

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

Сафранов Т.А.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для семінарських занять з дисципліни
«Загальна екологія та неоекологія»
для студентів спеціальності 101-Екологія

Одеса – 2018

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
1 ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ ПРИРОДНИЧИХ, СОЦІАЛЬНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ	6
2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ АУТЕКОЛОГІЇ (ФАКТОРІАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ)	12
3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДЕМЕКОЛОГІЇ (ПОПУЛЯЦІЙНОЇ ЕКОЛОГІЇ)	15
4 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СИНЕКОЛОГІЇ (ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ)	17
5 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ БІОСФЕРОЛОГІЇ (ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ)	24
5.1 Загальні уявлення про біосферу	24
5.2 Жива речовина і її роль в біосфері	26
5.3 Особливості біогеохімічних циклів	28
5.4 Суть глобального біологічного контролю	29
5.5 Схема еволюції біосфери	30
5.6 Основні причини порушення стійкості біосфери _____	43
6 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ НЕОЕКОЛОГІЇ (МЕГАЕКОЛОГІЇ). ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ	33
6.1 Загальні уявлення про антропогенний вплив	33
6.2 Антропогенний вплив на атмосферу та його негативні наслідки	38
6.3 Антропогенний вплив на гідросферу та його негативні наслідки	44
6.4 Антропогенний вплив на педосферу та його негативні наслідки	49
6.5 Антропогенний вплив на геологічне середовище та його негативні наслідки	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55
ДОДАТКИ	57

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БГЦ – біогеоценоз
БС – біосфера
БСК – біохімічне споживання кисню
ВМ – важкі метали
ГДК – гранично допустима концентрація
ГДС – гранично допустимий скид
ГМО – генетично модифікований організм
ГПЗ – геопатогенна зона
ГС – геологічне середовище
ЕЕП – еколого-економічний потенціал
ЕС – екосистема
ЕФ – екологічний фактор
ЖР – жива речовина
ЗПК – збалансоване природокористування
ЗР – забруднювальна речовина
ККД – коефіцієнт корисної дії
НПС – навколишнє природне середовище
НП – нафтопродукти
НС – навколишнє середовище
ПАН – пероксиацетилнітрат
ПВ – підземна вода
ПГ – парникові гази
ПК – природокористування
ПР – природні ресурси
ПРП – природно-ресурсний потенціал
ПС – природна система
ПУ – природні умови
ПФ – природні фактори
ПЧЛ – приповерхнева частина літосфери
СЗВ – синьо-зелені водорості
СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини
СР – сталий розвиток
ТПВ – тверді побутові відходи
ТХДД – тетрахлордібензодіоксин
ХЕ – хімічний елемент
ХПК – хімічне споживання кисню
ХФВ – хлорфторвуглеці
ХФВВ – хлорфторвуглеводні
ХОП – хлорорганічні пестициди
ФАР – фотосинтетично активна радіація
ФОП – фосфорорганічні пестициди
ШР – шкідлива речовина

ВСТУП

Екологія набула практичного інтересу ще на зорі розвитку людства, бо кожний індивідуум, щоб вижити, повинен був мати певні знання про оточуюче його середовище - сили природи, рослини і тварини. Власне, цивілізація і виникла тоді, коли людина навчилася використовувати вогонь, інші засоби й знаряддя, що дозволяють їй змінювати і пристосовувати середовище мешкання. Завдяки науково-технічному прогресу людство, здавалося, вже менше залежить від природи. Багато хто схильний забувати, що ця залежність збереглася. Людство продовжує залежати від енергетичних, мінерально-сировинних, біологічних, водних, інших природних ресурсів і умов. Основні закони природи не втратили свого значення, а із збільшенням антропогенних навантажень лише змінилася їх відносна роль і ускладнилася залежність від них.

Зараз екологію розуміють як науку про взаємовідношення живих організмів з середовищем їх мешкання або науку про закони взаємодії органічних угруповань один з одним і оточуючим їх абіотичним середовищем. Істотний антропогенний вплив на біосферу на усіх рівнях ще більше підвищив роль екології як одного з найважливіших наукових напрямів і не дивно, що екологію нерідко визначають як науку, яка досліджує закономірності функціонування організмів в їх природному середовищі мешкання з урахуванням змін, що вносяться в середовище діяльністю людини. Тому виникла необхідність вивчення не тільки взаємовідношення живих організмів з природним середовищем їх мешкання, але і в умовах зростаючого антропогенного тиску, що і зумовило формування на базі загальної (класичної) екології розділів сучасної екології (неоекології).

Метою вивчення навчальної дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» є: формування у студентів екологічного світогляду; знань про взаємодію живих організмів, популяцій та угруповань вищих рангів між собою та навколишнім середовищем; особливостей функціонування екосистем різних ієрархічних рівнів під впливом природних і антропогенних факторів, екологічних основ збалансованого природокористування тощо.

Задачами вивчення дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» є:

- отримання знань щодо основних принципів взаємовідношень між організмами, популяціями і угрупованнями та навколишнім середовищем;
- розуміння механізмів дії хімічних речовин, фізичних полів та біологічних агентів на життєдіяльність організмів;
- вміння оцінювати негативні наслідки антропогенного впливу на стан атмосферного повітря, природних вод, ґрунтового покриву, геологічного середовища та біоценозів;
- на базі загально-екологічних знань, вміти знаходити вірні рішення з питань збалансованого співіснування людини і природи;
- виховати у майбутнього фахівця (організатора природокористування) здібності й уміння по впровадженню екологічно безпечної діяльності людини.

Після освоєння дисципліни «Загальна екологія та неоекологія», студенти повинні отримати такі базові знання:

- мати уявлення про основний понятійно-термінологічний апарат;
- розрізняти типи взаємодії живих організмів між собою і навколишнім середовищем;
- мати уявлення про екосистеми різних типів;
- знати основні джерела та негативні наслідки забруднення природного середовища;
- знати екологічні основи охорони довкілля та оптимального

природокористування.

Після освоєння цієї дисципліни студенти повинні отримати такі базові вміння:

- застосовувати екологічні знання при оцінці стану різних природних середовищ;
- використовувати набуті знання при вирішенні питань охорони навколишнього середовища;
- виконувати нескладні екологічні узагальнення і розрахунки, що пов'язані з оцінкою екологічної ситуації.

Після освоєння дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» студенти повинні мати такі компетенції:

- базові уявлення про екологію як міждисциплінарну комплексну науку, що визначає шляхи ефективного співіснування техносфери та біосфери;
- використовувати знання загальної екології для дослідження стану об'єктів навколишнього природного середовища, оцінки механізмів впливу забруднень довкілля на живі організми.

Основні положення дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» є обов'язковими складовими сучасної екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

Вивчення дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» необхідна ланка у процесі підготовки фахівців рівня вищої освіти (РВО) «бакалавр» зі спеціальності 101 - Екологія. Ця навчальна нормативна дисципліна належить до циклу природничо-наукової, професійної та практичної підготовки освітньо-професійної програми. Екологія йде своїми коріннями з біології, але вже вийшла з цих вузьких рамок, оформившись у принципово нову інтегральну дисципліну, яка пов'язує фізичні і біологічні явища, вивчає розвиток, функціонування та прогнозування процесів сучасної біосфери та антропосфери і створює місток між природничими, соціально-гуманітарними і технічними науками. В наш час екологія розподіляється на низку наукових галузей і дисциплін, часом далеких від первинного розуміння екології як біологічної науки, хоч в основі всіх сучасних напрямів екології лежать фундаментальні ідеї біоекології, але основним об'єктом досліджень нині є не окремі біосистеми різних ієрархічних рівнів, а їх взаємодії з абіогенним середовищем, насамперед, взаємодії сукупності угруповань (біоценозів та біотопів). Саме на засвоєння цих основ і спрямована дисципліна «Загальна екологія та неоекологія», вивчення якої базується на знаннях, отриманих з таких фундаментальних навчальних дисциплін, як «Біологія», «Хімія з основами геохімії», «Фізика», «Геологія з основами геоморфології», «Метеорологія і кліматологія», «Гідрологія», «Геологія з основами геоморфології», «Ґрунтознавство», а отримані знання будуть використовуватись у подальшому при вивченні таких дисциплін: «Ландшафтна екологія», «Моніторинг довкілля», «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Техноекологія», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Урбоекологія», «Заповідна справа» тощо.

Головними формами організації вивчення дисципліни «Загальна екологія (та неоекологія)» є самостійна робота студенту над програмою курсу, програмні лекції, практичні заняття і індивідуальне завдання – домашнє завдання для студентів денної форми навчання і міжсесійна контрольна робота для студентів заочної форми навчання. Вивчення дисципліни «Екологія людини» завершується іспитом.

В програму курсу згідно з навчальним планом входить виконання курсової роботи, вимоги до оформлення якої наведені у додатку А.

1 ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ ПРИРОДНИЧИХ, СОЦІАЛЬНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ НАУК

Визначення, предмет і завдання екології. Тлумачення поняття «неоекологія». Об'єкт, предмет, методи досліджень та понятійно-термінологічний апарат неоекології (сучасної екології). Основні етапи розвитку екологічної науки. Сучасна екологія як міждисциплінарна наука. Поняття і структурні підрозділи сучасної екології. Основи системного аналізу, ієрархічність систем, рівні організації біосистем («біологічний спектр» за Ю. Одумом, 1986), принцип емерджентності. Основні етапи екологічних досліджень. Методи прогнозу в екології (експертної оцінки, екстраполяції, моделювання тощо). Загальні уявлення щодо екологічних законів, правил, принципів.

Слово «екологія» утворено від грецьких «*oikos*» - дім, житло, місцеперебування і «*logos*» - вчення, наука. Німецький біолог-еволюціоніст *Ернст Геккель* (1834 - 1919), який ввів цей термін в 1866 р., під екологією розумів суму знань про взаємовідносини тварини з навколишнім середовищем (НС), передусім - живими організмами, з якими вона контактує. Услід за *Е. Геккелем*, багато біологів розглядали екологію як науку про місце проживання живих організмів. Потрібно зазначити, що вже у працях древньогрецьких філософів містились відомості екологічного характеру. Однак, чисто екологічні дослідження стали проводитися лише в ХХ столітті, особливо в 1968 - 1970 рр., коли дуже гостро стали перед людством проблеми забруднення природних середовищ, зростання населення, виробництва продуктів харчування, мінеральних і енергетичних ресурсів та ін. Змінилося і саме поняття терміна «екологія».

Як відмічав *М.Ф. Реймерс* [1, 2], сучасна екологія з суто біологічної науки перетворилася в значний цикл знань, увібравши в себе розділи географії, геології, хімії, фізики, соціології, теорії культури, економіки, навіть теології - по суті справи, всіх відомих наукових дисциплін. Структурні підрозділи екології він виділяє за такими ознаками: 1) за розміром об'єктів вивчення; 2) по відношенню до предметів вивчення; 3) за середовищем і компонентами; 4) за підходами до предмета; 5) з точки зору на фактор часу.

Екологію за розмірами об'єктів вивчення поділяють на: *аут(о)екологію* (організм і його середовище); *популяційну екологію* або *демекологію* (популяція і її середовище); *синекологію* (біотичне угруповання і його середовище); *географічну* або *ландшафтну екологію* (великі геосистеми, географічні процеси за участю живої речовини і її середовища); *глобальну екологію* (мегаекологію, вчення про біосферу Землі).

По відношенню до предметів вивчення екологію поділяють на: екологію мікроорганізмів (прокаріот), грибів, рослин, тварин, людини; сільськогосподарську, промислову (інженерну), загальну екологію (як теоретичну узагальнюючу дисципліну).

За *середовищем і компонентами* розрізняють екологію суші, водоймищ, морську екологію, екологію Крайньої Півночі, екологію високогір'їв, екологію хімічну (геохімічну, біогеохімічну) і т.д.

За *підходами до предмета* виділяють *аналітичну екологію* (вивчає сучасні закономірності взаємовідношень організмів і їх популяцій з природним середовищем) і *динамічну екологію* (вивчає відношення організмів і їх популяцій із середовищем проживання в динаміко-еволюційному аспекті).

З точки зору на *фактор часу* розглядають *історичну екологію* (вивчає різні природні системи в межах часу впливу на них людини) і *еволюційну екологію* (вивчає екологічні аспекти еволюції).

За *М.Ф. Реймерсом* [1], основними структурними гілками *біоекології* є: екологія історична, археоекологія, екологія еволюційна, палеоекологія, аутекологія,

демекологія, синекологія; екологія тваринного світу, екологія рослин; екологія інших систематичних груп.

Загальна екологія – розділ екології, що досліджує загальні закономірності взаємовідносин біотичних і абіотичних складових екосистем. За *М.Ф. Реймерсом* [1], загальна екологія – галузь науки про загальні закономірності взаємовідношень організмів і середовища (на думку деяких вчених – лише надорганізмові системи), характерних як для прокариот, грибів і рослин, так і для тварин (включаючи людину як біологічну істоту).

Г.О. Білявським та ін. [3] розроблено класифікацію напрямів сучасних екологічних досліджень, які згруповано на системній основі з урахуванням галузевих особливостей взаємозв'язків та ієрархії. Найвищим за рангом узагальнюючим поняттям, що використовується в класифікації, є «універсальна» або «загальна» екологія - наука про тактику й стратегію збереження та стабільного розвитку життя на Землі.

