

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до семінарських занять
з дисципліни **“ЕКОЛОГІЯ”**
для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання
за спеціальністю: 122 “Комп’ютерні науки”
Рівень вищої освіти – молодший бакалавр, бакалавр

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
на засіданні групи забезпечення
спеціальності 122 Комп’ютерні науки
Протокол № 15
від «02» травня 2023 року
Голова групи Кузніченко С.Д.

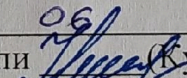
«ЗАТВЕРДЖЕНО»
на засіданні кафедри екології
та охорони довкілля
Протокол № 8
від «4» травня 2023 року
Завідувач кафедри Сафранов Т.А.

Одеса - 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до семінарських занять
з дисципліни **“ЕКОЛОГІЯ”**
для студентів I курсу денної та заочної форм навчання
за спеціальністю: 122 “Комп’ютерні науки”
Рівень вищої освіти – молодший бакалавр, бакалавр

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
на засіданні групи забезпечення
спеціальності 122 Комп’ютерні науки
Протокол № 15
від «02» 06 2023 року
Голова групи  (Кузніченко С.Д)

Одеса - 2023

Збірник методичних вказівок до семінарських занять з дисципліни “Екологія” для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання за спеціальністю 122“Комп’ютерні науки”. Рівень вищої освіти - молодший бакалавр, бакалавр./Нагаєва С.П.,к.геогр.н., доцент – Одеса: ОДЕКУ, 2023. – 61с.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП.....	6
ПЕРЕЛІК ТЕМ І ЗМІСТ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ 1 ЕКОЛОГІЯ, ЯК ІНТЕГРАЛЬНА НАУКА. ОСНОВНІ ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ.....	8
2 СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ. НООСФЕРА	11
3 ЖИВА РЕЧОВИНА ТА ЇЇ РОЛЬ В БІОСФЕРНИХ ПРОЦЕСАХ	16
4 ЕКОСИСТЕМИ І ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	18
5 КРУГООБІГ РЕЧОВИН І ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕНЕРГІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ.....	21
6 ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	24
7 АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЙОГО НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ.....	30
8 АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ТА ЙОГО НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ.....	37
9 АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ТА ЙОГО НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ.....	43
10 ПРИРОДНІ РЕСУРСИ. ОСНОВНІ ЗАКОНИ ЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	46
11 ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ СИСТЕМАМИ І ОПТИМАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	50
ПЕРЕЛІК ТЕМ ДОПОВІДЕЙ НА СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ.....	58
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	59

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БС - біосфера
НПС - навколишнє природне середовище
ЕС- екосистема
ПС - природна система
ЖР - жива речовина
ЗР- забруднююча речовина
ПК - природокористування
БІК - біологічний кругообіг атомів
ХОП - хлорорганічні пестициди
ФОГТ - фосфорорганічні пестициди
ГДК - гранично допустима концентрація
ГДВ - гранично допустимий викид
ХФВ - хлорфторвуглеці
ГДС - гранично допустимий скид
СПАР - синтетичні поверхнево-активні речовини
ПВ - підземна вода
НРБ - норми радіаційної безпеки
ПР - природні ресурси
СР - сталий розвиток

ВСТУП

Дисципліна “Екологія” викладається при підготовці молодших бакалаврів та бакалаврів за спеціальністю 122«Комп’ютерні науки» на 1-ому курсі денної і заочної форм навчання.

Метою вивчення курсу є: освоєння знань та навичок 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 навколишнього середовища та шляхів збереження компонентів довкілля, екологічних аспектів використання природних ресурсів.

Задачами навчального курсу слід визначити такі:

1. Знати основні принципи взаємовідношень між організмами, популяціями і угрупованнями та навколишнім середовищем.
2. Сформувати розуміння дії екологічних законів, правил принципів на всіх ієрархічних рівнях.
3. Знати механізм дії різних забруднювачів на існування живих організмів, а також негативні наслідки антропогенного впливу на екологічний стан атмосферного повітря, природних вод, ґрунтового покриву і біоценози.
4. На базі екологічних знань уміти знаходити вірні рішення щодо оптимального співіснування людини і природи – оптимального природокористування.
5. Виховати у майбутнього фахівця на базі екологічних основ природокористування здібності і уміння, бути провідником екологічно безпечної життєдіяльності.

Після освоєння цієї дисципліни студенти повинні *знати*: основні екологічні поняття, розрізняти генетичні типи екосистем та мати уявлення про процеси взаємодії між їх складачами, про фактори забруднення природних середовищ та причини порушення їх істотно історичної рівноваги, про принципи класифікації природних ресурсів. Студенти повинні оволодіти основними принципами, підходами та шляхами рішення екологічних проблем, вміти використовувати знання при рішенні питань оптимального використання та охорони природних ресурсів і умов.

Студенти повинні *вміти*: виконувати нескладні екологічні узагальнення і розрахунки, застосувати базові екологічні знання при виконанні еколого-економічних досліджень, розробці заходів по оптимізації природокористування, розумітися на нормативній документації.

Компетентність. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Результати навчання. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і

методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

Головною формою організації вивчення дисципліни “Екологія” є лекції та практичні(семінарські) заняття та самостійна робота над програмою курсу.

Програма проведення семінарських занять передбачає усне опитування за темами лекційного курсу та підготовку студентами доповідей.

Метою методичних вказівок є надання допомоги при підготовці до семінарських занять з дисципліни “Екологія”. 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/course/view.php?id=29>).

Мета методичних вказівок – допомога студентам у самостійній підготовці до практичних (семінарських) занять

В методичних вказівках за темами лекційного курсу розкрито основний базовий матеріал, який студентам необхідно знати при вивченні дисципліни “Екологія” . Також методичні вказівки можуть бути використані при підготовці до модульних контрольних робіт.

ПЕРЕЛІК ТЕМ І ЗМІСТ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

1 ЕКОЛОГІЯ, ЯК ІНТЕГРАЛЬНА НАУКА. ОСНОВНІ ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ

Поняття екологія. Структурні підрозділи сучасної екології. Методи дослідження в екології. Основні глобальні екологічні проблеми сучасності.

Термін “екологія” ввів німецький біолог-еволюціоніст Е Геккель в 1866 році, який розумів під екологією суму знань про взаємовідношення тварини з навколишнім середовищем, перед усім - живими організмами, з якими вони контактують. Екологія йде своїми коріннями 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.

В наш час екологію розуміють як науку про взаємовідношення живих організмів з середовищем їх мешкання або науку про закони взаємодії органічних співтовариств один з одним і навколишнім їх абіотичним середовищем. Так, відомий еколог Ю.А. Израель в передмові до книги Ф. Рамада [2] зазначає: "Екологія - це наука про взаємовідносини між живими організмами, біологічними системами (надорганізменного рівня) і середовищем мешкання, практична наука про структуру і функції природи". Істотний антропогенний вплив на біосферу на усіх рівнях ще більш підвищив роль екології як одного з найважливіших наукових напрямів і не дивно, що екологію нерідко визначають як науку, що досліджує закономірності функціонування організмів в їх природному середовищі мешкання з урахуванням змін, що вносяться в середовище діяльністю людини.

Екологія – наука, що вивчає структуру і функціонування біологічних систем надорганізменного рівня (популяційних систем, екосистем і біосфери у цілому) в умовах антропогенного впливу

Зараз екологія перетворилася на комплекс фундаментальних і прикладних дисциплін, головним завданням яких стало збереження життя і цивілізації на планеті, на систему наук про Землю та її оточення, в центрі уваги залишаються живі організми та людина.

Екологію за розмірами об'єктів вивчення ділять на *аутоекологію* (організм і його середа), *популяційну екологію* або *демекологію* (популяція і її середовище), *сінекологію* (біотичне співтовариство і його середовище), географічну або *ландшафтну екологію* (великі геосистеми, географічні процеси з участю живої речовини і її середовища) та *глобальну екологію* (мегаекологія, вчення про біосферу Землі). По відношенню до предметів вивчення екологію поділяють на *екологію мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини; сільськогосподарську, промислову (інженерну), загальну екологію* (як теоретично узагальнюючу дисципліну). За середовищами і компонентами розрізняють *екологію суші, водоймищ, морську, Крайньої Півночі, високогір, хімічну (геохімічну, біогеохімічну)* і т.д. За підходами до предмету виділяють *аналітичну і динамічну екологію*. З точки зору на фактор часу розглядають

історичну і еволюційну екологію. У системі екології людини виділяють соціальну екологію (взаємовідношення соціальних груп суспільства з їх середою життя), на відміну від екології індивіда і екології людських популяцій за функціонально-просторовим рівнем рівну сінекології, але маючи ту особливість, що співтовариства людей в зв'язку з їх середовищем мають домінанту соціальної організації.

Формується сучасна екологія - "неоекологія" - зі своїм об'єктом дослідження, методами, понятійно-термінологічним апаратом і структурою [8]. Аналогічно з іншими науковими дисциплінами, в структурі сучасної екології (неоекології) можна виділити теоретичні, прикладні, спеціальні і регіональні розділи. У рамках теоретичної екології розглядаються проблеми еволюції і стійкості біосфери, взаємозв'язку між біотичними і абіотичними складовими навколишнього середовища, взаємовідношення людини і природи, можливість трансформації біосфери в ноосферу, екологічні теорії, закони, правила, принципи і гіпотези.

Природокористування (ПК) – наука про сукупність впливів людства на географічну оболонку Землі, що розглядається в комплексі, досліджує загальні принципи раціонального використання природних ресурсів людством.

Об'єктом ПК як науки служить комплекс взаємовідносин між природними ресурсами, природними умовами життя суспільства і його соціально-економічним розвитком. *Предметом ПК* можна вважати оптимізацію цих відносин, прагнення до збереження і відтворення середовища життя. Під *оптимізацією* (від лат. *optimum* - найкраще) розуміється: 1) отримання максимуму можливого при мінімумі зусиль (витрат), звичайно у відносно коротких інтервалах часу (оптимізація економічна); 2) прагнення до стану, найбільш близького до динамічної рівноваги (квазістаціонарного стану); 3) отримання співвідношення, найбільш бажаного в господарському значенні; 4) прихід до стану, найбільш бажаного з точки зору людини для зберігання його здоров'я

Методологічною основою екології як науки про екосистеми (ЕС) є *системний підхід*. Система — це впорядковано взаємодіючі і взаємопов'язані компоненти, що утворюють єдине ціле. ЕС - складні ієрархічні структури, в яких при об'єднанні компонентів в більші функціональні одиниці виникають нові якості, що відсутні на попередньому рівні (*емерджентні властивості*). Виходячи з принципу емерджентності для вивчення цілого не обов'язково знати всі його компоненти. Такий метод вивчення системи (система уявляється "чорним ящиком") називають *холістичним*. Крім того, часто застосовують і *редукційний метод*, тобто аналіз частини цілого. Ідеальне вивчення *тричленної ієрархії*: системи, підсистеми і надсистеми. При вивченні ЕС використовують польові спостереження, експерименти в полі і лабораторних умовах, методи моделювання, методи екстраполяції та прогнозування.

До основних глобальних екологічних проблем сучасності відносяться (Н.Ф. Реймерс, 1994): 1) зміна клімату (геофізики) Землі на основі посилення теплового ефекту викидів метану і інших газових домішок, аерозолів, легких радіоактивних газів, зміни концентрації озону в тропосфері та 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 осадків, сильно токсичних і згубно діючих речовин внаслідок повторних хімічних реакцій, в тому числі фотохімічних (в цьому одна з основних причин руйнування озонового шару, на який впливають фреони, водяні пари, оксиди азоту, малі газові домішки); 5) забруднення Світового океану, поховання в ньому (дампінг) отруйних і радіоактивних речовин, насичення його CO₂ з атмосфери, надходження в нього антропогенних нафтопродуктів, інших забруднюючих речовин; 6) виснаження і забруднення поверхневих вод суші, континентальних водоймищ, підземних вод; порушення балансу між поверхневими і підземними водами; 7) радіоактивне забруднення локальних дільниць і деяких регіонів, особливо в зв'язку з поточною експлуатацією атомних пристроїв, чорнобильською аварією і випробуванням ядерної зброї; 8) зміна геохімії окремих регіонів планети; 9) порушення глобальної екологічної рівноваги, співвідношення екологічних компонентів, в т.ч. зсув екологічного балансу між Світовим океаном, його прибережними водами та поверхневим і підземним стоком; 10) утворення техногенних пустель в нових регіонах планети, розширення вже існуючих пустель; 11) скорочення площі тропічних дощових лісів і тайги, ведуче до дисбалансу кисню і посилення процесу зникнення видів тварин і рослин; 12) абсолютне перенаселення Землі і демографічний вибух в окремих регіонах;

Запитання для самоконтролю

1. Що таке сучасна екологія?
2. Назвіть основні структурні підрозділи сучасної екології.
3. Що є об'єктом та предметом природокористування ?
4. Що складає методологічну основу екології ?
5. Основні методи дослідження в екології.
6. Які основні глобальні екологічні проблеми сучасності ?

2 СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ. НООСФЕРА

Зміст поняття. Схема еволюції біосфери. Основні типи речовин біосфери. Ноосфера. Основні поняття для характеристики структури біосфери.

Термін “біосфера” (БС) утворений з грецьких слів “bios” - життя і “sphaira” - куля. Уперше термін “біосфера” з'явився в роботі відомого австрійського геолога Е. Зюсса “Походження Альп” (1875 р.), в якій він виділив атмосферу, гідросферу, літосферу і біосферу (сферу життя).

Біосфера (БС) – оболонка Землі, в якій існує життя. Об'єм біосфери становить близько 0,4% об'єму планети.

Основоположником сучасних уявлень про БС є наш великий співвітчизник В.І. Вернадський. Він розглядав біосферу не як просту сукупність живих організмів, а як єдину термодинамічну систему (оболонку, простір), в якій відбувається постійна взаємодія усього живого з неорганічними умовами навколишнього середовища.

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. Склад і будова БС зумовлені сучасною і минулою життєдіяльністю всієї сукупності живих організмів (живої речовини).

Для характеристик БС основоположними є: всюди завжди є вода в рідкому стані; в БС постійно проникає сонячна радіація, яка являє собою єдине джерело енергії.

Верхня межа БС, за В.І.Вернадським, є променевою (зумовлена наявністю твердого, короткохвильового ультрафіолетового проміння, від якого життя Землі захищає озоносфера), а *нижня межа* – термічною (наявністю високих температур). Межі БС звичайно визначаються від рівня 20-22 км над землею поверхнею до 11 км в глибину океану (і на самих великих глибинах є форми життя). Фактично потужність БС набагато менша: від поверхні Землі до 6-7 км над нею, тобто приземний шар атмосфери (аеробіосфера), 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.

За *структурою* БС представляє собою якісно різноманітне і відносно кількісного вмісту компонентів асиметричне утворення. Е.В. Гірусів і інш. [17] виділяють такі види неоднорідності БС: 1) агрегатна (складається із взаємодії трьох агрегатних станів - твердого, рідкого і газоподібного); 2) просторова (полягає в нерівномірності розподілу речовини і структур); 3) енергетична (виражається в нерівномірному розподілі по земній поверхні сонячної енергії і

в неоднаковому співвідношенні речовини і енергії в тілах БС); 4) геохімічна (нерівномірність розподілу атомів різних хімічних елементів); 5) зональна (нерівномірне по широтних зонах розселення органічних форм і відкладення продуктів їх життєдіяльності).

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: $\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + 962 \text{ ккал} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 + \Delta G$. Процес фотосинтезу веде до накопичення вільної енергії ΔG у кількості 470 кДж/моль [18].

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°C та значних (темних) глибин морів і океанів іменують *редусферою* [16]. Понад 100 років тому С.М. Виноградський винайшов хемосинтез - процес синтезу органічних речовин із CO_2 , але не за рахунок сонячної енергії, як під час фотосинтезу, а за рахунок енергії, яку одержують при окисленні NH_3 , H_2S та інших відновлених неорганічних сполучень, який здійснюється бактеріями-хемосинтетиками (азото-, сірко- або залізобактеріями) у ході їх життєдіяльності.

Основними типами речовин БС по В.І. Вернадському 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) нежива (косна) речовина - гірські породи неорганічного походження і вода, які представляють субстрат або середовище для мешкання живих організмів; 4) біокосна речовина - результат синтезу живої і косної 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).

За різними джерелами вік БС коливається від 4,25 до 3,5-3 млрд. років. До появи організмів і кисню у атмосфері Землі, вона була схожа на інші планети Сонячної системи. Але поки в атмосфері було мало кисню й озону, примітивні форми життя могли розвиватися під захистом шару води. Першими живими організмами були дріжджоподібні анаеробні мікроорганізми, які отримували необхідну для дихання енергію шляхом бродіння (бродіння - процес розщеплювання органічних речовин без використання кисню під дією мікроорганізмів або виділених ними ферментів).

