глобальної екологічної рівноваги, співвідношення екологічних компонентів, у т.ч. зсув екологічного балансу між Світовим океаном, його прибережними водами і поверхневими та підземними водами суші, що впадають в нього;

11. утворення техногенних пустель у нових регіонах планети, розширення вже існуючих пустель, поглиблення самого процесу утворення пустель (загальна площа пустель і напівпустель - 48,4 млн. км², з них на частку антропогенних доводиться не менше 10 млн. км²);

12. скорочення площі тропічних дощових лісів і тайги, яке веде до дисбалансу кисню і посилення процесу зникнення видів тварин і рослин (вважається, що зараз під загрозою зникнення близько 10 тисяч видів);

13. звільнення і утворення в ході вищезгаданого процесу нових екологічних ніш і заповнення їх небажаними організмами - шкідниками, паразитами, збудниками нових захворювань рослин, тварин, включаючи людину;

14. абсолютне перенаселення Землі і демографічний вибух в окремих регіонах;

15. погіршення середовища життя в містах і сільській місцевості, збільшення шумового забруднення, стресів, зорового придушення людини високими будівлями, виникнення дискомфорту знеособленого будівництва, напруженого темпу міського життя й втрати соціальних зв'язків між людьми, виникнення "психологічної втоми".

Контрольні запитання:

1. Хто і коли ввів поняття «екологія», що розуміється під цим терміном?
2. Які основні етапи розвитку екологічної науки?

3. Які основні структурні підрозділи сучасної екології?
4. На які блоки поділяється “універсальна” або “загальна” екологія?
5. Що таке „біологічний спектр” Ю. Одума?
6. Які основні підходи в вивченні екології як науки про екосистеми?
7. Які основні методи дослідження в екології?
8. У чому суть принципу емерджентності?
9. Які основні методи прогнозу використовуються в екології?
10. В чому суть основних глобальних екологічних проблем сучасності?

1.2 Основні положення факторіальної і популяційної екології

Головним об'єктом досліджень *факторіальної екології (аутекології)* є система „*організм – середовище*” (*моноцен*). Організм в середовищі свого існування перебуває під впливом екологічних факторів. *Екологічний фактор* (ЕФ) – це будь-яка умова *середовища*, що прямо чи опосередковано впливає на організм протягом хоча б однієї з фаз його життя. ЕФ класифікуються за такими ознаками [12]: 1) *за часом* (еволюційні, історичні, нині діючі); 2) *за періодичністю* (періодичні, неперіодичні); 3) *за черговістю виникнення* (первинні, вторинні); 4) *за походженням* (космічні, абіогенні, біогенні, природно-антропогенні, антропогенні); 5) *за середовищем виникнення* (атмосферні, водні, геоморфологічні тощо); 6) *за характером* (інформаційні, речовинно-енергетичні, фізичні, хімічні, біогенні, комплексні тощо); 7) *за об'єктом дії* (індивідуальні, групові, видові); 8) *за умовами дії* (які залежать або не залежать від щільності); 9) *за ступенем дії* (летальні, екстремальні, лімітуючі, неспокійні, мутагенні, тератогенні); 10) *за спектром дії* (вибіркові, загальної дії). Місце існування біотичного угруповання, яке являє собою комбінацію ЕФ та їхніх режимів в межах однорідної ділянки зовнішнього середовища (суші або водойми), називають *екотопом* [13].

Середовище - це сума всього, що перебуває в оточенні якогось живого чи неживого об'єкта, або сукупність усіх умов, які діють на організм (популяцію, біоценоз), що викликають відповідну реакцію, забезпечуючи їх існування й обмін речовин і енергії. На Землі існують такі основні середовища існування живих організмів [14]: водне (*гідробіонти*); наземно-повітряне (*аеробіонти*); ґрунтове (*едафобіонти*); геологічне (*геобіонти*); середовище, утворене самими живими організмами (біогенне).

Здатність до *адаптації* (специфічні пристосувальні механізми і реакції) - одна з властивостей життя. Здатність організму витримувати певну амплітуду коливання ЕФ називають *екологічною валентністю*. За екологічною валентністю розрізняють: *еврибіонти* – організми, які можуть існувати в широкому інтервалі факторів середовища; *стенобіонти* – організми, які можуть існувати лише у відносно сталих умовах середовища.

Ю. Лібіх (1840) звернув увагу на те, що витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі екологічних потреб. Фактори, що стримують розвиток організмів через нестачу або надлишок речовин у порівнянні з потребами, називаються *лімітуючими факторами*. Лімітуючим фактором, може бути як нестача (мінімум), так й надлишок (максимум) деяких факторів (тепло, світло, вода, поживні речовини) - *суть закону мінімуму*. Ю. Одум (1986) запропонував обмежувати концепцію мінімуму лише хімічними речовинами (*O, P, Cl, B* і т.п.), які необхідні для росту й розмноження організму.

Закон толерантності, тобто стійкості живих організмів до дії факторів середовища, ввів В. Шелфорд (1913). Діапазон між мінімальними і максимальними ЕФ називають *межею екологічної толерантності*. Порогове значення ЕФ, вираженого в цифрах, вище або нижче якого організм не може існувати, називають *критичною точкою*. Між цими критичними значеннями розташована *зона екологічної толерантності*, у межах якої напруженість ЕФ може бути різної. Поряд із критичними точками розташовані *зони песимума*, в яких життя обмежене дією зовнішніх умов. Далі розташовані *зони комфорту*, в яких спостерігається чітке зростання екологічних реакцій організму. У центрі знаходиться *зона оптимуму*, яка найбільш сприятлива для функціонування організму. Схематично залежність між реакцією організму й напруженістю ЕФ можна представити в такий спосіб: нижня кардинальна точка (min) - песимум - комфорт - *оптимум* - комфорт - песимум - верхня кардинальна точка (max) [1].

Звичайно по походженню ЕФ, що діють на організми, прийнято розділяти на абіогенні, біогенні й антропогенні.

Абіогенними називаються фактори неживої природи з їх фізико-хімічними властивостями: кліматичні, ґрунтові (едафічні), хімічні і т.д. Серед абіотичних факторів клімат є головним, який визначає умови життя

живих організмів (світло, температура, вода, повітря). У цілому комплекс абіотичних ЕФ складає важливу інтегральну характеристику довкілля.

Біогенні фактори створюються сукупністю живих організмів у результаті їх взаємодії: *фітогенні* (рослини), *зоогенні* (тварини), *мікрогенні* (віруси, бактерії, найпростіші).

Звичайно виділяють такі основні типи взаємодій між організмами (видами, популяціями):

нейтралізм - між взаємодіючими видами (популяціями) немає нічого спільного, їм потрібні різні екологічні умови (наприклад, проживання на одній території зайця й їжака);

конкуренція - це активна боротьба між двома або декількома організмами (видами) за засоби існування або спільні фактори середовища. Розрізняють *внутрішньовидову* (між особинами одного виду) та *міжвидову* (найпоширеніша в природі), *пряму* (взаємне пригнічення двох видів) та *непряму* (пригнічення при дефіциті загального ресурсу) конкуренції. Згідно із *принципом конкурентного виключення (закону Г.Ф. Гаузе): два види не можуть співіснувати, якщо вони залежать від одного і того ж лімітуючого фактора середовища* (оскільки лише ті ресурси, які лімітують ріст популяції, можуть створювати основу конкуренції). Кормова конкуренція приводить до того, що кожний із видів в процесі еволюції пристосовується до своєї *екологічної ніші*, яка характеризує ступінь біологічної спеціалізації даного виду. Р. Дажо [15] наводить приклад співжиття двох видів бакланів на одних і тих самих скелях: *баклан карбо* пірнає глибоко і виловлює камбалу і креветок, а *баклан аристотелівський* полює в поверхневих водах на оселедців і піскарів;

аменсалізм: аменсальні зв'язки спостерігаються у випадках, якщо один із двох видів (популяцій) пригнічується, а другий не зазнає від цього ні шкоди, ні користі (наприклад, світлолюбні рослини пригнічуються від затінення деревом, а дерево не зазнає ніякого впливу);

паразитизм - форма взаємовідносин організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів) різних видів (популяцій), представники яких мають менший розмір тіла (*паразит*) і протягом певного часу живуть за рахунок іншого (господаря). Паразитизм є особливою формою хижацтва;

хижацтво - проявляється в тому, що один організм (хижак) поїдає іншого (жертву). Хижаки – м'ясоїдні організми, які ловлять і поїдають жертву відразу або по частинам. Серед ссавців типовими хижаками є котячі (тигр, барс, гепард), а також: вовк, лисиця, морж, тюлень та ін.;

серед птахів – орел, сокіл та ін.; поміж риб – щука, форель, окунь та ін.; поміж рептилій – крокодил, алігатор; існує також безліч хижих комах, грибів і т.д.;

коменсалізм – це постійні або тимчасові взаємовідносини організмів різних видів, якщо для одного організму відносини корисні, а для іншого нейтральні (риба прилипало та акула; носоріг та волові птахи);

симбіоз - більш-менш тривалі взаємовигідні біотичні зв'язки між різнорідними організмами. Чим більш різноманітними і міцнішими є зв'язки, що підтримують спільне існування видів, тим стійкіше їх співжиття. *Симбіонтами* можуть бути рослини, рослини і тварини або лише тварини.

Екологічна ніша - місце, яке займає організм у середовищі проживання, обумовлене його потребою в їжі, території й пов'язане з функцією відтворення. Термін був введений американським зоологом-натуралістом Дж.Гринелом (1914) і англійським екологом Ч.Елтоном (1927). Гринел терміном «ніша» визначав саму дрібну одиницю розповсюдження виду. Елтон описував нішу як місце даного організму в біотичному середовищі, його положення в ланцюгах харчування [16]. Екологічна ніша характеризує ступінь біологічної спеціалізації виду.

Біотичні фактори поєднують усю сукупність впливів живих організмів один на одного, а представники кожного виду можуть жити лише в такому біотичному середовищі. Основною формою зв'язків є *трофічні (харчові)* взаємовідносини, на базі яких формуються різноманітні ланки і ланцюги харчування. Крім трофічних зв'язків між організмами виникають просторові зв'язки. Взаємозв'язки і взаємовпливи можуть бути *прямими і опосередкованими*.

Від якості і кількості корму залежить плодючість, тривалість життя, розвиток і смертність організмів і т.п. Зелені рослини (*автотрофи*) асимілюють неорганічні ресурси і створюють "упаковки" органічних речовин (білків, вуглеводів і т.д.), які стають їжею для гетеротрофів. Автотрофи, для яких зовнішнім джерелом енергії є сонячне світло (ФАР – фотосинтетична активна радіація), називають *фотосинтетиками*. Автотрофи, які одержали енергію шляхом синтезу органічних речовин із CO_2 , а також окиснення різних неорганічних речовин (NH_4^+ , H_2S , Fe^{2+} і т.п.) називають *хемосинтетиками*. Гетеротрофи, на відміну від автотрофів, не здатні використовувати енергію абіотичних джерел для синтезу складних органічних сполук; вони одержують енергію і органічні речовини з

кормом, який являє собою живу або мертву масу автотрофів і інших гетеротрофів. Гетеротрофами є всі тварини, гриби, абсолютна більшість бактерій, деякі водорості і т.д.

Якщо розглядати організми як кормовий ресурс, то можна виділити три шляхи формування *ланцюгів живлення*: 1) *деструкція* (тіла або частинки тіл організмів відмирають і разом з рештками життєдіяльності і секреторними продуктами стають кормовим ресурсом для *деструкторів* - бактерій, грибів, тварин-детритофагів). Детрит – це органічний мул і напівзруйновані рештки організмів, які перебувають у верхніх шарах ґрунту, а також у водному середовищі; 2) *паразитизм*, коли організм використовує в якості кормового ресурсу інший організм ще при житті (наприклад, тля, яка висмоктує сік із листя дерев); 3) *органофагія*, або *хижацтво* (при цьому кормовий організм або його частина поїдаються - жолудь, який з'їла білка).

Організми, які живляться *детритом* (мертвою органічною речовиною, частково мінералізованою) і мікроскопічними рослинами, називаються *детритофагами*. Організми (бактерії і гриби), які перетворюють у процесі своєї життєдіяльності складні органічні речовини на прості неорганічні сполуки, відносяться до *редуцентів*. Детритофаги і редуценти на відміну від хижаків і паразитів не контролюють швидкості, з якою їхні ресурси стають доступними або відновлюються. Вони повністю залежать від різних факторів (старіння, хвороби, боротьби, затінення), які сприяють вивільненню ресурсу, що забезпечить їхню життєдіяльність [5].

Антропогенні фактори – це різноманітні форми людської діяльності, які змінюють біотичні і абіотичні елементи природи. Вони можуть бути фізичними, хімічними, біотичними, кліматичними і т.д. Вплив на природні екосистеми може бути як свідомим, так і стихійним, випадковим.

Таким чином, абіогенні, біогенні й антропогенні екологічні фактори можуть бути не тільки, "лімітуючими", шкідливими, але і регулюючими, які впливають позитивно. Адаптовані організми реагують на ці екологічні фактори таким чином, що співтовариства організмів немов пом'якшують їхній шкідливий вплив і досягають максимальної ефективності і найбільшої стійкості в даних умовах гомеостазу.

Популяційна екологія (демекологія) вивчає стосунки у надорганізмовій системі „*популяція – середовище*” (*демоцен*). *Демоцен* -

система, яка складається з популяції (одновидової групи організмів) і її середовища.

Вид (біологічний) – сукупність близькоспоріднених організмів, що характеризуються морфологічними, фізіологічними та еколого-географічними особливостями. Для всіх особин одного виду характерні єдність філогенетичного (історичного) походження, однаковий тип обміну речовин, плодючість потомства, що походить від схрещування особин цього виду, поширення в межах певної території (суші, акваторії), яку називають *ареалом виду*.

Популяція – сукупність особин будь-якого виду організмів (рослини, тварини, мікроби), в якій організми можуть обмінюватися генетичною інформацією, займати певний простір і мають характерні ознаки: чисельність і щільність; народжуваність і смертність; просторова, статева, вікова і ієрархічна структури тощо.

Кожна популяція може бути охарактеризована певними параметрами: 1) *чисельність* – загальна кількість особин, які входять до складу даної популяції; 2) *щільність* – кількість особин, що припадає на одиницю території або одиницю об'єму простору, яку займає популяція; 3) *запас біомаси популяції* в цілому в розрахунку на одиницю площі чи об'єму; 4) *народжуваність* – число нових особин, що з'являються в популяції при народженні; 5) *смертність* – кількість особин, що відмирають у певний проміжок часу; 6) *ріст популяції* – співвідношення народжуваності і смертності, що призводить до збільшення або зменшення чисельності особин в популяції.

Структура популяції – це її склад за статевими, віковими, генетичними і іншими ознаками. Загибель або різке скорочення чисельності популяції, як правило, викликає ланцюгову реакцію в біоценозі, і може обумовити коливання чисельності й навіть загибель деяких популяцій інших видів (*наприклад, зникнення одного виду рослин спричинить загибель від 3-4 до 20-30 видів тварин*). Структура популяції не є стабільною, а змінюється під впливом різних факторів середовища (абіотичних умов, біогенних факторів, антропогенних навантажень) [8].