На думку *Г.О. Білявського* та ін. [4], *біоекологія* вивчає найзагальніші закономірності взаємовідносин організмів та їх угруповань із зовнішнім середовищем у природних умовах, формує уявлення про екологію як економіку природи на основі вивчення потоків речовин, енергії та інформації в життєдіяльності організмів, їх груп та біологічних систем. Вона є материнським субстратом і головною складовою сучасної екології.

В «*Екологічному словнику*» (2001) наводиться більш лаконічне визначення біоекології – дисципліна, що вивчає відношення організмів (особин, популяцій, біоценозів) між собою і навколишнім середовищем.

Прикладна екологія вивчає механізми руйнування біосфери (БС), розробляє методи запобігання йому й способи раціонального природокористування (ПК). За *Г.О. Білявським* та ін. [4] вона складається із трьох основних блоків - геоекологія, техноекологія і соціальна екологія, але за *М.Ф. Реймерсом* [1] прикладна екологія трактується як наука, що вивчає механізми руйнування БС людиною, способи запобігання цьому процесу і розробки принципів раціонального використання природних ресурсів без деградації середовища життя; прикладна екологія базується на системі законів, правил и принципів екології і природокористування.

Геоекологія вивчає специфіку взаємовідносин організмів і середовища їх існування в різних географічних зонах, дає екологічну характеристику різних географічних регіонів, областей, районів, ландшафтів, розглядає наслідки ендо- й екзогенних геологічних процесів, видобування корисних копалин [4].

Тхноекологія пов'язана із такими об'єктами людської діяльності, як енергетика, промисловість, сільське господарство, транспорт, військова справа, космос. Вона визначає обсяги, механізми й наслідки впливів на довкілля та здоров'я людини різних галузей і об'єктів, особливості використання ними природних ресурсів, розробляє регламентацію ПК й технічні засоби охорони природи, опікується проблемами поводження з відходами та відтворення зруйнованих екосистем (ЕС), екологізацію виробництва.

Соціальна екологія досліджує специфічну роль людини у довкіллі не як біологічного виду, а соціальної істоти, вивчає шляхи оптимізації взаємовідносин людського суспільства з природою, формує екологічну свідомість, екологічну культуру тощо.

Як відмічає *В.П. Кучерявий* [5, 6], екологію можна умовно поділяти на п'ять великих підрозділів: 1) *аутекологія*, або *факторіальна екологія* (вивчає взаємозв'язки представників виду з оточуючим їх середовищем, а також вплив середовища на морфологію, фізіологію та поведінку організмів); 2) *демекологія* (описує коливання

чисельності різних видів і встановлює їх причини); 3) *синекологія* (аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і оточуючим середовищем); 4) *біогеоценологія*, або *екосистемологія* (вивчає біогеоценотичний шар земної кулі і, зокрема, конкретні біогеоценози, в яких взаємодіють біоценози і абіотичне середовище); 5) *біосферологія* або *глобальна екологія* (вивчає біосферу як єдине планетарне ціле, з'ясовує закономірності еволюції біосфери).

Сучасна загальна, або «велика» екологія (мегаекологія) трактується як науковий напрям, що розглядає якусь значиму для центрального члена аналізу (суб'єкта, живого об'єкта) сукупність природних і почасти соціальних (для людини) явищ і предметів з точки зору інтересів цього центрального суб'єкта або живого об'єкта. Формується «*неоекологія*» зі своїм об'єктом дослідження, методами, понятійно-термінологічним апаратом і структурою [7]. Основною передумовою для виділення новітнього етапу в розвитку екологічної науки («неоекології») є зростаючі масштаби антропогенезу (техногенезу). Саме ця обставина і стала причиною розширення меж класичної екології та формування сучасної екології («неоекологія»). Але при цьому необхідно враховувати важливість процесів антропогенного впливу на умови функціонування живих організмів і природних екосистем в цілому, не претендуючи на якусь універсальність цього впливу при вирішенні всіх природоохоронних завдань.

Внаслідок невизначеності поняття «екологія», тісного зв'язку її з енвайронментологією і природокористуванням, поки що немає єдиного уявлення про структурні підрозділи цієї дисципліни. Галузі екології формуються неоднорідно, а тому характеризуються різною повнотою й обсягом. Сьогодні налічується близько 50 розгалужень екології.

Екологічна діяльність нині обов'язкова, а здебільшого – одна із основних складових будь-якої сфери людської діяльності.

Базовими поняттями в екології є «середовище», «навколишнє середовище», «природне середовище», які характеризуються різноплановістю тлумачення: *середовище* – сукупність всіх умов, що оточують річ, рослину, тварину чи людину і безпосередньо чи опосередковано впливають на них; *навколишнє середовище* (НС) – сукупність абіотичного, біотичного і соціального середовища, що разом справляють вплив на людину (біоту) та її життєдіяльність; *навколишнє природне середовище* (НПС) – сукупність абіотичного, біотичного і соціального середовища, що разом справляють вплив на людей та їх господарство (більш вузьке поняття, ніж НС).

Екологія найтісніше пов'язана з *енвайронментологією* (від англ. *environment* - навколишнє середовище) – комплексною наукою про оточуюче середовище людини (насамперед природного середовища), його якість і охорону, а також з *енвайронменталістикою* - технічним додатком до енвайронментології, включаючи очищення викидів в атмосферу, стічних вод, утилізацію відходів та інших технологічних аспектів охорони і поліпшення середовища. В літературі частіше мова йде про охорону природи або охорону навколишнього середовища, однак під «охороною природи» традиційно мається на увазі введення заборон, а не оптимізація природокористування. *Охорона природи* – система заходів, спрямованих на підтримку взаємодії між діяльністю людини і навколишнім природним середовищем, що забезпечує зберігання і відновлення природних ресурсів, попереджує прямий і опосередкований вплив результатів діяльності суспільства на природу і здоров'я людини. Охорона природи – прикладна екологічна галузь знань про збереження систем життєзабезпечення Землі – одним словом може бути визначена як *созологія* (від «созо» – «рятую») [2].

Окрім того, екологія тісно пов'язана із *природокористуванням* - наукою про сукупність впливів людства на географічну оболонку Землі, що розглядається в комплексі (на відміну від галузевих понять водокористування, землекористування, лісокористування та ін.).

В сучасній екології, енвіронментології і природокористуванні, на жаль, домінують принципи *антропоцентризму* (еґоцентризму) – світогляду, який трактує людину як центр і найвищу мету світобудови. Чисельні сучасні екологічні імперативи охорони навколишнього середовища та природокористування є відверто антропоцентричними.

У зв'язку з цим екологічна складова сучасної енвіронментології і оптимального природокористування повинна ґрунтуватися на принципах *біоцентризму* (екоцентризму) - погляду, згідно якого будь-яке життя має цінність і вважається центральним критерієм діяльності.

Таким чином, *сучасна екологія* – це міждисциплінарна, комплексна, інтегрована наука, яка сформувалася і продовжує формуватися на перетині природничих, соціальних і технічних наук. Вона найтіснішими зв'язками пов'язана з енвіронментологією і природокористуванням. Як зазначає *М.Ф. Реймерс* [1]: «Екологія як така – лише фундаментальна основа для природоохоронного і середовищеохоронного знання, є основа невід'ємна і абсолютно необхідна. Все інше – лише її прикладні сфери. Всі вони мають свої постулати і теоретичні узагальнення, які базуються на екологічному фундаменті».

Таким чином, предметом вивчення класичної екології є закономірності взаємовідносин живих організмів між собою та навколишнім середовищем, характерних як для рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів та вірусів, так і для людини, а також структурно-функціональна організація екосистем як своєрідних утворень. Предметом вивчення неоекології виступають закономірності розвитку, функціонування і прогнозування подальшого стану антросфери (частини біосфери, яка використовується і видозмінюється людьми).

У розвитку екології як науки можна виділити декілька основних етапів або періодів [8]:

- *I період* - до 1866 р., тобто до введення *Е. Геккелем* терміну «екологія» і обґрунтування її як самостійної наукової дисципліни; для цього періоду характерна відсутність власного понятійного апарату;
- *II період* - від 1866 до 1936 р. - період формування факторіальної екології, виявлення закономірностей відносин тварин і рослин до різноманітних абіотичних факторів;
- *III період* - з 1936 р. до початку 1970-х років - період сінекологічних досліджень;
- *IV період* - з початку 1970-х років до середини 1980-х років - вивчення екосистем в їх розвитку;
- *V період* - останні роки - становлення системного підходу до вивчення екологічних об'єктів.

Більш детальні уявлення про виникнення і розвиток екологічних знань наведені у підручниках *В.П. Кучерявого* [5, 6] та у багатьох інших джерелах інформації.

Сучасна екологія, як інтегруюча наука, базується на діалектичних, загальнонаукових, кібернетичних, біологічних, геологічних, географічних та фізико-хімічних *законах*. Найбільш детально теорії, закони, правила, принципи і гіпотези розглянуті в роботі *М.Ф. Реймерса* [2], які відображають основні закономірності систем «організм - середовище», «популяція - середовище», «біотичне угруповання - середовище», «людина - природа» тощо. Межі цих закономірностей умовні, оскільки, наприклад, закономірності системи «популяція - середовище» необхідно розглядати з урахуванням закономірностей систем «організм - середовище» та «біотичне угруповання - середовище». Так звані «екологічні закони» розповсюджуються на

питання охорони навколишнього середовища і природокористування. У відповідних розділах цієї роботи будуть розглядалися деякі гіпотези, закони, правила і принципи, які є теоретичною основою сучасної екології, енвайронментології і збалансованого природокористування.

В залежності від мети екологічних досліджень в сучасній екології використовуються різноманітні *методи досліджень*. Екологічні дослідження вимагають систематичного дотримання чотирьох послідовних етапів: 1) спостереження; 2) формулювання на основі спостережень теорії про закономірність досліджуваного явища; 3) перевірка теорії наступними спостереженнями й експериментами; 4) спостереження за тим, чи правдиві передбачення, основані на цій теорії. В екології використовують три основні групи методів: 1) польові спостереження; 2) експериментальні дослідження в полі і лабораторних умовах; 3) моделювання. Техніка обробки інформації залежить від методики досліджень; частину інформації можна опрацьовувати безпосередньо на об'єкті досліджень, але основну – в камеральних умовах (звичайно за допомогою ПЕОМ) [5]. Широко використовуються математичні (статистичні) методи обробки інформації, методи моделювання (у т.ч. математичного моделювання) та прогнозування.

Метод експертної оцінки. Суть методу в сучасному розумінні зводиться до процедури отримання оцінки проблем на основі думки спеціалістів даної галузі знань (експертів) з метою наступного прийняття рішення. Використовується в тому випадку, коли об'єкти прогнозу не піддаються формалізації повністю або частково. За допомогою методів експертної оцінки можна підвищити надійність прогнозів, отриманих за допомогою інших методів. Одним з видів науково-практичної діяльності, де реалізується метод експертної оцінки, є *екологічна експертиза*, що являє собою систему державних природоохоронних заходів, направлених на перевірку відповідності проектів, планів і заходів в області господарського будівництва і використання природних ресурсів вимогам захисту довкілля.

Метод екстраполяції. *Екстраполяція* - перенесення даних, отриманих в одній точці, на аналогічні площі більшого або меншого розміру, або обчислення подальшого ряду значень якоїсь властивості, виходячи з характеру закономірності її попередньої зміни (продовження відомого ряду на майбутній відрізок часу або на невідомий ще, але передбачуваний аналогічний простір). Інколи до екстраполяції відносять пошук проміжних значень якої-небудь властивості між відомими його значеннями (*інтерполяція*). Метод екстраполяції використовується вибірково для короткострокових прогнозів. Застосовується в тому випадку, якщо розвиток процесів за значний період часу йде рівномірно без значних стрибків. Метод широко використовується при дослідженнях в області моніторингу НС тощо.

Метод моделювання. *Моделювання* – метод дослідження складних об'єктів, явищ і процесів шляхом їхнього спрощеного імітування (натурного, математичного, логічного); ґрунтується на теорії подібності. Спрощені версії реального світу називаються *моделями*. У моделях знаходять відображення найістотніші, найважливіші властивості та функції іноді складного і різноманітного процесу і об'єкта. Наприклад, моделювання процесів поширення домішок в НПС повинно використовувати загальні закони природи, яким надається форма, що відповідає специфічним особливостям досліджуваного явища. Більш широко в екології використовують абстрактні моделі, які в залежності від апарату дослідження поділяють на: *вербальні моделі* - це суто словесні описи елементів та процесів ЕС; *графічні моделі* - схематичні зображення компонентів системи та зв'язків між ними; *математичні моделі*, які описують ЕС у вигляді математичних виразів. Таким чином модель – це фізична (матеріально-натурна) чи знакова (математична, логічна) звичайно спрощена подібність реального об'єкта,

явища чи процесу; зменшена подібність реального об'єкта; діюча модель або тільки імітуюча форма чого-небудь, макет; схема, зображення чи опис якого-небудь явища чи процесу в природі і суспільстві.