Поступове збільшення у воді кількості кисню за рахунок життєдіяльності організмів та його дифузія в атмосферу близько 2 млрд. років тому (в протерозої) викликали істотні зміни в хімічному складі біосферних середовищ і зробили можливим утворення й розвиток еукаріотів, які мають оформлене клітинне ядро. Це, в свою чергу, призвело до еволюції більш великих і більш

складних біосистем. З моменту появи автотрофних водоростей й процесу фотосинтезу, еволюція біосистем ішла шляхом створення усе більш складних і різноманітних систем, які контролювали склад атмосфери та утримували усе більш великі і високоорганізовані види багатоклітинних. В міру того, як зростав вміст кисню в атмосфері, озоновий шар ставав більш потужним і здатним екранувати ультрафіолетове проміння. Життя тепер могло розвиватися в приповерхневих частинах водоймищ. Далі виникло "позеленіння" суші. Аеробне дихання зробило можливим розвиток складних багатоклітинних організмів. Вважається, що при вмісті кисню близько 8 % (в протерозої - початку кембрія) з'явилися перші багатоклітинні організми (губки, корали, молюски, черв'яки, предки хребетних, предки насінневих рослин і т.д.). Протягом порівняно короткого часу (590 млн. років), тобто в палеозойську, мезозойську і кайнозойську ери, життя поширилось не тільки на морські, але й на континентальні ландшафти.

Критичні для історії БС рівні вмісту кисню називаються "*точками Пастера*": 1) досягнення O_2 в атмосфері 1% від сучасного вмісту, коли стало можливе анаеробне 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). Видимо, доцільно говорити і про третю точку, відповідну вмісту O_2 близько 20% від сучасного, коли стало можливе життя на суші (девон, 0,41 млрд. років тому).

М.А. Голубець (1997) на основі аналізу фактичного матеріалу виділяв 5 якісно відмінних етапів еволюції БС: 1) гетеротрофної БС з домінуванням прокариотів (4,25-3,5 – 2,9-2,5 млрд. років тому); 2) автотрофної БС, зосередженої у водному середовищі (2,7-1,8 – 0,4-0,36 млрд. років тому); 3) суцільнопланетної БС, утвореної після освоєння живими істотами суші (початок 0,4-0,36 млрд. років тому, а кінець – з появою нової геологічної сили на планеті - відчутної виробничої діяльності людини, яка почала впливати на біогеохімічні процеси в БС); 4) ноосферний етап БС (початок у першому тисячоріччі до нашої ери, коли стає помітним вплив виробничої діяльності людини на структуру біогеоценотичного покриву; кінець етапу припадає на другу половину 20 сторіччя); 5) соціосферний етап (БС переходить у суттєво нову якість, вона стає підсистемою соціосфери).

Весь хід розвитку БС дозволяє говорити про те, що організми, особливо мікроорганізми, разом з абіотичним середовищем утворюють складну систему регулювання, яка підтримує на Землі умови, сприятливі для життя. Організми не тільки самі пристосовуються до фізичного середовища, але й пристосовують його до своїх біологічних потреб, тобто людина залежить від інших організмів, які населяють середовище, у якому вона існує. Достатньо зазначити, що організми контролюють навіть склад атмосфери Землі [4].

Розглядаючи еволюцію БС, її перетворення внаслідок антропогенної діяльності, потрібно зупинитися на такому важливому понятті, як "*ноосфера*". Термін "ноосфера" введений в науку в 1927 р. французькими вченими Е. Леруа і П. Тейаром де Шарденом. Теоретичною основою їх концепції послужили лекції В.І.Вернадського в Сорбонні в 1922-1923 рр., де він викладав свої

погляди на БС. Сама проблема трансформації БС в ноосферу стала широко розглядатися з різних позицій П. Тейяром де Шарденом і В.І. Вернадським

З появою людини і розвитком її виробничої діяльності до людства починає переходити роль основного геологічного чинника. Ця теза В.І. Вернадського покладена в основу розуміння ноосфери - цілісної планетної оболонки, населеної людьми і раціонально перетвореної ними відповідно до законів збереження і підтримки життя для гармонійного співіснування суспільства з навколишніми природними умовами. Ноосфера - це поняття, що орієнтує людство в оптимальному виборі шляху подальшого розвитку і збереження людського суспільства. Хоч треба зазначити, що термін "ноосфера" трактується неоднозначно. У зв'язку з цим пропонуються і інші поняття. "*Антропосфера*" - це поверхня планети, заселена людьми і якісно ними перетворена; "*техносфера*" - поняття більш широке, ніж "антропосфера", бо охоплює всю сукупність техногенних змін на планеті; "*соціосфера*", на відміну від "техносфери", включає в себе всю сукупність соціальних факторів, характерних для даного стану суспільства і його взаємодії з природою.

Згідно вчення В.І.Вернадського:"Ноосфера є нове геологічне явище на нашій планеті. У ній вперше людина стає найбільшою геологічною силою. Вона може й повинна перебудовувати своєю працею і думкою область свого життя, перебудовувати докорінним чином у порівнянні з тим, що було раніше". В.І.Вернадський показав, що ноосфера є неминучим і закономірним етапом природно-історичного розвитку БС, по досягненні якого оточуюче людину природне середовище буде раціонально перетворене колективним розумом і працею людства для максимального задоволення його зростаючих матеріальних та духовних потреб, тобто розумного (оптимального) регулювання взаємовідносин природи і людини, виправлення негативних антропогенних впливів.

Ноосфері, як і БС, властиві механічні, фізичні, хімічні і біологічні процеси, але вони не визначають її суті і своєрідності. Найважливішу роль тут відіграють антропогенні процеси. Геохімічну діяльність людини академік О.Є. Ферсман назвав *техногенезом*. Техногенез має велике значення, особливо при формуванні біотехносфери, під час розгляду питань забруднення й охорони навколишнього природного середовища. Іще В.І.Вернадський відзначав, що у давнину використовувались 18 хімічних елементів, у XVIII столітті - 25, наприкінці XIX століття - 62, а в 1915 році - 69. Пройшло небагато часу і почали використовуватися вже 89 елементів, відомих в літосфері. Почали одержувати і використовувати елементи, які ніколи не існували в земній корі (нептуній, плутоній, кюрій і інші трансурани). У перспективі можливе використання усіх відкритих до теперішнього часу 110 хімічних елементів. Використання елементів залежить від їх кларків (середніх концентрацій у земній корі), технології витягання і т.д. У межах біотехносфери відбувається грандіозне переміщення елементів, їх розсіювання і концентрація. Так, наприклад, з сільгосппродукцією по різних частинах планети розходяться біогенні елементи. Скупчення вугілля, горючих сланців, нафтидів, металевих руд, накопичені за мільйони років, розсіюються за десятки років.

Однією з істотних відмін БС і ноосфери є прискорений розвиток процесів міграції хімічних елементів під впливом факторів техногенезу в останній час.

Для характеристики структури БС та її складових необхідно розрізняти деякі поняття, стисле тлумачення яких наведено нижче.

Середовище проживання - середовище, де здійснюється взаємодія організму з його найближчим органічним та мінеральним оточенням.

Екологічна ніша - місце, яке займає організм у середовищі проживання, обумовлене його потребою в їжі, території та пов'язане з функцією відтворення.

Біотоп - неорганічний субстрат, на якому розвиваються організми (угруповання організмів) або ділянка земної поверхні (суші або водоймища) з однотипними умовами середовища, зайнята певним угрупованням організмів - біоценозом.

Біоценоз - популяції (групи організмів певного виду), які займають цю ділянку суші або водоймища.

Екосистема (ЕС) - сукупність специфічного фізико-хімічного оточення (біотопу) і сукупності живих організмів (біоценозу), об'єднаних у єдине функціональне ціле, що виникло на основі взаємозалежності й причинно-слідчих зв'язків, існувавших між окремими компонентами.

Екотон - перехідна зона, де характеристики обох екосистем перехрещуються.

Біом - регіональні угруповання або великі системно-географічні підрозділи в межах ґрунтово-кліматичних зон.

Екологічні фактори поділяють на абіотичні і біотичні. Абіотичні фактори включають кліматичні (сонячна радіація, зміна освітленості, вологість атмосферного повітря і кількість опадів, температура, вітер і атмосферний тиск та інш.) та едафічні (кількість у ґрунті елементів мінерального живлення, вміст гумусу, та інш.). Абіотичні компоненти складають *екотон*. До біотичних факторів відноситься вся сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на інші, як всередині видів, так і між видами.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке біосфера ?
2. Які основні типи речовин у складі біосфери ?
3. Що таке "точки Пастера" ?
4. Схема еволюції біосфери.
5. Що називається фітосферою та редусферою?
6. Які основні уявлення про ноосферу ?
7. Що таке екологічна ніша, біотоп і біоценоз ?
8. Які основні екологічні фактори ?

3 ЖИВА РЕЧОВИНА ТА ЇЇ РОЛЬ В БІОСФЕРНИХ ПРОЦЕСАХ

Поняття “жива речовина”. Елементарний склад живої речовини. Гіпотеза Геї. Закон В.І. Вернадського.

Жива речовина (ЖР) перетворює енергію сонячних променів в потенційну, а потім в кінетичну енергію біохімічних процесів.

За В.І.Вернадським жива речовина - сукупність і біомаса живих організмів в БС або сукупність організмів усієї БС, або будь-якої її частини, які виражаються у одиницях маси, енергії та інформації. Основна маса ЖВ зосереджена на межі літосфери і гідросфери та у верхній частині гідросфери.

До компонентів ЖВ належать : продуценти (фітомаса наземна, фітопланктон), консументи (зоомаса суші, зоопланктон, зообентос, нектон), редуценти.

Елементний склад ЖР відрізняється великою різноманітністю, але із великого числа (стабільних - 92) хімічних елементів домінують (% від ваги): О - 70%, С - 18%, Н - 10,5%, Са -0,5%, 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 припадає 98,5%. Перелічені елементи відносяться до макроелементів. Крім того, до складу живої речовини входять ще мікроелементи - Си, Mn, Zn, V, Mo, Co та ін. і ультрамікроелементи - U, Os і інш.

Серед хімічних сполук на перше місце в складі живої речовини займає вода. Кількість хімічних сполук, що складаються із типових біогенних елементів (О, С, Н, N, S, P) надзвичайно велика, але серед них можна виділити основні класи органічних сполук: вуглеводи, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти.

Кожний вид фіто- і зооценозу має свій хімічний склад. Це такий же видовий показник, як морфологія або біогеографічна зональність. Здатність виборчої акумуляції деяких рослин і тварин до виборної акумуляції великої кількості елементів із оточуючих природних середовищ (ґрунтів, підґрунтів, вод, інколи повітря) дозволяє розглядати їх як *біогеохімічні індикатори*. Міграція хімічних елементів в біосфері відбувається при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція) або при її непрямій участі (закон Вернадського).

Методи індикаційної біогеохімії широко застосовуються при вирішенні питань біогеографії, при пошуках родовищ деяких металевих і неметалевих корисних копалин (солей, руд та ін.), при контролюванні стану навколишнього середовища (наприклад, лишайники є індикаторами забруднення атмосферного повітря NO₂ та SO₂; певні види зникають при високих концентраціях цих шкідливих домішок в повітрі). Геоботанічні індикатори використовуються при вивченні ґрунтів, рельєфу, схилових процесів, селів, при пошуках ґрунтових вод в аридних районах і т.д. Мідії пропускають через себе велику кількість води (близько 50 л на добу). Колонія мідій на 1 м² здатна за добу очистити 200 м³ морських і солоних стічних вод. Якщо вода водоймища чиста, то вони пропускають багато води, якщо забруднена, то вони “стискаються” і пропускають меншу кількість води, тобто міра відкритості стулок корелює з

мірою забрудненості водних об'єктів.

Геохімічні процеси прямо або непрямо контролюють функціонування живої речовини. Весь хід розвитку БС говорить про те, що організми, особливо мікроорганізми, разом з абіотичним середовищем утворюють 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* (Дж. Лавлок, Л. Маргуліс, 1973-1979 рр.). Згідно гіпотези Геї, внаслідок взаємодії між біологічними і геохімічними процесами підтримується постійна кількість O_2 (21%) в атмосфері. Гіпотеза Геї вказує на важливість вивчення і збереження регулюючих механізмів, які дозволяють біосфері пристосуватися до деякої кількості не зосереджених у одній точці забруднень, наприклад, оксидами вуглеводу, оксидами азоту. Відомо, що зростання O_2 на 1% підвищує імовірність пожеж на 60%, а при збільшенні на 4% вся планета буде охоплена напалмом і знищена вся жива речовина. Потрібно зазначити, що O_2 і CO_2 циклічно взаємодіють. Незважаючи на зміну сонячної активності, числа і різноманітностей живих організмів, вміст O_2 зберігається всередині дуже вузького діапазону. По Дж.Лавлоку, це пов'язано з тим, що надлишок O_2 "гаситься" CH_4 в процесі реакції: $CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2H_2O$. Таким чином, протягом року 1 млрд. т CH_4 "гасить" 2 млрд. т O_2 . При цьому необхідно зазначити, що крім природних процесів, джерелом надходження CH_4 є і антропогенні джерела.

Процеси фотосинтезу підтримують баланс між такими важливими компонентами, як O_2 та CO_2 . Тільки завдяки цим процесам у геологічному минулому (2 млрд. років тому) став можливим не лише істотно кисневий склад атмосфери Землі, але й такий важливий фактор існування біосистем, як озоносфера, що захищає від згубного впливу ультрафіолетових променів живі організми. Для порівняння можна зазначити, як різняться сучасний та добіосферний склад атмосфери Землі порівняно зі складом атмосфери Марса

В.І.Вернадський уперше відзначив величезну роль ЖР в геохімічних процесах. Міграція хімічних елементів в біосфері відбувається при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція) або при її непрямій участі. Це положення О.І.Перельман запропонував іменувати *законом В.І. Вернадського*.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке "жива речовина" ?
2. Що таке біомаса?
3. Який елементний склад живої речовини ?
4. Що таке біогеохімічні індикатори ?
5. У чому полягає гіпотеза глобального біологічного контролю ?
6. У чому полягає закон В.І.Вернадського ?

4 ЕКОСИСТЕМИ І ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Поняття "екосистема" і "біогеоценоз". Характеристики екосистем. Біотична структура екосистеми. Гомеостаз. Закон толерантності. Первинна і вторинна сукцесія. Класифікація екосистем.

Дуже стисле визначення екосистеми (ЕС) - просторова обмежена взаємодія організмів і оточуючого їх абіотичного середовища. Межа може бути фізико-хімічною) або пов'язаною з кругообігом речовин, інтенсивність якого всередині ЕС вища ніж між нею і зовнішнім світом. Потрібно зазначити, що будь-яка екосистема складається з двох взаємопов'язаних підсистем сукупності організмів (біоценоз) і абіогенного середовища (біотоп).

Екосистема (ЕС) – це угруповання різних видів рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів, що взаємодіє між собою і з навколишнім природним середовищем. Може зберігатися тривалий час завдяки обміну речовин, енергії та інформації, тобто це “просторова обмежена взаємодія організмів і навколишнього їх абіотичного середовища”. Межа може бути фізико-хімічною (межа озера, острова або всієї БС) або пов'язаною з кругообігом речовин, інтенсивність якого всередині ЕС вище ніж між нею і зовнішнім світом.

Біогеоценоз – природна ділянка земної поверхні з певним складом живих і неживих компонентів та динамічною взаємодією між ними. Екосистема більш широке поняття.

Екосистема є основними об'єктами вивчення екології. Найчастіше терміни "екосистема" і "біогеоценоз" уживають як синоніми. Приблизно цим поняттям відповідають "біокосне тіло", "біокосна система", "голоцен", "холон". Кордони біогеоценозу проводяться по межах конкретного рослинного співтовариства, в той час як ЕС є більш широким і менш певним поняттям, бо відноситься як до краплі води зі ставка, так і до БС загалом. Біоценоз та біотоп взаємно впливають один на одного, що перш за все відбивається на безперервному обміні енергією як між двома цими складовими, так і усередині кожної із них. Будь-яка ЕС містить сукупність живих організмів, які прийнято поділяти 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. Угруповання автотрофів - це продуценти ЕС.

Але кордони біогеоценозу проводяться по межах конкретного рослинного співтовариства, в той час як ЕС є більш широким і менш певним поняттям, бо відноситься як до краплі води зі ставка, так і до БС загалом.

ЕС має такі основні характеристики: 1) видовий склад; 2) чисельність біоти; 3) біомаса (звично у вигляді сухої маси всіх організмів на певний період часу спостереження в $г/м^2$, $г/м^3$ тощо); 4) відповідність окремих трофічних (харчових) зв'язків; 5) інтенсивність генерації і деструкції органічної речовини (інтенсивність біотичного кругообігу речовин).

До числа основних компонентів ЕС входять: H_2O , CO_2 , O_2 , різні органічні речовини і різні види живих організмів. Крім того, ЕС повинна мати енергетичне забезпечення. Відносно існуючого кругообігу речовин ЕС може бути в тій або іншій мірі автономна. Потік енергії в ЕС повинною бути крізним, що є показником цілісності ЕС. Найважливіша здатність ЕС - нагромаджувати ресурси і позбуватися відходів, що є показником нормального функціонування.

Біотична структура ЕС містить сукупність живих організмів, які заведено поділити на автотрофи й гетеротрофи. *Автотрофи* (тобто ті, які самі себе годують) - зелені рослини, які з вуглекислого газу і води утворюють органічну речовину, використовуючи для процесу фотосинтезу сонячну енергію і виділяючи кисень. Угруповання автотрофів - це *продуценти* ЕС. *Гетеротрофи* - організми, яким для живлення необхідні органічні речовини. Обмін речовин в них більш складний, ніж у автотрофів. Серед них розрізняють *консументи* (травоїдні і м'ясоїдні тварини) та *деструктори* або *редуценти* (бактерії і гриби). Для деструкторів характерний більш прискорений обмін речовин, ніж у консументів, тому вони несуть відповідальність за мінералізацію органічних відходів, кінцеві продукти якої знову беруть участь в кругообігу і використовуються автотрофами. З екологічної точки зору автотрофи і гетеротрофи складають функціональні механізми природи, які характеризуються різними типами живлення та власними джерелами енергії.