В усіх випадках використання біологічних ресурсів (лікарських, сировинних, рибних, мисливських тощо) спирається на здатність природних популяцій до автономної регуляції чисельності. Після вилучення з популяції деякої частини особин, їхня чисельність в популяції поступово відновлюється, а в багатьох випадках веде до збільшення

потенціалу її відтворювання. *А.В. Яблоков* [17] підкреслював, що визначення меж відведення особин та біомаси популяцій є центральним завданням природокористування. Популяція є першим акцептором, який сприймає всю різноманітність порушень, що вносить діяльність людини. Якщо антропогенна діяльність навіть і не направлена прямо на ту чи іншу популяцію, вона опосередковано сприймає такі дії. Перевищення порогів використання популяцій завжди загрожує серйозними наслідками. Окрім чисельності особин, стійкість популяцій в умовах користування визначається і рядом інших популяційних параметрів – статевую, віковою та розмірною, просторовою структурою та ін. При постійному спостереженні (моніторингу) за популяційними параметрами і контролем над величиною вилучення особин, популяції можуть існувати та зберігати свої властивості необмежено тривалий час [18].

Контрольні запитання:

1. Що таке “екологічний фактор”, які існують екологічні фактори?
2. За якими ознаками класифікуються екологічні фактори?
3. Що таке екотоп?
4. В чому суть законів мінімуму і толерантності?
5. Які фактори відносяться до абіотичних?
6. Які існують типи взаємодій між організмами?
7. У чому суть закону Г.Ф. Гаузе?
8. Що таке екологічна ніша?
9. Які існують шляхи формування ланцюгів живлення?
10. Дати визначення антропогенних факторів.
11. Які параметри використовують для характеристики популяцій?
12. Що таке “структура популяції”?

ТЕМА 2. Біосфера як глобальна екосистема

Поняття “біосфера”. Схема еволюції біосфери. Деякі уявлення про складові біосфери. Загальні відомості про живу речовину. Біологічний контроль стану природного середовища (гіпотеза Геї). Кругообіг речовин у екосистемах.

2.1 Поняття “біосфера”. Схема еволюції біосфери. Деякі уявлення про складові біосфери

Термін „біосфера” (БС) утворений із грецьких слів „*bios*” - життя і „*sphaira*” - сфера. Вперше термін „біосфера” з'явився в роботі відомого австрійського геолога *Едуарда Зюсса* „*Походження Альп*” (1875 р.), в якій він виділив атмосферу, гідросферу, літосферу і біосферу (сферу життя). Основоположником сучасних уявлень про БС є наш великий співвітчизник *В.І. Вернадський* (1863-1945). *В.І. Вернадський* розглядав БС не як просту сукупність живих організмів, а як *єдину термодинамічну систему*, в якій відбувається постійна взаємодія усього живого з неорганічними умовами довкілля. БС включає в себе область активного життя, що охоплює нижні шари атмосфери (тропосфери), Всесвітній океан, поверхню суші з біогенними ландшафтами і, нарешті, частину земної кори, в якій на глибинах в сотні й тисячі метрів у підземних водах існують мікроорганізми [2]. Склад і будова БС зумовлені сучасною і минулою життєдіяльністю всієї сукупності живих організмів (живої речовини).

Верхня межа БС, за *В.І. Вернадським*, є променевою (зумовлена наявністю короткохвильового ультрафіолетового випромінювання, від якого життя Землі захищає озоносфера), а *нижня межа* – термічною (зумовлена наявністю високих температур). Межі БС звичайно визначаються від рівня 20-22 км над земною поверхнею до 11 км в глибину океану (і на найбільших глибинах є форми життя). Фактично потужність БС набагато менша: від поверхні Землі до 6-7 км над нею, тобто приземний шар атмосфери, де зберігаються умови, за яких ідуть нормальні біохімічні процеси, до глибинної ізотерми 100 °С на суші (за даними надглибокої свердловини на Кольському півострові близько 6 км від земної поверхні) і максимальної глибини 10924-11034 м в океані. За даними *Ф.Я.Шипунова* (1980 р.), найбільшу товщину БС має на тропічних широтах – 22 км, найменшу – на полярних – 12 км.

Для численних характеристик БС основоположними є: 1) всюди завжди є вода в рідкому стані; 2) в БС постійно проникає сонячна радіація, яка являє собою єдине джерело енергії; 3) існують постійні та різноманітні форми життя.

Основними типами речовин БС за *В.І. Вернадським* є: 1) *жива речовина* - рослини, тварини і мікроорганізми; 2) *біогенна речовина* -

органічні і органо-мінеральні продукти, створені живими організмами протягом геологічної історії планети (торф, вугілля, горючі сланці, нафта і інші нафтіди - продукти трансформації сонячної енергії, поховані в надрах Землі); 3) *косна (нежива) речовина* - гірські породи неорганічного походження і вода, які представляють субстрат або середовище для мешкання живих організмів; 4) *біокосна речовина* - результат синтезу живої і неживої речовини (осадові гірські породи, кори вивітрювання, мули, ґрунти), співвідношення між живими і неорганічними компонентами в біокосній речовині варіює в широких межах; 5) *радіоактивна речовина*; 6) *космічна речовина* (метеорити, космічний пил) [2].

Верхня частина БС, куди проникає сонячне світло і де можливий фотосинтез, називається *фітосферою*. Відомо, що у процесі фотосинтезу із CO_2 , H_2O та мінеральних елементів відбувається утворення органічних субстанцій, необхідних для життя. Схематично реакцію *фотосинтезу* можна представити таким чином: $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$.

У нижню частину БС сонячне світло не проникає, процеси фотосинтезу неможливі і утворення біомаси з мінеральних сполук (хемосинтез) істотного значення не має. Цю область підземних глибин материків з ізотермами понад $100\text{ }^\circ\text{C}$ та значних (темних) глибин морів і океанів іменують *редусферою* [21].

По різних джерелах вік БС коливається від 4,25 до 3,5-3 млрд. років. До появи організмів і кисню в атмосфері Землі вона була схожа на інші планети Сонячної системи. Серед компонентів атмосфери не було вільного O_2 , у зв'язку з чим не існувало озонового шару. У складі атмосфери були гази, отрутні для більшості організмів. Склад атмосфери багато в чому визначався надходженням вулканічних газів: 80% - вода (H_2O), 10% - вуглекислий газ (CO_2), 5-7% - сірководень (H_2S), 0.5-1% - водень (H_2), азот (N_2), вугарний газ (CO), сліди метану (CH_4), інертні гази.

Критичні для історії БС рівні вмісту кисню називаються „*точками Пастера*”: 1) досягнення O_2 в атмосфері 1 % від сучасного вмісту, коли стало можливе аеробне життя (архей, 3,5 млрд. років тому); 2) точка формування озоносфери - досягнення кількості O_2 в атмосфері 10 % від сучасного (архей - кембрій, 3 - 2,6 млрд. років тому); 3) мабуть, доцільно говорити і про *третю точку*, яка відповідає приблизно сучасному вмісту O_2 (близько 20 %), коли стало можливе життя на суші (девон, 0,41 млрд. років тому).

Голубець (1997 р.) виділив 5 етапів еволюції біосфери [1]:

1. *гетеротрофна БС* із домінуванням прокариотів: доки в атмосфері було мало кисню й озону, примітивні форми життя могли розмножуватися лише під захистом шару води. Першими живими організмами були дріжджоподібні анаеробні мікроорганізми, які одержували необхідну для дихання енергію шляхом бродіння.;

2. *автотрофна БС* - життя у водному середовищі, еукаріоти. Поступове збільшення у воді кількості кисню за рахунок життєдіяльності організмів і його дифузія в атмосферу близько 2 млрд. років тому (у протерозої) спричинили важливі зміни в хімічному складі біосферних середовищ і уможливили утворення і розвиток еукаріотів, які мають оформлене клітинне ядро. З моменту появи автотрофних водоростей і процесу фотосинтезу еволюція біосистем відбувалась шляхом створення усе більш складних і різноманітних систем, які контролювали склад атмосфери;

3. *суцільнопланетна БС* - тривала від часу, коли життя вийшло з води на сушу до початку виробничої діяльності людини, яка вплинула на біохімічні процеси БС;

4. *ноосферний етап* – початок у 1-му тис. до н.е., кінець припадає на другу половину XX сторіччя;

5. *соціосферний етап* – БС переходить у нову якість, стає підсистемою соціосфери.

Розглядаючи еволюцію БС, її перетворення внаслідок антропогенної діяльності, потрібно зупинитися на понятті „ноосфера”. Цей термін був введений в науку у 1927 році французькими вченими – математиком *Е.Леруа* і палеонтологом *П.Тейяром де Шарденом* (але духовним предтечею ідеї ноосфери став *В.І.Вернадський*). Для Вернадського ноосфера – це природній процес, один з моментів еволюції матерії. Практична діяльність людини не залежить від повного розуміння світоустрою. Людина діє методом проб і помилок. Він не просто живе в навколишньому середовищі, а заміщає в ній природне штучним, створює другу природу. Завдяки цьому з’явилися техногенне середовище, техногенні ландшафти. «З появою на нашій планеті розумної істоти планета переходить в нову стадію своєї історії. Біосфера переходить в ноосферу» [16].

Контрольні запитання:

1. Хто і коли ввів поняття «біосфера», що розуміється під цим терміном?
2. Які основні етапи розвитку біосфери?

3. Які межі та який вік біосфери?
4. Що таке фітосфера і редусфера?
5. Які основні характеристики біосфери?
6. Які основні типи речовин у складі біосфери?
7. Що таке «точки Пастера»?
8. Які основні уявлення про ноосферу, хто ввів цей термін?

2.2 Загальні відомості про живу речовину. Біологічний контроль стану природного середовища (гіпотеза Геї). Кругообіг речовин у екосистемах

Сукупність і біомаса живих організмів в БС, або сукупність організмів усієї БС або будь-якої її частини, які виражаються в одиницях маси, енергії та інформації слідом за В.І. Вернадським звичайно називають «живою речовиною». Як відзначав В.І. Вернадський, на земній поверхні немає хімічної сили, більш постійно діючої, а тому більш потужної за кінцевими наслідками, ніж жива речовина (ЖР) [1]. За останніми оцінками ЖР складає $18 \cdot 10^{11}$ т [18]. Фітомаса в 2,5 тисячі разів перевищує зоомасу, в той час як видова диференціація тварин у 6 раз більша ніж у рослин. На суші із ЖР 90% - це рослини, близько 10% - тварини; у водному середовищі – навпаки. Якщо б ЖР розмістити рівномірно на поверхні Землі, вона могла утворити плівку товщиною всього 5 мм. Однак, ЖР надто нерівномірно розподілена в різних частинах БС і відіграє величезну роль в планетарних процесах.

Елементний склад ЖР відрізняється великою різноманітністю, але із великого числа (стабільних - 92) хімічних елементів (ХЕ) домінують (% від ваги): О – 70 %, С – 18 %, Н - 10,5 %, Са - 0,5 %, N - 0,3 %, К - 0,3 %, Р - 0,07 %, S - 0,05 %, Mg - 0,04 %, Si, Na, Cl - по 0,02 %, Fe - 0,01 %. На долю О, С та Н доводиться 98,5 %. Перелічені ХЕ відносяться до макроелементів. Крім того, до складу ЖР входять ще мікроелементи (Cu, Mn, Zn, V, Mo, Co та ін.) і ультрамікроелементи (La, Os та ін.). Серед хімічних сполук перше місце в складі ЖР займає вода. Так, у медузи тіло містить 96 % води, а маса тіла людини на 60-65 % складається з води. Кількість хімічних сполук, в які входять біогенні елементи (О, С, Н, N, S, Р) надзвичайно велика, але серед них можна виділити основні класи органічних речовин: вуглеводи, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти. Наприклад, у рослинах переважають вуглеводи, а у тварин - білки.

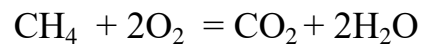
Кожний вид фіто- і зооценозу має свій хімічний склад. Організми мають вибірково (селективну) здатність накопичувати ХЕ, концентрації яких у різних видів одного і того ж біоценозу різні. Здатність деяких рослин і тварин до вибіркової акумуляції великої кількості ХЕ із оточуючих природних середовищ (грунтів, підгрунтів, вод, інколи повітря) дозволяє розглядати їх як *біогеохімічні індикатори*.

В.І. Вернадський уперше відзначив величезну роль ЖР в геохімічних процесах. Міграція ХЕ в біосфері відбувається при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція) або при її непрямій участі (суть *закона біогенної міграції Вернадського*).

Абіотичні фактори контролюють діяльність організмів, але і самі організми в свою чергу впливають на абіотичне середовище і контролюють його розвиток, тому що між біотопом і біоценозом відбувається обмін речовинами та енергією. Весь хід розвитку БС говорить про те, що організми, особливо мікроорганізми, разом з абіотичним середовищем створюють складну систему регулювання, підтримуючи на Землі умови, сприятливі для життя, а на певній стадії розвитку БС організми почали і продовжують контролювати склад атмосфери. Розповсюдження біологічного контролю на глобальний рівень стало основою *гіпотези Геї* (Гея - давньогрецька богиня Землі), На думку англійського вченого Дж.Лавлока й американського біолога Л.Маргуліса склад атмосфери з її унікально високим вмістом O_2 і низьким вмістом CO_2 , а також температурні умови й середовище кислотності на земній поверхні не можна пояснити, якщо не враховувати, що основну роль зіграла буферна (пом'якшувальна) активність ранніх форм життя (3 млрд. років тому). Вона координувалася активністю рослин і мікроорганізмів. Ці вчені показали, що температура поверхні планети ніколи не змінюється більш ніж на декілька градусів від її середньої величини, яка залишається у вузькому температурному діапазоні (хоча з часу зародження БС, як вважають астрономи, сонячна радіація зросла на 30-50 %) [4].

Відповідно до гіпотези Геї, внаслідок взаємодії між біологічними й геохімічними процесами підтримується постійна кількість O_2 (21%) в атмосфері. Відомо, що зростання O_2 на 1 % підвищує імовірність пожеж на 60%, а при збільшенні на 4 % - вся планета буде охоплена напалмом, що призведе до знищення всієї живої речовини. Потрібно зазначити, що O_2 і CO_2 циклічно взаємодіють. Незважаючи на зміну сонячної активності, кількості й різноманітності живих організмів, вміст O_2 зберігається

всередині дуже вузького діапазону. По Дж. Лавлоку, це пов'язане з тим, що надлишок O_2 “гаситься” CH_4 у процесі реакції:



Таким чином, протягом року 1 млрд.т CH_4 “гасить” 2 млрд.т O_2 . При цьому, окрім природних процесів (виверження вулканів, утворення боліт), джерелом надходження CH_4 є й антропогенні джерела.

Знижуючи рівень забруднення, людина повинна зберігати цілісність і масштабність буферної системи життєзабезпечення, тобто підтримувати функцію біологічного контролю стану довкілля.

Особливе значення для БС мають *циклічні* або *органогенні* хімічні елементи (ХЕ), які беруть участь у складних процесах кругообігу (біогеохімічних циклах) і більшість з них входить до складу ЖР (*H, C, O, S, N, P* і інші - усього 44 ХЕ). Стосовно до біосфери під „*біогеохімічним кругообігом*” мається на увазі обмін хімічними елементами між живою речовиною й неорганічним середовищем.