Методологічною основою екології як науки є *системний підхід* - методологічний напрям в науці, основна мета якого зводиться до розробки методів досліджень і конструювання складно організованих об'єктів – систем різних типів і класів. Нараховується 30 - 40 визначень терміна «система»: система – сукупність елементів, які знаходяться у відношеннях і зв'язках між собою і утворюють цілісну єдність; система – це впорядковано взаємодіючі і взаємопов'язані компоненти, що утворюють єдине ціле; система – це комплекс взаємодіючих компонентів, або сукупність елементів, які знаходяться у певних взаємовідношеннях з середовищем і т.ін. Наприклад, угруповання дерев (гай) – *надсистема*, дерево – *система*, лист – *підсистема*.

На кожному рангу у системи є тільки одна функція. Функції рангів не збігаються між собою. Функцію системи визначають її надсистеми. ЕС – складні ієрархічні структури, в яких при об'єднанні компонентів в більші функціональні одиниці виникають нові якості, 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 є «чорною скринькою») називають *холістичним*. «Чорна скринька» (*black box*) означає, що невідомі внутрішні закономірності; відомо тільки, що на «вході» і «виході», але це дозволяє вносити зміни у систему, і, відповідно, управляти системою (наприклад, з позицій кібернетики БС, як складова ЕС, описується як «чорна скринька»). «Біла скринька» (*white box*) – це система, яка складається із певних компонентів, зв'язаних певним чином, які перетворюють сигнали за певними алгоритмами і законами. Найчастіше застосовують *редукційний метод*, тобто властивості цілого визначають на основі аналізу його окремих частин або підсистем. Ідеальне вивчення *тричленної ієрархії*: системи, підсистеми і надсистеми. При вивченні ЕС використовують польові спостереження, експерименти в полі і лабораторних умовах, методи моделювання. Уявлення, які складаються щодо будь-яких систем, називаються *моделями*.

Ієрархічний підхід (ієрархія - розташування ступінчастим рядом). Ген → органела → клітина → тканина → орган → організм → популяція → угруповання – це головні рівні організації життя; вони розміщені в ієрархічному порядку – від малих біосистем до великих. Як вважає Ю. Одум [9], зміст сучасної екології найкраще визначати з концепції рівнів організації, які складають своєрідний «біологічний спектр». Якщо розташувати основні рівні (шаблі) організації життя в ієрархічному порядку, то на кожному рівні організації (ступені), внаслідок взаємодії з фізичним середовищем (енергією і речовиною), виникають характерні *функціональні системи*: *біотичні компоненти* (гени → клітини → органи → організми → популяції → угруповання) ⊕ *абіотичні компоненти* (речовини, енергія) = *біотичні системи* (відповідно – генетична система → клітинна система → система органів → система організмів → популяційна система → система угруповань або *екосистема*).

Основними ланками екологічної структурної ієрархії є *організми, популяції та угруповання (біоценози)*. Як зазначалось вище, *екологія вивчає головним чином біосистеми надорганізмового рівня*, тобто популяційні системи й системи угруповань, розташовані в правій частині «біологічного спектра». Однак кожен рівень у «біологічному спектрі» взаємопов'язаний з іншими рівнями; тут не можна знайти різких меж. Їх немає між організмами і популяцією (групою особин даного виду організму).

Принцип емерджентності. Емерджентність – наявність у системного цілого особливих властивостей, не притаманних його підсистемам і блокам, а також сумі елементів, які не об'єднані системоутвірними зв'язками. Справедливим є стисле античне визначення: ціле більше за суму його частин. Важливим наслідком ієрархічної організації життя є те, що в міру об'єднання компонентів у більш великі функціональні одиниці у цих нових одиниць виникають властивості, відсутні на попередньому рівні організації. Такі якісно нові, емерджентні, властивості екологічного рівня не можна передбачити, виходячи із властивостей компонентів, що складають цей рівень або одиницю. Цей принцип Ю. Одум [9] розглядає, виходячи з поняття про властивості, що наводяться, суть якого полягає в тому, що властивості цілого неможливо звести до суми властивостей його частин.

Питання до семінарських занять:

1. *Що таке класична екологія (біоекологія)?*
2. *Що таке сучасна екологія?*
3. *Чому сучасна екологія є міждисциплінарною наукою?*
4. *За якими ознаками виділяються структурні підрозділи екології?*
5. *Що таке «навколишнє середовище»?*
6. *З якими науками найтісніше пов'язана сучасна екологія?*
7. *У чому суть антропоцентризму і біоцентризму?*
8. *Які основні методи оцінки і прогнозу використовуються в екології?*
9. *У чому суть системного підходу?*
10. *У чому суть ієрархічного підходу?*
11. *У чому суть принципу емерджентності?*

2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ АУТЕКОЛОГІЇ (ФАКТОРІАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ)

Визначення «середовище» та типи середовищ. Закон єдності організму та середовища (В.І. Вернадський). Екологічні фактори, умови, ресурси. Класифікація екологічних факторів (М.Ф. Реймерс, 1990): за часом, за періодичністю, за черговістю виникнення, за походженням, за середовищем виникнення, за характером, за об'єктом, умовами, ступенем та спектром дії. Абіотичні екологічні фактори: кліматичні (світло, тепло, волога, тиск тощо); ґрунтові або едафічні (гранулометричний склад, щільність, вологість, склад ґрунтових розчинів тощо); хімічні (хімічний склад атмосферного повітря, природних вод, ґрунтів, геологічного середовища тощо). Біотичні екологічні фактори: гомотипові та гетеротипові реакції; фактори живлення. Антропогенні екологічні фактори та їх вплив на абіогенні і біогенні природні компоненти. Адаптація до дії факторів: фізіологічна та еволюційна, енергетична, речовинна та інформаційна адаптації. Основні закони факторіальної екології (мінімуму Лібиха, толерантності Шелфорда, сумісної дії факторів Мітчерліха-Бауле, конкурентного виключення Гаузе тощо).

Система організм (вид, особина)-середовище є класичним об'єктом вивчення факторіальної екології (аутекології, аутоєкології).

Організм у середовищі свого існування перебуває під впливом екологічних факторів. Екологічний фактор (ЕФ) – це будь-яка умова середовища, що прямо чи опосередковано впливає на організм протягом хоча б однієї з фаз його життя.

ЕФ класифікуються за такими ознаками: 1) за часом - еволюційні, історичні, нині діючі; 2) за періодичністю - періодичні, неперіодичні; 3) за черговістю виникнення - первинні, вторинні; 4) за походженням - космічні, абіогенні, біогенні, природно-антропогенні, антропогенні (у т.ч. техногенні забруднення довкілля), антропічні (у т.ч.

фактори неспокою); 5) *за середовищем виникнення* - атмосферні, водні, геоморфологічні, едафічні, фізіологічні, генетичні, популяційні, біоцентичні, екосистемні, біосферні; 6) *за характером* - інформаційні, речовинно-енергетичні, фізичні (у т.ч. геофізичні, термічні), хімічні (зокрема, солоності, кислотності тощо), біогенні, комплексні (системотвірні), екологічні, географічні, еволюційні, кліматичні; 7) *за об'єктом дії* - індивідуальні, групові (у т.ч. етологічні, соціально-психологічні, соціальні, соціально-економічні), видові (у т.ч. людський фактор, фактори життя суспільства); 8) *за умовами дії* - ті, які залежать від щільності, і ті, які не залежать від щільності; 9) *за ступенем дії* - летальні, екстремальні, лімітуючі (обмежувальні), неспокійні, мутагенні, тератогенні; 10) *за спектром дії* - вибіркові, загальної дії [1].

Організм (живий організм) – будь-яка біологічна система, що складається із взаємозалежних елементів, взаємозв'язки яких та особливості обумовлені їхнім функціонуванням як єдиного цілого. Більшість організмів мають клітинну будову (одноклітинні, багатоклітинні). Усі організми поділяють на *еукаріоти* (вищі організми, клітини яких містять чітко сформоване ядро з оболонкою, що відділяє його вміст від цитоплазми) та *прокаріоти* (організми, які не мають сформованого клітинного ядра - справжні бактерії, архіобактерії).

Середовище – це сума всього, що знаходиться в оточенні якогось живого чи неживого об'єкта, або сукупність усіх умов, що діють на організм (популяцію, біоценоз), спричинюючи їх відповідну реакцію, забезпечуючи їх існування та обмін речовин і енергії.

Згідно *закона єдності організму та середовища*, між живими організмами і навколишнім середовищем існують тісні взаємовідносини, взаємозалежності і взаємовпливи, які зумовлюють їхню діалектичну єдність. Постійний обмін речовиною, енергією та інформацією між організмом і середовищем матеріалізує і робить пластичною цю єдність. Біологічні системи на будь-якому ієрархічному рівні є відкритими системами. Вони отримують для свого існування з навколишнього середовища речовини (хімічні елементи), енергію (сонячну і хімічну) та інформацію і віддають до довколишнього середовища трансформовані речовини, енергію та інформацію, таким чином активно впливаючи (кількісно) на нього, змінюючи його. У системі організм-середовище найактивнішим є саме організм (жива речовина). Ця закономірність вперше виявлена і сформульована (у формі біогеохімічних принципів) *В.І. Вернадським*. Єдність організму та середовища - один із фундаментальних аспектів унікальності біогенної міграції і лежить в основі пізнання функціонування біосфери, що є теоретичним і практичним фундаментом екології.

Усі ЕФ є мінливими, тому організми змушені весь час пристосовуватись до них. Внаслідок цього у живих організмах виникають специфічні пристосувальні механізми і реакції на зміну ЕФ, які називають *адаптацією*. Адаптація – це сукупність реакцій живої системи, що дозволяє підтримувати її функціональну стійкість при зміні умов середовища. Здатність до адаптації – одна із властивостей життя, що забезпечує саму можливість його існування, і вона виявляється на всіх рівнях організації живої матерії.

Організми здатні пристосуватись (адаптуватись) до ЕФ. Здатність організму витримувати певну амплітуду коливання ЕФ називають *екологічною валентністю*, але для життя організмів значення має не тільки абсолютна величина сили дії фактора, а й швидкість її зміни.

За параметрами екологічної валентності розрізняють: *еврибіонтів* – організми з широкими пристосувальними можливостями, які можуть існувати в широкому інтервалі факторів середовища (температури, сонячної радіації, вологості тощо), наприклад, горобець, кімнатна муха, таргани, лисиця, морські зірки (можуть існувати

лише за солоності не нижче 30 % , тому у Чорному морі відсутні), карась китайський тощо; *стенобіонти* – організми, які можуть існувати лише за відносно сталих умов середовища (температурі, солоності, вологості, певна їжа тощо), наприклад, ендопаразити, журавель степовий тощо.

Ю. Лібіх (1840) звернув увагу на те, що витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб, тобто можливості життя лімітують ЕФ, кількість і якість яких близькі до необхідного організму або екосистемі мінімуму; подальше їх зниження веде до загибелі організму або деструкції екосистеми (суть *закону мінімуму*). Організм в певній мірі здатний замінити дефіцитну речовину або інший діючий фактор функціонально близькою речовиною чи фактором. Як показав *Ю. Лібіх*, *лімітуючим фактором* може бути як нестача (мінімум) деяких факторів (тепло, світло, вода, поживні речовини), так і їх надлишок. Висунутий *Ю. Лібіхом* принцип - «речовиною, що є в мінімумі, управляється врожай і визначається величина і стійкість останнього в часі», *Ю. Одум* [9] запропонував обмежувати концепцією мінімуму лише для хімічних речовин (*N, P, K, Ca, B* тощо), які необхідні для росту і розмноження організму. Цей закон ураховується в практиці сільського господарства. Наприклад, якщо *P* в ґрунті лише 20 % від необхідної норми, а *K* – 50 % від норми, то обмежуючим фактором буде недолік *P*; необхідно, в першу чергу, внести в ґрунт саме добрива, що містять *P*. Багато в чому закон мінімуму уточнюється законом толерантності.

Закон толерантності - стійкості живих організмів до дії факторів середовища ввів *В. Шелфорд* (1913). Діапазон між мінімальними і максимальними ЕФ називають *межею екологічної толерантності*. В основу екологічної характеристики організмів покладена їх *реакція* на вплив ЕФ. Організм здатний вижити лише в діапазоні мінливості даного ЕФ, який ще називають *амплітудою*. Як понад максимальні, так і величини нижче мінімальних значень даного ЕФ є згубними для організму. Порогове значення даного ЕФ, виражене в цифрах кількісними показниками, вище або нижче якого організм не може існувати, називають *критичною точкою*. Між цими критичними значеннями і розташована *зона екологічної толерантності*. В межах зони екологічної толерантності напруженість ЕФ є різною. Поряд з критичними точками розташовані *зони песимуму*, в яких існування організму обмежено дією зовнішніх умов. Далі розташовані *зони комфорту*, в яких спостерігається чітке зростання екологічних реакцій організму. В центрі знаходиться *зона оптимуму*, яка є найсприятливішою для функціонування організму. Схематично залежність між *реакцією організму* і *напруженістю ЕФ* можна представити таким чином: *нижня кардинальна точка (min) - песимум - комфорт - оптимум - комфорт - песимум - верхня кардинальна точка (max)*.

Лімітуючі *фактори*, передусім абіотичні, визначають, які саме види краще пристосовані до існуючих умов. Згідно *принципу еколого-географічного максимуму видів* (стабільності числа видів) для нормального функціонування будь-якої ЕС, в ній повинно існувати стільки і таких видів, скільки і яких необхідно для максимального ефективного використання наявної енергії і забезпечення кругообігу речовини.