Трофічний рівень – це сукупність організмів, які дістають перетворену на їжу енергію Сонця і хімічних реакцій через однакову кількість посередників трофічного ланцюга.

Звично в ЕС не більше ніж 3-4 трофічних рівні (продуценти - первинні консументи - вторинні консументи - редуценти), оскільки біомаса на подальшому трофічному рівні на 90-99% менше, ніж на попередньому.

Всі ЕС існують довгочасно, інколи сотні років, причому чисельність одних популяцій збільшується, чисельність інших зменшується, але система знаходиться в рівновазі. Цей стан рухливо-стабільної рівноваги ЕС називається *гомеостазом*. Область сталості ЕС називається *гомеостатичним плато*, яка міститься між верхньою межею позитивного зворотного зв'язку та нижньою межею негативного зворотного зв'язку. ЕС може функціонувати тільки в межах тієї області порушення зворотних зв'язків, коли елементи ЕС іще можуть компенсувати відхилення, визначені позитивним зв'язком (наприклад, при введенні забруднення у водну ЕС вона самоочищається). У межах дії зворотних зв'язків ЕС за рахунок компенсаторних регуляторів зберігає сталість, причому в умовах антропогенних навантажень для сталого функціонування екосистеми людина повинна сама відігравати роль компенсуючого регулятора (наприклад, озеленюючи поверхню Землі замість вирубаних лісів, очищуючи воду, повітря тощо).

Різні організми володіють різною мірою стійкості, величиною витривалості до зміни тих або інших факторів. Крім того, для нормального розвитку організмів необхідна наявність різних факторів строго певної якості, кожен з них повинен бути ще і в певній кількості. Згідно із *законом толерантності* надлишок будь-якої речовини може бути шкідливий, так само

як і його недостача (наприклад, урожай зернових може загинути як при дефіциті, так і надлишку вологи). При цьому, згідно із законом мінімуму, недостача якої-небудь однієї речовини не компенсується надлишком всіх інших (наприклад, якщо в ґрунті багато азоту, калію і інших біогенів, але дефіцит або надлишок фосфору, то рослини не будуть нормально розвиватися). Лімітуючі фактори, передусім абіотичні, визначають, які і, саме види краще пристосовані до існуючих умов. Згідно з принципом еколого-географічного максимуму видів для нормального функціонування будь-якої ЕС в ній повинно існувати стільки і таких видів, скільки і яких необхідно для максимального використання енергії, яка надходить і забезпечує кругообіг речовин.

Сукцесія - послідовна безповоротна зміна екосистеми, виникаючих на одній і тій же території внаслідок витіснення одних видів іншими під впливом природних або антропогенних факторів. Розрізняють первинну і вторинну сукцесію. *Первинна сукцесія* починається на раніше незаселених ділянках, не порушених процесами генерації ґрунтів і починається з їх колонізації (поява лишайника на скелях і подальше руйнування гірської породи, заростання ставків і перетворення їх на болото, вулканічна лава). Наприклад, після відступу льодовика відбувається наступна послідовна зміна рослин: мохи - осоки - чагарникові - вільхи і ялини. *Вторинна сукцесія*- відновлення існуючої екосистеми, відбувається на місці біоценозів, що сформувалися, після їх порушення (лісові пожежі, вирубки лісу, засуха, ерозії і інш.). Наприклад, на місці покинутих сільськогосподарських угідь (бавовник, кукурудза) відмічаються такі стадії: бур'ян - злаки - сосни з домішкою листяних порід.

Розрізняють наступні класифікації ЕС 1) за генетичними ознаками (природні, штучні і напівштучні); 2) за розмірами (мікро-, мезо-, макро-, глобальні); 3) за типом енергетичного забезпечення (субсидовані енергією сонця, несубсидовані, полу субсидовані). Так, Ю.Одум [4] пропонує біомну класифікацію екосистем: 1) наземні біоми (тундра, хвойний ліс, степ помірної зони, савана, пустеля, вічнозелений тропічний ліс); 2) прісноводні екосистеми (озера, ставки, річки, болота і ін.); 3) морські екосистеми (відкритий океан, води континентального шельфу, естуарії).

Запитання для самоконтролю

1. Що таке екосистема і біогеоценоз ?
2. Які основні характеристики та компоненти екосистем ?
3. Що таке автотрофи і гетеротрофи ?
4. Що таке трофічні рівні, навести приклад ?
5. Які показники гомеостазу ?
6. У чому полягає закон толерантності ?
7. У чому полягає закон мінімуму ?
8. Що таке первинна і вторинна сукцесія?
9. Які принципи класифікації екосистем ?

5 КРУГООБІГ РЕЧОВИН І ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕНЕРГІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ

Типи біогеохімічного кругообігу. Кругообіг води. Кругообіг кисню та вуглецю. Кругообіг сірки та фосфору. Біологічний кругообіг атомів. Правило одного відсотка. Правило десяти відсотків. Екологічні піраміди. Енергетична класифікація екосистем.

Біогеохімічний кругообіг – обмін хімічними елементами між біотичною (живою) речовиною і абіотичним (неорганічним) середовищем. Нескінченна взаємодія абіотичних і біотичних компонентів ЕС супроводжується безперервним кругообігом речовин між біотопом і біоценозом у вигляді чергування то органічних, то мінеральних сполучень.

Розрізняють такі основні типи біогеохімічних кругообігів: 1) кругообіг води (О, Н та інші водорозчинні елементи); 2) кругообіг елементів переважно в газовій фазі (С, О, N); 3) кругообіг елементів переважно в осадовій фазі (Р, S та інші біогенні елементи). 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. З 1944 року людина почала вводити до біогеохімічного круговороту радіоактивні елементи.

Кругообіг води : вода надходить до атмосфери у результаті випаровування з водної поверхні під дією сонячної енергії. Вологе повітря підіймається догори, де водяна пара конденсується, утворюючи хмари. Завдяки охолодженню атмосфери вода повертається на поверхню суші або океану у вигляді опадів різного типу. Над Світовим океаном випадає 78% від загальної кількості опадів, а над континентами - 22%, тобто кругообіг відбувається у основному між атмосферою й океаном (малий кругообіг). Волога, що перенесена повітряними потоками на сушу й випала у вигляді атмосферних опадів (великий кругообіг), потім витрачається на інфільтрацію, випаровування і поверхневий стік.

Кругообіг С, О відбувається внаслідок процесу фотосинтезу, природних (виверження вулканів, водорозчинний кисень) та антропогенних (викиди підприємств, транспорту тощо) джерел.

У самих загальних рисах *кругообіг вуглецю С* у природі можна подати таким чином. Рослини добувають із атмосфери вуглець у вигляді CO_2 , який надходить до організму тварин під час споживання рослинної маси (продукованої органічної речовини). Рослиноїдних поїдають м'ясоїдні, а тих і інших - людина. Частина CO_2 у результаті дихання гетеротрофів, розкладання останків організмів повертається у атмосферу.

Кругообіг кисню ускладнений його здатністю утворювати численні сполучення, подані у різних формах. У деякому відношенні кругообіг кисню нагадує зворотній кругообіг CO_2 , оскільки рух одного відбувається у зворотному напрямку іншого. При певній концентрації O_2 дуже токсичний для

клітин і тканин організмів. Ще Л. Пастер (1822-1895) зазначував, що організми не витримують концентрації O_2 , яка перевищує атмосферну на 1% (*ефект Пастера*). Низька концентрація O_2 у атмосферному повітрі також обмежує можливості існування організмів (у високогірних районах мале O_2 і розріджене повітря, тому в них практично немає життя і вони належать до парабіосферних зон).

Водорозчинний кисень також відіграє надзвичайно важливу роль. Вміст його зменшується з глибиною й продукування водної рослинності можливе лише вище за рівень компенсації, тобто при позитивному балансі “фотосинтез – дихання”. В океанах, у залежності від широти, рівень компенсації знаходиться на глибинах від 50 до 100-150 м.

Кругообіг P, S відносно простий і неповний, має осадочну природу і відбувається у ґрунтах та водах.

Кругообіг сірки. Незважаючи на існування численних джерел газоподібних сполук сірки (H_2S , SO_2 та ін.), переважна частина кругообігу сірки має осадочну природу і відбувається у ґрунтах та водах. Основне джерело сірки, доступне всім організмам - всілякі сульфати. Їх добра розчинність у воді полегшує доступ неорганічної сірки до екосистем. Поглинаючи сульфати, рослини їх поновлюють і виробляють сіркоутримуючі амінокислоти. Різні покиді біоценозів розкладаються бактеріями, які перетворюють їх на сульфіди. Наприклад, донні відкладення Чорного моря містять сікорозкладаючі та сульфатредуючі бактерії, які функціонують у анаеробних умовах; вони можуть відновлювати сірководень до елементарної сірки.

Кругообіг фосфору відносно простий і неповний. Фосфор є однією із складових живої речовини (0,07% від ваги). Запаси фосфору, доступні організмам, повністю зосереджені у літосфері (апатити, фосфорити і т.д.). Неорганічний фосфор з порід земної кори вилугується водами; він надходить до континентальних екосистем і поглинається рослинами, які за його участю синтезують органічні сполучення та включають фосфор в трофічні ланцюжки. Потім органічні фосфати разом із останками, відходами і виділеннями організмів повертаються на землю, де знов піддаються впливу мікроорганізмів й перетворюються на мінеральні ортофосфати, які готові до споживання автотрофами

Постійна взаємодія абіотичних і біотичних компонентів ЕС супроводжується безперервним кругообігом речовин між біотопом і біоценозом у вигляді чергування то органічних, то мінеральних сполук. Існування у кожному угрупованні продуцентів, консументів та деструкторів, метаболізм (обмін речовин) яких взаємопов'язаний, обумовлює повторний кругообіг основних елементів, необхідних живій речовині. У кожній ЕС кругообіг речовини відбувається внаслідок взаємодії автотрофів і гетеротрофів. С, Н, О, N, S, P та ще біля 30 простих речовин, необхідних для створення живої речовини, безперервно перетворюються в органічні речовини або поглинаються у вигляді неорганічних компонентів автотрофами, а останні використовуються гетеротрофами (спочатку - консументами, потім - деструкторами). Таким

чином, біогенні елементи безперервно циркулюють: розчинюючись у континентальних водах (поверхневих), виносяться у моря або надходять до атмосфери, а поміж цими середовищами відбувається постійний газообмін. У зв'язку з цим звично говорять про *біологічний кругообіг атомів (БІК)*. Утворення живої речовини та розкладання органічної речовини - дві сторони єдиного процесу - БІК. У ході БІК атоми поглинаються живою речовиною і заряджаються енергією, потім залишають живу речовину, віддаючи накопичену енергію у довкілля. Внаслідок кругообігу БС не повертається до початкового стану: для БС характерний поступовий рух, тому для БІК більш слушним символом є не коло, а циклоїда.

Найважливіша здатність організмів та ЕС - створювати й підтримувати високий ступінь внутрішньої впорядкованості, тобто стану з низькою ентропією (*ентропія* - міра внутрішньої неупорядкованості системи; чим більше ентропія, тим більше неупорядкованість і навпаки).

Усі перетворення в ЕС завжди відповідають термодинамічній моделі незамкненої системи. Дію двох законів термодинаміки можна показати на прикладі перетворення сонячної енергії на енергію їжі (цукор) в процесі фотосинтезу

Для опису поведінки" енергії у ЕС підходить поняття "*потік енергії*", оскільки на відміну від біогеохімічних круговоротів перетворення енергії йдуть у одному напрямку. Лише 10% енергії, яку отримують рослини, трансформується на біомасу. Рослини фіксують лише 1% сонячного випромінювання, що надходить та виробляють при фотосинтезі свій матеріал, тобто коефіцієнт корисної дії (ККД) фотосинтезу дуже низький (1 -1,6%). Більш високий ККД у культурних рослинах (до 3-5% і більше). При такій незначній витраті сонячної енергії на трансформацію у біопродукцію (1%) виникає питання, на що витрачається решта 99% . Зміна енергетики природної ЕС у межах 1% виводить її із рівноважного стану {*правило одного відсотка*}. Такі глобальні процеси як фотосинтез, звично, мають сумарну енергію, яка не перевищує 1% від енергії сонячного випромінювання, що падає на поверхню нашої планети. Антропогенні зміна зверх допустимої межі здатні викликати негативні наслідки у природних ЕС. Згідно із *правилом 10%* з одного на більш високий трофічний рівень (продуценти - первинні консументи - вторинні консументи -) переходить близько 10% енергії.

Співвідношення поміж продуцентами, консументами (першого, другого порядків) та редуцентами в екосистемі, яке відбите у їх масі і зображене у вигляді графічної моделі, називається *пірамідою біомас*. Якщо трофічні зв'язки зобразити з урахуванням співвідношень у кількості особів або видів, то кажуть про *піраміду чисел* (піраміда чисел Елтона), якщо з урахуванням кількості енергії, акумульованої одиницею поверхні за одиницю часу та використану організмами на кожному трофічному рівні, то - про піраміду енергії. Такі моделі називаються *екологічними пірамідами*.

Оскільки спільним знаменником і початковою рушійною силою усіх екосистем, як природних, так і антропогенних, є потік енергії, то за джерелом, рівнем та якістю енергії Ю. Одум (1986) виділяє 4 типи ЕС: 1) несубсидовані

природні, які отримують енергію Сонця; 2) екосистеми, які одержують енергію від Сонця, але з природною енергетичною субсидією; 3) субсидовані людиною, які отримують енергію від Сонця; 4) промислово-міські ЕС, які отримують енергію палива.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке "біогеохімічний кругообіг" ?
2. Які основні типи "біогеохімічних кругообігів" ?
3. Що таке біологічний кругообіг атомів (БІК) ?
4. Що таке "потік енергії" ?
5. Сформулюйте правила 1% і 10%.
6. Які основні типи екологічних пірамід ?
7. Які принципи енергетичної класифікації екосистем ?

6 ОСОБЛИВОСТІ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Класифікація антропогенних забруднень навколишнього природного середовища. Фізичне забруднення довкілля. Особливості хімічного забруднення довкілля. Біологічне забруднення довкілля.

Під *забрудненням* в екології розуміють несприятливу зміну навколишнього природного середовища (НПС), яке цілком або частково є результатом антропогенної діяльності, прямо або побічно змінює розподілення енергії, що надходить, рівні радіації, фізико-хімічні властивості середовища і погіршує умови існування живих організмів. Ці змінення можуть впливати на людину безпосередньо або через воду, продукти харчування.

За *умовами утворення* всі ЗР поділяються на домішки природного і антропогенного генезису. Домішки природного походження надходять до біосферних середовищ в результаті вулканічної діяльності, фізико-хімічного вивітрювання ґрунтів і ґрунтопідстилаючих порід, згоряння метеоритів, розкладу рослин та тварин і т.д. Антропогенні домішки утворюються в результаті спалення горючих корисних копалин, промислових та побутових відходів, під час ядерних вибухів, різних аваріях і т.д. Такі ЗР як СО і *важкі метали (Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Sb, Sn, Bi, Hg)* надходять до біосферних середовищ разом із антропогенними викидами.

За *об'єктом* забруднення НПС поділяються на: забруднення атмосфери (атмосферного повітря), забруднення гідросфери (природних вод); забруднення літобіосфери (гірських порід і ґрунтів); забруднення всієї БС.

За *тривалістю* впливи 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. Наприклад, на долю газоподібних, що надходять до атмосфери, припадає 90%, а на долю пилу, важких металів, мінеральних і органічних сполучень, радіоактивних речовин, тобто твердих домішок - близько 10%. Кількість рідких домішок (наприклад, різних кислот) дуже мала у порівнянні з газоподібними та твердими домішками. У складі останніх завжди присутня вода, вміст якої тим більше, чим вище відносна вологість повітря. При взаємодії біосферних середовищ відбувається і перерозподіл ЗР.

Існує декілька класифікацій типів забруднень і шкідливих впливів на біосферні середовища. Як приклад можна навести класифікацію Ф.Рамада (1981): 1) фізичні забруднення (радіоактивні елементи, випромінювання; нагрів або теплове забруднення; шуми і низькочастотна вібрація, інфразвук; 2) хімічні забруднення (газоподібні і рідкі похідні вуглецю; миючі засоби; пластмаси; пестициди та інші синтетичні органічні речовини; похідні сірки; похідні азоту; важкі метали; фтористі сполуки; тверді домішки; органічні речовини, підвладні бродінню); 3) біологічні забруднення (мікробіологічне отруєння дихальних і живильних шляхів - бактерії, віруси; змінення біоценозів у гідросфері та у ґрунтах через невміле впровадження рослинних або тваринних видів); 4) естетична шкода (порушення пейзажів і визначних місць грубою урбанізацією або малопривабливими будівлями; будівництво індустріальних центрів у незайманих або мало порушених людиною біотопах).

Фізичне забруднення. Фізичне забруднення пов'язане зі зміною фізичних, температурно-енергетичних, хвильових і радіаційних параметрів навколишнього середовища.