Розрізняють такі основні типи біогеохімічних кругообігів [22]: 1) *кругообіг води* (*O, H* та інші водорозчинні ХЕ); 2) *кругообіг ХЕ переважно в газовій фазі* (*C, O, N*); 3) *кругообіг ХЕ переважно в осадовій фазі* (*P, S* та інші біогенні ХЕ). Перший тип включає рух складної природної речовини - води; в інших - рух здійснюють прості речовини, які знаходяться у різних хімічних видах під впливом біологічного і геологічного факторів. Як приклад, у багатьох джерелах інформації розглянуті кругообіги води, вуглецю і сірки.

Контрольні запитання:

1. Що таке жива речовина?
2. Охарактеризуйте хімічний склад живої речовини.
3. Що таке біогеохімічні індикатори?
4. У чому полягає закон біогенної міграції В.І.Вернадського?
5. В чому полягає суть «гіпотези Геї»?
6. Які хімічні елементи називаються «циклічні» або «органогенні»?
7. Що таке «біогеохімічний кругообіг», його основні типи?

ТЕМА 3. Біогеоценози (екосистеми) – основні структурні одиниці біосфери

Екосистеми, їх характеристика, типи і принципи класифікації. Поняття про екологічні піраміди. Енергетична класифікація екосистем.

3.1 Екосистеми, їх характеристики, типи й принципи класифікації

Термін *екосистема* (ЕС) ввів англійський біолог *Артур Генслі* (1935), який запропонував таке визначення: “екосистема = біотоп + біоценоз”. ЕС - сукупність специфічного фізико-хімічного оточення (біотопу) і сукупність живих організмів (біоценозу), об'єднаних в єдине функціональне ціле, яке виникло на основі взаємозалежності й причинно-наслідкових зв'язків, що існували між окремими компонентами. *Біогеоценоз* (БГЦ) і ЕС – синоніми, але лише коли вони розглядаються як біоценоз, який займає певну частину земної поверхні з абіотичними умовами. Термін „*біогеоценоз*” (БГЦ) був запропонований російським вченим *В.М. Сукачовим* (1944). Усі варіанти визначення БГЦ зводяться до того, що *біогеоценоз* – це ділянка земної поверхні з відносно однорідною рослинністю, тваринним світом, кліматичними і ґрунтовими умовами. БГЦ – це сукупність рослинності, тваринного світу, мікроорганізмів і певної ділянки земної поверхні, які пов'язані між собою обміном речовини та енергії [10].

Біогеоценоз – екосистема в межах фітоценозу, у той час як ЕС більш широке поняття. Границі БГЦ проводяться в межах конкретного рослинного співтовариства.

Поняття екосистеми застосовується до природних об'єктів різної складності й розмірності: Світовий океан або невелике озеро (або навіть акваріум), тайга або ділянка дубового гаю і т.д.

Незалежно від міри складності будь-яка ЕС має такі характеристики: 1) видовий склад, 2) чисельність біоти, 3) біомаса (звичайно у вигляді сухої маси всіх організмів на певний період часу спостереження в $\text{г}/\text{м}^2$, $\text{г}/\text{м}^3$ тощо), 4) відповідність окремих трофічних (харчових) зв'язків, 5) інтенсивність генерації і деструкції органічної речовини (інтенсивність біотичного кругообігу речовин).

У число основних компонентів ЕС входять: H_2O , O_2 , CO_2 , різні органічні речовини й різні види живих організмів. Крім того, ЕС повинна мати енергетичне забезпечення. Потік енергії в ЕС повинен бути

наскрізний, що є показником цілісності ЕС. Найважливіша *здатність ЕС* - накопичувати ресурси й позбуватися від відходів, що є показником її нормального функціонування [19].

Будь-яка ЕС містить сукупність живих організмів, які прийнято ділити на автотрофи й гетеротрофи. Автотрофи (тобто ті, які самі себе годують) - це зелені рослини, здатні здійснювати фотосинтез, використовуючи мінеральні компоненти для синтезування біохімічних субстанцій, необхідних для росту й відтворення. Угрупування автотрофів - це продуценти ЕС. Але головна роль рослин полягає в перетворенні світлової енергії на біохімічну. Гетеротрофи - організми, яким для харчування необхідні органічні речовини. Серед них розрізняють консументи (травоїдні й м'ясоїдні тварини) і деструктори або редуценти (бактерії й гриби).

Єдиної класифікації ЕС немає. ЕС різняться: 1) за генетичними ознаками (природні, штучні й напівштучні); 2) за розмірами (мікро-, мезо-, макро-, глобальні); 3) за типом енергетичного забезпечення й т.п. Так, Юджин Одум [7] пропонує біомну класифікацію екосистем: 1) наземні екосистеми (тундра, бореальний хвойний ліс, листопадний ліс, степ помірної зони, тропічні грасленд і савана, чапараль, пустеля, напіввічнозелений тропічний ліс, вічнозелений тропічний ліс); 2) водні ЕС: які поділяються на прісноводні екосистеми і морські екосистеми (відкритий океан, води континентального шельфу, райони апвелінгу, естуарії). Прісноводні ЕС у свою чергу діляться на *проточні* (річки, струмки, канали), *стоячі* (озера, ставки, водосховища) і *болота*.

Водний об'єкт (за винятком високо мінералізованих вод Мертвого моря, сірководневої зони Чорного моря й ін.) населяють живі організми – *гідробіонти*.

В водній екосистемі нерозривно поєднуються неживі й живі компоненти середовища – абіотичні й біотичні фактори.

Абіотичні фактори поділяються на космічні й земні. *Космічні* фактори - це сонячне випромінювання, сонячна радіація, яка впливає на температуру води - найважливіший екологічний фактор життєдіяльності водних організмів. Обіг Землі навколо Сонця, зміна дня і ночі також впливають на поведінку і спосіб життя водних тварин.

Із *земних* (абіотичних) факторів найбільше екологічне значення мають:

1) фізичні властивості води - щільність, в'язкість, поверхневий натяг, мутність, прозорість і т.п.;

2) хімічні властивості води - вміст кисню, двоокис вуглецю, інших розчинених газів, мінералізація, сольовий склад, наявність забруднюючих речовин різного хімічного складу і т.п.;

3) гідрологічний режим водойм, який визначає формування живих організмів в умовах проточності або вповільненого стоку.

Біотичні фактори – це сукупність взаємодії одних живих організмів на інші як всередині видів так і між видами. Прикладом можуть служити: симбіоз, хижацтво, паразитизм, коменсалізм і ін. види взаємодії (див.п.1.2). *Антропогенні* фактори – господарська діяльність: гідротехнічне будівництво, забруднення стічними водами від різних виробництв і комунально-побутовими стоками, нафтове забруднення та ін. Найбільше змінюють якість природних вод та знижують біологічну продуктивність водойм підвищення вмісту у воді біогенних речовин – азоту і фосфору, що призводить до надмірного розвитку водоростей і подальшого *самозабруднення* водойм при їх відмиранні; органічне забруднення; токсичне забруднення хімічними речовинами; „теплове” забруднення внаслідок скидання підігрітих вод теплових і атомних станцій [6].

Розглянемо водні екосистеми більш докладно:

1. Прісноводні екосистеми: *РІЧКИ* – це основні джерела прісної води, що знаходяться під найбільшим антропогенним впливом. Характерною рисою трофічних ланцюгів є їхня стислість (1-4 рівня) і незначна кількість продуцентів.

Гідрологічне середовище річки можна віднести до біотопу. Режим рівнів води має суттєве значення: зниження рівнів води спричинює осушення ділянок дна, що нищить флору й фауну водотоків. Підвищення рівнів води розширює площі надходження розчинених газів. При наявності наносів деякі види живих істот можуть зникнути. А прозорість річкових вод визначає існування рослин на різних глибинах. Температура води сприяє обміну речовин і розмноженню рослин і тварин. Біотопом може бути піщане або замулене дно.

Біоценози річок являють собою сукупність різних видів рослинних і тваринних організмів.

Рослинні організми бувають представлені вищими рослинами та нижчими водоростями. Вищі рослини є первинними продуцентами органічної речовини та кисню, очищують воду і обмежують надходження

органічних і мінеральних забруднювальних речовин з водозбору у річку. Вони зосереджені по берегах річок, у затоках, на мілководдях. Вищу водну рослинність поділяють на повітряно-водну (очерет, лепеха тощо), занурену (рдесники, різуха тощо) та з плаваючими листками (гречка земноводна, латаття, ряска тощо).

До нижчих водоростей належать *зелені, синьо-зелені й діатомові*, які складають фітопланктон.

Значну роль у розвитку біоценозу річок відіграє *зоопланктон* (коловертки, ракоподібні). *Нектон* річки – живі організми, що пристосовані до активного плавання у відкритих частинах водойм (риби).

ОЗЕРА – на відміну від річок, вони характеризуються більш різноманітним життям. В озерах представлені всі види живих організмів: продуценти-консументи-редуценти. Кругообіг речовин в озерах практично є замкненим, ці екосистеми також знаходяться під антропогенним впливом.

Найбільшими біотопами озера є прибережна мілководна область (*літораль*) і водна товща відкритої частини – основна частина (*пелагіаль*), усередині яких виділяються біотопи другого порядку, наприклад, дно відкритого кам'яного узбережжя й ін. Існує 3-я глибоководна частина (*профундаль*) Кожний біотоп заселяє певна група організмів-біоценоз (рослини і тварини), які найбільше пристосовані до нього.

Організми літоралі представлені багатьма видами живих організмів – від планктону до бентосу (що обумовлено достатньою кількістю світла й мінеральних речовин): рослинні співтовариства, комахи, значна кількість видів риб, у тому числі й хижаків. Пелагіаль заселена різними видами рослин, тварин і комах, що володіють пристосувальними механізмами, які дозволяють їм утримуватися біля поверхні [20].

БОЛОТА- умовно можна віднести до водних екосистем. Вони є інтразональними й розташовані в перезволожених районах. Детритний трофічний ланцюг (детрит – органічні залишки, що утворюються внаслідок життєдіяльності й загибелі організмів) коротшає і не закінчується утвором гумусу. Залишки рослин накопичуються в напіврозкладеному стані і утворюють торф.

Болотні ЕС представлені, в основному, рослинами і мікроорганізмами, а тварини практично відсутні, за винятком птахів.

2. Морські екосистеми – ЕС Світового океану займають значну площу поверхні Землі -71%. Там перебуває близько 160 тис. видів живих

організмів і приблизно близько 10 тис. видів рослин. Серед тварин домінують: моллюски – до 80 тис. видів, ракоподібні – до 20 тис.видів, риби- до 16 тис.видів, найпростіші – до 15 тис.видів. Серед рослин домінують водорості, зокрема, діатомові (до 5 тис.видів), червоні (2.5 тис.видів), синьо-зелені (до 2 тис.) і т.д. Абіотичні фактори (освітленість, солоність, температура, густина води і т.д.) ділять водну товщу океану на декілька зон: верхня прояснена (*евфічна*) глибиною до 200 метрів, і нижня темна (*афотична*) з глибинами понад 200 м. У верхній зоні найбільша різноманітність живих організмів, особливо в межах теплих районів [7].

Дуже важливу екологічну роль у Світовому океані відіграють корали, які виконують таку саму очищувальну функцію, що й тропічні ліси. Корали (коралові поліпи) мають біологічне походження, ростуть від морського дна вгору зі швидкістю 0,1—3 см на рік, живуть колоніями в угрупованні з зеленими водоростями в прозорій теплій чистій воді на глибинах до 70 м. Найсприятливіші для тропічних коралів температури — 25—28 °С. За нижчих і вищих температур вони гинуть, як і внаслідок зменшення чистоти й прозорості води (від пилових бур, підняття мулу з дна та ін.). Ріст коралових рифів гальмують організми, які їх поїдають (риби-папуги, колючі морські зірки, бурильні губки).

Продуктивність морських водних мас змінюється в дуже широких межах. У відкритому морі вона порівнянна з продуктивністю пустель, а в зонах підйомних течій та літоралі — з продуктивністю степів і саван. Найбільшу біомасу одного виду на Землі має криль (рачки) — 400-500 млн. т.

Живі організми, що населяють океан, діляться на 3 екологічні групи: планктон, нектон, бентос.

Планктон - сукупність пасивно плаваючих і переносимих морськими течіями в шарі води рослин (фітопланктон), тварин (зоопланктон), бактерій (бактеріопланктон), які практично не можуть самостійно пересуватися на значні відстані. *Нектон*- група активно плаваючих морських організмів, які можуть пересуватися на значні відстані (риби, тюлені, китоподібні, морські змії й черепахи, кальмари, восьминоги і т.д.). *Бентос* – організми, що населяють морське дно (корали, губки, водорості, ракоподібні, іглокожі, моллюски, скати і т.д.).

Найбільшими хребетними тваринами є сині кити (довжина — 32 м). Вони - планктонофільтрувальні, живляться переважно рачками. До

продуцентів належить фітопланктон (діатомові, джгутикові, синьо-зелені водорості), до первинних консументів – зоопланктон (70 % його - рачки).

Найближчими десятиліттями біомаса Світового океану відіграватиме велику роль у житті людства, якщо воно своєю діяльністю не спричинить деградації морських екосистем (як це відбувається на континентах). Тому їх охорона, як і водних екосистем суші, — одне з найпріоритетніших завдань сьогодення.

Морські ЕС відіграють значну роль у стабілізації умов життя на Землі: впливають на хімічний склад атмосфери, є регулятором клімату й т.ін.

Усі ЕС існують довгочасно, іноді сотні років, причому чисельність одних популяцій збільшується, чисельність інших зменшується, але система перебуває в рівновазі. Цей стан рухливий-стабільної рівноваги ЕС називається *гомеостазом*. Область сталості ЕС називається *гомеостатичним плато*.

Екотон. В ЕС немає чітких границь і між двома сусідніми екосистемами виділяється перехідна зона, де характеристики обох екосистем перехрещуються. Ці перехідні зони називаються екотонами (між лісом і степом, між степом і пустелею, між озером і лісом і т.д.).

Контрольні запитання:

1. Хто і коли ввів поняття «екосистема», що розуміється під цим терміном?
2. Яка різниця між поняттями «екосистема» і «біогеоценоз»?
3. Які основні характеристики, компоненти та здатність природної екосистеми?
4. Що собою являє біотична структура екосистеми?
5. Які принципи класифікації екосистем?
6. Які основні абіотичні фактори водної екосистеми?
7. Які антропогенні фактори водної екосистеми?
8. Як поділяються прісноводні екосистеми?
9. Охарактеризуйте річкову екосистему.
10. Що являють собою біоценози річок?
11. Охарактеризуйте озерну екосистему.
12. Охарактеризуйте болотну екосистему.
13. Охарактеризуйте морську екосистему.
14. Що таке евфїчна та афотична зони морської екосистеми?

15. Що таке гомеостаз і гомеостатичне плато?

16. Що таке екотон?

3.2 Поняття про екологічні піраміди. Енергетична класифікація екосистем

Для опису „поведінки” енергії у ЕС підходить поняття „*потік енергії*”, оскільки, на відміну від біогеохімічних кругообігів, перетворення енергії йдуть в одному напрямку.

Основним джерелом енергії, завдяки якому існує ЖР в біосферних середовищах, є Сонце. Сонячна енергія проявляє себе в різних формах (кінетичній, потенціальній, радіоактивного розпаду, електромагнітних полів, морських хвиль, органічного палива та ін.) і в певних умовах переходить з одного виду до іншого. В приземному шарі сонячне електромагнітне випромінювання перетворюється в основному в теплову енергію (1-2 % сумарної радіації і 2 % *фотосінтетично активної радіації* – ФАР, з довжиною хвиль 380-710 нм за рахунок фотосинтезу – в хімічну енергію) [2].