Суть *закону сумісної дії факторів Мітчерліха-Бауле* полягає в тому, що величина врожаю залежить не лише від будь-якого (хай навіть лімітуючого) фактора, а від усієї сукупності факторів одночасно. Як показує вивчення комплексного впливу ЕФ, при змінах ЕФ змінюється також і відносний вплив факторів на функцію відгуку, інтервали толерантності, положення зони оптимуму, масштаб і форму конкретних реакцій на кожний з ЕФ. Усе це підкреслює необхідність вивчення залежностей функції відгуку від усієї сукупності факторів.

Загальноприйнятої класифікації ЕФ немає. Звичайно ЕФ поділяють на абіогенні, біогенні і антропогенні, або на абіотичні (кліматичні, ґрунтові) та біотичні (хижацтво, конкуренція, паразитизм). В окремих випадках антропогенні фактори виділяють у самостійну групу факторів, підкреслюючи тим самим надзвичайну дію антропогенного фактора. Таким чином, за походженням ЕФ, що діють на організми, прийнято поділяти на абіогенні, біогенні і антропогенні.

Абіогенні (абіотичні) фактори – умови або сукупність умов неорганічного світу, тобто фактори неживої природи з їх фізико-хімічними властивостями.

Біогенні (біотичні) фактори пов'язані як з прямим, так і опосередкованим впливом живих організмів на середовище нині і в минулі епохи. Крім того, виділяють *біологічні фактори* - породжені життям, тобто джерелом яких є безпосередньо живий організм або будь-яка їх сукупність (наприклад, взаємовідносини хижака і жертви як фактор скорочення чисельності жертви). Звичайно виділяють такі основні типи взаємодій між організмами (видами, популяціями): *нейтралізм (0 0)*, *конкуренція (- -)*, *аменсалізм (- 0)*, *паразитизм (+ -)*, *хижацтво(+ -)*, *коменсалізм(+ 0)*, *протокооперація (+ -)*, *мутуалізм(+ -)*; **0** означає відсутність значних взаємодій, **+** означає стимулювання життєдіяльності, **-** означає пригнічення життєдіяльності.

Антропогенні фактори - прямо чи опосередковано пов'язані з різними формами людської діяльності, що є причиною змін природного середовища існування живих організмів (абіотичних і біотичних факторів). На відміну від них *антропічні фактори* виникають в ході безпосереднього впливу людини на щось.

Існують і інші класифікації ЕФ, огляд яких наводиться, наприклад, у роботах *М.Ф. Реймерса* [1], *В.П. Кучерявого* [5, 6], *М.М. Мусієнка*, *О.В. Войцехівської* [10] та ін.

Враховуючи важливість ЕФ, можна дати ще одне визначення екології, як науки, яка вивчає умови існування живих організмів під впливом абіогенних, біогенних і антропогенних факторів.

Питання до семінарських занять:

- 1. Що є об'єктом вивчення аутокології?*
- 2. Що таке екологічний фактор?*
- 3. За якими ознаками класифікуються екологічні фактори?*
- 4. Що таке середовище і які існують типи середовищ?*
- 5. У чому полягає суть закону єдності організму та середовища?*
- 6. Що таке адаптація?*
- 7. Які типи організмів виділяються за екологічною валентністю?*
- 8. В чому суть закону мінімуму Ю. Лібіха?*
- 9. В чому суть закону мінімуму В. Шелфорда?*
- 10. В чому суть закону сумісної дії факторів Мітчерліха-Бауле?*
- 11. Які основні групи екологічних факторів?*
- 12. У чому суть принципу (закону) Г.Ф. Гаузе?*

3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДЕМЕКОЛОГІЇ (ПОПУЛЯЦІЙНОЇ ЕКОЛОГІЇ)

Визначення терміну «популяція». Нерівноцінність популяції. Ієрархія популяцій. Статичні параметри популяції: чисельність, щільність, біомаса, вікова, статевая, етологічна та генетична структури. Динамічні параметри популяції: народжуваність, смертність, типи росту та продуктивності. Основні типи біотичних взаємодій між популяціями в угрупованнях і біоценозах. Поняття

кoeволюції. Популяція як акцептор, який сприймає всю різноманітність порушень, що вносить в довкілля діяльність людини. Прикладні аспекти популяційної екології.

Якщо головним об'єктом досліджень аутоекології є система «організм-середовище», то *популяційна екологія (демекологія)* вивчає стосунки у надорганізмів системі «популяція – середовище». Досліджує особливості процесу розмноження та смертності в популяціях, їх життєвість, характер онтогенезу (індивідуального розвитку організму), засоби підтримання, стійкості тощо через призму впливу ЕФ.

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

Існують також інші визначення терміну «*популяція*»: 1) сукупність особин одного виду, що протягом великої кількості поколінь населяють певний простір; 2) усе населення якоїсь певної території (країни, провінції, будь-якої іншої адміністративної одиниці); 3) особини близьких видів, що разом мешкають на спільній території (акваторії).

Екологічна популяція – особини одного виду, що мешкають у межах одної екосистеми (одного біогеоценозу).

Для опису популяції, характеристики її структури використовують дві групи кількісних показників. Перші – *статичні*, характеризують стан популяції у певний визначений момент часу t . Другі – *динамічні*, характеризують процеси, що протікають у популяції за деякий проміжок часу Δt .

До *статичних показників* відносять загальну чисельність і щільність популяції, а також різні показники популяційної структури - просторової, вікової, розмірної, статевої тощо. Варто підкреслити, що самі по собі статичні показники сталістю не відрізняються. В часі вони змінюються.

Просторова структура популяції - це характер розподілу у популяційному ареалі окремих особин і їхніх угруповань. Такий розподіл залежить від нескінченної розмаїття зовнішніх умов та біологічних особливостей організмів (рухливість, способи розмноження та особливості розвитку, поведінкові аспекти тощо). Розподіл особин у популяції може бути: *випадковим*, *рівномірним* (більш регулярним, ніж при випадковому розподілі) і *груповим* (нерегулярним і не випадковим).

Упродовж свого існування популяція займає певну територію і зберігає середню *статистичну кількість* особин. Від кількості особин безпосередньо залежить функціональна значимість популяції в екосистемі. *Чисельність популяції* - загальна кількість особин на всій території або в об'ємі (води, ґрунту, повітря), які займає одна популяція. *Щільність популяції* - середня кількість особин, які припадають на одиницю площі чи об'єму. *Екологічна щільність* - кількість особин (або біомаса) на одиницю заселеності простору (тобто доступної площі або об'єму, які фактично зайняті популяцією). *Вікова структура популяції* – статистичний параметр, який характеризує співвідношення різних вікових груп організмів у популяції. *Статова структура популяції* - це показник представленості у популяції особин, які належать до певної статі. *Етологічна структура популяції* (характерна для тварин) – наявність у популяції особин, які можна згрупувати за особливостями поведінки. *Генетична структура популяції* – співвідношення частот генів та алелів, що мають особини, які складають популяцію.

Динамічні показники характеризують інтенсивність цих змін. Для оцінки статичних параметрів популяції достатньо провести одне спостереження у певний момент часу. Для визначення динамічних характеристик мінімальною кількістю таких

спостережень є два. Популяція являє собою не тільки просторове угруповання особин, а й певну цілісність, яка існує в часі. У найзагальнішому вигляді співвідношення процесів, що визначають динаміку чисельності популяцій, можна записати як: *приріст популяції* = (народження особин + імміграція особин) - (смертність особин + еміграція особин).

Величину приросту популяції часто називають *біотичним потенціалом* або *мальтузіанським параметром*, який характеризує можливості стабільного існування популяції та (або) здатність до її експансії. *Народжуваність популяції* – число особин (яєць, насіння і т. д.) - ΔNn , що народилися (чи відкладених) у популяції за певний проміжок часу Δt .

Ємність середовища – це максимально можлива чисельність популяції, яку можуть нескінченно довго підтримувати ресурси даного середовища. За таких умов популяція досягає стаціонарної величини чисельності, коли народжуваність відповідає смертності.

Смертність популяції - величина, протилежна народжуваності.

В усіх випадках використання біологічних ресурсів (лікарських, сировинних, рибних, мисливських тощо) спирається на здатність природних популяцій до автономної регуляції чисельності. Після вилучення з популяції деякої частини особин, їхня чисельність в популяції поступово відновлюється, а в багатьох випадках веде до збільшення потенціалу її відтворення. *О.В. Яблоков* [11] підкреслював, що визначення меж відведення особин та біомаси популяцій є центральним завданням природокористування. Популяція є першим акцептором, який сприймає всю різноманітність порушень, що вносить в НПС діяльність людини. Якщо антропогенна діяльність навіть і не направлена прямо на ту чи іншу популяцію, вона опосередковано сприймає такі дії. Перевищення порогів використання популяцій завжди загрожує серйозними наслідками.

Питання до семінарських занять:

1. *Що є об'єктом вивчення демекології?*
2. *Що таке популяція?*
3. *Які параметри використовують для характеристики популяцій?*
4. *Які основні типи структур популяцій?*
5. *Що є показниками динаміки популяцій?*
6. *У чому полягає прикладний аспект демекологічних досліджень?*

4 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СИНЕКОЛОГІЇ (ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ)

Екосистема як основний об'єкт вивчення в сучасній екології. Властивості біоценозу і біотопу – основних складових (підсистеми) екосистеми. Визначення та класифікація біоценозів. Критерії виділення біоценозів та їхні властивості. Закономірності просторового розміщення біоценозів. Принципи функціонування біоценозу. Трофічна, паратрофічна та конкурентна структури біоценозу. Динаміка біоценозів. Поняття «екологічна ніша» як центральний предмет вивчення екології. Правило обов'язкового заповнення екологічної ніші. Структура екологічної ніші (топічна, часова, трофічна, термальна, фундаментальна та реалізована, багатовимірні) та параметри екологічної ніші (ширина, ступінь перекриття). Екологічні сукцесії. Концепція клімаксу. Порівняльна характеристика понять «екосистема» і «біогеоценоз». Особливості структури та динаміки екосистеми. Показники динамічної рівноваги екосистем. Особливості кругообігу речовин в екосистемах (біогеохімічні цикли основних біогенних елементів та їх антропогенна складова). Загальна схема трансформації енергії в екосистемах (екологічна ентропія,

правила 10 % і 1 % тощо). *Поняття про екологічні піраміди і їх типи (чисельності, біомаси, енергії). Принципи класифікації екосистем; біомна та енергетична класифікація екосистем Ю. Одума (1986). Приклади природних, напівприродних і штучних екосистем. Стисла характеристика основних природних екосистем України.*

Поняття «*екосистема*» вперше було вжите англійським вченим А. Тенлі (1935), який запропонував таке визначення: «*екосистема = біотоп + біоценоз*». 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-наслідкових зв'язків, що існували між окремими компонентами. Сукупність живих організмів ЕС називають *біоценозом*. *Біотоп* – сукупність елементів абіотичного середовища (фактори фізико-географічного середовища) [11].

У ЕС жива та косна (нежива) речовини пов'язані між собою обміном речовин. Поняття ЕС застосовується до природних об'єктів різної складності й розмірності: Світовий океан або невелике озеро (або навіть акваріум), тайга або ділянка дубового гаю і т.д.

Термін «*біогеоценоз*» увів російський вчений В.М. Сукачов у 1940 р. У первинному визначенні – це сукупність однорідних природних елементів на певній ділянці поверхні Землі. Усі інші варіанти визначення зводяться до того, що *біогеоценоз* (БГЦ) – це ділянка земної поверхні з відносно однорідною рослинністю, тваринним світом, кліматичними і ґрунтовими умовами. Отже, БГЦ – це еволюційно сформована, територіально однорідна природна система живих організмів і абіотичних компонентів, пов'язаних між собою обміном речовин, енергії й інформації.

Незважаючи на те, що БГЦ і ЕС можна розглядати як синоніми, окремі дослідники вкладають у ці поняття різний зміст. Терміни «*біогеоценоз*» і «*екосистема*» можна вважати синонімами лише в тому випадку, коли вони розглядаються як біоценоз, який займає певну ділянку земної поверхні з подібними атмосферними, гідросферними, педосферними і літосферними умовами і характеризується однорідністю взаємозв'язків і взаємовпливів всередині біоценозу та зв'язків з його середовищем місцезростання, наявністю в цьому комплексі живої і неживої природи кругообігу речовини і енергії. З одного боку, БГЦ мають певну просторову (вертикально-горизонтальну) структуру, а з іншого боку вони часто не мають чітких меж між собою. Е.М. Лавренко і М.В. Диліс (1968) запропонували дуже влучне визначення: «*біогеоценоз – екосистема в межах фітоценозу*». Межі БГЦ проводяться по межах конкретного рослинного угруповання, в той час як ЕС є більш широким і менш окресленим поняттям, бо відноситься як до краплі води зі ставка, так і до БС загалом.