Температурні зміни позначаються на погіршенні режиму земної поверхні і водних об'єктів, на посиленні хімічного і біологічного забруднення. Основні джерела – ТЕЦ, ТЕС та інші.

Шум і вібрація відносяться до енергетичних або фізичних видів забруднення навколишнього середовища. До джерел шуму можна віднести засоби міського, залізничного і авіаційного транспорту, промислові підприємства, будівельні майданчики, місця проведення ремонтних робіт тощо. Граничною межею шуму є величина 80 децибел (дБ), норма гучності вночі – 10 - 20 дБ, вдень – 30 – 40 дБ. Гігієністи вважають верхню межею шуму для лікарень і санаторіїв 35 дБ, для квартир і навчальних приміщень – 40 дБ, стадіонів і вокзалів – 60 дБ. Шум в 90 дБ викликає фізіологічні порушення, а при 140 - 170 дБ руйнується барабанна перетинка вуха.

Шум зумовлює нервову виснаженість, психічні розлади, підвищення кров'яного тиску і підвищення вмісту холестерину в крові тощо.

Встановлено, що рослини під впливом шуму знижують енергію зростання, у них спостерігається надмірне виділення вологи через листя, можливі порушення кліток; гинуть листя і квіти рослин, що розміщені біля

гучномовця. Аналогічно діє шум на тварин. Від шуму реактивного літака гинуть личинки бджіл.

Електромагнітне забруднення. Електромагнітним забрудненням називають підвищені електромагнітні поля (ЕМП) із випромінюванням у діапазоні частот від 0 Гц до 300 гГц.

До *природних джерел* відносяться електричне і магнітне поля Землі, космічні джерела радіохвиль (Сонце і інші зірки), процеси, виникаючі в атмосфері (розряди блискавки, коливання в іоносфері та ін.). Навіть людина і інші живі організми є джерелом слабого ЕМП. *Штучні джерела* ЕМП діляться на дві групи: 1) виробы, 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) пристрої, які не призначені для випромінювання електромагнітної енергії в простір, але в яких при роботі протікає електричний струм і при цьому відбувається паразитне *випромінювання електромагнітної енергії* (МЕП, трансформаторні підстанції, електричні плити, нагрівники, холодильники, телевізори і т.д.).

Найбільш чутливі до ЕМП центральна нервова, серцево-судинна, гормональна система і репродуктивна системи. Багато які сторони впливу ЕМП на здоров'я людини і інших живих організмів поки не вивчені. До групи підвищеного ризику, пов'язаного з впливом ЕМП відносяться діти, вагітні жінки, люди з захворюваннями центральної нервової, серцево-судинної і гормональної систем, з ослабленим імунітетом, схильні до алергії та ін., які повинні оберегати себе від можливого впливу ЕМП в побуті і на роботі.

Враховуючи потенційну небезпеку ЕМП для здоров'я населення, розроблені санітарні норми. Наприклад, в Росії як *гранично-допустимий рівень (ГДР)* опромінення населення приймаються такі значення ЕМП, які при щоденному опроміненні у властивих для даного джерела випромінювання режимах не викликають у людини (без обмеження статі і віку) захворювань або відхилень в стані здоров'я, які можуть бути виявлені сучасними методами дослідження в період опромінення або в віддалені терміни після його припинення. Основний критерій безпеки для населення це напруженість змінного електричного поля частотою 50 Гц не повинна перевищувати 500 В/м в місцях постійного перебування людей. Магнітне поле для населення Росії не нормується. Додатковий критерій безпеки, рекомендований вченими США, Швеції і інших західних країн - напруженість магнітного поля частотою 50 Гц не повинна перевищувати 0,2 мкТл.

Усі побутові прилади, що працюють з використанням електричного струму, є джерелами ЕМП. Найбільш могутніми варто визнати СВЧ-пічі, аерогрилі, холодильники із системою «без інею», кухонні витяжки, електроплити, телевізори.

Особливості радіоактивного забруднення. Радіоактивність разом із іонізуючим випромінюванням існувала на Землі задовго до зародження БС. Іонізуюче випромінювання супроводжувало Великий вибух, з якого почалось існування нашого Всесвіту близько 20 млрд. років тому назад. Радіоактивні

елементи ввійшли до складу геосфер. Навіть людина злегка радіоактивна, через те, що в її тканинах позначаються сліди радіоактивних елементів.

Як відомо, число протонів у ядрі атома одного елемента завжди однакове, а число нейтронів може відрізнятись, тобто існують ізотопні різновиди елементів (наприклад, ^1H , ^2H , ^3H). Із ядра ^{238}U , що складається із 92 протонів і 146 нейтронів, час від часу виривається 2 протони і 2 нейтрони; при цьому ^{238}U перетворюється на ^{234}Th (90 протонів і 144 нейтрони), який також нестабільний і перетворюється на ^{234}Pa і т.д. до появи стабільного (^{238}U - ^{234}Th - ^{234}Pa - ^{207}Pb).

Основну частину радіації населення нашої планети отримує від природних джерел. Зовнішнього опромінювання (із космосу, із земної кори) людина не в змозі запобігти, але коли радіонукліди проникають в організм з повітрям, водою та їжею, то вони перетворюються на внутрішнє опромінення. Трохи менше половини опромінення, яке отримує населення від зовнішніх природних джерел, припадає на космічні промені, які або досягають поверхні землі, або взаємодіють з атмосферою, породжуючи повторне випромінювання і приводячи до утворення різних радіонуклідів. Ступінь їх впливу збільшується на полюсах і з висотою (при підйомі з 4 до 12 км рівень опромінення за рахунок космічних променів зростає у 25 разів).

У гірських породах зустрічаються здебільшого ^{40}K і ^{87}Rb , тобто радіоактивні елементи, що беруть початок від ^{238}U і ^{232}Th (ровесників Землі). Основне населення планети проживає у містах, де за рік доза опромінення складає 0,3-0,6 мЗв.

Людиною створено декілька сотень штучних радіонуклідів штучних радіонуклідів, вона навчилася використовувати енергію атома у медицині, для виробництва енергії, ядерної зброї, пошуків корисних копалин і т.д., що привело до збільшення дози опромінення як окремих людей, так населення в цілому. Основний внесок в дозу, яку отримує людина від техногенних джерел радіації, вносять медичні процедури і методи лікування.

За нормальної роботи АЕС викиди радіоактивних речовин у довкілля незначні. До кінця 1984 р. у 25 країнах працювало 345 ядерних реакторів (США-85, Франція-41, СРСР-56, Великобританія-37, ФРН-19, Японія-31), які виробляли 220 гігават (ГВт; 1 ГВт = 10^9 Вт) електроенергії (13% потужності), а в 1991 р. вже діяло 530 АЕС, які виробляли 21% енергії. 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.

За даними експертів ООН середні річні еквівалентні дози опромінення від природних і техногенних джерел такі: природні - 2 мЗв; джерела, що використовуються в медицині - 0,4 мЗв, радіоактивні опади - 0,02 мЗв, атомна енергетика - 0,001 мЗв.

Вплив радіоактивних випромінювань на живі тканини організму залежить від проникаючої і іонізуючої здатності випромінювання. Організм людини пристосований до певних доз іонізуючого випромінювання, оскільки протягом життя зазнає опромінення космічними і радіоактивними випромінюваннями.

Але ці дози обмежені і відхилення від них небезпечні для життя живого організму. Опромінення призводить до руйнування кісткової тканини, зниження кількості білих кров'яних тілець, погіршення зору, викликає шкіряні захворювання, безплідність, канцерогенні захворювання. Радіоактивне випромінювання проникає крізь живі тканини без помітних слідів і руйнує молекули в складі кліток.

Малі дози отрут корисні - суть *гормезису*, атомна радіація в малих дозах теж корисна - суть "*радіаційного гормезису*". Більш того, вона необхідна в малих дозах. Нижча межа шкоди - природний радіаційний фон - постійний потік радіації, в якій існує все живе, починаючи від вірусів і кінчаючи людиною.

Хімічне забруднення. Хімічне забруднення - це збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також надходження в середовище хімічних речовин, не властивих йому або в концентраціях, що перевищують норму. Особливу небезпеку представляють близько 200 речовин, серед яких можна відмітити: бензол, азбест, бенз(а)пірен, пестициди (ДДТ, елдрин, ліндан і інш.), важкі метали, різноманітні барвники і харчові добавки.

Будь-яка забруднююча речовина (ЗР) може бути поглинена живими організмами завдяки багатогранним метаболічним процесам. Таким шляхом ЗР включається до трофічних ланцюгів екосистем, беручи участь у кругообігу речовин в біогеоценозах, виявляючи шкідливий вплив на тварин та рослини. Живі організми прискорюють розповсюдження токсичних забруднюючих речовин, збільшуючи площі зараження, а з іншого боку, вони акумулюють ці ЗР у своєму організмі. Наприклад, так розноситься ртуть, ДДТ (інсектицид для боротьби зі шкідливими комахами, заборонений для використання через стійкість та здатність накопичуватись у НПС) та ін. Акумуляція (біонакопичення) ЗР у живих організмах зростає на кожному наступному трофічному рівні: фітопланктон - зоопланктон - ракоподібні та риби-мікрофаги - риби-хижаки - баклани - (в морських ЕС); продуценти - рослиноїдні - м'ясоїдні первинні - м'ясоїдні вторинні - (в континентальних ЕС). Б. Небел [20] наводить такий приклад збільшення біонакопичення ДДТ: морська вода (0,02) - водорості (5) - риби-мікрофаги (40 - 300) - риби-хижаки (2000 млн⁻¹).

При характеристиці хімічного забруднення навколишнього середовища вживаються такі поняття, як полютанти, ксенобіотики, екотоксиканти та інш. *Полютанти* - речовини, що забруднюють середовище життя, тобто забруднювачі. *Ксенобіотики* - сторонні для живих організмів шкідливі сполуки (пестициди, препарати побутової хімії і інш.), 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 хімічні речовини, що забруднюють НПС і отруюють живі організми, які знаходяться в середовищі.

ЗР можуть представляти канцерогенну, мутагенну і тератогенну небезпеку. *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.

Біологічне забруднення. 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) або випадково (колорадський жук, кліщ і т.д.); є приклади успішного заняття вільних екологічних ніш, але є приклади, коли адвентивні види (інтродуценти) витісняли інші види (в Чорному морі молюск рапана витіснив устриць, а гребневик став поїдати зоопланктон, тобто підривати кормову базу риби); 2) антропогенна зміна середовища мешкання, яка сприяє непомірному розмноженню окремих видів біонтів або набуттю ними нових властивостей (наприклад, синантропних тваринних - тарганів, клопів, пацюків і інш., причетних до сфери діяльності людини); 3) відходи виробництва (підприємств біосинтезу, тваринницьких комплексів) і життєдіяльності людей (звалища побутових відходів і т.д.).

Запитання для самоконтролю

1. Що таке забруднення навколишнього природного середовища ?
2. Які показники класифікації забруднень НПС ?
3. Що таке фізичне забруднення довкілля?
4. У чому полягає небезпека теплового та шумового впливу ?
5. Які особливості електромагнітного забруднення довкілля ?
6. Які особливості радіоактивного забруднення довкілля ?
7. У чому суть "радіаційного горемезису"?
8. Що таке хімічне забруднення довкілля?
9. Яку небезпеку представляють ЗР ?
10. Що таке біологічне забруднення НПС?

7 АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЙОГО НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ

Основні антропогенні джерела забруднення атмосферного повітря. Характеристика основних газоподібних забруднюючих речовин атмосфери. Санітарно-гігієнічні нормативи якості повітря. основні негативні наслідки антропогенного забруднення атмосфери. Негативний вплив забруднення атмосфери на живі організми та людину. Напрями поліпшення повітряного середовища.

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.

Головними джерелами антропогенного 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 (видобутки, сільськогосподарська рілля, будівництво).

Ступінь забруднення атмосферного повітря міст у 15 разів вищий від сільської місцевості і у 150 раз вищий, ніж над океаном; в промислових частинах міст випадає близько 1 кг пилу й сажі на 1 м^2 . У забруднених містах помітно знижується прозорість повітря. Від техногенних джерел щорічно в атмосферу надходить 350 млн. т оксидів вуглецю, 145 млн. т сірчистого газу, 20 млн. т оксидів азоту.

Теплові електростанції і теплоелектроцентралі, що спалюють тверде (торф, вугілля, горючі сланці), рідке (нафта, мазут) і газоподібне (газ) паливо, відносяться до найбільш поширених і могутніх джерел викидів шкідливих ЗР в атмосферу. Основними ЗР, що надходять до атмосфери при спаленні палива, є тверді частки (зола, сажа), оксиди сірки (SO_2 , SO_3), оксиди азоту (NO , NO_2 , N_2O_4). Оксиди сірки утворюються при спаленні сітчастого вугілля і нафтопродуктів.

Транспорт (особливо автомобільний) 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 чадного газу (CO), близько 1 тис. т свинцю. 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 близько 200 хімічних сполук, з яких найбільш токсичні CO , NO_x , SO_x , C_nH_m (в т.ч. ПАВ), альдегіди, Pb.

У чорній і кольоровій металургії кокс є продуктом багатьох

технологічних процесів. Виробництво коксу супроводиться виділенням твердих і газоподібних ЗР. Джерелом викиду твердих часток в металургії є виробництво чавуна, сталі, феросплавів. Кольорова металургія є джерелом пилу і могутніх газоподібних викидів SO_2 , оксидів As, Pb, Sb і Cu.

У машинобудівному і металообробному виробництві виділяється пил, що містить оксиди Fe, Mn, Mg, Al, P і ряду інших хімічних елементів. Велика кількість пилу виділяється при приготуванні формовочних сумішей. При газовому різанні металів виділяються токсичні сполучення Cr, Ni і Mn, CO, NO_x , а при плазменному різанні утвориться ще O_3 . Гальванічні цехи є джерелом парів HCl, H_2SO_4 , HNO_3 або HF.

З величезної кількості CO, що викидаються підприємствами хімічної промисловості, найбільш важливими як за об'ємом, так і за токсичністю є Cl_2 , NO_x , H_2S , HF і інш., а з органічних сполук - тіоли, вуглеводні, альдегіди, кетони і органічні кислоти.

У сільськогосподарському виробництві атмосферу забруднюють тваринницькі і птахівницькі ферми, промислові комплекси по виробництву м'яса (аміак, сірковуглець, меркаптани і інш.), енергетичні підприємства. До джерел поширення агрохімікатів відносяться склади, самі поля, на які вносяться отрутохімікати і мінеральні добрива.

Нерівномірний нагрів атмосфери і землі у різних частинах планети призводить до того, що над земною поверхнею відбувається складна циркуляція повітряних течій, трансформуються і переносяться на різні відстані ЗР незалежно від їх природи й агрегатного стану. Деякі ЗР техногенного генезису знаходяться у атмосфері в природних умовах і їх надходження збільшує лише фонові концентрації. До них відносяться CO_2 , NO_2 , SO_2 , CH_4 та його гомологи, які надходять внаслідок вулканічних та біохімічних процесів. Інші (радіоактивні речовини, пестициди, численні синтезовані органічні речовини і т.д.) мають виключно антропогенне походження. Основну роль у глобальному забрудненні БС відіграють тропосфера й стратосфера.

Одним з основних газоподібних ЗР є *оксид вуглецю* (CO) - постійний компонент атмосфери - 0,01-0,9 мг/м³. Природні джерела CO: неповне згорання органічної речовини, виділення живими організмами, вулканічні і болотяні гази, лісові та степові пожежі, окислення CH_4 в тропосфері тощо. Антропогенні джерела CO: неповне згорання сучасного і викопного органічного палива (підприємства теплоенергетики, хімічної, металургійної, нафтохімічної промисловості, автотранспорт і інш.). Досягаючи стратосфери, CO окислюється до CO_2 , а при взаємодії CO з гідроксильними радикалами утворює формальдегід і бере участь у відновленні HNO_3 в NO_2 .

Оксиди азоту (NO_x). Значна кількість NO_x утворюється в процесі горіння при високій температурі ($\text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$) передусім в двигунах внутрішнього згорання, працюючих на вуглеводневій сировині. Діоксид азоту - стійкий газ, що зберігається в атмосфері близько 3 діб. Сполучившись з парами води, сприяє утворенню кислотних опадів ($\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$), взаємодіючи з вуглеводнями в присутності сонячного світла утворює *пероксиацетилнітрат (ПАН)* і інші фотохімічні окислювачі (O_3 , H_2O_2 і інш.) -

складові фотохімічного смогу.

Оксиди сірки (SO_x) утворюються в основному при спаленні органічного палива, що містить сірку (вугілля, нафтопродуктів і інш.). Під впливом ультрафіолетових променів руйнується з утворенням сірчаного ангідриду ($2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 + 185 \text{ кДж}$), а при контакті з водяною парою утворюється сірчата, а потім і сірчана кислота ($SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow H_2SO_4$).

Озон і багато інших фотохімічних окислювачів утворюються при хімічній взаємодії між NO_x і вуглеводнями під дією сонячної енергії. Під дією сонячної енергії NO_2 розпадається на NO і атом O , а той, сполучаючись з O_2 , утворює O_3 ($NO_2 \rightarrow NO + O + O_2 \rightarrow O_3$). Якщо відсутні інші чинники, то процес буде оборотним ($O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$). Але при наявності вуглеводнів NO реагує з ними і при цьому утворюється ПАН. Отже, NO_2 зв'язується і відбувається накопичення озону ($NO_2 \rightarrow NO + O + O_2 \rightarrow O_3$).