Властивості енергії визначаються законами термодинаміки. Згідно з *першим законом термодинаміки* енергія може перейти із однієї форми в іншу, але вона не може зникати і створюватися наново. Процеси, пов'язані з перетвореннями енергії, можуть спонтанно відбуватися лише за умови, що енергія переходить із концентрованої форми у розсіяну, тобто деградує. У цьому суть *другого закону термодинаміки*, який можна сформулювати і так: оскільки деяка частина енергії завжди розсіюється у вигляді недоступної для використання теплової енергії, то ефективність довільного перетворення кінематичної енергії в потенціальну завжди менше ніж 100 %. Під *екологічною ентропією* розуміється безповоротне розсіяння енергії ЕС. Наприклад, втрата тепла через градієнт температур між ЕС і навколишнім середовищем.

Кількість сонячної енергії, що досягає земної поверхні, становить 52 % від загального випромінювання (решта витрачається на відбиття хмарами, пилом, поглинання водяною парою, озоном і т.д.); але із цієї кількості близько 10 % витрачається на відбиття (альbedo). Лише 10 % енергії, яку отримують рослини, трансформується в біомасу. Рослини фіксують лише 1 % сонячного випромінювання, що надходить, та виробляють при фотосинтезі свій матеріал, тобто *коефіцієнт корисної дії*

(ККД) фотосинтезу дуже низький (0,1-1,6 %). Більш високий ККД у культурних рослин (до 3-5 % і вище).

Зміна енергетики природної ЕС у межах 1 % виводить її із рівноважного стану (*правило 1 %*). Антропогенні зміни, що перевищують допустиму межу, здатні викликати негативні наслідки у природних ЕС. Отже, правило 1 % необхідно врахувати в природокористуванні для розробки обґрунтованих заходів, важливих в природних екстремальних умовах [1].

Згідно із *правилом 10 %* з нижчого на більш високий трофічний рівень ($P \rightarrow C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow$) переходить близько 10 % енергії. Співвідношення поміж продуцентами, консументами (C_1, C_2, C_3) та редуцентами в ЕС, яке відбите у їх масі і зображене у вигляді графічної моделі, називається *пірамідою біомас*. Якщо трофічні зв'язки зобразити з урахуванням співвідношень у кількості осіб або видів, то кажуть про *піраміду чисел* (*піраміда Елтона*), якщо з урахуванням кількості енергії, акумульованої одиницею поверхні за одиницю часу та використаної організмами на кожному трофічному рівні, то - про *піраміду енергії*. Такі моделі називаються *екологічними пірамідами*, тому що їх конфігурація відображає екологічні умови у межах певної території (акваторії).

У наземних ЕС вага продуцентів (на одиницю площі і абсолютно) більше ніж вага консументів, вага C_1 більша ніж вага C_2 і т.д., тому графічна модель звичайно має вигляд „*нормальної*” піраміди. У деяких водних ЕС, піраміда біомас може бути *переверненою*, тобто біомаса продуцентів в них менша, ніж консументів, а іноді й редуцентів. У цілому ж екологічні піраміди відбивають зменшення видового різноманіття, кількості біомаси та енергії від більш низьких до більш високих трофічних рівнів, тобто відбивають основну спрямованість трансформації енергії в ЕС. Слід зазначити, що на вершині екологічної піраміди знаходиться людина [4].

За джерелом, рівнем та якістю енергії Ю. Одум (1986) виділяє наступні типи ЕС [7]: 1) *несубсидовані природні ЕС, які отримують енергію від Сонця* (відкритий океан, високогірні ліси); 2) *ЕС, які одержують енергію від Сонця, але з природною енергетичною субсидією* (естуарії у припливних морях, деякі тропічні дощові ліси); 3) *субсидовані людиною ЕС, які отримують енергію від Сонця* (агроекосистеми, підводні плантації); 4) *промислово-міські ЕС, які отримують енергію палива* (міста, пригорода, індустріалізовані зелені зони).

Контрольні запитання:

1. В чому суть I та II законів термодинаміки?
2. Що таке екологічна ентропія?
3. В чому суть правила 1%?
4. Сформулюйте правило 10%.
5. Що таке екологічні піраміди?
6. Які основні типи екологічних пірамід?
7. Яка піраміда може бути переверненою?
8. Які принципи «енергетичної» класифікації екосистем за Ю.Одумом?

ТЕМА 4. Проблема антропогенного забруднення довкілля. Класифікація забруднень

Проблема антропогенного забруднення навколишнього середовища. Фізичне, хімічне та біологічне забруднення довкілля. Радіоактивне забруднення НС

Під *забрудненням* у екології розуміють несприятливу зміну довкілля, яке цілком або частково є результатом антропогенної діяльності, прямо або побічно змінює розподілення енергії, що надходить, рівні радіації, фізико-хімічні властивості середовища й умови існування живих організмів [23]. Ці зміни можуть впливати на людину безпосередньо або через воду, продукти харчування.

За *об'єктом* забруднення поділяються на: забруднення атмосфери, забруднення гідросфери; забруднення літосфери; забруднення всієї БС. За *тривалістю* впливу розрізняють: тимчасові (в тому числі епізодичні); постійні. За *масштабом впливу* забруднення можуть бути: локальні, регіональні, глобальні. За *фізичним станом* ЗР розподіляються на газоподібні, тверді та рідкі.

Існує декілька класифікацій типів забруднень і шкідливих впливів на біосферні середовища. Як приклад можна навести класифікацію Ф. Рамада [22]: *фізичні, хімічні та біологічні забруднення, естетична шкода* (порушення пейзажів і визначних місць грубою урбанізацією або малопривабливими будівлями; будівництво індустріальних центрів у незайманих або мало порушених людиною біотопах).

Фізичне забруднення пов'язане із зміною фізичних, температурно-енергетичних, хвильових і радіаційних параметрів зовнішнього

середовища. Однією із найактуальніших проблем сучасної екології є вплив радіації на людину і оточуюче її середовище.

Шум – одна з форм фізичного забруднення, до якого адаптація організму практично неможлива. До джерел *шуму* можна віднести засоби міського, залізничного і авіаційного транспорту, промислові підприємства, будівельні майданчики, місця проведення ремонтних робіт і т.п. Головним джерелом шуму в містах є транспорт (85 % від загального акустичного навантаження). Органи слуху людини здатні розрізняти у вигляді звуку коливання із частотою в середньому від 16 до 20000 Гц (найбільша чутливість від 50 до 5000 Гц). Звуки з частотою до 16 Гц називаються інфразвуком, з частотою більше 20000 Гц - ультразвуком. Граничною межею шуму є величина 80 децибелів (дБ). Шум зумовлює нервові виснаження, психічні розлади, підвищення кров'яного тиску і підвищення вмісту холестерину в крові, тощо. Шум сприяє підвищенню загального захворювання на 10-12% [24].

Вухо людини звукові хвилі частотою нижче 20 Гц сприймає не як звук, а як вібрацію. *Вібрації* – це тремтіння або струс усього тіла або окремих його частин під час різних робіт (бетонування, роботи в шахтах з відбійним молотком, розпилювання матеріалів і ін.). Особливо небезпечна частота вібрації у діапазоні 6-8 Гц, оскільки вона співпадає із власними коливаннями внутрішніх органів людини. Негативні впливи вібрації багато в чому схожі із впливом шуму. Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю – від сильної втоми і не дуже значних змін багатьох функцій організму до струсу мозку, розриву тканин, порушення серцевої діяльності, нервової системи, деформації м'язів і клітин, порушення чутливості шкіри тощо. Крім того, вони сприяють руйнуванню будинків і споруджень, негативно впливають на найбільш точні технологічні процеси.

Електромагнітним забрудненням називають підвищені електромагнітні поля (ЕМП) з випромінюванням у діапазоні частот від 0,3 Гц до 300 ГГц. ЕМП у середовищі проживання людини створюють природні й штучні джерела. До *природних джерел* відносяться електричне і магнітне поля Землі, космічні джерела радіохвиль (Сонце і інші зірки), процеси, що виникають в атмосфері (розряди блискавки, коливання в іоносфері тощо). *Штучні джерела* ЕМП поділяються на дві групи: 1) обладнання, які спеціально створювалися для випромінювання електромагнітної енергії (радіо- і телевізійні станції, радіолокаційні

прилади, фізіотерапевтичні апарати, різні системи радіозв'язку, технічні установки в промисловості та інші); 2) обладнання, які не призначені для випромінювання електромагнітної енергії в простір, але в яких при роботі протікає електричний струм і при цьому відбувається електромагнітне випромінювання (МЕП, трансформаторні підстанції, електричні плити, нагрівачі, холодильники, телевізори і т.д.).

Перебування в зоні з підвищеними рівнями ЕМП на протязі певного проміжку часу призводить до ряду несприятливих наслідків: спостерігається втомленість, нудота, головна біль. При значних перевищеннях нормативів можливі ушкодження серця, мозку, центральної нервової системи. Випромінювання може вплинути на психіку людини, з'являється роздратованість; можливий розвиток тяжких захворювань, вплоть до ракових.

Температурне забруднення характеризується періодичним або тривалим підвищенням температури середи над природним рівнем. Температурні зміни позначаються на погіршенні режиму земної поверхні і водних об'єктів, на посиленні хімічного й біологічного забруднення.

Радіоактивне забруднення. Число розпадів за секунду у радіоактивному зразку називається його активністю. *Одиниця вимірювання активності (СІ) - беккерель (Бк)* дорівнює 1 розпаду на секунду. Ушкоджень у живому організмі буде тим більше, чим більше енергії вони передають тканинам. Кількість такої переданої організму енергії називається *дозою*. Кількість енергії випромінювання, яка поглинається одиницею маси (тканинами організму), називається *поглиненою дозою*. Одиниця вимірювання у СІ - *1 грей (Гр)* ; $1 \text{ Гр} = 10^3 \text{ мГр} = 10^6 \text{ мкГр}$. Летальні дози такі: 100 Гр (смерть через декілька годин або діб); 50-10 Гр (один-два тижні); 5-3 Гр (50% опромінених вмирають через 1-2 місяці). Червоний кістковий мозок і інші елементи кровотворної системи найбільш вразливі і перестають нормально функціонувати вже при дозах 0.5-1 Гр. Якщо взяти до уваги, що за однакової поглиненої дози *α-випромінювання* у 20 разів безпечніше за *β-* або *γ-випромінювання*, то дозу треба помножити на коефіцієнт, який віддзеркалює здатність даного виду випромінювання ушкоджувати тканини організму; обчислену дозу називають *еквівалентною дозою*, яка вимірюється у СІ в *зівертах (Зв)*; $1 \text{ Зв} = 10^3 \text{ мЗв} = 10^6 \text{ мкЗв}$. Але при однаковій еквівалентній дозі випромінювання виникнення раку легенів більш імовірно, ніж раку щитовидної залози, тому дози опромінення органів і тканин слід враховувати з різними

коефіцієнтами. Помноживши еквівалентні дози на відповідні коефіцієнти та просумувавши по усіх органах і тканинах, можна отримати *ефективну еквівалентну дозу*, яка відображує сумарний ефект випромінювання на організм в зівертах. Це були індивідуально одержані дози. Підсумовуванням ефективних еквівалентних доз, які одержує група людей, визначається *колективна ефективна еквівалентна доза у людино-зівертах (люд-Зв)*; якщо ця доза одержується багатьма поколіннями від будь-якого радіоактивного випромінювання за весь час його дії, то це буде очікувана (*повна*) *колективна еквівалентна доза*. Нижня межа променевої хвороби – 1 Зв, верхня (летальна) – 4.5 Зв. Щоденний перегляд на протязі року всіх телепередач забезпечує дозу 0.01 мЗв; переліт літаком на відстань 2400 км – 0.02-0.05 мЗв; одна процедура флюорографії – 3.7 мЗв; рентгеноскопія зубу – 0.03 мЗв; шлунку – 0.336 мЗв; радіоактивні опади – 0.02 мЗв; атомна енергетика – 0.001 мЗв; природний фон – 2 мЗв [1].

Основну частину радіації населення нашої планети отримує від природних джерел. Зовнішнього опромінювання (із космосу – 15.1%, із земної кори – 68.8%) людина не в змозі запобігти, але коли радіонукліди проникають в організм з повітрям, водою та їжею, то вони перетворюються на внутрішнє опромінювання (15.1%). Людиною створено декілька сотень штучних радіонуклідів. *Нукліди* – атоми, які відрізняються складом ядра. Увесь процес довільного розпаду нестабільного нукліду називається радіоактивним розпадом, а сам нуклід – *радіонуклідом*.

При нормальній роботі АЕС викиди радіоактивних речовин у навколишнє середовище незначні. На всіх етапах *ядерного паливного циклу* (видобуток і збагачення уранової руди - ядерне паливо - АЕС - повторна обробка задля вилучення урану та плутонію - поховання радіоактивних відходів) відбувається надходження радіоактивних речовин у довкілля.

У великих дозах радіація завдає шкоди клітинам і вони перестають ділитися. Тому радіовипромінювання використовується при руйнуванні ракових пухлин (променева терапія). Але значне опромінювання порушує клітинний розподіл у всіх тканинах, тобто не відбувається нормального оновлення крові, шкіри і т.д. і через декілька днів променева хвороба приводить до летального результату. У низьких дозах радіація впливає на ДНК як канцерогенний і мутагенний фактор. Щодо слабких доз радіації немає єдиної точки зору. Малі дози отрут корисні - суть *гормезису*, атомна радіація в малих дозах теж корисна - суть "*радіаційного гормезису*". Більше того, вона необхідна в малих дозах [25].

Хімічне забруднення - це збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також надходження в середовище ЗР, не властивих йому або в концентраціях, що перевищують норму. Воно є найбільш небезпечним для природних ЕС і людини. У наш час в НПС міститься від 7 до 8,6 млн. хімічних сполук, причому ця кількість збільшується [26].

При характеристиці забруднення НС вживаються такі поняття, як *полютанти*, *ксенобіотики*, *екотоксиканти* та ін. *Полютанти* - речовини, що забруднюють середовище життя, тобто забруднювачі. *Ксенобіотики* - сторонні для живих організмів шкідливі сполуки (пестициди, препарати побутової хімії і ін.), які попадають в значних концентраціях в природне середовище і призводять до загибелі організмів, а також порушують нормальний хід природних процесів в ЕС. Близьким по значенню є поняття *екотоксиканти* - шкідливі речовини, що забруднюють НС і отруюють живі організми, які знаходяться в середовищі. *Канцерогенні* ЗР сприяють виникненню і розвитку злоякісних новоутворень, *мутагенні* ЗР викликають різкі спадкові зміни, *тератогенні* ЗР призводять до пошкодження зародків і біологічних агентів з виникненням аномалій і вад розвитку.

Особливу небезпеку представляють близько 200 речовин, серед яких можна відмітити: бензол, азбест, бенз(а)пірен, пестициди (ДДТ, елдрин, ліндан і ін.), важкі метали (ВМ), різноманітні барвники і харчові добавки. Цілий ряд речовин антропогенного походження мають таку рухомість, що проникають майже всюди. До таких речовин відносяться фталати, хлорвуглеводні, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), пентахлорфенол, кадмій і ін.