Синекологія – розділ екології, що вивчає угруповання різних видів (популяцій) рослин, тварин, мікроорганізмів, їхніх трофічних груп, шляхи їх формування та біотичні взаємодії тощо; базується на положенні, що організми взаємодіють між собою, формуючи певні угруповання [11]. Таким угрупованням і виступає *біоценоз*, утворюючи цілий блок (підсистему) ЕС. Німецький біолог К. Мебіус (1877), який запропонував цей термін, розумів під ним організовану групу популяцій організмів, пристосованих до сумісного проживання в межах певного об'єму простору. Р. Даждо [12] вважає синонімом біоценозу такі терміни як *асоціація*, *угруповання*. Таким чином, біоценозом можна назвати сукупність рослин (*фітоценоз*), тварин (*зооценоз*), грибів (*мікоценоз*) і мікроорганізмів (*мікробіоценоз*), які заселяють дану ділянку суші або

водоймища і характеризуються певними стосунками між собою, пристосованістю до оточуючого середовища.

Отже, *біоценоз* - це конкретна сукупність живих організмів на певному просторі суші або акваторії. Цей простір з конкретними умовами місцезростання і є *біотопом* – середовищем існування біоценозу. Угрупування можна назвати біоценозом лише тоді, коли воно відповідає таким критеріям: має характерний видовий склад; має необхідний набір видів; характеризується певною тривалістю в часі; має свою територію і межі [5]. Перехід від одного біоценозу до іншого може бути поступовим, однак у всіх випадках існує перехідна зона (наприклад, перехід від поля до лісу, вкритий чагарником; між лісом і степом; між степом і пустелею; між озером і лісом і т.д.). Цю перехідну зону називають *екотон*ом.

Абіотичне середовище, з яким взаємодіє біоценоз або його окремі елементи, створює інший блок (підсистему) – *біотоп*, тобто неорганічний субстрат, на якому розвиваються організми (угрупування організмів) або ділянка земної поверхні (суші або водоймища) з однотипними умовами середовища, зайнята певним угрупуванням організмів - біоценозом. Сукупність подібних біотопів утворює *біохору*, які об'єднуються в *біоцикли* – великі підрозділи біосфери (море, суша і внутрішні водоймища).

Ю. Одум [9] деталізує структуру ЕС, виділяючи в ній такі компоненти: 1) *неорганічні речовини* (C, N, CO₂, H₂O та ін.), які включаються до кругообігу; 2) *органічні сполуки* (білки, вуглеводи, ліпіди, гумінові речовини тощо); 3) *кліматичний режим* (температура та інші фізичні фактори); 4) *продуценти* – автотрофні організми, головним чином зелені рослини, здатні в процесі фотосинтезу створювати харчовий ресурс (фітомасу) із простих неорганічних сполук; 5) *макроконсументи* або *фаготрофи*, гетеротрофні організми, головним чином тварини, які споживають інші організми або частинки органічної речовини; б) *мікроконсументи* або *сапротрофи* – гетеротрофні організми, переважно бактерії і гриби, які розкладають складові сполуки відмерлої речовини, поглинають деякі продукти розкладу і вивільнюють неорганічні поживні речовини, придатні для використання продуцентами, а також прості органічні речовини, які слугують джерелом енергії, інгібітором чи стимулятором для інших біотичних компонентів ЕС.

Дуже важливим поняттям біоекології є *екологічна ніша* - місце популяції певного виду в ЕС, яке визначає не лише положення її у просторі, а й функціональну роль у біотичному угрупуванні, відношення до комплексу абіотичних (температура, освітлення, вологість тощо) і біотичних чинників, тобто ступінь біологічної спеціалізації, включаючи функціональні зв'язки з іншими компонентами біотичного угрупування.

Місце кожного виду (організму) в ЕС є не випадковим, а його роль у функціонуванні структури відповідає видовим властивостям та пристосуванням до довкілля. Під місцем розуміють як буквально часове та просторове положення виду, так і його розташування по відношенню до інших компонентів екосистеми (порівняйте - місце людини у суспільстві). Якщо місце оселення – це «адреса» виду, то екологічна ніша – його «професія». Термін «екологічна ніша» ввів Р. Джонсон (1910), Дж. Грінелл (1917) запропонував поняття «просторова ніша», Ч. Елтон (1927) – «трофічна ніша». Сучасні уявлення про екологічну нішу пов'язані з дослідженнями Дж. Хатчинсона (1957), який запропонував поняття багатомірної ніші. У такому розумінні екологічна ніша – певний об'єм у багатомірному фізичному просторі, що займає популяція будь-якого виду в ЕС, де кожний вимір відповідає градієнту одного з екологічних чинників, необхідних для життя виду. Це означає, що на формування екологічної ніші впливає комплекс екологічних чинників, амплітуда коливання яких

відповідає зоні толерантності виду за кожним з них (згідно закону толерантності Шелфорда) [11].

Правило обов'язкового заповнення екологічної ніші – не існує виду без ніші, не існує ніші без виду. Всі екологічні ніші в ЕС є зайнятими. При випадінні (вимиранні) одного виду його ніша буде зайнята або поділена іншими.

У межах власної екологічної ніші кожна популяція є найбільш сильним конкурентом. За таких умов відбувається найбільш ефективно використання наявних ресурсів. Тому двом різним видам з близькими нішами уживатися важко. Згідно *принципу конкурентного виключення (принцип Гаузе)* – кожний вид (популяція) може мати лише одну нішу. Якщо два види «співіснують», то вони мають розділені ніші хоча б за одним параметром. Інакше, конкурування за певним фактором призвело б до зникнення одного з видів.

Динаміка ЕС полягає у взаємодії біотичного і абіотичного блоків, через які протікають речовина і енергія, створюючи біогеохімічні кругообіги й енергетику ЕС.

У кожній ЕС кругообіг речовини відбувається внаслідок взаємодії автотрофів і гетеротрофів. Такі хімічні елементи, як *C, H, O, N, S, P* й ще близько 30 простих речовин, необхідних для створення живої речовини (ЖР), безперервно перетворюються в органічні речовини або поглинаються у вигляді неорганічних компонентів автотрофами, а останні використовуються гетеротрофами (спочатку - консументами, потім - деструкторами). Біогенні елементи безперервно циркулюють: розчиняючись у континентальних (поверхневих) водах, виносяться у моря або надходять до атмосфери. Між цими середовищами відбувається постійний обмін речовиною. У зв'язку з цим, як правило, говорять про *біологічний кругообіг атомів (БКА)*. Утворення ЖР та розкладання органічної речовини – дві сторони одного процесу - БКА. Відповідно до *закону Вернадського*, міграція хімічних елементів у БС відбувається за безпосередньої або непрямой участі живої речовини - за участю головного геохімічного агента БС.

Основним джерелом енергії, завдяки якому існує ЖР в біосферних середовищах, є Сонце. Стабільність в існуванні цього енергетичного джерела є також одним з найважливіших факторів функціонування БС.

Під *екологічною ентропією* розуміється безповоротне розсіювання енергії ЕС. Наприклад, втрата тепла через градієнт температур між ЕС і навколишнім середовищем. Найважливіша здатність організмів та ЕС - створювати й підтримувати високий ступінь внутрішньої впорядкованості, тобто стану з низькою ентропією. Низька ентропія досягається постійним і ефективним розсіюванням енергії (наприклад, енергії світла і їжі) й перетворенням її на енергію, яка витрачається на роботу (наприклад, в тепло). ЕС та організми являють собою відкриті нерівноважні термодинамічні системи, які постійно обмінюються з навколишнім середовищем енергією та речовиною, що зменшує цим ентропію усередині себе, але збільшує ентропію зовні згідно законів термодинаміки. Для опису «поведінки» енергії в ЕС підходить поняття *«потік енергії»*, оскільки, на відміну від біогеохімічних кругообігів, перетворення енергії відбувається в одному напрямку.

Біосистеми у деякому розумінні можна порівняти зі своєрідними механізмами, що продукують біомасу. Кількість сонячної енергії, що досягає земної поверхні, становить 52 % від загального випромінювання (решта витрачається на відбиття хмарами, пилом, поглинання водяною парою, озоном і т.д.). Рослини фіксують шляхом фотосинтезу лише близько 1 % енергії сонячного випромінювання, що надходить до поверхні Землі. Причому, лише 10 % цієї енергії, яку отримують рослини, трансформується на біомасу. Тобто *коефіцієнт корисної дії (ККД)* фотосинтезу є дуже низьким (0,1 - 1,6 %). Більш високий ККД у культурних рослин (до 3 – 5 % і вище). При такій незначній витраті сонячної енергії на трансформацію у біопродукцію (1 %)

виникає питання: на що витрачається решта 99 %? Визначено, що переважна частина (60 – 70 %) витрачається на дихання, достатньо значна кількість (30 – 40 %), не проникаючи у листя, відбивається від поверхні рослин.

У зв'язку з низькою ефективністю засвоєння енергії біосистемами, зміни енергетики природної ЕС у межах 1 % можуть вивести її з рівноважного стану (*правило 1 %*). Всі екстремальні події, які можуть відбуватися в природі (виверження вулканів, циклони, смерчі, землетруси тощо), як правило, мають сумарну енергію, яка не перевищує 1 % енергії сонячного випромінювання, що надходить до поверхні нашої планети. Антропогенні зміни, що перевищують допустиму межу, здатні спричинити негативні наслідки у природних ЕС. Отже, правило 1 % необхідно врахувати в природокористуванні для розробки обґрунтованих заходів, важливих в природних екстремальних умовах.

Енергія витрачається на кожному рівні трофічного (харчового) ланцюга. *Продуценти*, використовуючи сонячну енергію, виробляють рослинну масу, яка слугує для живлення гетеротрофних організмів (консументів та редуцентів). *Первинні консументи* - це рослиноїдні тварини, що харчуються продуцентами (травами, листям, соками, пилком, насінням і т.д.). *Вторинні консументи* - це м'ясоїдні тварини, які живуть в основному за рахунок первинних консументів.

Трофічний ланцюг: продуценти - рослиноїдні (консументи I-го порядку) - м'ясоїдні (консументи II-го порядку), насправді більш складний. Так, до м'ясоїдних консументів додаються паразитуючі види, хижаки, які можуть споживати інших хижаків (консументи III-го порядку). Крім того, у кожній екосистемі існує багато паралельних трофічних ланцюгів, які утворюють єдину трофічну мережу, у вузлах якої розташовані види, які слугують ресурсом для різних організмів. Щодо редуцентів, тобто мікроорганізмів, які викликають розклад органічних речовин і сприяють їх природній утилізації, то вони розташовуються на усіх рівнях трофічного ланцюга.

Сукупність організмів, які одержують перетворену на їжу енергію Сонця і хімічних реакцій (від автотрофів) через однакове число посередників називається *трофічним рівнем*. Організми одного трофічного рівня характеризуються певною формою споживання та утилізації енергії.

Згідно із *правилом 10 %* з нижчого на більш високий трофічний рівень (продуценти – первинні консументи – вторинні консументи) переходить не більше 10 % енергії. *Зворотний потік енергії*, наприклад, від первинних консументів до продуцентів (мертві організми і екскременти тварин - редуценти, що виділяють з органічних речовин неорганічні сполуки, в т.ч. біогени - продуценти) складає не більше ніж 0,25 - 0,5 % від загального потоку, тому говорити про кругообіг енергії в біоценозі не доводиться.

В ЕС утворюється і руйнується органічна речовина, що дозволяє оцінювати їх продуктивність як швидкість утворення органічної речовини. Виділяють наступні види продукції. *Валова первинна продукція* ЕС – це кількість речовини (енергії), яку виробляють продуценти за певний період часу. Крім первинної продукції в ЕС відбувається формування вторинної продукції. *Вторинна продукція* – біомаса (енергія), синтезована гетеротрофними організмами всіх трофічних рівнів за одиницю часу на величину площі (об'єму).

Співвідношення поміж продуцентами, консументами (першого, другого порядків) та редуцентами в ЕС, яке відображене у їх масі й зображене у вигляді графічної моделі, називається *пірамідою біомас*.

Якщо трофічні зв'язки зобразити з урахуванням співвідношень у кількості осіб або видів, то кажуть про *піраміду чисел* (*піраміда чисел Елтона*), якщо з урахуванням кількості енергії, акумульованої одиницею поверхні за одиницю часу та використаної

організмами на кожному трофічному рівні, то - про *піраміду енергії*. Такі моделі називаються *екологічними пірамідами*.

У наземних ЕС біомаса продуцентів (як на одиницю площі, так і абсолютна) завжди більша, ніж вага консументів, консументів першого порядку - більша ніж консументів другого порядку і т.д., тому графічна модель звичайно має вигляд піраміди. Проте, у деяких водних ЕС, які відрізняються високою біопродуктивністю продуцентів, *піраміда біомас може бути переверненою*, тобто біомаса продуцентів в них є меншою, ніж консументів, а іноді і редуцентів. У цілому ж екологічні піраміди відображують зменшення видового різноманіття, кількості біомаси та енергії від більш низьких до більш високих трофічних рівнів, тобто відображують основну спрямованість трансформації енергії в ЕС. Відповідно до закону *піраміди енергії* (Р. Ліндеман, 1942) з одного трофічного рівня екологічної піраміди переходить на інший рівень в середньому не більш ніж 10 % (від 7 до 17 %) енергії (або речовини у енергетичному виразі). Це дозволяє зробити деякі еколого-економічні підрахунки (необхідної земельної площі для забезпечення населення продовольством і т.д.).

Екосистеми являють собою відкриті системи, які обмінюються зі своїм довкіллям речовиною та енергією. Проте, в межах ЕС зазвичай інтенсивність процесів передачі та трансформації речовини та енергії набагато вища, ніж такі процеси між сусідніми ЕС. Разом з тим, ЕС не являє собою абсолютно однорідну систему у просторі і часі.