Таким чином, багато які ЗР, навіть у дуже малих концентраціях, можуть вступати між собою в хімічні реакції і утворювати нові сильно токсичні речовини (наприклад, SO_2 окислюється у SO_3 , який, реагуючи з водяною парою, утворює H_2SO_4 ; NO_x , вступаючи в реакцію з вуглеводнями, утворюють пероксиацилнітрати). Майже у всіх випадках ЗР атмосфери рано чи пізно розчинюються у водах або поглинаються ґрунтами, а потім трансформуються рослинами або мікроорганізмами в інші речовини.

Всі ЗР атмосфери у тому чи іншому ступені справляють негативний вплив на здоров'я людини. Вони надходять до організму людини у основному через органи дихання. ЗР атмосфери негативно впливають на все фіто- і зооценози. Так, деякі хімічні компоненти, проникаючи в рослинні тканини, порушують обмін речовин, структуру листя і пагонів. Найбільш небезпечні для рослин сірчистий ангідрид, фторутримуючі сполучення і смоги всіх типів. Рослини по-різному сприйнятливі до забруднення повітря (найбільш сприйнятливі - жито, пшениця, ячмінь, яблуня, береза, груша, сосна; більш стійкі - вишня, бузок, дуб тощо.).

Сумарна дія різних ЗР у повітрі може несприятливо впливати на організм, тому при нормуванні гранично допустимих концентрацій передбачене урахування ефекту сумації шкідливої дії ряду речовин (ацетону, фенолу, сірководню, сірчаної кислоти та ін.). Особливо небезпечні сполуки: сірчистий ангідрид - діоксид азоту, сірчистий ангідрид - фенол, діоксид азоту - формальдегід.

Санітарно-гігієнічні нормативи забезпечують такий рівень забруднення, який не виводить концентрації певних пріоритетних антропогенних ЗР за допустимий діапазон.

Гранично допустима концентрація (ГДК) - максимальна концентрація шкідливої речовини 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 людину і на навколишнє середовище загалом. Санітарно-гігієнічні нормативи забезпечують такий рівень забруднення, який не виводить концентрації певних

пріоритетних антропогенних ЗР за допустимий діапазон, що свого роду стандартом. Він являє собою величини ГДК, тимчасово допустимих концентрацій (ТДК), ЛК (летальних концентрацій) порогових концентрацій (ПХ), орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБУВ) та інш. У цей час визначені ГДК або ОБУВ в атмосферному повітрі більше як 700 токсичних речовин.

У залежності від часу впливу розрізняють ГДК *максимальні разові* (ГДК_{мр}), *середні добові* (ГДК_{сд}) і *робочої зони* (ГДК_{рз}). ГДК_{мр} - відноситься до 20-30 хвилинного інтервалу осереднення, встановлюється для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку. ГДК_{сд} - 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. ГДК_{рз} - 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.

Присутність в атмосфері газів, пари, твердих частинок і рідких речовин природного і антропогенного генезису, що змінюють фізико-хімічні властивості і склад, пригнічуючи діють на біосистеми є показником забруднення атмосфери.

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

Гранично допустимий викид (ГДВ) шкідливих речовин в атмосферу встановлюється для кожного джерела забруднення атмосфери таким чином, що викиди шкідливих речовин від даного джерела і від сукупності джерел міста або іншого населеного пункту з урахуванням розвитку промислових підприємств і розсіювання ШР в атмосфері не створюють приземну концентрацію, що перевищує їх ГДК для населення, рослинного і тваринного світу (ГОСТ 17.2.3.02-78).

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 тобто.

Смоги. Основними компонентами фотохімічного смогу є O₃, а додатковими CO, NO_x, HNO₃, ПАН і інші. На утворення і стійкість фотохімічного смогу впливають температурні інверсії в атмосфері, негативні форми рельєфу і інші фактори, які ведуть до зниження поширення ЗР і збільшення їх концентрації в приземній частині атмосфери.

Смог лондонського типу - поєднання газоподібних ЗР, пилюватих часток і крапель туману. Концентрація О₃ при цьому може досягати в 5 раз вище норми. Смог аляскинського типу формується при поєднанні шкідливих газів, пилю і замерзлих крапель туману.

Кислотні опади. Утворення кислотних опадів пов'язане в основному з техногенними викидами в атмосферу SO₂ і NO_x, але основне значення має надходження SO₂. Оксиди сірки і азоту поступово реагують з парами води і утворюють кислоти. Величина рН залежить як від кількості кислот, так і води, в якій вони розчинені (зливові опади звичайно менш кислі). Оксиди сірки та азоту, які викидаються в атмосферу, поєднуючись з атмосферною вологою, утворюють сірчану і азотну кислоти, які дисоціюють на іони SO₄²⁻, NO₃⁻ та H⁺ (рН для кислотних опадів знаходиться у межах від 5,6-5,5 до 2-1,5). Кислі опади утримують у великій кількості іони SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, H⁺, а також важкі метали. Кислі опади утримують у великій кількості іони SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, H⁺, а також важкі метали. 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. Так, мармурові будівлі Рима, Афін та Каїру більш ушкоджені кислотними опадами у наш час, ніж за минулі 2,5 тис. років процесами природного фізико-хімічного вивітрювання. Захистити ЕС від зміни рН під впливом кислотних опадів можуть *буфери* - речовини, здатні поглинати іони водню (CaCO₃ + H⁺ → Ca²⁺ + CO₂ + H₂O), внаслідок чого величина рН стає близькою до 7. Однак буферна ємність знижується, що призводить до деградації ЕС.

Деградація озонового шару. Більше ніж 90% ультрафіолетового (УФ) випромінювання (довжиною менше за 0,1 мкм) поглинається озоновим шаром. Озон утворюється під впливом УФ-променів із молекул кисню, однак не весь O₂ перетворюється на O₃, оскільки вільні атоми кисню, реагуючи один з одним, дають молекули O₂ (O + O → O₂). Таким чином, між O₂ і O₃ встановлюється і підтримується рівновага. Озоноактивні складові атмосфери каталізують розпад O₃. Деякі руйнівники озонового екрана присутні в більш високих концентраціях: N₂O, CH₄, CO. Найбільшу небезпеку представляють 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 O₃. Зменшення озонового шару на 50% (озонова діра) збільшує руйнівну функцію ультрафіолетової радіації у 10 раз.

У 1982 р. японські, а в 1985 р. англійські вчені виявили у озоносфері над південним полюсом "діру" розміром близько 3 млн. км². Ними було висунено декілька припущень про причини появи сезонного (вересень - жовтень) дефіциту O₃ над Антарктидою: 1) підвищене вироблення NO_x внаслідок зміни сонячної активності в атмосфері (11-річний цикл; активність в останньому

циклі була підвищеною) з подальшим перенесенням від озоносфери; 2) винесення озону з полярної області за рахунок зміни циркуляції атмосфери; 3) збільшення кількості ХФВ і інших озonoактивних речовин (CF_3B , CF_2BCl і інш.); 4) надходження з рифтових зон Світового океану метану і інш. "Озонова діра" - простір в озоносфері з помітним пониженням (до 50%) концентрації O_3 . У 1992 р. було зафіксоване зниження O_3 приблизно на 50% над Антарктидою і прилеглими просторами Південної Америки (Аргентина, Чілі). "Озонові діри" у високих широтах пояснюють тим, що у більш низьких широтах іон хлору, відповідальний за руйнування стратосферного озону, поки що блокується метаном. Передбачається не тільки антропогенне (від викидів фреонів та зведення лісів як продуцентів кисню), але й природне походження "озонових дір" [27].

Парниковий ефект. Відомо, що парник нагрівається на сонці, оскільки світлова енергія, яка проникає углиб крізь скло, поглинається і перетворюється на теплову (інфрачервоне випромінювання, менше за 1 мкм), що не проходить крізь скло. 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 H_2O , CO_2 , O_3 та інших газів, які легко пропускають випромінювання Сонця і досить ефективно відбивають інфрачервоні хвилі назад на поверхню Землі. Це явище називають природним *парниковим ефектом*. Концентрації природних та антропогенних парникових газів (CO_2 , CO , N_2O , NO_x , CH_4 , C_3H_8 , фреони) впливають на клімат. Частка газоподібних ЗР в парниковому ефекті оцінюється таким чином: CO_2 - 61%, CH_4 - 23%, ХФВ - 12%, NO_x - 4%. Основні джерела та поглиначі парникових газів: відбуток, транспортування та спалювання палива; промислові неенергетичні процеси; сільське господарство та рільництво; лісове господарство та землекористування; тверді побутові відходи, побутові та промислові стоки. Забруднення атмосфери парниковими газами призводить до негативних наслідків в планетарному масштабі. За останні 100 років зміст CO_2 глобально збільшився на 14-16% (0,3% в рік) і за існуючих темпів емісії за 20 років може збільшитися на 50%. У останні роки відбувається глобальне підвищення температури атмосфери у зв'язку із постійним зростанням вмісту CO_2 . Забруднення атмосфери парниковими газами призводить до негативних наслідків в планетарному масштабі. Змінюється енергетичний баланс планети в зв'язку із зміною альбедо через забруднення атмосфери, збільшується відбита сонячна радіація від частинок пилу в атмосфері і зменшується відбиття від запиленних льодовиків, що спричиняє їх танення. Щорічно в оточуючому природному середовищі розсіюється $14,2 \times 10^{16}$ кДж тепла від спалювання палива, що веде до підвищення температури планети. Промислові викиди складають близько 5 млрд. т/рік; з них 50% залишаються в атмосфері, а інша частина поглинається в процесі фотосинтезу і Світовим океаном. За останні 100 років зміст CO_2 глобально збільшився на 14-

16% (0,3% в рік) і за існуючих темпів емісії за 20 років може збільшитися на 50%. У останні роки відбувається глобальне підвищення температури атмосфери у зв'язку із постійним зростанням вмісту CO₂.

Атмосфера має здатність до самоочищення, однак в багатьох випадках ця здатність вже вичерпана. Будівництво високих і надвисоких заводських труб збільшує вміст ЗР. Очищення повітря від пилу дає лише частковий ефект. Дуже ефективним засобом боротьби з пилом і іншими ЗР є використання захисних властивостей рослин.

Боротьба із викидами у атмосферу буде залежати: 1) від підвищення ефективності виробництва, передачі, розподілу й споживання енергії, а також від створення екологічно безпечних енергосистем; 2) від ефективності створення транспорту, що мінімально забруднює навколишнє середовище, а також від розташування екологічно виправданої мережі доріг; 3) використання у промисловості екологічно прийнятних матеріалів і ресурсів, заміни хлорфторвуглеців та інших руйнуючих озонний шар речовин більш безпечними, істотного зниження відходів, а також встановлення устаткування, контролюючого забруднення середовища.

Лише кардинальні засоби з охорони атмосферного повітря можуть запобігти негативному впливу ЗР, які містяться в повітрі, на різні біосистеми. Образно зауважив один із американських екологів: "Одне із двох: або люди зроблять так, що буде у повітрі менше диму, або дим зробить так, що на Землі стане менше людей".

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть основні природні компоненти атмосферного повітря.
2. Назвіть антропогенні джерела забруднення атмосфери.
3. Що таке ГДК речовини в атмосфері ?
4. Які основні негативні наслідки антропогенного забруднення атмосфери ?
5. Дайте характеристику смогів, схему їх утворення.
6. Які основні причини парникового ефекту ?
- 7 Як утворюються кислотні опади ?
8. Які основні чинники деградації озонного шару ?
9. Що таке "озонова діра" ?
10. Які є шляхи поліпшення повітряного середовища ?

8 АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ТА ЙОГО НЕГАТИВНІ ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ

Природні води. Водоспоживачі та водокористувачі. Основні антропогенні джерела забруднення поверхневих вод суші. Біологічне (бактеріальне) забруднення вод. Хімічне забруднення вод. Теплове і радіоактивне забруднення вод. Санітарно-гігієнічні нормативи якості вод. Особливості забруднення підземних вод, його види. Забруднення морських вод. Стічні води, методи їх очистки. Основні негативні наслідки забруднення природних вод

Гідросфера є переривистою водною оболонкою Землі, яка включає сукупність океанів, морів, поверхневих і підземних вод суші, льодяних покривів. Усі природні води єдині і між ними підтримується тісний взаємозв'язок.

Водні ресурси - це всі природні води Землі, які представлені водами річок, озер, водосховищ, боліт, льодовиків, підземних горизонтів, океанів і морів. Найбільш цінними водними ресурсами є запаси прісних вод, які складаються з статичних (м^3 , км^3) і з безперервно відновлюваних водних ресурсів ($\text{км}^3/\text{рік}$ і т.д.).

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, риболовство і т.д.) або як джерело енергії (ГЕС), але можуть змінювати якість води (наприклад, водний транспорт), гідрологічний режим (наприклад, ГЕС) і т.д.

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 забруднення від викидів в атмосферу.

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

Біологічне (бактеріальне) забруднення створюється мікроорганізмами (в тому числі хвороботворними), а також органічними речовинами, здібними до бродіння. Головне джерело біологічного забруднення поверхневих вод суші та прибережних морських вод - комунально-побутові стоки: каналізаційний скид, харчові відходи, стічні води підприємств харчової промисловості, целюлозно-паперової та хімічної промисловості, а в сільській місцевості - стоки великих тваринницьких комплексів. Біологічне забруднення може стати причиною епідемій холери, черевного тифу, паратифу та 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 кишечнику 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. Ступінь біологічного забруднення характеризується такими показниками: *Колі-тітр* – це найменший об'єм води, який припадає на одну кишкову паличку, а *колі-індекс* – це абсолютна кількість кишкових паличок в 1 дм³ води. Залежність між ними: $\text{колі-індекс} = 1000/\text{колі-тітрам}$. Якщо вода очищена до колі-тітру 300 чи колі-індексу 3, вона є нешкідливою і не викликає ніяких епідемічних захворювань (ГОСТ 2874-82).

Біохімічне споживання кисню (БСК) - показник забруднення органічними речовинами; показує яку кількість кисню потрібно мікроорганізмам для переробки усієї схильної до розкладання органічної речовини у неорганічні сполучення протягом декількох діб (наприклад, протягом 5 діб – *БСК₅*; за вимогами Держстандарту *БСК₅* для питної води не повинне перевищувати 3 мг О₂ на 1 дм³ води). Вміст розчиненого кисню - обернено пропорційний *БСК* (питна вода повинна містити в собі більше 4 мг розчиненого О₂ на 1 дм³).

Хімічне забруднення створюється надходженням різних токсичних речовин у поверхові води; основними джерелами яких є доменне і сталеливарне виробництва, підприємства кольорової металургії, гірничодобувна, хімічна, нафтопереробна промисловість, а також екстенсивне сільське господарство. Крім прямих скидів стічних вод необхідно враховувати також можливість забруднення поверхових вод під час взаємодії з іншими природними середовищами (атмосферою, педосферою та літосферою).

Масштаби забруднення поверхневих вод деякими металами такі: Mn - 262, Zn - 226, Cr - 142, Pb - 138, Ni - 113, Cu - 112, As, Se - 41, Sb - 18, V -12, Mo - 11, Cd - 9,4 та Hg - 4,6 тисяч т/рік. Інтенсивно забруднюють поверхневі води целюлозно-паперова і нафтопереробна промисловості, у стічних водах яких містяться нафтопродукти, феноли, складні органічні сполуки, хлор, кольорові метали та інш. Наявність нафтопродуктів (НП) у водах знижує здатність водних об'єктів до самоочищення. Завислі і розчинені НП розкладаються не скоріше, ніж за 100-150 днів і призводять до порушення природних біологічних процесів у водному середовищі.

У стічних водах містяться нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) феноли, складні органічні сполуки, хлор, кольорові метали та інш. ЦЕ призводить до інтенсивного розвитку водної рослинності, цвітіння річок, зниження вмісту водорозчинного кисню, паралізації діяльності мікроорганізмів.

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, і відповідно біля 1/3 і 1/2 електроенергії, що виробляються скидається у ту ж водойму. Внесок у теплове забруднення докладають також і деякі промислові підприємства.

За походженням стічні води поділяються на декілька груп: 1) господарсько-побутові; 2) промислові; 3) поверхневий стік підприємств і населених пунктів; 4) сільськогосподарські; 5) рудничні і шахтні води. Кожна група має свій специфічний склад, в якому переважає певна асоціація ЗР. Стічні води значно збагачені біогенними елементами, які сприяють евтрофуванню водойм.

Вміст ЗР у воді регламентується санітарними нормами, ГДК, гранично – допустимим скидом (ГДС) та рибогосподарськими вимогами і вимірюється концентрацією в мг/дм³. 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

Гранично допустимий скид - обсяг ЗР у стічних водах, максимально допустимий до відведення в установленому режимі у певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води у контрольному пункті. ГДС розраховується по найбільшим середньогодинним витратам стічних вод (м³) фактичного періоду їх спуску. Концентрація речовин приймається мг/л або мг/м³, а величина ГДС розраховують в грамах на годину (г/год).