Розповсюдженими ЗР в природних середовищах є *важкі метали* (ВМ) до яких звичайно відносять метали, які мають відносну атомну масу більше заліза (*Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Sn, Sb, W, Hg, Pb, Bi*); вони утворюють амфотерні оксиди і гідроксиди [1].

Надзвичайно небезпечними ЗР, що не мають природних аналогів, є *діоксини*, які можуть поширюватись повсюдно в навколишньому середовищі і не мають природних аналогів. Діоксини і діоксиноподібні речовини використовуються в складі захисних покриттів, в пластмасах, фарбах, ізолюючих і мастильних матеріалах, діелектриках, гідравлічних рідинах, хлорорганічних отрутохімікатах тощо, а також утворюються у процесі спалювання ТПВ, відбілювання паперу, на нафтохімічних,

металургійних та інших виробництвах. В організм людини вони потрапляють в основному з продуктами тваринного походження.

Акумуляція (*біонакопичення*) ЗР у живих організмах зростає на кожному наступному трофічному рівні. Б. Небел [19] наводить такий приклад збільшення біонакопичення ДДТ: морська вода (0,02) - водорості (5) - риби-мікрофаги (40 - 300) - риби-хижаки (2000 млн⁻¹). В усіх випадках хижаки й людина (макрофаги), які знаходяться на вершині трофічної (екологічної) піраміди, виявляються найбільш ЗР. З цього виходить, що забруднюючи оточуюче середовище, людина, яка займає місце суперхижака по відношенню до інших живих організмів, стикається з *ефектом бумеранга*, тобто головний винуватець забруднення стає і головним відповідачем.

Під *біологічним забрудненням* розуміється: привнесення в середовище нових, не властивих йому раніше, біонтів; надмірне збільшення чисельності (біомаси) біонтів, що перевищують норму в природних умовах, в тому числі внаслідок набуття ними нових властивостей.

Основними факторами, що спричиняють біологічне забруднення є:

- 1) перенесення людиною живих організмів (*інтродукція*) навмисно (в Нову Зеландію було перевезено 200 видів ссавців і птахів, більше 600 видів рослин; у лісові насадження України інтродуковано понад 30 видів деревних порід, серед яких значні площі займають: сосна чорна (235 га), сосна Веймутова (1340 га), модрина європейська (64 тис.га), туя гігантська (34 га) та ін. [5]) або випадково (колорадський жук, кліщ варроа і т.д.); є приклади успішного заняття вільних екологічних ніш, але є приклади, коли адвентивні види (інтродуценти) витіснили інші види (у Чорному морі молюск рапана витіснив устриць; гребневик-мнеміопсис став поїдати зоопланктон, тобто підривати кормову базу риб, а гребневик-берое стримує його популяцію);
- 2) антропогенна зміна середовища проживання, яка сприяє надмірному розмноженню окремих видів біонтів або набуттю ними нових властивостей (наприклад, синантропних тварин - тарганів, клопів, пацюків і ін., причетних до сфери діяльності людини);
- 3) відходи виробництва (підприємства біосинтезу, тваринницькі комплекси) і життєдіяльності людей (звалища побутових відходів і т.д.).

Біогенні забруднювачі знижують якість продуктів харчування людини. Джерелом надходження їх в основному можна вважати різні

кормові добавки, лікарські і хімічні препарати, які використовуються для підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин, профілактики захворювань, збереження доброякісності кормів (антибіотики, гормональні препарати тощо). Екологічно небезпечні *мікотоксини* – токсичні метаболіти пліснявих грибів, які є причиною хронічних токсикозів у багатьох країнах. Нині відомо 250 видів різних мікроскопічних грибів, що продукують майже 500 токсичних метаболітів, які не лише токсичні, але й мають мутагенні, тератогенні і канцерогенні властивості. Дуже важливе значення має безпека *генетично модифікованих організмів* (ГМО). ГМО – організм чи кілька організмів, будь-яке неклітинне, одноклітинне і багатоклітинне утворення, які здатні до відтворення чи передачі спадкового генетичного матеріалу, відрізняються від природних організмів, отримані з застосуванням методів генної інженерії й містять генно-інженерний матеріал, у тому числі гени, їх комбінації чи фрагменти. Тварини, рослини, мікроорганізми і віруси, які піддавалися генетичній трансформації, називаються *трансгенними організмами* [27].

Контрольні запитання:

1. Які показники класифікації забруднень?
2. Що таке фізичне забруднення довкілля?
3. Які одиниці вимірювання доз радіації?
4. Які основні джерела радіоактивного забруднення довкілля?
5. Які особливості ядерного паливного циклу?
6. В чому суть «радіаційного гормезису»?
7. Що таке хімічне забруднення довкілля?
8. Що таке канцерогенна, мутагенна і тератогенна небезпека ЗР?
9. Що таке біологічне забруднення довкілля?
10. Що таке інтродукція?
11. Що таке генетично модифіковані організми?

ТЕМА 5. Антропогенне забруднення атмосферного повітря та його екологічні наслідки

Структура і склад атмосфери. Характеристика основних ЗР атмосфери. Основні джерела забруднення атмосфери. Трансформація основних ЗР в атмосфері. Санітарно-гігієнічні критерії оцінки якості атмосферного повітря. Основні негативні наслідки забруднення атмосфери (смоги

різних типів, кислотні опади, деградація озонового шару, парниковий ефект). Вплив ЗР атмосфери на живі організми. Напрямки охорони атмосфери.

Атмосфера - найбільш динамічна оболонка Землі; вона легко піддається впливу антропогенних факторів. Середній склад атмосферного повітря можна подати таким чином: N_2 -78,1%, O_2 -20,9%, Ar -0,95%, CO_2 – 0,032 %, інші компоненти (H_2 , Ne , He , CH_4 та ін.) знаходяться у вигляді домішок.

Природними джерелами забруднення атмосфери є гази, пил і різні продукти фіто-, зоо- та мікробіоценозів. Навіть при значному вмісті природних домішок вони не справляють такого сильного негативного впливу на НПС, як домішки антропогенного походження.

На долю газоподібних домішок, що надходять до атмосфери, припадає 90%, а на долю пилу, важких металів, мінеральних і органічних сполук, радіоактивних речовин, тобто твердих домішок - близько 10 %. Кількість рідких домішок дуже мала у порівнянні з газоподібними та твердими домішками. У складі останніх завжди присутня вода, вміст якої тим більше, чим вище відносна вологість повітря.

Головними джерелами забруднення атмосфери є: 1) теплові електростанції (ТЕС) і теплоелектроцентралі (ТЕЦ); 2) транспорт (переважно автотранспорт); 3) чорна і кольорова металургія; 4) машинобудування; 5) хімічне виробництво; 6) видобуток і переробка мінеральної сировини; 7) відкриті джерела (виробки, сільськогосподарське рілля, будівництво).

Теплові електростанції і теплоелектроцентралі, що спалюють тверде, рідке і газоподібне паливо, відносяться до найбільш поширених і потужних джерел викидів шкідливих ЗР в атмосферу. Основними ЗР, що надходять до атмосфери при спаленні палива, є тверді частки (зола, сажа), SO_x , NO_x , CO . При неповному згорянні палива в газоподібних викидах знаходяться CO , вуглеводні типу C_nH_{2n+2} і C_nH_{2n} , поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), токсичні сполуки типу бенз(а)пірену, V_2O_5 та ін. Серед хімічних канцерогенів провідне місце займають ПАВ, що утворюються при спаленні палива і його термічній переробці. Разом з викидами в атмосферу надходять також дуже токсичні метали (Be , As , Se , V , Cd , Hg і ін.) і радіонукліди (^{236}U , ^{232}Th , ^{40}K), які можуть бути джерелами несприятливих впливів на природне середовище.

Транспорт є одним з найважливіших джерел забруднення атмосфери. Баланс викидів транспорту: автомобільний – 70 %, сільськогосподарський – 9,4%, повітряний – 7,3 %, водний – 4,1 %. Понад 300 млн. автомашин щодня викидають в повітря 800 тис. т CO , близько 1 тис. т Pb . Один автомобіль, проходячи за рік 15 тис. км, потребує близько 4 т кисню, спалює 2-3 т палива й викидає в довкілля 3250 кг CO_2 , 530 кг CO , 27 кг NO_x , 10 кг гумового пилу. До складу вихлопних газів входить понад 200 хімічних сполук, з яких найбільш токсичні CO , NO_x , SO_x , C_nH_m (в т.ч. ПАВ), альдегіди, Pb . У великих містах автотранспортом викидається близько 90 % CO , 70 % C_nH_m та 90-98 % Pb . Транспорт є джерелом пилу, а також шуму і вібрації. Кількість ЗР, що надходять в атмосферу в складі відпрацьованих газів, залежить від типу двигуна, режиму його роботи і загального технічного стану автомобіля. Так, при порушенні регулювання карбюратора викиди CO збільшуються в 4-5 раз. Максимальний викид бенз(а)пірену у вихлопних газах бензинового двигуна відмічається на холостому ході, при роботі в режимі великих навантажень. Викид вихлопних газів відбувається поблизу органів дихання людини. Більшість компонентів вихлопних газів автомобілів негативно впливають на організм людини, а окремі компоненти беруть участь в утворенні смогу.

Гранично допустима концентрація (ГДК) - максимальна концентрація шкідливої речовини (ШР) в атмосферному повітрі, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичному впливі або протягом всього життя людини не впливає і не вплине шкідливим чином (включаючи віддалені наслідки) на неї і на навколишнє середовище загалом.

Повинно виконуватися таке співвідношення між концентрацією (C) і ГДК (обидві мають розмірність - mg/m^3): $C \leq ГДК$. В місцях відпочинку людей (рекреаційні зони) рівень забруднення атмосфери не повинен перевищувати $0,8$ ГДК. Деякі ШР мають однонаправлену дію або володіють ефектом сумачії. Ефектом сумачії володіють, наприклад, фенол і діоксид сірки; діоксид сірки і діоксид азоту; діоксид сірки і сірководень; озон, діоксид азоту і формальдегід і ін. При наявності в атмосфері декількох (n) ШР, що справляють сумарну дію, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці: $(C_1 / ГДК_1 + C_2 / ГДК_2 + \dots + C_n / ГДК_n) \leq 1$.

У залежності від часу впливу розрізняють ГДК *максимальні разові* (GDK_{mp}), *середні добові* (GDK_{cd}) і *робочої зони* (GDK_{pz}). GDK_{mp} - відноситься до 20-30 хвилинного інтервалу осереднення, встановлюється для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку. GDK_{cd} - концентрація ЗР в повітрі, що не справляє на людину прямого або непрямого шкідливого впливу при цілодобовому вдиханні; відноситься до необмеженого періоду осереднення і введена з метою попередження загальнотоксичної, мутагенної, канцерогенної або іншої дії. GDK_{pz} - це рівень концентрації ЗР, який не повинен викликати у робітників при щоденному вдиханні протягом 8 годин (але не більше 41 години на тиждень) захворювань або призводити до погіршення стану здоров'я у віддалені терміни. Під *робочою зоною* розуміють шар повітряного простору висотою 2 м, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце.

Розроблені класи небезпеки ШР: 1) *надзвичайно небезпечні* (бенз(а)пірен, свинець, барій, сполуки ртуті, озон, хром, гексахлоран, ціановодень, оксид ванадію, ДДТ тощо); 2) *високонебезпечні* (сірчана кислота, сірководень, кофеїн, феноли, діоксид азоту, бензол, хлор, оксиди марганцю тощо); 3) *помірно небезпечні* (діоксид сірки, тютюн, бутиловий спирт, пил, сажа тощо); 4) *малонебезпечні* (оксид вуглецю, етиловий спирт, аміак, нафталін, ацетон, скипидар тощо).

Основними *негативними наслідками* антропогенного впливу на атмосферне повітря є: смоги різних типів, кислотні опади, руйнування озонового шару, глобальне розігрівання нижніх шарів атмосфери, погіршення умов мешкання аеробних живих організмів тощо.

Смоги різних типів. Розрізняють *смог лондонського* (в умовах вологого клімату з частими туманами), *лос-анджелеського* (в умовах сухого антициклонального клімату) та *альяскінського* (льодяного) типів. Найбільший інтерес представляє *смог лос-анджелеського типу* або *фотохімічний смог* - вторинне забруднення атмосфери, яке виникає внаслідок розкладання ЗР сонячним, особливо ультрафіолетовим, випромінюванням. Основними компонентами фотохімічного смогу є O_3 , а додатковими - CO , NO_x , HNO_3 , $ПАН$ та інші. На утворення і стійкість фотохімічного смогу впливають температурні інверсії в атмосфері, негативні форми рельєфу і інші фактори, які ведуть до звуження розповсюдження ЗР і збільшення їх концентрації в приземній частині

атмосфери. Вважається, що фотохімічний смог має місце при концентрації фотооксидантів не менш за $0,21 \text{ мг/м}^3$, що відмічається при великій кількості вихлопних газів або інших джерел ЗР [4].

Кислотні опади. Актуальність проблеми обумовлена її глобальним характером внаслідок того, що *кислотні опади* (дощ, туман, сніг), які утворюються, переносяться повітряними потоками на великі відстані й охоплюють своїм негативним впливом значні території. Утворення кислотних опадів пов'язане в основному з техногенними викидами в атмосферу SO_2 і NO_x , але основне значення має надходження SO_2 . Оксиди сірки і азоту поступово реагують з парами води і утворюють кислоти. Величина pH коливається від 5,6-5,5 до 2-1,5 і залежить як від кількості кислот, так і води, в якій вони розчинені (зливові опади звичайно менш кислі). Кислотні опади вимивають біогени з ґрунтів, призводять до деградації лісів, погіршують якість природних вод, негативно позначаються на умовах мешкання гідробіонтів. Негативний вплив кислотних опадів відбивається на ґрунтово-рослинному покриві, поверхневих та підземних водах. Вони руйнівні діють і на інженерні споруди. Захистити ЕС від змін під впливом кислотних опадів можуть *буфери* - речовини, здатні поглинати іони водню ($CaCO_3 + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2 + H_2O$), внаслідок чого величина pH стає близькою до 7.

Деградація озонового шару. Більше ніж 90 % ультрафіолетового (УФ) випромінювання (довжиною менше за $0,1 \text{ мкм}$) поглинається озоновим шаром. Потужність озонового шару, якщо зібрати весь озон за нормальних термодинамічних умов, складає всього $2,5\text{-}3 \text{ мм}$. Озон утворюється під впливом УФ-променів із молекул кисню, однак не весь O_2 перетворюється на O_3 , оскільки вільні атоми кисню, реагуючи один з одним, дають молекули O_2 ($O + O \rightarrow O_2$). Таким чином, між O_2 і O_3 встановлюється і підтримується рівновага. *Озоноактивні складові* атмосфери каталізують розпад O_3 . Найбільшу небезпеку являють викиди *хлорфторвуглеців (ХФВ)*, які використовуються як холодоагенти, розчинники, препарати гасіння, для розпилення лаків і барвників в аерозольних упаковках. Досягши озоносфери, *ХФВ* під дією ультрафіолетового випромінювання руйнуються; відривається атом хлору, а радикали, що залишилися, легко окислюються. Атом хлору і молекула ClO є каталізаторами, а руйнуються атоми кисню і молекули озону. Поряд з *ХФВ* руйнуванню озону сприяє надходження N_2O , CH_4 . У 1982 р. японські, а в 1985 р. англійські вчені виявили у озоносфері над південним

полюсом „озонову діру” розміром близько 3 млн. км² („озонова діра” - простір в озоносфері з помітним пониженням (до 50 %) фонові концентрації O₃). "Озонові діри" у високих широтах пояснюють тим, що в більш низьких широтах іон хлору, відповідальний за руйнування стратосферного озону, поки що блокується метаном. “Міні-діри” відзначалися над північними районами Канади, Великобританії, Скандинавським півостровом.