Просторова структура. Для будь-якої системи є характерною значна просторова гетерогенність та зміна її структурних і функціональних параметрів у часі. За просторовою гетерогенністю в ЕС розрізняють вертикальну неоднорідність – *ярусність*, та горизонтальну гетерогенність - *мозаїчність*.

Видова структура біоценозу. Як результат відбору на сумісне співіснування за умов тривалої еволюції ЕС у її біоценозі формується власний, часто унікальний видовий склад. Для характеристики видового складу найчастіше використовують два нетотожних параметри, які слід чітко розрізняти: 1) видове багатство, 2) видове різноманіття.

Трофічна структура біоценозу. В залежності від типу первинного джерела енергії ЕС можуть характеризуватися різними типами організації трофічної структури. Біоценоз ЕС може складатися з *пасовищних трофічних ланцюгів* та *детритних трофічних ланцюгів*. Пасовищні трофічні ланцюги становлять таку послідовність живих організмів: продуценти (P) – первинні консументи (C₁) – вторинні консументи (C₂) – третинні консументи (C₃). У детритних трофічних ланцюгах первинним джерелом енергії виступають відмерлі рештки та продукти життєдіяльності продуцентів та консументів, які споживаються редуцентами. У свою чергу, редуценти стають здобиччю для консументів різних порядків. Пасовищні та детритні трофічні ланцюги найчастіше представлені в ЕС одночасно, але майже завжди один з них домінує. Кількість трофічних рівнів в ЕС зазвичай не більше 3 – 4 (продуценти - первинні консументи - вторинні консументи - редуценти), оскільки біомаса на подальшому трофічному рівні на 90 – 99 % менша, ніж на попередньому.

Стабільні ЕС знаходяться у стані динамічної рівноваги, що називається *гомеостазом екосистеми*. Такий стан є можливим завдяки здатності ЕС до авторегуляції свого складу та функцій при зміні параметрів середовища за умов, що такі зміни не виходять за межі зони толерантності виду-едифікатора (популяції, угруповання).

Будь-яка ЕС, незважаючи на достатню стабільність структури, є динамічною єдністю. В ній постійно відбуваються зміни стану і життєдіяльності компонентів, їх

взаємовідносин. Всі зміни в ЕС можна віднести до двох типів: циклічні, або періодичні; неперіодичні.

Закономірний історичний процес послідовної зміни одного біоценозу іншим в результаті спрямованої зміни абіотичного оточення має назву *сукцесія*. Ряд нестійких біоценозів, які змінюють один одного в часі, називається *серією*, а самі біоценози – *серіальними стадіями*. Термінальна, стабільна стадія сукцесії ЕС називається *клімаксною стадією* або просто *клімаксом*.

Виділяють два основних типи сукцесії: *первинні* сукцесії починаються на місці, позбавленому життя (скелі, піщані дюни, вулканічна лава, наноси річок і т.д.); *вторинні сукцесії* – це сукцесії, які починаються на місці зруйнованої ЕС, що в сучасних умовах спостерігається повсюдно. Зміна серіальних стадій одна одною і досягнення клімаксного стану тут відбувається значно швидше, ніж при первинних сукцесіях.

Складні зв'язки характерні як для природних, так і штучних ЕС (особливо для останніх). Про це можна судити на прикладі коралових рифів, агроєкосистем і промислових міст тощо.

Єдиної класифікації ЕС немає. ЕС розрізняються: 1) *за генетичними ознаками* (природні, напівприродні, штучні); 2) *за розмірами* (мікро-, мезо-, макро-, глобальні); 3) *за типом енергетичного забезпечення* (автотрофні, гетеротрофні) тощо.

Ю. Одум [9] пропонує *біомну класифікацію* екосистем (*біом* - великий системно-географічний підрозділ в межах природно-кліматичної зони і природного поясу):

1) *наземні біоми* (тундра, бореальний хвойний ліс, листопадний ліс, степ помірної зони, тропічні грасленд і савана, чапараль, пустеля, напіввічнозелений тропічний ліс, вічнозелений тропічний ліс);

2) *прісноводні екосистеми* (озера, стави, річки, болота і ін.);

3) *морські екосистеми* (відкритий океан, води континентального шельфу, райони апвелінгу, естуарії).

Оскільки спільним знаменником і початковою рушійною силою усіх ЕС, як природних, так і антропогенних, є потік енергії, то за джерелом, рівнем та якістю енергії Ю. Одум [9] виділяє наступні типи ЕС:

1) *несубсидовані природні ЕС, які отримують енергію від Сонця* (відкритий океан, високогірні ліси);

2) *ЕС, які одержують енергію від Сонця, але з природною енергетичною субсидією* (естуарії, деякі тропічні дощові ліси);

3) *субсидовані людиною ЕС, які отримують енергію від Сонця* (агроєкосистеми, підводні плантації);

4) *промислово-міські ЕС, які отримують енергію палива* (передмістя, індустріалізовані зелені зони).

Питання до семінарських занять:

1. Що є об'єктом вивчення синекології?
2. Яка різниця між поняттями «екосистема» і «біогеоценоз»?
3. Дайте визначення понять «біотоп», «біоценоз».
4. Що таке екологічна ніша?
5. Які компоненти виділяються в структурі екосистеми?
6. У чому суть біологічного кругообігу атомів?
7. Що таке екологічна ентропія?
8. Сформулюйте правила 1 % і 10 %.
7. Що таке автотрофи і гетеротрофи?
8. Що таке продуценти, консументи і редуценти?
9. Які існують типи екологічних пірамід?

10. Що називається гомеостазом?
11. Що таке сукцесія? Які існують види сукцесії?
12. За якими ознаками розрізняються екосистеми?

5 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ БІОСФЕРОЛОГІЇ (ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ)

Сучасні уявлення про біосферу. Структура і динаміка біосфери. Жива речовина і її роль в біосфері. Еволюція біосфери. Екосистемна теорія еволюції біосфери: когерентна та некогерентна еволюція. Основні біосферні кризи, їх причини та наслідки. Сучасний етап розвитку біосфери; проблема трансформації біосфери в ноосферу. Формування соціальної сфери як планетної підсистеми. Антропогенне навантаження – основна причина сучасної деградації біосфери. Показники порушення стійкості біосфери. Основні глобальні екологічні проблеми сучасності.

5.1 Загальні уявлення про біосферу

Термін «біосфера» (БС) утворений із грецьких слів «*bios*» - життя і «*sphaira*» - куля. Найбільш близько до сучасного поняття підійшов французький дослідник *Ж.Б. Ламарк* у 1802 р., який створив першу цілісну концепцію еволюції живої природи (ламаркізм), ввів термін «біологія» і відзначив істотний вплив живих організмів на процеси, що протікають на земній поверхні. *Ж.Б. Ламарк* не сформулював досить чітко це поняття. 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). Спеціально вивченням біосфери *Е. Зюсс* не займався, уявлення про неї не розвивав і розглядав її як оболонку, яка залягає над сухопутною і водною поверхнями, або обмежену в часі і просторі сукупність організмів на поверхні Землі.

Основоположником сучасних уявлень про БС є наш великий співвітчизник *В.І. Вернадський* (1863 - 1945). Наукові ідеї, покладені в основу вчення про БС, *В.І. Вернадський* розвивав в окремих статтях, а пізніше в лекціях, прочитаних в 1922 - 1923 рр. в Карловому університеті у Празі та у Сорбонні. Він ввів цей термін в ужиток, систематизував проблему в монографії «*Біосфера*» (1926 р.), створив узгоджене вчення про БС як сферу поширення життя, особливої оболонки нашої планети. Геніальні дослідження *В.І. Вернадського* набули важливого значення, зокрема, вони стали основою для вирішення однієї з найважливіших проблем сучасності - проблеми охорони і раціонального використання навколишнього природного середовища.

Поверхню Землі *В.І. Вернадський* розглядав як якісно своєрідну оболонку, розвиток якої значною мірою визначається діяльністю організмів. Суть вчення про БС полягає в тому, що вища форма розвитку матерії на Землі - життя - усереднює інші планетарні процеси, тобто сукупна діяльність живих організмів (в т.ч. людини) виявляється як геохімічний фактор планетарного масштабу і значення. *В.І. Вернадський* розглядав БС не як просту сукупність живих організмів, а як єдину термодинамічну систему (оболонку, простір), в якій відбувається постійна взаємодія усього живого з неорганічними умовами довкілля. Він та його послідовники вважають, що 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).

Верхня межа БС, за *В.І. Вернадським*, є променевою (зумовлена наявністю короткохвильового ультрафіолетового проміння, від якого життя на Землі захищає

озоносфера), а *нижня* – термічною (наявністю високих температур). Межі БС звичайно визначаються від рівня 20 - 22 км над земною поверхнею до понад 11 км в глибину океану. Фактично потужність БС набагато менша: від поверхні Землі до 6 - 7 км над нею, тобто приземний шар атмосфери, де зберігаються умови, за яких ідуть нормальні біохімічні процеси, до глибинної ізотерми 100 °С на суші (близько 6 км від земної поверхні) і максимальної глибини 10924 - 11034 м в океані.

Як зазначає *Ф. Рамад* [13], «біосферу можна зобразити як частину планети, яка включає сукупність живих істот і у якій можливе постійне життя». Для численних характеристик БС основоположними є: 1) завжди є присутньою вода в рідкому стані; 2) в БС постійно проникає сонячна радіація, яка являє собою основне джерело енергії; 3) існують постійні та різноманітні форми життя. Не вся земна поверхня однаково сприятлива для існування живих організмів. Подібні крайові зони називаються *парабіосферами*.

Основними типами речовин БС за *В.І. Вернадським* є: 1) *жива речовина* – рослини, тварини і мікроорганізми; 2) *біогенна речовина* – органічні і органічно-мінеральні продукти, створені живими організмами протягом геологічної історії планети (торф, вугілля, горючі сланці тощо); 3) *косна (нежива) речовина* – гірські породи неорганічного походження і вода, які представляють субстрат або середовище для мешкання живих організмів; 4) *біокосна речовина* – результат синтезу живої і косної речовини (осадові гірські породи, кора вивітрювання, мули, ґрунти), співвідношення між живими і неорганічними компонентами в біокосній речовині варіює в широких межах; 5) *радіоактивна речовина*; 6) *розсіяні атоми*; 7) *космічна речовина* (метеорити, космічний пил).

Верхня частина БС, куди проникає сонячне світло і де можливий фотосинтез, називається *фітосферою*. Відомо, що у процесі *фотосинтезу* із CO_2 , H_2O та мінеральних елементів відбувається утворення органічних субстанцій, необхідних для життя. Схематично реакцію фотосинтезу можна представити таким чином: $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$. Щорічно в процесі фотосинтезу засвоюється близько 200 млрд. т CO_2 і виділяється близько 145 млрд. т вільного O_2 . Фотосинтез здійснюють не тільки водорості і наземні рослини, але і більш давні *фототрофи*: пурпурні і зелені бактерії, частково і синьо-зелені водорості (ціанобактерії). Фототрофні бактерії бувають одно- і багатоклітинні, але вони організовані простіше, ніж водорості і вищі рослини.

У нижню частину БС сонячне світло не проникає, процеси фотосинтезу неможливі, а утворення біомаси з мінеральних сполук (хемосинтез) істотного значення не має. Цю область підземних глибин материків з ізотермами понад 100 °С та значних (темних) глибин морів і океанів іменують *редусферою* [14]. 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 відновних неорганічних сполук, який здійснюється бактеріями-хемосинтетиками (азото-, сірко- або залізобактеріями) у ході їх життєдіяльності.

Асиметричність структури БС проявляється у нерівномірному розподіленні морських та континентальних ландшафтів. «*Центром*» БС, тобто такою її частиною, яка має провідне значення і визначає своєрідність БС, вважаються лісові ландшафти, в яких зосереджена основна маса живої речовини планети. Найбільш високі значення біомаси характерні для тропічних лісів (650 т/га), менші - для тайгових (300 т/га) і чорноземних (20 т/га) лісів, а мінімальні (2 - 2,5 т/га) - для пустель. За кількістю біомаси морські ландшафти близькі до пустель, але серед них вирізняються «згустки»

життя (наприклад, коралові рифи). Можливо, що «центром» БС можна вважати й верхні горизонти океану, тобто фітосферу в цілому.

5.2 Жива речовина і її роль в біосфері

Жива речовина (ЖР) перетворює енергію сонячних променів в потенційну, а потім – в кінетичну енергію біохімічних процесів. За останніми оцінками ЖР складає $18 \cdot 10^{11}$ т [15]. Фітомаса в 2,5 тисячі разів перевищує зоомасу, в той час як видова диференціація тварин у 6 раз більша, ніж у рослин. Якщо б ЖР розмістити рівномірно по поверхні Землі, то вона утворила б плівку товщиною лише 5 мм. Однак, жива речовина надто нерівномірно розподілена в різних частинах БС. Незважаючи на порівняно невелику біомасу, у порівнянні з масою атмосфери, літосфери чи гідросфери, ЖР відіграє величезну роль у планетарних процесах. Це знайшло відображення в працях *В.І. Вернадського* в області біогеохімії, які набули практичного значення у наш час, бо є прикладною частиною вчення про БС. Сукупність і біомаса живих організмів в БС, або сукупність організмів усієї БС або будь-якої її частини, які виражаються в одиницях маси, енергії та інформації, слідом за *В.І. Вернадським* звичайно називають «*живою речовиною*». Зважаючи на такий підхід, роль ЖР у земній корі та на її поверхні уявляється у зовсім іншому вигляді.