Неочищені і частково очищені стічні води, що надходять до водних об'єктів, призводять до змінення фізико-хімічних властивостей та їх забруднення. У забруднених водних об'єктах відбуваються складні процеси, які приводять до відновлення природного стану їх режиму.

Сукупність гідродинамічних, біологічних, хімічних і фізичних процесів, які призводять до зниження концентрації ЗР у воді, називається *самоочищенням*. У багатьох водоймах та водотоках цей процес стає усе більш утрудненим з-за великої кількості шкідливих речовин, що надходять і які поділяються на: 1) мінеральні (пісок, глина, шлаки, зола, розчини і емульсії солей, кислот, лугів, радіоактивні сполучення); 2) органічні (речовини рослинного і тваринного походження, а також смоли, феноли, спирти, барвники, альдегіди, сірко- та киснеутримуючі сполучення і т.д.); 3) біологічні (хвороботворні бактерії, віруси, збудники інфекцій).

Забруднення підземних вод (ПЗ) - скид людиною (прямий чи непрямий) речовин 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.

Антропогенні (техногенні) джерела забруднення ПВ виникають в результаті господарської діяльності людей, у тому числі прямого чи непрямого впливу на склад та інтенсивність природного забруднення й поділяються на: 1) неочищені або недостатньо очищені виробничі й комунально-побутові стічні

води; 2) поверхневі стічні води (наприклад, річки Донбасу); 3) дренажні води; 4) аварійні скиди й переливи стічних вод; 5) фільтраційні витoki речовин із ємностей, трубопроводів та інш.; 6) тимчасові викиди у атмосферу (пил, аерозолі), які осаджуються на поверхні землі та у водних об'єктах; 7) нерегламентовані викиди й скиди (нафтопродуктів, пестицидів, добрив тощо); 8) промислові майданчики підприємств, місця зберігання, транспортування продукції та відходів виробництва; 9) звалище комунальних і твердих побутових відходів. Антропогенним джерелом забруднення ПВ є населений пункт у цілому (гідрогеохімічна аномалія, "тепловий острів").

ЗР проникають у водоносні горизонти й викликають такі види забруднень: хімічне, бактеріальне (мікробне), теплове і радіоактивне.

Хімічне забруднення зазвичай проявляється у збільшенні, порівняно з фоном, мінералізації, макро- і мікрокомпонентів, у появі невластивих їм мінеральних та органічних сполук, в збільшенні їх вмісту у часі. Найчастіше у забруднених водах зустрічаються Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , F^- , NO_3^- , нафтові вуглеводні, феноли, органічні сполуки, важкі метали.

Серед антропогенного хімічного забруднення ПВ найбільш поширеними є нафтове, хлоридне, нітратне; забруднення важкими металами. Хімічне забруднення інколи супроводиться зміною органолептичних властивостей і температури води.

Джерелами *нафтового забруднення* є: нафтодобувні та нафтопереробні підприємства (аварійні розливи нафти, бурової рідини, стічних вод), об'єкти зберігання та перерозподілу НП (нафтобази, заправочні станції). Причинами забруднення природного середовища найчастіше бувають аварійні витікання і розливи внаслідок несправності резервуарів зберігання, трубопроводів та інш.

Хлоридне забруднення спричиняється промисловими відходами високомінералізованих вод, добутих на поверхню, шахтними та рудниковими водами, морськими водами у прибережних районах тощо. Хлориди добре розчинні, стійкі, це речовини, що не розкладаються й не сорбуються, вони мають високу міграційну здатність і займають значні площі.

Забруднення важкими металами пов'язані із деякими промисловими відходами, викидами автотранспорту, отрутохімікатами тощо. Їх накопичення у ПВ має місце при забрудненні атмосфери, ґрунту, поверхневих вод. Важкі метали у катіогенній формі добре сорбуються, тому їх гідрогеохімічні аномалії мають обмежені розміри.

Нітратне забруднення пов'язане з сільськогосподарською діяльністю, меншою мірою з промисловими й комунально-побутовими відходами. Нітрати добре розчиняються у воді, відрізняються невеликою сорбційною властивістю, можуть мігрувати далі.

Особливістю *бактеріального забруднення* є обмеженість його розповсюдження в межах водоносного горизонту, що обумовлено незначним часом виживання бактерій в ПВ. Цей час може тривати 30-400 діб (в залежності від їх кількості у воді, швидкості фільтрації, геохімічних умов, наявності інших ЗР, температури та інш.). Наявність детергентів до 5 мг/л (СПАР, миючі засоби)

і нафтопродуктів навіть сприяє розмноженню бактерій. Бактеріальне забруднення звично носить тимчасовий і локальний характер.

Теплове забруднення виявляється у підвищенні температури ПВ порівняно з фоном. Змінення температури викликає і зміну хімічного складу та органолептичних властивостей ПВ, що відзначається у районах функціонування АЕС та ТЕС, під час скиду нагрітих стічних вод. У населених пунктах формується "острів тепла", як у атмосфері, так і у ПВ; найчастіше відзначається у ГВ. Так, при підвищенні температури від 15°C до 25°C токсичність Zn збільшується у 3 рази.

Забруднення морських вод. Світовий океан безвідмовним приймачем різних відходів. Близько 70% забруднення морських вод пов'язане наземними джерелами. Забруднення виникає також в результаті судноплавства, скиду відходів у море. До основних джерел забруднення морських вод можна віднести: скид промислових і господарських вод безпосередньо у морі або річковим стоком; надходження з суші різних речовин, що застосовуються в сільському і лісовому господарствах; навмисне поховання в морі ЗР; втрати різних речовин у процесі суднових операцій; аварійні викиди з суден або підводних трубопроводів; розробка корисних копалин на морському дні; перенесення ЗР крізь атмосферу. Забруднення і отруєння морських вод відбувається при затоплюванні (дампінгу) ємностей з отруйними речовинами, побутовими та промисловими відходами.

Нафта і НП – найбільш розповсюджені ЗР. Найбільшу шкоду морським екосистемам наносять морські перевезення, аварійні розливи нафти та НП, внаслідок чого порушуються обмін енергією, теплом, вологою і газами між океаном і атмосферою, а також погіршуються фізико-хімічні та гідробіологічні умови.

До основних джерел і видів антропогенного впливу на ЕС Чорного моря відносяться [10]: 1) ріки (скорочення прісноводного стоку, внесення в море різних ЗР); 2) сільське господарство (внесення в море добрив, пестицидів, часток ґрунту); 3) промисловість (внесення в море важких металів, детергентів, НП); 4) населені пункти (внесення в море неочищених або недостатньо очищених стоків, патогенних мікроорганізмів, детергентів, НП); 5) атмосферне випадання (внесення в море фосфатів, нітратів, ртуті, свинцю, пилу); 6) судноплавство (внесення в море НП, екзотів, шумове забруднення морського середовища і т.д.); 7) порти (забруднення акваторій, поглиблення дна, прокладка судноплавних каналів, дампінг, перетворення природи лиманів); 8) рибний промисел (перелов біологічних ресурсів, пошкодження і руйнування донних угруповань на шельфі); 9) видобуток мінеральних ресурсів (пошкодження і руйнування донних угруповань на шельфі); 10) захист берегів (зміна умов мешкання крайових угруповань моря, створення застійних зон, збільшення забрудненості вод і донного відкладення); 11) рекреація і туризм (мікробне забруднення моря, засмічення прибережної відходами, які довго не руйнуються, некерований видобуток "дарів моря").

Стічні води значно збагачені біогенними елементами сприяють евтрофуванню водойм. *Евтрофування (евтрофікація)* – підвищення біологічної

продуктивності водних об'єктів внаслідок накопичення у воді біогенів (N, P, C) під дією природних та антропогенних факторів. В результаті бурного розвитку рослинності та її відмирання погіршуються органолептичні та фізико-хімічні властивості і води, спостерігається дефіцит кисню.

Для запобігання забруднення водойм стічні води перед їх скидом походять очистку на станціях біологічної очистки.

У самих загальних рисах очистка стічних вод здійснюється за двоступеневою схемою: механічна, біологічна очистка, а потім доочистка або глибока, яка полягає у [8]: 1) попередній очистку (видаляється сміття і пісок механічним способом); 2) первинна очистка (видаляються тонкодисперсні частки у відстійниках); 3) вторинна або біологічна очистка (беруть участь природні редуценти і детритофаги, які утворюють піраміду біомаси: органічні колоїди - гриби і бактерії - простіші - черв'яки і коловратки); 4) доочистка (шляхом дистиляції або фільтрації обходиться дорого, тому, наприклад, фосфати видаляють шляхом додавання CaCO_3); 5) дезинфекція (знищуються патогенні мікроорганізми). Такі схеми досить дорогі, але дають можливість здійснення оздоровчих заходів.

Для захисту природних вод від забруднення необхідно нормування якості води, скорочення об'ємів скидів ЗР шляхом удосконалення технології очистки стічних вод.

Запитання для самоконтролю

1. Як розрізняють джерела та види забруднення поверхневих вод суші ?
2. Які води відносять до стічних , їх класифікація?
3. Що таке гранично допустимий скид (ГДС) ?
4. У чому суть процесу самоочищення водних об'єктів ?
5. Які основні причини та види антропогенного забруднення підземних вод
6. Які основні причини та види антропогенного забруднення морських вод
7. Які основні негативні наслідки забруднення природних вод ?
8. Що таке евтрофування водойм ?
9. Основні етапи очистки стічних вод.

9 АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ТА ЙОГО НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ

Основні антропогенні джерела забруднення ґрунтів. Ерозія ґрунтів, її наслідки. Хімічне забруднення ґрунтів. Інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Пестициди, їх негативний вплив застосування. Шляхи захисту ґрунтів від забруднення.

Литобіосфера – частина БС, яка займає верхні шари земної кори з живими організмами і шарами біогенних осадових порід.

Ґрунт – це самостійне природне тіло, яке утворилося з поверхневих шарів гірських порід під сукупним впливом рельєфу місцевості, клімату, тварин, рослин, мікроорганізмів, діяльності людини за часом. Ґрунти разом із організмами утворюють складні ЕС, які виконують в БС найважливіші функції: безперервно поточні процеси біогенного накопичення, трансформації і перерозподілу сонячної енергії, яка надходить на земну поверхню; підтримку планетарного круговороту біогенних елементів.

Постійне зниження площі і об'єму литобіосфери відбувається під впливом природних і антропогенних факторів. До перших відносяться: природна ерозія; природні шкідники, хвороби і бур'яни; ріст народонаселення. Основними антропогенними факторами забруднення і вилучення землі є: технічне перетворення (підземне будівництво, видобуток корисних копалин); штучна ерозія (осування болот, оголення землі та інш.); хибне господарювання (змінення гідрологічного режиму, нераціональне сільськогосподарське виробництво, випалювання рослинності, винищування лісів); забруднення (теплоенергетичне, транспортне, сільськогосподарське, комунально-побутове, промислове); відвід під будівництво (гідротехнічне, транспортне, промислове, житлове). Якщо під впливом природних факторів не порушується рівновага й хід звичних геологічних процесів, то під впливом антропогенних факторів відбуваються негативні процеси, які приводять до деградації та виснаження ґрунтів, виключення їх з сільськогосподарського користування.

Найбільший збиток литобіосфері й педосфері наносить ерозія. *Ерозія* – це процес руйнування ґрунтового покриву і знесення його часток потоками води (водна ерозія) або вітром (вітрова ерозія), яка посилюється внаслідок господарської діяльності людини. Причинами ерозії у природі є: вітер, різкі коливання температури повітря й земної поверхні, вода, водорозчинені кислоти, хімічне і фізичне забруднення середовища, вплив біологічних агентів (зрошення, витогування, біохімічний вплив і т.д.).

На ділянках інтенсивного впливу підприємств спостерігається пригнічення рослинності до її повного знищення, зростання процесів ерозії ґрунтів.

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається в основному з-за викидів підприємств промисловості, енергетики та автотранспорту, складування та утилізація промислових та побутових відходів, а також хімізації сільського господарства. У розвинених країнах зріст сільськогосподарської продукції на

50-60% пов'язаний з застосуванням мінеральних добрив, що дозволяє задовольнити потреби рослин у основних елементах споживання, а також значно підвищити урожайність сільськогосподарських культур. Оскільки мінеральні добрива застосовують у неочищеному вигляді, то разом з ними у ґрунти потрапляють метали й металоїди, малорухливі в цьому середовищі. Вони накопичуються у поверхневих горизонтах, де зосереджена коренева система рослин, тобто погіршується якість продукції.

Забруднення ґрунтів відбувається і внаслідок застосування пестицидів. *Пестициди* - загальна назва хімічних речовин, що застосовуються для боротьби з небажаними видами рослин, тварин (комахи) та мікроорганізмів. Пестициди за дією впливу на шкідників поділяються на такі групи: гербіциди - заходи знищення бур'янів, інсектициди - заходи для боротьби зі шкідливими комахами, нематоциди - заходи для знищення черв'яків, фунгіциди - заходи для боротьби з грибними і вірусними захворюваннями, бактеріциди - заходи для винищення збудників хвороб та інш. Отруйні та препарати, що застосовуються задля обкурювання сільгоспуділь, тваринних дворів і побутових споруд називають фумигантами, а речовини які відстрашують тварин - репелентами. Окрім того, застосовуються дефоліанти - заходи для видалення листя (наприклад, бавовнику під час механічного збору). По хімічному складу розрізняють хлорорганічні (ХОП), фосфорорганічні (ФОП), що містять Hg, As, Pb і інші токсичні сполуки.

При характеристиці пестицидів особливо часто використовується як токсикологічний показник LD_{50} - *доза середня летальна ефективна*, яка спричиняє загибель у 50% стандартної групи тварин при певному терміні такого спостереження; при введенні токсикантів в шлунок до 50 мг/кг - сильнодіючі речовини, 50-200 - високотоксичні, 200-1000 - помірнотоксичні, більше за 1000 мг/кг - малотоксичні.

Пестициди є типовими екотоксикантами. У цей час в світі зареєстровано більше ніж 1500 пестицидів, але для живих організмів особливу небезпеку представляють ХОП (ДДТ і його метаболіти, метафос, ГХЦГ, трефлан та інш.) і ФОП.

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 (*період піврозпаду*, 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 гербіцидів типу 2,4-D і 2,4-T - 0,1-0,4 роки, для фосфорорганічних інсектицидів 0,02-0,2 року і т.д.). Пестициди погано мігрують у водних розчинах через погану розчинність. Одним із основних фізичних факторів, які визначають поведінку пестицидів у ґрунті, є сорбція їх ґрунтовими частинками.

Сорбувальні властивості ґрунту залежать від його складу, вологості та температури. Зі підвищенням температури відбувається десорбція пестицидів.

Пестициди призводять до різного рівня екологічних порушень. Знижується біологічний потенціал, порушується рівновага, іноді збільшується чисельність тієї популяції, яку намагались знешкодити. Створюється небезпека для природних екосистем, середовище мешкання людини. Залишки пестицидів виявлені у рослинній і тваринній їжі, в підземних водах, відкритих водоймищах, тканинах птахів і риб, в органах і тканинах людей.

У наземних трофічних ланцюгах, які сприяють до надходженню токсичних хімічних речовин в організм людини (атмосфера - ґрунт - рослина - людина; атмосфера - ґрунт - рослина - тварина - людина), ґрунт є найбільш ємною і інерційною ланкою, внаслідок чого від нього багато в чому залежить швидкість розповсюдження ЗР по усьому ланцюгу. До того ж ґрунт є посередником між атмосферою і гідросферою для усієї кількості ЗР, які викидаються людиною у атмосферу; дуже часто ЗР до атмосфери надходять із літобіосфери.

Головними компонентами *інтенсифікації сільськогосподарського виробництва* є: використання добрив; широке застосування пестицидів; зрошення; перехід на інтенсивні сорти та породи, чутливі до поліпшення умов вирощування; індустриальні технології в рослинництві та тваринництві. В інтенсивному сільському господарстві було два піки: 1) “зелена революція” – впровадження інтенсивних високопродуктивних сортів, що вимагають високого агрофону, тобто значної кількості добрив та пестицидів; 2) *індустріалізація*, яка полягала в широкій заміні ручної праці машинною при орієнтації на добрива та пестициди. Негативні наслідки антропогенного впливу на ґрунти особливо помітно позначилися внаслідок “зеленої революції”, тобто значного зростання в 70-х роках ХХ сторіччя виробництва зернових культур на базі успіхів селекції, збільшення витрачання енергії, прогресивних форм агротехніки, широкого використання мінеральних добрив.

Захист ґрунтів від водної і вітрової ерозії включає цілий комплекс організаційних, агротехнічних, лісомеліоративних, гідротехнічних заходів.

Рекультивация - це відновлення порушених земельних площ з метою їх подальшого використання в різних галузях народного господарства. Етапи рекультивации : проектно-пошуковий, інженерний, біологічний. Основні напрями рекультивации техногенних ландшафтів : сільськогосподарський напрям, лісгосподарський, водогосподарське використання, рекреаційний напрям, будівельний та санітарно-гігієнічний напрями.