Парниковий ефект. Поверхня Землі та атмосфера поглинають значну кількість випромінювання Сонця в діапазоні коротких хвиль, що призводить до їх нагрівання; одночасно вони випромінюють еквівалентну кількість енергії в діапазоні довгих хвиль (інфрачервоне теплове випромінювання) в космічний простір, тобто система знаходиться в стані радіаційної рівноваги. Температура земної поверхні залежить значною мірою від вмісту в атмосфері парів H₂O, CO₂, O₃ та інших газів, які легко пропускають випромінювання Сонця и досить ефективно відбивають інфрачервоні хвилі назад на поверхню Землі. Це явище називають природним парниковим ефектом. Якщо б не цей ефект, то середня температура земної поверхні не перевищувала б -18– -6 °С, реально ж на даний момент вона досягає +15 °С. Концентрації природних та антропогенних парникових газів (CO₂, CO, NO_x, CH₄, ХФВ) впливають на клімат. Частка газоподібних ЗР в парниковому ефекті оцінюється таким чином: CO₂ – 61 %, CH₄ – 23 %, ХФВ – 12 %, NO_x – 4 %. У останні роки відбувається глобальне підвищення температури атмосфери у зв'язку із постійним зростанням вмісту CO₂ та інших парникових газів. У 1997 році в японському місті Кіото відбулася третя сесія Конференції Сторін Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату. На неї був ратифікований протокол, згідно з яким промислово розвинуті країни мають знизити загальні викиди парникових газів принаймні на 5% порівняно з викидами 1990 р. протягом періоду дії зобов'язань з 2008 по 2012 роки.

Вплив забруднювальних речовин атмосфери на біоту. Атмосферне повітря є середовищем безпосереднього мешкання людей, а існуючий його склад - умовою життя. Всі ЗР атмосфери у тій чи іншій мірі справляють негативний вплив на здоров'я людини. Вони надходять до організму людини у основному через органи дихання. Близько 50 % частинок діаметром 0,02 - 0,2 мкм (1 мкм = 10⁻⁶ м), які проникають у легені, осаджуються там і справляють негативний ефект. У комплексі вони призводять до ураження верхніх дихальних шляхів, астми, серцевої

недостатності і т.д. NO_x поглинаються кров'ю, справляють шкідливий вплив на зір, дихання; свинець руйнує еритроцити крові; дрібні частинки пилу подразнюють слизову оболонку, а азбестовий пил може викликати фіброз легенів і рак. CO , який отрує організм людини, при тривалому впливі викликає безплідність. У природних умовах концентрація CO дуже незначна - не більше $0,2 \text{ млн}^{-1}$. Концентрації CO , які значно вищі за гранично допустимі ($ГДК_{мр} - 5 \text{ мг/м}^3$, $ГДК_{сд} - 3 \text{ мг/м}^3$), призводять до фізіологічних змін в організмі, а концентрації більші ніж 750 млн^{-1} - до летального наслідку. Ступінь впливу CO залежить не лише від концентрації, але й від тривалості дії. ЗР атмосфери негативно впливають на всі фіто- і зооценози. Так, деякі хімічні компоненти, проникаючи в рослинні тканини, порушують обмін речовин, структуру листя і пагонів. Найбільш небезпечні для рослин є SO_2 , фторутримуючі сполуки і смоги усіх типів. Рослини по-різному сприйнятливі до забруднення повітря (найбільш сприйнятливі - жито, пшениця, ячмінь, яблуня, береза, груша, сосна; більш стійкі - вишня, бузок, дуб тощо) [4].

Боротьба з викидами в атмосфері буде залежати: 1) від підвищення ефективності виробництва, передачі, розподілу й споживання енергії; від створення екологічно безпечних енергосистем; 2) від ефективності створення транспорту, що мінімально забруднює НПС; від розташування екологічно виправданої мережі доріг; 3) використання в промисловості екологічно прийнятних матеріалів і ресурсів; заміни хлорфторвуглеців і інших руйнуючих озоновий шар речовин більш безпечними; істотного зменшення відходів; установа устаткування, що контролює забруднення середовища; 4) використання захисних властивостей рослин.

Контрольні запитання:

1. Які основні природні складові атмосферного повітря?
2. Які основні джерела антропогенного забруднення атмосфери?
3. Що таке ГДК забруднювальної речовини в атмосфері?
4. Перелічіть основні типи смогів.
5. Як утворюються кислотні опади?
6. Що таке „озонова діра“?
7. Які основні причини парникового ефекту?
8. Яку небезпеку для біоти і здоров'я людини створюють ЗР?
9. В чому суть Кіотського протоколу?
10. Які шляхи поліпшення повітряного басейну?

ТЕМА 6. Антропогенне забруднення природних вод та його екологічні наслідки

Загальні відомості про водні ресурси і водокористування. Забруднення морських, підземних та поверхневих вод суші. Принципи оцінки екологічного стану водних об'єктів. Вимоги до якості вод різного призначення. Негативні наслідки забруднення природних вод та їх охорона.

Водні ресурси – це придатні для використання людиною в будь-яких формах і потребах запаси поверхневих вод, а також вода льодовиків, водна пара атмосфери, ґрунтова волога.

Водні ресурси України складаються з місцевого стоку, який формується в річковій мережі на території України, та стоку, що надходить до її території з прилеглих районів по Дніпру (і його притоках), Дністру, Сіверському Дінцю, Дунаю та інших річках. Загальні водні ресурси стоку річок України становлять близько 87 км³ (без стоку р. Дунай, який складає 123 км³). Прісні підземні води в цілому відновлюються дуже повільно, їхні розрахункові запаси становлять понад 27 км³, з яких не пов'язані з поверхневим стоком – 8.9 км³.

Водні ресурси по території України розподілені наступним чином: на півночі їх достатньо, але південна територія має водний дефіцит у зв'язку з інтенсивним розвитком зрошуваного землеробства. Україна відноситься до малозабезпечених водою країн – в середньому по Європі водні ресурси на душу населення становлять 5.2 тис.м³ у рік, а запаси місцевих водних ресурсів у розрахунку на одного мешканця - близько 1 тис.м³ на рік [6].

Усі галузі господарства по відношенню до водних ресурсів поділяються на водоспоживачів і водокористувачів. *Водоспоживачі* забирають воду, використовують її для виробки промислової та сільськогосподарської продукції або побутових потреб населення, а потім повертають у водний об'єкт, але вже в іншому місці, в меншій кількості і з іншими якісними характеристиками. *Водокористувачі* використовують воду як середовище (водний транспорт, рибальство і т.д.) або як джерело енергії (ГЕС), але можуть змінювати якість води (наприклад, водний транспорт), гідрологічний режим (наприклад, ГЕС) і т.д. Використання води в залежності від цілей можна підрозділити на господарсько-питне, комунальне, сільськогосподарське, промислове, транспортне і т.д. [4].

Хімічний склад природних вод умовно поділяють на сім груп [6]:

1) *розчинені гази* – кисень (O_2), азот (N_2), сірководень (H_2S), двооксид вуглецю (CO_2); 2) *головні іони* (макрокомпоненти) – катіони: калій (K^+), натрій (Na^+), магній (Mg^{2+}), кальцій (Ca^{2+}) та аніони: хлор (Cl^-), кисневі сполуки сірки (SO_4^{2-}), гідрокарбонати (HCO_3^-), карбонати (CO_3^{2-}); 3) *біогенні речовини* – сполуки азоту, фосфору, заліза і кремнію; 4) *органічні речовини* – різноманітні органічні сполуки, які належать до органічних кислот, складних ефірів, фенолів, гумусових речовин, азотовмісних сполук (білки, амінокислоти, аміни) тощо; 5) *мікроелементи* – всі метали, крім головних іонів, а також деякі інші компоненти; б) *забруднювальні речовини* – пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини, нафтопродукти, феноли та ін.; 7) *радіоактивні елементи* – стронцій-90, цезій-137, йод-131 тощо.

Крім наведених, до якісних характеристик складу природних вод відносять твердість, лужність, окислюваність, агресивність, які зумовлені сукупністю кількох компонентів складу води. Користуються також поняттями „мінералізація води”, „іонний стік”, „солоність води” тощо.

Хімічний склад води – це складний комплекс розчинених різних мінеральних солей, газів та органічних сполук.

За характером впливу чинники, які обумовлюють формування хімічного складу природних вод, поділяють на такі групи (А.М.Ніконов): 1) *фізико-географічні* – рельєф, клімат, вивітрювання, ґрунтовий покрив, водний режим; 2) *геологічні* – склад гірських порід, тектонічна будова, гідрогеологічні умови; 3) *фізико-хімічні* – хімічні властивості елементів, кислотно-лужні та окисно-відновні умови, змішування вод і катіонний обмін; 4) *біологічні* – діяльність рослин і живих організмів; 5) *антропогенні (штучні)* – всі чинники, що пов'язані з господарською діяльністю людини.

Відповідно до класифікації О.О. Альокіна, всі природні води поділяються на три класи, залежно від переваження аніона: *гідрокарбонатні* (та карбонатні) води з перевагою аніона HCO_3^- і CO_3^{2-} ; *сульфатні* - з перевагою аніона SO_4^{2-} та *хлоридні* - з перевагою аніона Cl^- . Кожний клас поділяється за переважачим катіоном на три групи: кальцієву, магнієву та натрієву; кожна група – на чотири типи, які зумовлюються співвідношенням між іонами в еквівалентах.

Перший тип – характеризується відношенням $HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$. Води цього типу є лужними, м'якими, містять значну кількість натрію і калію, найчастіше мало мінералізовані.

Другий тип – відношення $HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^- + SO_4^{2-}$. Води цього типу формуються при взаємодії з осадовими породами, мало і помірно мінералізовані (води більшості річок).

Третій тип – відношення $HCO_3^- + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}$, або $Cl^- > Na^+$. Генетично ці води є змішаними і метаморфізованими, більшість їх сильно мінералізована (води лиманів).

Четвертий тип характеризується виразом $HCO_3^- = 0$, тобто води кислі й не належать до класу гідрокарбонатних, а лише до сульфатного і хлоридного. Кислі води формуються при вивітрюванні сульфатних родовищ і вугільних покладів, при вулканічній діяльності та інших.

Концентрація розчинених у воді хімічних речовин (*мінералізація*) визначається у міліграмах на одиницю об'єму води – мг/дм³.

За ступенем мінералізації О.О. Альокін [28] підрозділяє води на чотири групи: незначної (до 200 мг/дм³), середньої (200-250 мг/дм³), збільшеної (500-1000 мг/дм³) та високої (більше 1000 мг/дм³) мінералізації. Мінералізація річкових вод перебуває в межах середньої та незначної мінералізації.

Характерною особливістю гідрохімічного режиму річкових вод є їхня широтна зональність, при якій у напрямку з півночі на південь збільшується мінералізація води та спостерігається зміна класу вод від гідрокарбонатного до сульфатного та хлоридного. У цьому ж напрямку збільшується жорсткість води і зменшується вміст органічних сполук.

Хімічний склад річкової води змінюється протягом року і залежить від умов живлення річок. Талі та дощові води знижують мінералізацію внаслідок стікання по добре промитих ґрунтах, в складі річкових вод перевищують іони HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Підземне живлення збільшує мінералізацію, спостерігається збільшення іонів SO_4^{2-} , Cl^- . Зміна іонного стоку протягом року залежить від співвідношення поверхневого та підземного живлення річки. У річок з весняним водопіллям при зменшенні мінералізації кількість виносу розчинених речовин збільшується з ростом їхньої водності. На річках з паводками у теплу частину року найбільший стік розчинених речовин спостерігається саме у літні місяці.

Формування гідрохімічного режиму річок залежить від їх розміру та загальних фізико-географічних характеристик басейнів. Зокрема, на великих річках при переході від зони надмірного до зони недостатнього зволоження збільшується мінералізація річкових вод за рахунок SO_4^{2-} та Cl^- . Зміна хімічного складу великих річок залежить від складу вод приток. Наприклад, у напрямку з півночі на південь зростає мінералізація приток Дніпра: від 320 мг/дм³ в Десні до 600-800 мг/ дм³ в Сулі, Пслі та Ворсклі. Спостерігається закономірне зростання мінералізації у південно-західному напрямку від 400 мг/дм³ у Поліссі до 600-1000 мг/ дм³ у лісостеповій зоні і 2000-5000 мг/дм³ на півдні степової зони. У межах гірських країн мінералізація знижується – 100-200 мг/ дм³ у Карпатах (мінералізація у верхів'ях Тиси та її притоках становить 200 мг/ дм³), 300-400 мг/ дм³ – у Гірському Криму [6].

Розрізняють 3 види забруднення поверхневих вод суші: біологічне, хімічне і фізичне.

Біологічне забруднення створюється мікроорганізмами (в тому числі хвороботворними), а також органічними речовинами, здатними до бродіння. Головне джерело біологічного забруднення поверхневих вод - комунально-побутові стоки, стічні води підприємств харчової, целюлозно-паперової та хімічної промисловості, стоки тваринницьких комплексів. Біологічне забруднення може стати причиною епідемій холери, черевного тифу, паратифу і інших кишкових інфекцій, а також деяких вірусних захворювань (гепатит). Найбільш оптимальним санітарно-показовим мікроорганізмом води є кишкова паличка (*Escherichia coli*). З одного боку, вона - постійний мешканець кишечника людини, а з іншого - забруднення вод бактеріями кишкової групи знаходиться в тісному зв'язку з надходженням фекалій, господарсько-побутових стічних вод і т.д., а відповідно і з наявністю патогенних бактерій. *Колі-титр* – це найменший об'єм води, який припадає на одну кишкову паличку, а *колі-індекс* – це абсолютна кількість кишкових паличок в 1 дм³ води. Якщо вода очищена до значення колі-тітру 300 чи колі-індексу 3, вона є нешкідливою і не викликає ніяких епідемічних захворювань (*ГОСТ 2874-82 та ДСанПіН 2.2.4-400-10*).

Гідробіонти мають санітарно-показове значення. При оцінці води за шкалою *P. Кольквіца – М. Марсона* [29] необхідно враховувати не окремі організми, а суму видів, які є характерними для даної зони:

I – *полісапробна* (зона дуже сильного забруднення); II – *α-мезосапробна* і *β-мезосапробна* (зони середньої забрудненості); III – *олігосапробна* (зона чистої води).