Як відзначав *В.І. Вернадський*, на земній поверхні немає хімічної сили, більш постійно діючої, а тому більш потужної за кінцевими наслідками, ніж жива речовина.

Елементний склад ЖР відрізняється великою різноманітністю, але із великого числа (стабільних - 92) хімічних елементів (ХЕ) домінують (% від ваги): *O* – 70 %, *C* – 18 %, *H* - 10,5 %, *Ca* - 0,5 %, *N* - 0,3 %, *K* - 0,3 %, *P* - 0,07 %, *S* - 0,05 %, *Mg* - 0,04 %, *Si*, *Na*, *Cl* - по 0,02 %, *Fe* - 0,01 %. На долю *O*, *C* та *H* припадає 98,5 %. Перелічені елементи відносяться до *макроелементів*. Крім того, до складу ЖР входять ще *мікроелементи* (*Cu*, *Mn*, *Zn*, *V*, *Mo*, *Co* та інші) і *ультрамікроелементи* (*U*, *Os* та інші).

Серед мікроелементів розрізняють дві основні групи: 1) які беруть участь у процесах клітинного метаболізму (*Cu*, *Zn*, *Co*, *Mn*, *Fe* тощо); 2) які не приймають участь в процесах клітинного метаболізму (*Hg*, *Sn*, *Pb* тощо). ХЕ першої групи необхідні для життєдіяльності людини, а другої – являються токсикантами. Деякі органи накопичують мікроелементи селективно (*Cd*, *Hg*, *Mn* – в нирках, *Sn* – в кишкових тканинах, *V* – у волоссі і нігтях тощо).

Серед хімічних сполук перше місце в складі ЖР займає вода. Так, у медузи тіло містить 96 % води, а маса тіла людини на 60 – 65 % складається з води. Кількість хімічних сполук, що складаються із *типових біогенних елементів* (*O*, *C*, *H*, *N*, *S*, *P*) надзвичайно велика, але серед них можна виділити основні класи органічних сполук: вуглеводи, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти. Наприклад, у рослинах переважають вуглеводи, а в тваринах – білки.

Кожний вид фіто- і зооценозу має свій хімічний склад. Це такий же видовий показник, як морфологія або біогеографічна зональність. Організми мають вибіркову здатність накопичувати ХЕ.

5.3 Особливості біогеохімічних циклів

Стосовно до БС під «*біогеохімічним кругообігом*» мається на увазі обмін елементами між живою речовиною й неорганічним середовищем. Розрізняють такі основні типи біогеохімічних кругообігів: 1) кругообіг води (*O*, *H* та інші водорозчинні ХЕ); 2) кругообіг елементів переважно в газовій фазі (*C*, *O*, *N*); 3) кругообіг елементів переважно в осадовій фазі (*P*, *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 [13]. Як приклади, можна розглянути схеми кругообігу вуглецю і кисню.

У кругообігу *вуглецю* найважливішу роль відіграють CO та CO_2 , введення і виведення яких здійснюється за участю природного кругообігу. Це найбільш інтенсивний з усіх біогеохімічних циклів. Вуглець - один із важливіших біогенних елементів (18 % від ваги ЖР). Основними формами вуглецю у біосфері є: карбонати біогенного походження (потужні органогенні вапняки); вуглекислий газ (CO_2), який є циркулюючою формою неорганічного вуглецю; особлива форма органічного вуглецю (вугілля, горючі сланці та ін.); вуглецевмісні сполуки, які входять до складу живої речовини. Незважаючи на незначну концентрацію CO_2 в атмосфері (0,03% за об'ємом), саме за рахунок цього компонента рослини суші здійснюють первинне продукування органічної речовини у процесі фотосинтезу. Споживання CO_2 відбувається в результаті його асиміляції рослинами у процесі не лише фотосинтезу, але й розчинення природними водами. CO_2 відіграє важливу роль у житті тварин і людини, оскільки є збудником дихального центру.

У самих загальних рисах кругообіг вуглецю 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 в атмосферу. При неповній мінералізації біомаси утворюються гумус та каустобіоліти. При взаємодії CO_2 з різними компонентами гірських порід він включається до складу різних мінералів. При руйнуванні й фізико-хімічному вивітрюванні мінералів та гірських порід, особливо карбонатних і збагачених органічною речовиною, деяка частина CO_2 повертається в атмосферу. Важливим регулювальником вмісту CO_2 у атмосфері є океан. Кількість CO_2 , розчиненого в океанічних водах, у 50 разів більша за його вміст у атмосфері. Особливо слід відмітити антропогенну частину кругообігу вуглецю, яка пов'язана зі спаленням горючих копалин на різних промислових підприємствах, на транспорті, в процесі експлуатації родовищ вуглеводневої сировини і т.д. У результаті атмосфера поповнюється CO_2 антропогенного генезису, що призводить до порушення природного коливного стаціонарного стану O_2/CO_2 .

Кругообіг кисню. Кисень є головною складовою не лише ЖР (70 % від маси), а й косної речовини (47 % від ваги літосфери). Як вже зазначалось, кисень відіграє найважливішу роль в геохімічних процесах, що відбуваються в біосферних середовищах. Він необхідний для дихання рослинам і тваринам. У процесі фотосинтезу листя рослин протягом дня вивільняє (виділяє) O_2 й, навпаки, поглинає CO_2 , а в процесі дихання вночі рослини поглинають O_2 й виділяють CO_2 , тобто рослини і споживають, і виробляють O_2 . Середня концентрація O_2 в атмосферному повітрі становить 20,9 %, що складає лише 0,05 % від загальної кількості кисню у БС. Основні запаси кисню зосереджені в карбонатах, в оксидах металів, у деяких типах органічної речовини. Кругообіг кисню ускладнений його здатністю утворювати численні сполуки, представлені у різних формах. У деякому відношенні кругообіг кисню нагадує зворотний кругообіг CO_2 , оскільки рух одного відбувається у зворотному напрямку іншого. 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. Молекулярний кисень може виникнути шляхом дисоціації (*фотолізу*) молекул води у верхніх шарах атмосфери під дією сонячної радіації, і все ж таки він повинен розглядатися як

переважно біогенний компонент. До того ж, в основному кругообіг кисню відбувається між атмосферою й живими організмами. Процес продукування органічних сполук й виділення O_2 під час фотосинтезу протилежний процесу його споживання гетеротрофами під час дихання, який супроводжується руйнуванням органічних сполук, взаємодією кисню з воднем, що відщеплюється від субстрату, й утворенням води. Споживання O_2 та його надолужування первинними продуцентами здійснюється доволі швидко, але повільніше, ніж CO_2 . Підраховано, що для повного поновлення усього атмосферного O_2 потрібно 2000 років, у той час як для повного поновлення атмосферного CO_2 потрібно лише 300 років [16].

5.4 Суть глобального біологічного контролю

Уперше нашу планету як живий організм став сприймати *В.І. Вернадський*, який зазначав, що геологічні (геохімічні) і біологічні процеси на планеті розвиваються спільно, допомагаючи один одному. Геохімічні процеси прямо або опосередковано контролюють функціонування ЖР. Весь хід розвитку БС свідчить про те, що організми, особливо мікроорганізми, разом з абіотичним середовищем створюють складну систему регулювання, підтримуючи на Землі умови, сприятливі для життя. На певній стадії розвитку БС організми почали і продовжують контролювати склад атмосфери. Розповсюдження біологічного контролю на глобальний рівень стало основою *гіпотези Геї* (Гея – давньогрецька богиня Землі).

Англійський хімік-фізик *Дж. Лавлок* і американський мікробіолог *Л. Маргуліс* (1973 - 1979 рр.) висловили думку про те, що біологічна і геохімічна складові пов'язані як симбіоз в атмосферних процесах, що підтримують земний клімат у відносно стійкому стані, який сприяє постійному розквіту життя. На їх думку, склад атмосфери з її унікально високим вмістом O_2 і низьким вмістом CO_2 , а також температурні умови і середовище кислотності на земній поверхні не можна пояснити, якщо не враховувати, що основну роль відіграла буферна (пом'якшувальна) активність ранніх форм життя (3 млрд. років тому). Вона координувалася активністю рослин і мікроорганізмів, що згладжувала коливання фізико-хімічних чинників. *Дж. Лавлок* і *Л. Маргуліс* показали, що температура поверхні планети ніколи не змінюється більш, ніж на декілька градусів від її середньої величини. Ця величина залишається у вузькому температурному діапазоні, хоч, як вважають астрономи, з часу зародження БС інтенсивність сонячної радіації зросла на 30 – 50 %. *Дж. Лавлок* розглядає повітря як «...складову частину самого життя, зроблену живими істотами для підтримки життя». Згідно гіпотези Геї, внаслідок взаємодії між біологічними і геохімічними процесами підтримується постійна кількість O_2 (21 %) в атмосфері.

Відомо, що зростання O_2 на 1 % підвищує імовірність пожеж на 60 %, а при збільшенні на 4 % вся планета буде охоплена напалмом і знищена вся жива речовина. Потрібно зазначити, що O_2 і CO_2 циклічно взаємодіють. Незважаючи на зміну сонячної активності, числа і різноманітності живих організмів, вміст O_2 зберігається всередині дуже вузького діапазону. За *Дж. Лавлоком*, це пов'язано з тим, що надлишок O_2 «гаситься» CH_4 в процесі реакції: $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$. 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 УФВ на живі організми.

Гіпотеза Геї вказує на важливість вивчення і збереження регулюючих механізмів, які дозволяють БС пристосуватися, щонайменше, до деякої кількості незосереджених у одній точці забруднень, наприклад, забруднення CO , NO_x , SO_x , «теплом» і т.д. [11]. Збільшуючи рівень забруднення, людина повинна зберігати цілісність і масштабність буферної системи життєзабезпечення, тобто підтримувати функцію біологічного контролю стану довкілля.

5.5 Схема еволюції біосфери

Довготермінова еволюція БС під впливом екзогенних факторів, таких як геологічні і кліматичні зміни, а також ендегенних процесів, обумовлена активністю живих компонентів. За різними джерелами вік БС коливається від 4,3 до 3,5 - 3,0 млрд. років.

До появи організмів і кисню в атмосфері Землі вона була схожа на інші планети Сонячної системи. Якщо припустити, що склад атмосфери формувався в добіосферний період внаслідок вихолодження розжареної земної оболонки, то він повинен бути схожий з продуктами вулканічної діяльності (80 % H_2O , 10 % CO_2 , 5 – 7 % H_2S , 0,5 – 1 % H_2 , N_2 та CO , сліди CH_4 , HCl , інертні гази).

Першими живими організмами були *дріжджоподібні анаеробні мікроорганізми*, які отримували необхідну для дихання енергію шляхом бродіння. Оскільки бродіння менш ефективно, ніж кисневе дихання, то примітивне життя не могло еволюціонувати далі одноклітинної стадії *прокаріотів*, тобто організмів, які не мають оформленого клітинного ядра. Поступове збільшення у воді кількості кисню за рахунок життєдіяльності організмів та його дифузії до атмосфери 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. 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 «озеленення» суші. Аеробне дихання зробило можливим розвиток складних багатоклітинних організмів. Вважається, що при вмісті кисню близько 8 % (в протерозої – початку кембрію) з'явилися перші багатоклітинні організми (губки, корали, молюски, черви, предки хребетних, предки насінних 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. У середині палеозою, в девонському періоді (близько 410 млн. років тому) вміст кисню в атмосфері досяг рівня, близького до сучасного. У кам'яновугільному періоді (350 млн. років тому) відбулось деяке зниження вмісту O_2 й збільшення вмісту CO_2 , що сприяло «парниковому ефекту», пишному розвитку рослинності і похованню величезної маси органічних речовин в надрах у вигляді каустобіолітів. Наприкінці кам'яновугільного періоду концентрація CO_2 дещо знизилась, що супроводжувалось зледенінням. Деякі дослідники вважають, що після цього відношення O_2/CO_2 істотно не змінилося й відбиває стан, який можна назвати *коливальним стаціонарним*. Однак антропогенне забруднення атмосфери може зробити цей стан «нестационарним».

Критичні для історії БС рівні вмісту кисню називаються «*точками Пастера*»: 1) досягнення O_2 в атмосфері 1 % від сучасного вмісту, коли стало можливе аеробне життя (архей, 3,5 млрд. років тому); 2) точка формування озоносфери – досягнення кількості O_2 в атмосфері 10 % від сучасного (архей – кембрій, 3,0 - 2,6 млрд. років тому). Мабуть, доцільно говорити і про *третю точку*, яка відповідає приблизно

сучасному вмісту O_2 в атмосфері (близько 20 %), коли стало можливе життя на суші (девон, 0,41 млрд. років тому).

Розглядаючи еволюцію БС, її перетворення внаслідок антропогенної діяльності, потрібно зупинитися на такому важливому понятті, як «ноосфера». Термін «ноосфера» введений в науку у 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. Тейаром де Шарденом* і *В.І. Вернадським*.