Широко застосовується *біологічний захист* - розведення і випуск в агроекосистеми сонечка, жужелиці, трихограми, мурашок і інших комах-хижаків і паразитів. При генетичному методі захисту в природні популяції впроваджують види або особин, які не здатні давати потомства. Перспективно застосовувати фітофагів проти бур'янів. Початі роботи по використанню пестицидних препаратів на основі природних інгредієнтів. Так, з колорадським жуком борються обприскуванням рослин настоєм зеленого перцю чіллі, що змішується з часником і тютюном; проти тлі, сарани, гусениць метеликів

застосовують пудру піретрум (ромашка). Інсектицидні властивості мають препарати з цибулі, часнику, софори, хрину, гірчиці, петрушки, блекоти, дурману і інш. У деяких регіонах світу (США) застосовують діатомову землю - подрібнені скелети мікроскопічних водоростей діатомій (додання 0,5-3 кг порошку на 1 т зерна захищає від поразки комахами). Важливим напрямом захисту рослин є інтегрований метод захисту, коли різними способами збільшують природну смертність шкідників (зміна термінів посіву і характеру розміщення рослин, розмірів полів, введення сталих проти шкідників порід і сортів тощо); пестициди при цьому використовуються так, щоб не порушувати систему біологічного контролю за шкідниками. *Біологічний контроль* - це регуляція чисельності популяцій їх природними ворогами: хижаками, паразитами і патогенними мікроорганізмами.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке літобіосфера ?
2. Які умови утворення ґрунтів ?
3. Які основні причини деградації ґрунтів ?
4. Які причини хімічного забруднення ґрунтів ?
5. Що таке пестициди ?
6. Які особливості пестицидів ?
7. Яку небезпеку для довкілля і здоров'я людини створюють пестициди і агрохімікати ?
8. Що таке "зелена революція" ?
9. Які принципи технічної і біологічної рекультивациі порушених земель ?
10. У чому полягає суть біологічного захисту агроєкосистем?

10 ПРИРОДНІ РЕСУРСИ. ОСНОВНІ ЗАКОНИ ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Класифікація природних ресурсів. Характеристика основних законів екології та природокористування.

Природні ресурси (ПР) - природні об'єкти і явища, що використовуються в теперішньому часі, минулому і майбутньому для прямого і посереднього споживання, сприяють створенню матеріальних оагатств, відтворюванню трудових ресурсів, підтримці умов

Природокористування (ПК) - сукупність впливів людства на географічну оболонку Землі, що розглядається в комплексі або сукупність всіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу.

Природно-ресурсний потенціал (ПРП), тобто - здатність природних ЕС без збитку для себе (а, отже, і для людей) віддавати необхідну для людства продукцію або виконувати корисну роботу в рамках господарства даного історичного типу; в більш вузькому економічному розумінні - доступна при даних технологіях і соціально-економічних відносинах сукупність ПР. Близьким по значенню є *еколого-економічний потенціал* (ЕЕП) -теоретично доступні для використання ресурси і властивості природних систем всієї планети і її регіонів. Під регіональним ЕЕП розуміються антропогенне навантаження на територію, яка ще не веде до збільшення негативного зворотного впливу природних систем, що порушуються, на господарський розвиток .

У ПК основним об'єктом досліджень є *природна система* (ПС) - система, складена природними структурами і утвореннями (підсистемами), що групуються в функціональні компоненти на вищих рівнях ієрархічної організації (біогеоценоз, біом, біосфера тощо). Для моделі ЕС характерна спрямованість зв'язків з боку чинників "середини" (об'єкт), насамперед на головний об'єкт -"господаря" (суб'єкт), а для моделі ПС типово визнання рівності всіх зв'язків. З позицій ПК інтерес можуть представляти як біотичні, так і абіотичні компоненти ПС, але оптимізація ПК передбачає збереження сприятливих умов для існування і розвитку живих організмів і, передусім, людської популяції. Системна сукупність всіх конкретних ПР як чинників життя суспільства в поєднанні з матеріальними і трудовими ресурсами називається *інтегральним ресурсом*.

Крім національних ПР, що повністю знаходяться під суверенітетом тієї або іншої країни, існують багатонаціональні ПР, тощо ресурси прикордонних рік, мігруючих тварин і птахів, внутрішніх морів і озер, на берегах яких проживають народи різних країн. Існують і міжнародні ПР, що є загальним надбанням (ресурси Світового океану за межами територіальних вод, атмосферного повітря, Антарктиди і Космосу).

Єдиної класифікації ПР немає. Звичайно ПР поділяються на невичерпні (сонячна енергія, вітер, поточна вода, прилив) і вичерпні, а останні в свою чергу поділяються на поновлювальні (чисте повітря, прісна вода, родючий ґрунт, рослини і тварини) і непоновлювальні (викопне паливо, металева і неметалічна сировина) ресурси. Найбільш повною представляється класифікація М.Ф. Реймерса. Згідно з цією класифікацією ПР диференціюються по наступних ознаках: 1) по джерелу і місцеположенню; 2) по швидкості вичерпання: швидко вичерпні і повільно невичерпні; 3) по можливості самопоновлювання і культивування: поновлювальні і непоновлювальні, тощо здібні або нездібні до самопоновлювання за строки сумірні з термінами їх споживання (рослинність, вода в річці, ґрунтові води - поновлювальні ПР, а мінерали, гірські породи, горючі корисні викопні - непоновлювальні); 4) по темпах економічного заповнення - за рахунок пошуку нових джерел або нових

технологій, тощо які можуть або не можуть бути відшкодовані для економічних потреб: поправні, або відшкодовані і непоправні, або невідшкодовані (дефіцит вуглеводневої сировини, заліза і марганцю на суші можна компенсувати освоєнням скупчень Світового океану); 5) по можливості заміни одних ресурсів іншими: замінімі (метали керамікою, пластмасою) і незамінні (оптимальний для дихання склад атмосферного повітря).

По джерелу і місцеположенню М.Ф. Реймерсом виділяється наступний ряд природних ресурсів: 1) енергетичні ресурси, 2) газово-атмосферні ресурси, 3) водні ресурси, 4) ґрунтово-геологічні ресурси, 5) ресурси процудентів, 6) ресурси косументів, 7) ресурси редуцентів, 8) кліматичні ресурси, 9) рекреаційні ресурси, 10) антропоєкологічні ресурси, 11) пізнавально-інформаційні ресурси, 12) ресурси простору і часу.

Теоретичною основою сучасної екології і ГЖ є деякі гіпотези, закони, правила і принципи. Наприклад, суть *гіпотези Геї* зводиться до біологічної регуляції геохімічного середовища. *Закон біогенної міграції атомів* - жива речовина бере пряму або непряму участь в геохімічних процесах в межах БС; *закон генетичної різноманітності* - все живе генетично різноманітно і має стійку тенденцію до збільшення біологічної різноманітності; *закон константності Вернадського* - кількість живої речовини за певний геологічний час існування БС є величина постійна; *закон піраліди енергії (або правило 10%)* - з одного на інший трофічний рівень переходить не більше за 10% енергії; *закон мінімуму* - стійкість організму визначається найбільш слабкою ланкою в ланцюгу його екологічних потреб; *закон толерантності* - лімітуючим фактором функціонування організму може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначають міра толерантності до даного фактора; *закон спільної дії природних факторів* - об'єм урожаю залежить не від одного, нехай навіть лімітуючого чинника, а від всієї сукупності екологічних факторів одночасно. *Правило 1%* - зміна енергетики природних систем в межах 1% виводить їх із сталого стану. *Принцип Реді* - живе походить тільки від живого; *принцип суцесійного заміщення* - біотичні співтовариства формують закономірний ряд екосистем, який веде до найбільш стійкої в даних умовах ПС.

Закони Б. Коммонера: 1) все пов'язане з всім; 2) все повинне кудись діватися; 3) природа знає краще; 4) ніщо не дається задарма або за все доводиться платити.

Закон внутрішньої динамічної рівноваги. Відноситься в рівній мірі як до екосистемних законів, так і до законів ПК, оскільки з цього закону витікають важливі для практики слідства, тобто є вузловим положенням в ПК. Суть закону зводиться до наступного: речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих ПС (в тому числі і екосистем) і їх ієрархії взаємопов'язані настільки, що будь-які зміни одного з цих показників викликають супутні функціонально-структурні кількісні і якісні зміни, які зберігають загальну суму речовинно-енергетичних, інформаційних і динамічних якостей систем, де ці зміни відбуваються, або в їх ієрархії. З вказаного закону витікають 4 слідства: 1) будь-яка зміна середовища (речовини, енергії, інформації, динамічних

якостей ЕС) неминуче призводить до розвитку природних ланцюгових реакцій, що йдуть у бік нейтралізації зробленої зміни або формування нових ПС, утворення яких при значних змінах середовища може прийняти безповоротний характер; 2) взаємодія речовинно-енергетичних екологічних компонентів (енергія, гази, рідини, субстрат, організми), інформації і динамічних якостей ПС кількісно нелінійна, тобто слабкий вплив або зміна одного з показників може викликати сильні відхилення в інших (і у всієї ПС загалом); 3) зміни в великих ПС відносно безповоротні - проходячи по їх ієрархії знизу вгору, від місця появи до БС загалом, вони міняють глобальні процеси і тим самим переводять їх на новий еволюційний рівень; 4) будь-яке місцеве перетворення природи викликає в БС і її найбільших підрозділах реакції, що приводять до відносної незмінності еколого-економічного потенціалу (правило "тришківна кафтану"), збільшення якого можливе лише шляхом значного зростання енергетичних внесків (згідно із законом зниження енергетичної ефективності ІЖ).

Закон обмеженості природних ресурсів. Оскільки Земля представляє собою природно обмежене ціле, то на ній не можуть існувати нескінченні частини. Обмеженість ПР виникає або внаслідок прямої вичерпності, або внаслідок збурення середовища мешкання, яке стає непридатним для господарства і життя людини. Обмеженість ПР, включаючи в це поняття і природні умови розвитку людства в історичному процесі, не може не впливати на продуктивні сили суспільства, а через них і на соціальні відносини.

Закон відповідності між¹ розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного прогресу. Кризові ситуації виникають не тільки при дисбалансі продуктивних сил і виробничих відносин, але і при дисбалансі продуктивних сил і ПРП.

Правило інтегрального ресурсу. Конкуруючі в сфері використання конкретних ПС галузі господарства неминуче завдають збитку один одному і тим сильніше, чим значніше вони змінюють екологічний компонент, що спільно експлуатується, або всю ЕС загалом (пряме слідство закону внутрішньої динамічної рівноваги). У рамках розподілу ресурсів на природні, трудові і матеріальні, правило інтегрального ресурсу охоплює всі згадані групи.

Закон падіння природно-ресурсного потенціалу. У рамках однієї суспільно-економічної формації, способу виробництва і одного типу технологій ПР стають все менш доступними і вимагають витрат праці і енергії на їх витягання, транспортування, а також відтворення.

Закон зниження ефективності природокористування. Діє він в рамках закону падіння ПРП. У процесі еволюції людства при отриманні з ПС корисної продукції на її одиницю затрачується все більше енергії, а енергетичні витрати на життя однієї людини весь час зростають.

Закон оптимальності і правило міри перетворення природних систем. Згідно із законом оптимальності, з найбільшою ефективністю будь-яка система функціонує в деяких характерних для неї просторово-часових межах, тобто ніяка система не може звужуватись або розширяться до нескінченності.

Правило територіальної екологічної рівноваги. Тільки природні ПС забезпечують стабільність, стійкість і надійність біосфери і її складових. У роботах Ю. Одума, Г. Одума показано, що максимальний урожай (а ширше, еколого-соціально-економічний ефект), може бути отриманий при певному поєднанні площ, перетворених людиною, і природними ЕС. Доцільна екологічна рівновага (100% цінностей, що отримуються) виникає при співвідношенні 40% площ перетворених і 60% площ природних ЕС. Видимо, як мінімум, співвідношення перетворених і практично незмінених площ повинне бути 1:1.

Закон зниження природоємності готової продукції. Збільшення наукоємності і енергоємності суспільного виробництва приводить в дію два позитивних процеси, що формулюються в вигляді розглядуваного закону: питомий вміст природної речовини в усередненій одиниці суспільного продукту історично неухильно знижується. Зростає мініатюризація виробів (ПЕОМ та інших), відбувається заміна ресурсоємних технологій ресурсозберігаючими.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке природні ресурси ?
2. Що таке природокористування ?
3. Що таке природно-ресурсний і еколого-економічний потенціал ?
4. Що таке інтегральний ресурс ?
5. Що таке природна система ?
6. Які ознаки класифікації природних ресурсів ?
7. Які природні ресурси виділяються по джерелу і місцеположенню ?
8. Сформулюйте основні закони екології і природокористування.

11 ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ СИСТЕМАМИ І ОПТИМАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Принципи штучного управління природними системами. Особливості “м'якої” і “жорсткої” форм управління природними системами. Еколого-економічна безпека. Особливості екологічної політики. Суть сталого розвитку природних систем.

Управління - елемент, функція організованих систем різної природи (біологічних, соціальних, технічних), що забезпечує збереження їх певної структури, підтримку режиму діяльності, реалізацію програми, мети діяльності. За визначенням М.Ф. Реймерса [5] управління - це організація (або самоорганізація) зв'язків між якимисьь складовими, що призводить до намічених

результатів (або саморегуляції). Засновується на необхідній інформації і направлене на підтримку або поліпшення функціонування керованої сукупності. Проводиться на базі природно виробленої або штучно створеної програми (послідовності дій для розв'язання задачі або послідовності подій, що призводить до певного результату).

У ПС існує *самоврядування* - природна самоорганізація взаємозв'язків всередині ПС, яка веде до її гомеостазу (стану внутрішньої динамічної рівноваги). Самоврядування в ході ПК складно взаємодіє з *штучним управлінням* ПС, тому результуючий процес може різко відрізнитися від наміченого (від програми). Частіше за все виникають протиріччя в зв'язку з різною "стратегією" природи і людини. Природні процеси направлені на досягнення вищої біомаси (вираженої в одиницях маси або енергії) при оптимумі різноманітності і мінімумі біологічної продуктивності (біомасі, що виробляється біоценозом за одиницю часу на одиниці площі). Людина прагне до максимальної корисної продукції (наприклад, до урожаю) при мінімумі різноманітності (монокультурі) і загальної біомаси. Вона прагне отримати максимум біомаси в корисних частинах рослин і тварин або до переважання повторної біомаси (домашніх тварин).

Штучне управління ПК повинно базуватися на наступних принципах [5]:

- 1) управління повинно бути направлене на досягнення якоїсь мети (цільова функція);
- 2) необхідно знати позитивні і негативні реакції керованої сукупності на вже проведені акції управління (урахування поточних реакцій);
- 3) важливе урахування об'єктивних обмежень ПРП і ЕЕП (урахування обмежень);
- 4) доцільно направляти всі процеси на виникнення бажаних матеріально-енергетичних зворотних зв'язків з посиленням досягнутого позитивного ефекту (наприклад, якщо число жертв-риб росте, то чисельність хижаків збільшується - позитивний зворотний зв'язок, але хижаки-риби, харчуючись рибами-жертвами, знижують їх чисельність - негативний зворотний зв'язок; при зростанні числа хижаків меншає число жертв, і хижаки, відчуваючи дефіцит їжі, також зменшують чисельність своєї популяції);
- 5) управління повинно бути ієрархічно організоване, що в свою чергу вимагає, щоб: а) дії нижнього рівня гармонійно комплектували вищестоящі по просторово-часовій ієрархії, б) вищі рівні ієрархії (по значущості в просторово-часовій розмірності) не перешкождали функціонуванню нижніх, в) число рівнів управління зводилося до мінімуму;
- 7) управління повинне бути оптимальним (згідно із законом оптимальності і іншими закономірностями);
- 8) управління доцільно організовувати на базі адекватної (цілком відповідної) управлінської форми;
- 9) ефективність управління вимагає відповідності цілям, як даного заходу, так і всіх інших суспільно необхідних дій з підсумовуванням позитивних результатів в бажаних розмірах;
- 10) управлінські рішення повинні бути своєчасними, без фізично і морально застарілих дій;
- 11) управління завжди прогнозно, враховує еколого-соціально-економічні наслідки на велику глибину у часі і засноване на багатоваріантному аналізі можливих ситуацій;
- 12) система управління повинна бути адаптивною, тобто змінювати свою структуру і способи

функціонування відповідно до набутого досвіду роботи, змінних зовнішніх умов і цілей управління.

Особливо необхідно відмітити принцип адекватності. Розрізняють “м'яку” і “жорстку” форми управління. “М'яке” управління - в основному опосередкований, непрямий вплив на ПК, як правило, за допомогою природних механізмів самоврядування (саморегуляції), хоч часом шляхом технічного конструювання цих механізмів. Воно направлене на відновлення колишньої природної продуктивності ЕС або підвищення її шляхом цілеспрямованої і заснованої на використанні об'єктивних законів ПК серії заходів, дозволяє направляти природні ланцюгові реакції в “м'яку” сприятливу для економіки і життя людей сторону. Прикладами заходів “м'якого” впливу на ПС є агролісомеліорація або вибіркоче вирубаня лісу. Так, при вибіркових рубках лісу зберігається лісова ЕС, а початкові витрати згодом поступово окупаються внаслідок запобігання збитків. “Жорстке” управління - безпосереднє, командне управління ПС, як правило, технічний і техногенний вплив і втручання в природні процеси, їх “виправлення” шляхом корінного перетворення самих механізмів і систем природи. Прикладів “жорсткого” впливу на ПС більш ніж досить (суцільне вирубаня лісу, освоєння цілинних земель, зораних земель, будівництво дамб на ріках, перекидання вод із одного річкового басейну в інший, іригаційні системи та інше). “Жорстке” управління базується на штучному перенапруженні і граничному омолодженні ПС. У зв'язку з цим воно вимагає заходів для підтримки екологічної рівноваги, здійснюваних головним чином шляхом “м'якого” управління. Більш низькі початкові витрати “жорсткого” впливу на ПС породжують ланцюг збитків, які потребують потім великих витрат на їх ліквідацію

Наприклад, економічно більш рентабельним вважається суцільне вирубаня лісу, при якому забирається вся деревина, але при цьому втрачається саме лісове середовище, падає рівень рік, відбувається заболочування і т.д. Відновлення лісової ЕС (якщо це можливо) потребує величезних витрат. Аналогічний приклад можна навести із створенням і підтримкою іригаційної мережі на цілинних землях. Перехід від “м'яких” до “жорстких” форм впливу доцільний лише при одночасній заміні екстенсивних форм господарства гранично інтенсивними і, як правило, в межах відносно коротких інтервалів часу. У довгостроковій перспективі ефективне лише “м'яке” управління природними процесами.