Хімічне забруднення створюється надходженням до поверхневих вод різних ЗР, основними джерелами яких є доменне і сталеливарне виробництва, підприємства кольорової металургії, гірничодобувна, хімічна і нафтопереробна промисловості, а також екстенсивне сільське господарство (яке використовує додаткові мінеральні та людські ресурси, але не можливості технічного прогресу). Крім прямих скидів стічних вод необхідно враховувати також можливість забруднення поверхневих вод під час взаємодії з іншими природними середовищами (атмосферою, педосферою та літосферою). У поверхневі води суші надходить багато нітратів через нераціональне використання азотних добрив і збільшення викидів автотранспорту; це стосується і фосфатів (добрива, миючі засоби), вуглеводнів (нафта і продукти її переробки). Наявність *нафтопродуктів (НП)* у водах знижує здатність водних об'єктів до самоочищення. Одним із небезпечних ЗР є *синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР)*, які широко використовуються у побуті для збільшення змочування, піноутворювання. Застосування синтетичних миючих засобів (детергентів) призводить до значного збільшення вмісту фосфатів у річках і, як наслідок - до інтенсивного розвитку водної рослинності, цвітіння річок, зниження вмісту водорозчинного кисню, паралізації діяльності мікроорганізмів.

Біохімічне споживання кисню (БСК) - показник забруднення органічними речовинами; показує яку кількість кисню потрібно мікроорганізмам для переробки усієї схильної до розкладання органічної речовини у неорганічні сполуки протягом декількох діб (наприклад, протягом 5 діб – *БСК₅*; за вимогами Держстандарту *БСК₅* для питної води не повинне перевищувати 3 мг O_2 на 1 дм³ води). Вміст розчиненого кисню - обернено пропорційний *БСК* (питна вода повинна містити в собі більше 4 мг розчиненого O_2 на 1 дм³).

Фізичне забруднення поверхневих вод створюється скидом у них тепла і радіоактивних речовин. Теплове забруднення пов'язане, головним чином, з тим, що вода, яка використовується задля охолоджень ТЕС та АЕС, скидається потім у водні об'єкти. Внесок у теплове забруднення додають також і деякі промислові підприємства.

ЗР у водні об'єкти надходять такими шляхами: із стічними водами населених пунктів, міст, промислових і сільськогосподарських підприємств; з дощами і талими водами в результаті змиву з поверхні ґрунту побутового бруду, нафтопродуктів, добрив, отрутохімікатів та інших речовин; від водного транспорту і споруд на берегах; безпосередньо з атмосферними опадами, в яких містяться розчинені ЗР від викидів в повітряний басейн.

Стічні води – це води, що зібрались у процесі господарсько-побутової та виробничої діяльності чи при відведенні наслідку опадів із забудованих територій.

По походженню *стічні води* поділяються на декілька груп: 1) господарсько-побутові; 2) промислові; 3) поверхневий стік підприємств і населених пунктів; 4) сільськогосподарські; 5) рудникові й шахтні води. Стічні води значно збагачені біогенними елементами, які сприяють евтрофуванню водойм. *Евтрофікація* – підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів, у першу чергу водойм, в результаті надходження у воду біогенів (N, P, C) під дією природних або антропогенних факторів. Основною причиною евтрофування („цвітіння”) водних об'єктів (річок, водоймищ, озер, водосховищ, ставків, морів) є масове утворення синьо-зелених водоростей (СЗВ). Із 3400-4100 видів фітопланктону біля 300 (7 %) здатні до створення масових скупчень. Масовий розвиток СЗВ обумовлюють такі фактори: 1) *фізичні* (горизонтальна неоднорідність водної маси; вертикальна стратифікація; висока сонячна активність; оптимальна температура води; вітри, течії, припливи; опріснення води); 2) *хімічні* (високий вміст біогенів, розчинених і завислих органічних речовин); 3) *біотичні* (відсутність або зменшення харчування фітопланктоном, зоопланктоном і нектоном); 4) *антропогенні* (забруднення водних об'єктів біогенними речовинами). Внаслідок посиленого розвитку у водному об'єкті рослин і мікроорганізмів, а потім їх відмирання, погіршуються органолептичні та фізико-хімічні властивості води (зменшується її прозорість, вода набуває зеленого чи жовто-бурого кольору, з'являються неприємний смак і запах, підвищується значення *pH*, спостерігається дефіцит кисню, виникають заморні явища і т.д.). Якість води погіршується при концентрації сирової біомаси СЗВ до 50-250 г/м³ води, а екологічно небезпечними є концентрації від 250-500 г/м³ і більше. В результаті „цвітіння” водних об'єктів: 1) наноситься шкода стану гідробіоценозів і здоров'ю населення,

господарському використанню водних ресурсів; 2) отруюються і гинуть дикі і домашні тварини і птахи, деякі гідробіонти; 3) руйнуються природні і напівштучні (аквакультури) ЕС, порушується біологічна різноманітність водних об'єктів; 4) наноситься значний економічний збиток (наприклад, негативні наслідки евтрофування північно-західної частини Чорного моря) [20].

Щоб перетворити стічні води в більш-менш придатні для використання, їх піддають багаторазовому розведенню. Але при цьому чисті природні води (у тому числі прісні питні) стають забрудненими.

У самих загальних рисах очистка стічних вод здійснюється за схемою, яка полягає у [19]: 1) *попередній очистці* (видаляється сміття і пісок механічним способом); 2) *первинній очистці* (видаляються тонкодисперсні частинки у відстійниках); 3) *вторинній або біологічній очистці* (беруть участь природні редуценти і детритофаги, які утворюють піраміду біомаси: органічні колоїди - гриби і бактерії - простіші - черв'яки і коловратки); 4) *доочистці* (шляхом дистиляції або фільтрації обходиться дорого, тому, наприклад, фосфати видаляють шляхом додавання $CaCO_3$); 5) *дезинфекції* (знищуються патогенні мікроорганізми). Такі схеми досить дорогі, але дають можливість здійснення оздоровчих заходів.

Вміст ЗР у воді регламентується санітарними нормами і правилами та рибогосподарськими вимогами і вимірюється концентрацією в mg/dm^3 . Характеристикою небезпечності речовини для людини і живих організмів є гранично допустима концентрація (*ГДК*) і *клас шкідливості* (*I* – надзвичайно шкідливі, *II* – дуже шкідливі, *III* – шкідливі, *IV* – помірно шкідливі).

ГДК – максимальні концентрації, при яких речовини не впливають безпосередньо або опосередковано на стан здоров'я населення (при дії на організм продовж всього життя) і не погіршують гігієнічні умови водокористування. *ГДК* встановлюється за *лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ)*. Встановлено такі *ЛОШ*: санітарно-токсикологічна, загальносанітарна, органолептична, рибогосподарська. Таким чином, *ГДК* – це мінімальні концентрації речовин, при яких проявляється одна з лімітуючих ознак шкідливості. При розрахунках необхідного ступеня очистки стічних вод від ЗР враховують їх адитивну дію. Для речовин тієї ж *ЛОШ* повинно витримуватись співвідношення: $\sum_{i=1}^n (C_i / ГДК_i) \leq 1$, де C_i та

ГДК_i – відповідно концентрація і-ої речовини в очищених стічних водах і її ГДК, мг/дм³.

У цілому по Україні за рахунок антропогенних чинників формується 6087 тис.т чи 10.1 т/км² стоку щорічно. Найменші значення показника антропогенного іонного стоку спостерігаються в межах Полісся (0.4 т/км²), Гірських Карпат (0.7 т/км²) і Кримських гір (1.3 т/км²); максимум – у північно-східній частині Приазов'я (147 т/км²). В цілому у річках країни внаслідок господарської діяльності формується 21% мінеральних розчинених речовин, у тому числі 58% іонів хлору і 47% - натрію [6].

Кращий варіант підтримки води в чистому стані полягає в запобіганні її забруднення шляхом скидання неочищених або недостатньо очищених стоків. У забруднених водних об'єктах відбуваються складні процеси, які приводять до відновлення природного стану їх режиму. Сукупність гідродинамічних, біологічних, хімічних і фізичних процесів, які приводять до зниження концентрації ЗР у воді і спрямовані на відновлення початкового хімічного складу води відповідно до рівноваги, що існувала раніше, називається *самоочищенням водного об'єкту*. Однак, здатність водних об'єктів до самоочищення при значному надходженні ЗР, особливо антропогенного походження, знижується.

Забруднення підземних вод (ПВ) - скид людиною (прямий або непрямий) речовин та енергії в ПВ, який в результаті спричиняє ризик для здоров'я людей, шкоду живим ресурсам та водним ЕС, або заважає використовувати воду в інших законних цілях. Прямий скид - внесення в підземні води ЗР без фільтрації крізь родючий ґрунт чи підґрунт (ґрунт); непрямий скид - внесення в підземні води ЗР після фільтрації крізь родючий ґрунт чи підґрунт. Забруднення ПВ - це викликана антропогенною (техногенною) діяльністю зміна якості води у порівнянні з нормами якості води по видах водокористування (питне, іригаційне, технічне, бальнеологічне, промислове, теплоенергетичне), яка робить воду частково чи повністю непридатною для використання за призначенням. *Причинами забруднення ПВ* можуть бути складування різних відходів на земній поверхні, в різних накопичувачах рідких відходів, експлуатація водоносних горизонтів тощо. Чималий техногенний вплив на ПВ має місце при пошуках, розвідці, експлуатації, транспортуванні і переробці багатьох корисних копалин. Так, при розробці родовищ корисних копалин. Види забруднень ПВ: *хімічне, бактеріальне (мікробне), теплове і радіоактивне.*

Антропогенні джерела забруднення ПВ можуть бути поділені за походженням на: індустріальні, промислові, сільськогосподарські, комунальні, транспортні, урбанізовані. Усі джерела за їх конфігурацією у просторі поділяються на: 1) місцеві - площа (F) < 100 км², довжина (L) < 20 км; 2) обмежено-регіональні - F = 100-1000 км², L = 20-200 км; 3) регіональні - F > 1000 км², L > 200 км.

Джерела забруднення поділяються за ступенем обумовленого ними забруднення ПВ: 1) помірного забруднення від фонових – фон - 1 ГДК; 2) джерела значного забруднення - 1-10 ГДК; 3) джерела екстремального забруднення - більше 100 ГДК [1].

Якість прісних ПВ, які використовуються для водопостачання, визначається, як і для поверхневих вод суші, державними стандартами (ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая»; ДСанПіНом 2.2.4-400-10), що включають бактеріологічні, органолептичні та хімічні показники.

Забруднення морських вод. Близько 70 % забруднення морського середовища пов'язане з наземними джерелами. Забруднення виникає також в результаті судноплавства і скиду відходів у море. До основних джерел забруднення морських вод можна віднести [26]: скид промислових і господарських вод безпосередньо у море або з річковим стоком; надходження з суші різних ЗР, що застосовуються в сільському і лісовому господарствах; навмисне поховання ЗР в морі; втрати різних ЗР у процесі суднових операцій; аварійні викиди з суден або підводних трубопроводів; розробка корисних копалин на морському дні; перенесення ЗР крізь атмосферу.

Найбільшу шкоду морським екосистемамносять морські перевезення. Щорічне забруднення океанів внаслідок морських перевезень, аварій і незаконного зливу становить близько 600 тис. т нафти. Нафта і НП викликають негативний вплив на морські біоценози, тому що їхні плівки порушують обмін енергією, теплом, вологою і газами між океаном і атмосферою, а також впливають на фізико-хімічні й гідробіологічні умови, на клімат Землі, на баланс кисню в атмосфері. Щороку у світі добувають понад 4 млрд. т сирової нафти, з якої приблизно 50 млн. т втрачається під час добування, транспортування та переробки.

Забруднення морських вод пестицидами (особливо в пригирлових частинах морів) багатьма вченими розглядається як найбільш імовірна загроза в майбутньому необоротної деградації морських екосистем.

Забруднення і отруєння морських вод відбувається при затоплюванні (дампінгу) ємностей з отрутохімікатами, побутовими та промисловими відходами, а також при дампінгу ґрунтів днопоглиблювальних робіт. З 1967р. здійснювалось поховання у глибоководних частинах океану радіоактивних відходів у герметичних металевих контейнерах, залитих бетоном або бітумом. Однак екологічні наслідки дампінгу радіоактивних відходів після розгерметизації цих контейнерів можуть бути дуже негативними.

Оцінка екологічного стану водних об'єктів і їх охорона. На показниках хімічного складу ґрунтується оцінка *індексу забруднення вод (ІЗВ)*. Розрахунок ІЗВ для поверхневих вод виконується лише за певної кількості інгредієнтів (за результатами аналізів по кожному з показників вираховується середнє арифметичне значення):
$$ІЗВ = \sum_{i=1}^n (C_i / ГДК_i) / n,$$

де *ГДК_i* – гранично-допустима концентрація хімічного компонента; *C_i* – фактична концентрація хімічного компонента; *n* – кількість інгредієнтів.

Для поверхневих вод кількість показників, які беруться для розрахунку ІЗВ, повинна бути не менше шести, але обов'язково включати розчинений кисень (O₂) та БСК₅ (біохімічне споживання кисню). Для морських вод кількість показників має бути не менш чотирьох (обов'язковий – O₂).

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями є складовою частиною нормативної бази для комплексної характеристики стану НПС України (стосовно гідросфери). *Екологічна оцінка якості вод* – віднесення вод до певного класу і категорії згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників (критеріїв) її складу і властивостей з послідовним їх обчисленням та інтегруванням. Ця методика побудована за екосистемним принципом і включає три групи спеціалізованих класифікацій:

1) *за критеріями сольового складу*; 2) *за трофо-сапробіологічними* (еколого-санітарними) критеріями (*сапробність* – рівень вмісту у воді органічних речовин, що розкладаються; вона може визначатися за характеристиками видового складу і чисельності гідробіонтів-індикаторів; *трофність* – ступінь біологічної продуктивності водних екосистем, який визначається вмістом у воді фосфору, азоту і інших біогенних елементів та комплексом гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних і інших факторів); 3) *за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної і*

радіаційної дії, а також за рівнем токсичності. Назви надані класам і категоріям якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості): I – дуже чисті, II - чисті, III – забруднені, IV – брудні, V – дуже брудні [30].

Водоохоронні заходи – це природоохоронні заходи, спрямовані на зменшення надходження забруднювальних речовин безпосередньо у річки і водойми, на поверхню їхніх водозборів, у підземні води, що живлять річки й водойми, в атмосферу [6].

Місцями безпосереднього здійснення водоохоронних заходів є антропогенні джерела формування забруднювальних речовин.

Головною класифікаційною ознакою водоохоронних заходів є час їх здійснення відносно моменту формування забруднювальних речовин або моменту їх здійснення у довкіллі. Відповідно з цим усі водоохоронні заходи поділяються на три типи:

1. *Попереджувальні* – здійснюються в місцях утворення забруднювальних речовин до початку виробництва, супроводжують цикл „виробництво - споживання” або „виробництво - використання”.

2. *Розподільні* – значення заходів полягає у вирівнюванні антропогенних навантажень в басейнах річок і водойм шляхом перерозподілу у часі і просторі надлишкових об’ємів забруднювальних речовин, які потрапляють у водні об’єкти після здійснення попереджувальних водоохоронних заходів.

3. *Компенсаційні* водоохоронні заходи – повинні забезпечувати нейтралізацію шкідливого впливу на якість води тієї частини відходів, яка надходить у водний об’єкт після здійснення попереджувальних заходів. Ці заходи спрямовані на зменшення надходження забруднювальних речовин і на відновлення асимілюючої спроможності водозбору. Можуть здійснюватися поза межами водозбору і водного об’єкта, на водозборі та безпосередньо у водному об’єкті.