Високий економічний ефект від зрошуваних або осушених земель в початковий період експлуатації меліоративних систем дає “жорстке” управління (за допомогою технічних засобів) меліоративними агроекосистемами. Однак, відповідно до екологічного правила неминучих природних ланцюгових реакцій (першого висновку закону внутрішньої динамічної рівноваги) внаслідок “жорсткого” управління неминуче виникає необхідність компенсаційних витрат (витрати на рекультивацію зрошуваних земель, боротьба з ерозією ґрунтів, рекультивація малих річок тощо), які перевищать первинний ефект меліорацій [15].

“М'яке” управління забезпечується методами екологічної інженерії за

допомогою інженерно-біологічних систем. При цьому ланцюгові природні реакції направляють на підвищення стійкості агроєкосистем, розумну рекреацію і інш. Різноманітність видів меліорації дозволяють підібрати меліоративну систему з “м'яким” управлінням (біологічне землеробство на ландшафтній основі, системи лісових насаджень, фітоформи рослинності і т.п.) для конкретної агроєкосистеми. “М'яке” управління забезпечує стійкість і продуктивність агроєкосистеми так, що вилучення поновлювальних ПР, буде не більшим того, що агроєкосистеми можуть зробити, а відходи виробництва і споживання не перевищать можливості агроєкосистеми повертати їх в біологічний кругообіг природи.

Міру “жорсткості” управління можна знизити при реконструкціях існуючих зрошувальних систем (будівництво колекторно-дренажної мережі, облицювання каналів, впровадження водозбережних способів поливу і інш.). Наприклад, у степовій зоні найбільш перспективним напрямом екологічної інженерії є протиерозійні меліорації, основною теоретичною концепцією служить протиерозійна інженерно-біологічна система водозбору. Основними елементами протиерозійної інженерно-біологічної системи є захисні лісові насадження, протиерозійні гідротехнічні споруди, форми трав'янистої рослинності і ресурсозбережні технології обробітку сільськогосподарських культур, а при необхідності і, тимчасова зрошувальна система. У степовій зоні на полях протиерозійна інженерно-біологічна система - необхідність вибіркового зрошування з мінімальними нормами поливу - може виникнути лише в посушливі роки (1-2 рази на 10 років) додатково до атмосферного зволоження з ресурсів місцевого стоку і ґрунтової вологи.

Критеріями *еколого-економічної безпеки* можна назвати вимоги перебування значень індикаторів безпеки у визначених межах, перехід за які буде означити зниження рівня економічної безпеки для відповідного об'єкту або процесу до неприпустимого рівня. В процесі формування еколого-економічної безпеки важливе значення має поняття *ризик*. Ризик господарювання може призвести не тільки до втрати очікуваного прибутку, але й до певних надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних із значними економічними збитками, втратою здоров'я і навіть життя. *Збиток* – це втрата або небажана зміна якостей предмета безпеки, зниження його цінності для суб'єкта. Основні види ризику такі: 1) *добровільний ризик* – на який наражаються люди, що виконують певні службові або родинні обов'язки (персонал потенційно небезпечних підприємств і т.д.); 2) *примусовий ризик* - на який наражаються люди, що вимушено потрапили до зону впливу тих інших негативних факторів (мешканці жител, розташованих поблизу потенційно небезпечних об'єктів і т.д. ; 3) *ризик віддалених наслідків* – добровільний або примусовий ризик, пов'язаний з накопиченням в НПС або організму людини негативних чинників (ЗР), дія яких проявляється значно пізніше, ніж момент безпосереднього впливу негативного чинника; 4) *виправданий ризик* - добровільний ризик під час попередження подій, небезпека наслідків яких значно перевищує небезпеку, пов'язану з виконанням обов'язків щодо попередження цих подій. Основним показником ризику є імовірність його прояви. За рекомендаціями ВОЗ, процес

аналізу ризику щодо життя й здоров'я людини має 4 стадії: ідентифікація небезпеки; оцінка залежності “доза – ефект”; оцінка доз впливу; характеристика ризику [14].

Згідно ДСТУ 2156-93 *екологічний ризик* – це імовірність негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на НПС, які спричиняють незворотну деградацію ЕС. При цьому слід зазначити, що тут йдеться мова як про природні, так і про техногенно-природні фактори ризику. *Природно-техногенний ризик (Р)* – це імовірність несприятливих для населення наслідків любых антропогенних або техногенних змін природних об'єктів і факторів. Його складовими можуть бути техногенне навантаження (Т) і стійкість природи (ПС) до нього (С): $P = T / C$. До *техногенного навантаження* на НПС включено економічну освоєність території і сумарне забруднення НПС. *Економічна освоєність території* – це використання території для господарських цілей, будівництва доріг, населених пунктів тощо. *Сумарне забруднення території* – забруднення НПС (атмосферного повітря, природних вод, ґрунтів) проявляється через надмірну концентрацію тих чи інших ЗР вище фонових чи допустимих норм внаслідок введення в обіг речовин, які в природних ЕС не виробляються. *Стойкість НПС до техногенного навантаження* – здатність ПС (ЕС) під дією зовнішніх факторів зберегти набуту ними структуру і характер функціонування. Складовими стійкості НПС є: метеорологічний потенціал атмосфери, стійкість водних об'єктів, стійкість ґрунтів і біотичний потенціал. *Несприятливі природно-антропогенні процеси* – такі явища, які заважають виробничій діяльності людини, а іноді представляють небезпеку безпосередньо для населення (карст, зсуви, селеві потоки, ерозія ґрунтів, виникнення ярів, підтоплення тощо) [14].

Екологічна політика може здійснюватися в глобальних, державних і локальних масштабах за допомогою адміністративних і економічних (ринкових) методів регулювання. *Глобальна екополітика* - здійснення комплексу заходів для поліпшення якості середовища, що мають планетарний характер, а *державна екополітика* - забезпечення якості середовища шляхом законодавчих актів, методів адміністративного втручання і економічних механізмів в межах певної держави і її частин. Оскільки буферна місткість ЕС (здатність протистояти певному впливу забруднень без помітних негативних наслідків) обмежена, то існують різного роду екологічні обмеження. Такими обмеженнями можуть бути нормативні акти розвитку і розміщення продуктивних сил, в рамках яких може здійснюватися їх функціонування по територіях і ЕС тієї або іншої країни. Екологічними обмеженнями можуть бути: ліміти допустимих викидів ЗР в довкілля підприємствами і загалом по господарству території; ліміти допустимого використання (вилучення) ПР по природних об'єктах, ЕС і територіях. Ці ліміти ступінчасті, оскільки вони підлягають посилюванню протягом певного часу і доводяться, зрештою, до нормативного рівня. За порушення екологічних обмежень передбачаються різні види відповідальності. Така система екологічних обмежень сприяє перебудові виробництва і переорієнтації всієї економіки на безвідходну і маловідходну технологію і ресурсозберігання, тобто оптимізації ПК. Економіку НПС можна

розглядати як “економіку ресурсів”, тобто необхідно знайти своєрідний оптимум між “потребами” і “ресурсами”[13]. Потрібно зазначити, що екополітика окремих держав повинна бути скоординованою, бо, як справедливо відзначає Д. Ріфкін [13], “механістичне” сприйняття природи як окремих ресурсів поступово замінюється “біосферним” екологічним мисленням, тобто розглядом всіх взаємодіючих процесів. У зв'язку з цим принципи глобального ПК не можна розглядати у відриві від стратегії сталого розвитку.

Наприкінці 80-х років в науковій літературі значно поширився термін “сталий розвиток” (СР). Зараз є більше за 60 визначень сталого розвитку, серед яких найбільш поширене визначення, дане в доповіді комісії Брундтланд: “Сталий розвиток” - це такий розвиток, який задовольняє потреби теперішнього часу, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої потреби”. Є і такі визначення: розвиток, який не покладає додаткові витрати на наступні покоління; розвиток, який мінімізує екстерналиї, зовнішні ефекти між поколіннями; розвиток, який забезпечує постійне просте і/або розширене відтворення виробничого потенціалу на перспективу; розвиток, при якому людству необхідно жити тільки на проценти з природного потенціалу, не торкаючись його самого.

Суть СР може бути представлена двома ключовими моментами: 1) принципом справедливості для майбутніх поколінь; 2) комплексним прийняттям рішень. Перший момент акцентує увагу на дотриманні принципу справедливості відносно використання ПР майбутніми поколіннями. При цьому під СР розуміється такий розвиток, який задовольняє потреби сучасного покоління без ризику для майбутніх поколінь. Ідея СР націлена на затвердження стандартів рівня життя в НПС без зниження його ресурсів. Другий ключовий момент акцентує увагу на необхідності урахування екологічних обмежень при прийнятті економічних рішень.

Найважливішими критеріями СР пропонують використати два показники: 1) фізичне виживання (не просто залишитися в живих); 2) стабільні умови життєзабезпечення (рівні права на цілісний стан біосфери і її ПР як поколінь нинішніх, так і майбутніх).

У інтерпретації концепції СР сформувалося декілька концептуальних напрямів:

1. *Технократичний напрям.* Техніка створює проблеми, але вона ж їх і вирішує. Проголошується автотрофність розвитку. Наприклад, робиться висновок про можливу стійкість глобальної ЕС (біосфери).

2. *Ресурсно-технократичний напрям.* Основним постулатом є: стійке майбутнє є проблемою управління. Природа підвладна цілям людства. Так, згідно з концепцією “кордонів зростання” (Д. Медоуз і інші, 1972), щоб досягнути “глобальної рівноваги” необхідно: стабілізувати чисельність населення на рівні 1975 р.; продовжити збільшення капіталу до 1990 р. з подальшою його стабілізацією; скоротити використання ресурсів на душу населення до 1/8 рівня 1970 р.; зменшити інтенсивність забруднення навколишнього середовища в 4 рази в порівнянні з 1970 р. Зараз в рамках цієї концепції і усього ресурсно-технологічного напрямку загалом розширюють

використання і удосконалення енергетичного аналізу, що пов'язує СР з фізичними обмеженнями на розширення виробництва енергії або на продуктивність земель.

3. *Природоохоронний напрям.* Основною метою СР є охорона і збереження природи. Індикатором стійкості виступають якість повітря і води, продуктивність ґрунту, видова різноманітність і т.д. Через захоплення антропоцентризмом Ю. Одум назвав цей напрям “дрібною” екологією.

4. *Екологічний напрям.* У основу покладено розуміння партнерства у взаємодії людини і природи. Кінцевою метою удосконалення ПК є взаємодія з природою на рівні індивіда. Напрямок обстоює “глибинну” екологію з акцентом на єдність всього існуючого, релігійних і традиційних цінностей. Як відмічає Р. Перельот, “екоцентрична” орієнтація не є пов'язаною з якими-небудь науковими дисциплінами, а являє собою суб'єктивні знання або філософію.

5. *Культурологічний напрям.* Цей напрям не отримав значного поширення і орієнтується на аналіз соціальних і психологічних кордонів зростання.

Для скорочення витрат викопних ПР: відмовитися від випуску товарів шкідливих і не необхідних (полівінілхлориду, електросушилок для нігтьового лаку, одноразових склянок та інші); використати замкнені технологічні цикли для заміни первинних сировинних матеріалів вторинними; замінювати продукти з викопної сировини натуральними (заміна синтетичних товарів натуральними задача складна). Для збереження запасів вуглеводневої сировини на тривалий час необхідно: заборонити виробництво шкідливих і зайвих товарів; збільшити терміни експлуатації предметів домашнього побуту і інших товарів; повторно використати матеріали; замінювати викопні не відновлювані ресурси на такі, що відновлюються.

У світлі концепції СР в сфері виробництва необхідно радикально переглянути підходи і дії в таких напрямках: 1) замкнені технологічні цикли; 2) скорочення об'ємів викопних енергетичних ресурсів; 3) підвищення якості продукції; 4) більш раціональне використання транспорту.

Оптимізація ПК орієнтує економічну діяльність на ресурсозберігання і безвідходні або маловідходні технології. Одним з показників науково-технічного рівня виробництва є відходи, які представляють собою результат незавершеного технологічного циклу, для якого ще не знайдена область оптимального використання. Прикладів накопичення величезної кількості відходів виробництва і споживання більш ніж досить. Наприклад, в районі Курської магнітної аномалії до туронських відкладень приурочені могутні (декілька десятків метрів) поклади писальної крейди - сировини для виробництва цементу, шиферу, вапна, зубної пасти. Вони вилучаються при розкритті залізняка і йдуть у відвали, утворюючи техногенні форми ландшафту. Не знаходять практичного використання ті інші відкришні породи, які могли б зазнавати деметалізації, використовуватися як наповнювачі бетону (піщані породи), як природні мінеральні утворення, збагачені калієм (глауконіти).

Оптимізація ПК передбачає не тільки комплексне використання природної сировини, впровадження маловідходних технологій, але й ефективне використання відходів. Так, відходи збагачення мінеральної сировини в Україні використовуються тільки на 16,5 %, металеві шлаки на 43,6 %, золошлаки на 13,5 %. Всього в Україні щорічно утилізують 30 % промислових відходів, але існує проблема переробки і поховання токсичних промислових відходів. Не вирішена проблема деметалізації відходів. Актуальна проблема використання органічних відходів тваринництва. Не вирішені питання знешкодження і використання шахтних вод і попутних вод нафтогазових родовищ, які забруднюють поверхневі води. Вельми серйозні проблеми пов'язані з похованням радіоактивних відходів АЕС і підприємств. Не вирішені питання знешкодження і поховання пестицидів, заборонених до використання.

Запитання й завдання для самоконтролю

1. Що таке управління ?
2. У чому полягає самоврядування у природних системах ?
3. Назвіть основні принципи “м'якого” і “жорсткого” управління природними системами.
4. Які негативні екологічні наслідки “жорсткого” управління природними системами ?
5. У чому полягає суть сталого розвитку ?
6. Які основні концептуальні напрями сталого розвитку ?
7. У чому полягає суть концепції екотопії ?
8. Що таке екологічний ризик ?
9. Що таке “енвіронментальний простор” ?
10. Які принципи оптимального природокористування ?

ПЕРЕЛІК ТЕМ ДОПОВІДЕЙ НА СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ

1. Екологія. Структурні підрозділи сучасної екології.
2. Методи дослідження в екології.
3. Основні глобальні екологічні проблеми сучасності.
4. Сучасні уявлення про біосферу.
5. Етапи еволюції біосфери.
6. Ноосфера.
7. Основні екологічні фактори.
8. Екосистеми, їх класифікація.
9. Жива речовина та її роль в біосфері.
10. Трансформація енергії в екосистемах.
11. Екологічні піраміди.
12. Фізичне забруднення довкілля.
13. Особливості радіоактивного забруднення довкілля.
14. Особливості електромагнітного забруднення довкілля.
15. Хімічне забруднення довкілля.
16. Основні причини біологічного забруднення довкілля.
17. Основні джерела антропогенного забруднення атмосфери.
18. Характеристика смогів та їх негативний вплив.
19. Кислотні опади, їх негативний вплив.
20. Основні причини деградації озонового шару.
21. Основні причини парникового ефекту.
22. Шляхи поліпшення якості повітряного середовища.
23. Антропогенне забруднення поверхневих вод.
24. Специфіка фізичного, хімічного і біологічного забруднення підземних вод.
25. Основні причини забруднення морських вод.
26. Екологічні проблеми Чорного моря.
27. Основні етапи очистки стічних вод.
28. Основні причини деградації ґрунтів.
29. Пестициди, їх негативний вплив.
30. Основні методи захисту агроекосистем.
31. Основні принципи оптимального природокористування.
32. Принципи класифікації природних ресурсів.
33. Основні закони екології та природокористування.
34. Основні принципи “м'якого” і “жорсткого” управління природними системами.
35. Негативні екологічні наслідки “жорсткого” управління природними системами.
36. Суть сталого розвитку природокористування
37. Основні концептуальні напрями сталого розвитку .

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до семінарських занять з дисципліни “Екологія”
для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання
за спеціальністю: 122 “Комп’ютерні науки”
Рівень вищої освіти – молодший бакалавр, бакалавр

Укладач: к.геогр.н., доц. Нагаєва С.П.

Підп. до друку	Формат	Папір
Умовн. друк. арк.	Тираж	Зам. №
Надруковано з готових оригінал-макетів		

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