Основні засоби захисту природних вод від забруднення можна звести до наступного: нормування якості води, тобто розробка критеріїв їх придатності для різних видів водокористування; скорочення обсягів скидань забруднень у водні об’єкти шляхом удосконалення технологічних процесів і поліпшення методів очищення стічних вод; вивчення й обчислення процесів самоочищення стічних вод під час їх випуску у водні об’єкти.

Контрольні запитання:

1. Хто такі водокористувачі та водоспоживачі?
2. Охарактеризуйте хімічний склад природних вод.
3. Як поділяються природні води за класифікацією О.О.Альокіна?
4. Охарактеризуйте біологічне забруднення природних вод.
5. Що таке колі-тітр та колі-індекс?
6. Охарактеризуйте хімічне забруднення поверхневих вод.
7. З чим пов'язане фізичне забруднення поверхневих вод?
8. Що таке стічні води?
9. Як поділяються стічні води за походженням?
10. Що таке евтрофування, що його спричиняє і які наслідки?
11. Дайте визначення ГДК та ЛОШ для поверхневих вод.
12. Що таке процес самоочищення?
13. Які антропогенні джерела забруднення підземних вод і їх класифікація.
14. Які основні джерела забруднення морських вод?
15. Які особливості забруднення морських вод, що таке «дампінг»?
16. Що таке ІЗВ і як він розраховується?
17. В чому суть екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями?
18. Для чого здійснюються водоохоронні заходи і їх класифікація.

ТЕМА 7. Антропогенне забруднення ґрунтового покриву та його екологічні наслідки

Загальні відомості про літобіосферу та ґрунти. Основні причини деградації ґрунтів. Проблема хімічного забруднення ґрунтів. Характеристика властивостей пестицидів і негативні наслідки їх використання. Наслідки забруднення ґрунтів та їх охорона

Літобіосфера - частина БС, яка займає верхні шари земної кори (до 2-3 км, за деякими даними до 6-8,5 км) з живими організмами і шарами біогенних осадових порід. Проміжне положення між приземним шаром атмосфери (аеробіосферою), фітобіосферою та літобіосферою займає *педосфера* - ґрунтовий шар Землі. Педосфера відіграє роль глобального фіксатора та акумулятора сонячної енергії, яка в процесі фотосинтезу накопичується продуцентами. *Ґрунти* - поверхневий родючий шар гірських порід. Усі компоненти БС стикаються з ґрунтом, з'єднуються з ним і формують складну біокосну систему, яка є основою життя земних

рослин і тварин. Товщина родючого ґрунту - до 2-3 м. Завдяки вибірковій поглинаючій здатності, ґрунти накопичують у собі запаси живильних елементів, яких може вистачити, навіть без новонадходження на 200-1000 років життя рослин, що є гарантією їх існування у відповідних ландшафтах навіть під час кліматичних аномалій та катаклізмів. Багато організмів мешкають у ґрунті і сприяють зміненню його фізико-хімічних характеристик: бактерії - 1000-7000, мікрогриби - 100-1000, водорості - 10-300, найпростіші - 5-10, членистоногі - 1000, дощові черв'яки - 350-1000 кг/га [11]. Завдяки сукупній дії ґрунтових організмів, хімічним та біохімічним реакціям, рослини мають можливість жити мінеральними і органічними речовинами.

Зниклий ґрунт поновити у первісному вигляді практично неможливо. Для формування ґрунтового шару потужністю у 20-30 см необхідно від 2 до 8 тис. років.

Постійне зниження площі і об'єму педосфери відбувається під впливом природних і антропогенних факторів. До перших відносяться: природна ерозія; природні шкідники, хвороби і бур'яни; зростання народонаселення. *Основними антропогенними факторами забруднення і вилучення землі є:* 1) технічне перетворення (підземне будівництво, видобуток корисних копалин); штучна ерозія (осування боліт, оголення землі та ін.); 2) хибне господарювання (порушення гідрологічного режиму, неефективне сільськогосподарське виробництво, випалювання рослинності, винищування лісів); 3) забруднення (теплоенергетичне, транспортне, сільськогосподарське, комунально-побутове, промислове); 4) відвід під будівництво (гідротехнічне, транспортне, промислове, житлове).

Найбільшу шкоду літобіосфері й педосфері наносить *водна* (площинна, лінійна) і *вітрова ерозія (дефляція)*, а також різкі коливання температури повітря й поверхонь об'єктів; хімічне і фізичне забруднення середовища; вплив біологічних агентів (витоптування, біохімічний вплив і т.д.).

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається в основному через викиди підприємств промисловості, енергетики та автотранспорту, а також хімізацію сільського господарства. Воно зберігається упродовж тривалого часу, тому що здатність ґрунтів до самоочищення невелика або її може не бути зовсім (це залежить, головним чином, від ступеня динамічності вод, зон аерації й насичення). Згубний вплив справляють кислотні дощі, які

руйнують структуру ґрунтів, нищать мікроорганізми і привносять у ґрунти ЗР; важкі метали, найбільш небезпечними із яких є *Hg, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn*. Кожний м² ґрунтів щорічно поглинає із атмосфери 6 кг ЗР, що призводить до концентрування цих компонентів у ґрунтах, зміни фізико-хімічних властивостей останніх.

Забруднення ґрунтів відбувається і внаслідок застосування пестицидів. *Пестициди* (від лат. *pestis* - зараза, *caedo* - вбиваю) - загальна назва речовин хімічного або біологічного походження, що застосовуються для боротьби з небажаними видами рослин, тварин (комах), мікроорганізмів, а також для регулювання розвитку організмів.

Пестициди за дією на шкідників поділяються на такі групи: *гербіциди* - засоби знищення бур'янів, *інсектициди* - засоби для боротьби зі шкідливими комахами, *нематоциди* - засоби для знищення черв'яків, *фунгіциди* - засоби для боротьби з грибними і вірусними захворюваннями, *бактерициди* - засоби для винищення збудників хвороб та ін. Отруйні та відлякувальні препарати, що застосовуються задля обкурювання сільгоспугідь, тваринних дворів і побутових споруд, називають *фумігантами*, а речовини, які відстрашують тварин – *репелентами*, засоби для видалення листя (наприклад, бавовнику під час механічного збору) – *дефоліанти*.

Для пестицидів характерні такі особливості: 1) у більшості випадків вони мають широкий спектр токсичного впливу як на види рослин, так і види тварин; 2) пестициди завжди токсичні для теплокровних хребетних; 3) пестициди завжди застосовують проти популяцій; 4) як правило, для «надійності» використовують значно більше пестицидів, ніж необхідно для знищення шкідників; 5) площі застосування пестицидів значні; 6) багато пестицидів зберігаються у землі роками (тобто час, необхідний для того, щоб препарат втратив не менше ніж 95 % активності за нормальних умов, складає для сполук *Pb, As, Cu, Hg* - 10-30 років, для ДДТ - 2-4 роки, для фосфорорганічних інсектицидів 0,02-0,2 року і т.д.).

Із забрудненням ґрунтів необхідно боротися шляхом виключення надходження цих забруднень, створення безвідходних і маловідходних технологій, утилізації відходів, конструювання виробництв із замкненим циклом, проведенням раціонального комплексу меліоративних робіт. З ерозією ґрунтів необхідно боротися шляхом використання організаційно-господарських (безпечно в ерозійному відношенні використання земель,

використання ланів сівозмін та захисних насаджень і т.д.), агротехнічних (оранка поперек схилу і ін.), лісомеліоративних (створення захисних, водорегулюючих і інших лісових смуг та масивів) і гідротехнічних заходів (створення водозатримуючих валків, протисельових дамб, водоймищ та ін.).

Штучне відновлення ґрунтів після їх порушення називається *рекультивацією*.

Контрольні запитання:

1. Що таке літобіосфера і педосфера?
2. Що таке ґрунт?
3. Які основні причини деградації ґрунтів?
4. Які причини хімічного забруднення ґрунтів?
5. Що таке пестициди?
6. Які властивості пестицидів?
7. За якими ознаками розрізняють пестициди?
8. Яку екологічну небезпеку людині створюють пестициди?
9. Які шляхи боротьби із забрудненням ґрунтів?

ПЕРЕЛІК ТЕМ ДОМАШНЬОГО ЗАВДАННЯ

Головною формою організації вивчення дисципліни «Екологія» є програмні лекції, семінарські заняття та самостійна робота.

Основною формою контролю засвоєння знань є опитування на семінарських заняттях, домашня робота та модулі з теоретичного курсу. Увесь програмний курс семінарських занять розбито на окремі логічно пов'язані модулі (1. Основні концепції екології; 2. Антропогенний вплив на довкілля та його негативні наслідки) та захист домашнього завдання.

Спираючись на теоретичний матеріал даного збірника методичних вказівок та літературні джерела, що наведені наприкінці, студенти повинні підготуватися до усного опитування під час семінарських занять.

Домашнє завдання виконується з метою більш поглибленого опанування окремими темами дисципліни. Студент захищає доповідь (5-15 хвилин); може представити її у вигляді комп'ютерної презентації та обов'язково у паперовому вигляді.

Доповідь може складатися з двох частин (за вибором). У першу (обов'язкову) входить вибір однієї із наступних тем та докладом її на семінарському занятті:

1. Основні структурні підрозділи сучасної екології
2. Сучасні екологічні проблеми України
3. Глобальні екологічні проблеми
4. Проблема забруднення навколишнього середовища пестицидами
5. Проблема радіоактивного забруднення навколишнього середовища
6. Хімічне забруднення навколишнього середовища
7. Фізичне забруднення навколишнього середовища
8. Біологічне забруднення навколишнього середовища
9. Причини деградації ґрунтів
10. Проблема забруднення морських вод
11. Проблема забруднення підземних вод
12. Екологічні наслідки хімізації сільського господарства
13. Негативні наслідки забруднення атмосфери та шляхи її захисту
14. Негативні наслідки забруднення гідросфери та шляхи її захисту
15. Негативні наслідки забруднення літобіосфери та шляхи її захисту
16. Фактори деградації озонового шару
17. Парниковий ефект: причини і наслідки
18. Характеристика смогів різних типів
19. Характеристика кислотних опадів
20. Проблема антропогенного забруднення Чорного і Азовського морів
21. Основні закони екології та природокористування
22. Уроки Чорнобиля та Фукусіми
23. Екологічні прогнози майбутнього
24. Стан атмосфери у великих містах України
25. Проблема якості водних ресурсів України
26. Проблема поводження з твердими побутовими відходами в Україні
27. Принципи класифікації і характеристика пестицидів
28. Нафтове забруднення морських вод

29. Стічні води і принципи їх очищення
30. Еколого-економічні аспекти гідроенергетики
31. Синтетичні поверхнево-активні речовини та їх вплив на якість поверхневих вод суші
32. Негативні наслідки використання традиційних енергетичних ресурсів та можливість використання альтернативних
33. Основні напрямки охорони морських екосистем
34. Сірководневе забруднення Чорного моря
35. Теплоенергетика як фактор впливу на навколишнє середовище
36. Екологічні аспекти освоєння природних рекреаційних ресурсів
37. Шум як забруднювач середовища мешкання людини
38. Електромагнітне забруднення навколишнього середовища
39. Лісові екосистеми та їх роль в формуванні гідрологічного режиму
40. Негативний вплив людини на навколишній тваринний світ
41. Негативний вплив людини на рослинний світ
42. Якість питної води і здоров'я людини
43. Екологічні аспекти меліорації земель
44. Лимани та їх гідро екологічні особливості

У другому розділі (за вибором) студент надає характеристику та аналіз екологічних проблем регіону його постійного місця проживання.

Оформлена робота має бути на сторінках формату А4, між строковий інтервал – 1,5, шрифт – 14, відступ – 1,25. Окрім розв'язання основної теми та літератури, домашнє завдання має містити: Вступ (актуальність проблеми, особисте відношення), Висновки (міри боротьби з проблемою, рекомендації щодо покращення ситуації).

Інформацію щодо літературних джерел можна взяти з переліку основної літератури збірнику методичних вказівок ([1-6]), додаткової літератури ([7-32]) та інтернет сайтів, з зазначенням точної електронної адреси. Перелік посилань має містити не менш як 3-4 літературних джерела.

Загальна кількість сторінок – 10-15.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Сафранов Т.А. Загальна екологія та неоекологія: конспект лекцій. Київ.: КНТ, 2005. 188 с.
2. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: навч. пос. Львів: „Новий Світ”, 2003. 248 с.
3. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології: підручник. Київ: Либідь, 2004. 408 с.
4. Збірник методичних вказівок до семінарських занять з дисципліни “Загальна екологія та неоекологія”. / Сафранов Т.А., Чугай А.В. Одеса: ОДЕКУ, 2006. 65 с.
5. Дронова О.О. Екологія особини, популяції і спільноти: конспект лекцій. Одеса: Вид-во “ТЕС”, 2007. 139 с.
6. Гопченко Є.Д., Крес Л.Є., Романчук М.Є. Гідрологія (суші): конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2008 196 с.

Додаткова

7. Одум Ю. Экология (в 2-х томах). Москва: Мир, 1986.
8. Реймерс Н.Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. Москва: Россия молодая, 1994. 367 с.
9. Розенберг Г.С. О периодизации в экологии. Экология, 1992, №4. С.3-19.
10. Кучерявий В.П. Екологія. Львів: Світ, 2000. 500 с.
11. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 288 с.
12. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. Москва: Мысль, 1990. 639 с.
13. Сытник К.М. и др. Словарь-справочник по экологии. Київ: Наукова думка, 1994. 665 с.
14. Агесс П. Ключи к экологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. 97 с.
15. Даждо Р. Основы экологии. Москва: Прогресс, 1975. 416 с.

16. Маврищев В.В. Экология в терминах и понятиях: пособие для педагогов общеобразовательных учреждений. Минск: «Аверсэв», 2002. 223с.
17. Яблоков А.В. Популяционная биология. Москва: Высшая школа, 1987.
18. Злобін Ю.А. Основи екології. Київ: Лібра, 1998. 248 с.
19. Небел Б. Наука об окружающей среде / пер. с англ. в 2-х томах. Москва Мир, 1993.
20. Гайнріх Д., Гергт М. Екологія: dtv-Atlas/ пер. з 4-го нім.вид. Київ: Знання-Прес, 2001. С.112-132.
21. Перельман А.И. Геохимия биосферы. Москва: Наука, 1973. 168 с
22. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу. Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. 543 с.
23. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 424 с.
24. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. Охрана окружающей среды: учеб.пособие. Минск: Выш. шк., 2006. 255 с.
25. Кузин А.М. Природный радиационный фон – зло или благо? – Наука и человечество. Москва: Знание, 1990. С.157-165.
26. Вронский В.А. Прикладная экология. Ростов-на-Дону: «Фенкис», 1996. 512 с.
27. Димань Т.М. та ін. Харчування людини. Біла Церква: Білоцерківський державний аграрний університет, 2005. 302 с.
28. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 444с.
29. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. Москва: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
30. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. Київ: ВЦ «Київський університет», 1999. 319 с.
31. [www.library – odeku.16mb.com](http://www.library-odeku.16mb.com)
32. <http://eprints.library.odeku.edu.ua>

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
ДО СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ
«ЕКОЛОГІЯ»

для бакалаврів 3 року навчання денної та заочної форм

спеціальності 103 «Науки про Землю»

Укладач: доц. Романчук М.Є.

Підп. до друку	Формат	60x84/16
Папір		
Умовн. друк. арк.	Тираж	Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65015, Одеса, вул. Львівська, 15