Послідовники *П. Тейара де Шардена* вважають, що «*еволюціонуючий космогенез*» зазнає розвитку (*геогенез* \Rightarrow *біогенез* \Rightarrow *психогенез* \Rightarrow *ноогенез*) і ускладнення матеріальних об'єктів, які супроводжуються зростанням їх «*психологічної зосередженості*».

В.І. Вернадський в даному питанні розвинув матеріалістичну методологію. «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». У відомій роботі «Декілька слів про ноосферу» (1944 р.) він відзначав: «Ноосфера - останній з багатьох станів еволюції БС в геологічній історії - стан наших днів. Хід цього процесу лише починає нам прояснюватися з вивчення її геологічного минулого в деяких своїх аспектах».

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.

Сформоване при певному впливі людства нове природне середовище - *біотехносфера* (частина БС, перетворена людиною на технічні й техногенні об'єкти) – є наслідком соціального і науково-технічного розвитку людини. У багатьох випадках взаємостосунки між природою і людиною незбалансовані, вони не вигідні для оточуючого природного середовища і ведуть до його деградації.

Людство ще недостатньо вивчило сучасну стадію еволюції БС Землі. Концепція ноосфери тільки починає розроблятися. Можливо, що «сфера розуму» і проблема її оптимізації тільки починають формуватися. Як слушно зауважував *В.І. Вернадський*: «Зараз ми переживаємо нове геологічне еволюційне змінення БС. Ми входимо до ноосфери».

5.6 Основні причини порушення стійкості біосфери

З появою *Homo sapiens* (декілька сотень тис. років тому) виник перший вид живих істот, який зміг взяти верх у конкурентній боротьбі з іншими ссавцями і справив руйнівну дію на біоценози. Виникла потенційна загроза рівновазі в БС. Постійний технічний прогрес, а також швидке зростання чисельності населення сприяють нечуваним руйнівній дії на НПС. Людина – єдина істота, відповідальна за деградацію БС – процес, який іще не досяг свого апогею. Зростаюче населення світу й виробництво, що поширюється, у поєднанні зі структурами споживання, які не забезпечують стійкості, ведуть до зростання навантаження на повітря, воду та інші необхідні природні ресурси (ПР). Серед численних аспектів деградації БС, породжених антропогенними впливами, проблема обмеженості ПР викликає найбільшу заклопотаність і найбільші дискусії. У

межах цієї проблеми обговорюються такі актуальні питання, як зростання чисельності населення Землі, необхідність його стабілізації, рівень економічного розвитку людства.

Процеси порушення стійкості БС прогресують з кожним роком, і для сучасного суспільства характерні такі особливості: 1) скорочується видова та функціональна різноманітність біоценозів у середовищах, що експлуатуються людиною; 2) порушується кругообіг речовин, оскільки значна частина відходів виробництва та споживання майже не розкладаються деструкторами; 3) людина запозичує із земної кори різні ХЕ, мінерали і гірські породи, які потім в значних кількостях розсіюються в природних середовищах завдяки процесам механічної, фізико-хімічної, біогенної і техногенної міграції. З екологічних позицій подібні накопичення різних залишків в перспективі можуть мати найзгубніші наслідки, тобто стати причиною катастрофічної деградації БС.

Одним із найважливіших факторів деградації БС є збільшення чисельності населення. Динаміка чисельності населення Землі схематично можна представити таким чином: 1 млрд. чол. – 1804 р.; 2 млрд. чол. – 1927 р.; 3 млрд. чол. – 1960 р.; 4 млрд. чол. – 1974 р.; 5 млрд. чол. – 1987 р.; 6 млрд. чол. – 1999 р.; 7 млрд. чол. – 2011 р. На 11 липня 2012 р. (Всесвітній день народонаселення) кількість жителів Землі складало 7 млрд. 57 млн. 608 тис. чол. Прогноз на 2050 р. – 9,5 млрд. чол. Різка демографічне зростання - характерна риса ХХ сторіччя, названого епохою *демографічного вибуху*.

Розширення і посилення антропогенного і техногенного тиску на ресурсно-екологічну систему Землі руйнує економічну основу сталого розвитку (СР), наносить величезну соціальну шкоду. Запобігання ресурсно-екологічній кризі і збереження довкілля перетворюються на головну мету: виживання людства. Розв'язання ресурсно-екологічної кризи ускладнюється «ефектом екологічного і економічного бумеранга», суть якого полягає в тому, що безмежна економіка руйнує природу, а руйнування природи підриває економіку [17].

Населення всієї Землі і кожного її жителя окремо зачіпає глобальна екологічна проблема – охорона довкілля і раціонального природокористування. Існує багато екологічних питань різного масштабу і різної значущості, але основні екологічні проблеми сучасності [2] можна систематизувати таким чином.

I. *Геокліматичні проблеми*: зміна клімату та геофізичних параметрів Землі на основі посилення теплого ефекту викидів метану і інших газових домішок, аерозолів, легких радіоактивних газів, зміни концентрації O_3 в тропосфері та стратосфері; загальне зниження вмісту стратосферного O_3 , утворення великої «озонової діри» над Антарктидою, малих «дір» над іншими регіонами планети; виснаження поверхневих вод суші, континентальних водоймищ, підземних вод, порушення балансу між поверхневими і підземними водами; утворення техногенних пустель в нових регіонах планети, розширення вже існуючих пустель, поглиблення самого процесу утворення пустель (загальна площа пустель і напівпустель 48,4 млн. км², з них на частку антропогенних припадає не менше, ніж 10 млн. км²); перетворення геологічного середовища та ландшафтів (штучні водосховища, дамби та греблі, відкриті геологічні розробки та підземні копальні, штучні гори та рівнини тощо).

II. *Геохімічні (біогеохімічні) проблеми*: засмічування (контамінація) та інше забруднення найближчого космічного простору; забруднення атмосфери з утворенням кислотних опадів, сильно токсичних і згубно діючих ЗР внаслідок повторних хімічних реакцій, в т.ч. фотохімічних (в цьому одна із основних причин руйнування озонового шару, на який впливають ХФУ, пари H_2O , NO_x , малі газові домішки); забруднення Світового океану, поховання в ньому (дампінг) отруйних і радіоактивних речовин, насичення його CO_2 із атмосфери, надходження в нього антропогенних

нафтопродуктів, інших ЗР, особливо важких металів і складних органічних сполук, підкислення мілководь за рахунок забруднення SO_x і NO_x атмосфери, розрив нормальних екологічних зв'язків між океаном і водами суші у зв'язку з будівництвом дамб на ріках; забруднення поверхневих вод суші, континентальних водоймищ, підземних вод; радіоактивне забруднення локальних ділянок і деяких регіонів, особливо у зв'язку з поточною експлуатацією атомних пристроїв, чорнобильською аварією і випробуванням ядерної зброї; зміна геохімічних характеристик окремих регіонів планети в результаті, наприклад, переміщення важких металів і концентрування їх на поверхні землі при нормальній дисперсності в літосфері; накопичення отруйних та радіоактивних речовин, побутового сміття і промислових відходів, особливо практично нерозкладних і дуже стійких, типу поліетиленових виробів, інших пластмас; виникнення повторних хімічних реакцій у всіх середовищах з утворенням токсичних речовин.

III. *Біоценотичні проблеми*: порушення глобальної екологічної рівноваги, співвідношення екологічних компонентів, в т.ч. зсув екологічного балансу між Світовим океаном, його прибережними водами і впадаючими в нього поверхневими і підземними водами суші; скорочення площі тропічних дощових лісів і тайги, яке веде до дисбалансу кисню і посилення процесу зникнення видів тварин і рослин (вважається, що під загрозою зникнення знаходиться близько 10 тис. видів); звільнення і утворення в ході вищезгаданого процесу нових екологічних ніш і заповнення їх небажаними організмами, шкідниками, паразитами, збудниками нових захворювань рослин, тварин, включаючи людину; абсолютне перенаселення Землі і демографічний вибух в окремих регіонах; створення нових видів, сортів та штамів, у т.ч. внаслідок маніпуляцій зі спадковою інформацією; погіршення середовища життя людини внаслідок комплексних змін довкілля (збільшення шумового забруднення, психологічних стресів та невротизації, забруднення повітря та харчових продуктів, виникнення «смуtku нових міст», дискомфорту знеособленого будівництва, напруженого темпу міського життя і втрати соціальних зв'язків між людьми, виникнення «психологічної втоми» тощо).

Питання до семінарських занять:

1. *Що таке біосфера?*
2. *Які основні типи речовин у складі біосфери?*
3. *Які межі біосфери?*
4. *Що являють собою «парабіосферні зони»?*
7. *Що таке «жива речовина»?*
6. *Які біогенні елементи входять до складу живої речовини?*
7. *Що таке біогеохімічний кругообіг (цикл)?*
8. *Які основні типи біогеохімічних кругообігів?*
9. *У чому суть кругообігу вуглецю?*
10. *У чому суть кругообігу кисню?*
11. *Що таке антропогенна частина біогеохімічних кругообігів?*
12. *У чому полягає суть «гіпотези Геї»?*
13. *Які основні етапи еволюції біосфери?*
14. *Що таке «точки Пастера»?*
15. *Які основні уявлення про ноосферу?*
16. *Що таке біотехносфера?*
17. *Яка головна причина деградації біосфери?*
18. *Які основні показники впливу людини на стан довкілля?*
19. *Які негативні наслідки «демографічного вибуху»?*
10. *Перелічить основні глобальні екологічні проблеми.*

6 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ НЕОЕКОЛОГІЇ (МЕГАЕКОЛОГІЇ). ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ

Концепція нової екології або «неоекології» (В.Ю. Некос), чи «мегаекології» (М.Ф. Реймерс). Основні уявлення про антропогенний вплив на біосферу та її складові. Зміни природних екосистем під впливом процесів техногенезу (виробничої діяльності людини). Особливості природного і антропогенного забруднення довкілля. Визначення поняття «забруднення». Фізичне, хімічне і біологічне забруднення довкілля. Причини і негативні наслідки радіоактивного забруднення навколишнього середовища. Екологічна складова проблеми управління та поводження з відходами виробництва та споживання.

Фактори порушення якості атмосфери (види і джерела впливу на атмосферу, трансформація забруднювальних речовин в атмосфері, критерії санітарно-гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря, основні негативні наслідки забруднення атмосфери; основні напрями охорони атмосфери). Основні причини порушення якості природних вод, принципи оцінки екологічного стану водних об'єктів, негативні наслідки забруднення природних вод та їх охорона. Основні причини деградації родючих ґрунтів, проблема хімічного і радіонуклідного забруднення ґрунтів та їх охорона). Загальні уявлення про геологічне середовище, екологічні функції геологічного середовища, вплив геологічного середовища на стан біоти і здоров'я людини. Антропогенний вплив на біоценози і проблема збереження біологічного різноманіття.

Екологічна складова природокористування. Принципи оптимального природокористування. Порівняльна характеристика понять «екосистема» і «природна система». Природно-ресурсний та еколого-економічний потенціал. Природні ресурси і умови. Принципи класифікації природних ресурсів (М.Ф. Реймерс, 1990). Сучасний стан та проблеми використання природних ресурсів (енергетичних, газово-атмосферних, водних, ґрунтово-геологічних, біологічних, комплексної ресурсної групи). Основні закони, правила та принципи оптимального природокористування. Особливості управління природними системами. Основні екологічні проблеми регіонів України.

6.1 Загальні уявлення про антропогенний вплив

Антропогенний вплив – прямий чи опосередкований вплив людства на навколишнє середовище і його компоненти внаслідок господарської діяльності. Під впливом антропогенних факторів відбуваються зміни як окремих природних компонентів, так і в цілому ландшафтно-природних комплексів.

*Антропогенні процеси, що виникають у довкіллі й зумовлені або істотно активізовані різними видами господарської діяльності людини, поділяють на *прямі* (наприклад, знищення природних і утворення штучних форм рельєфу) й *опосередковані* (розорювання схилів, активізація ерозійних процесів тощо), а також на *позитивні* (науково обґрунтоване осушення, зрошення, розсолювання ґрунтів, рекультивация земель, терасування крутих схилів, створення дамб, обвалування та ін.) та *негативні* (карстоутворення, суфозія, зсуви, антропогенна ерозія, підтоплення, засолення ґрунтів, виснаження природних ресурсів тощо).*

Забруднення – привнесення або утворення у середовищі нових, звичайно нехарактерних для нього фізичних, хімічних, інформаційних чи біологічних агентів, або перевищення в досліджуваній період часу природного середньобаторічного рівня (у межах його граничних коливань) концентрації перелічених агентів у середовищі, що нерідко призводить до негативних наслідків [2].

За об'єктом забруднення поділяються на: забруднення атмосфери (атмосферного повітря), забруднення гідросфери (природних вод); забруднення

літобіосфери (гірських порід і ґрунтів); забруднення всієї БС. За *тривалістю* впливу розрізняють: тимчасові (в т.ч. епізодичні) та постійні забруднення. За *масштабом впливу* забруднення можуть бути: локальні, регіональні, глобальні.

Існує декілька класифікацій типів забруднень і шкідливих впливів на біосферні середовища. Як приклад, можна навести класифікацію *Ф. Рамада* [13]: *фізичні забруднення* (радіоактивні елементи, випромінювання; нагрів або теплове забруднення; шуми і низькочастотна вібрація, інфразвук); *хімічні забруднення* (газоподібні і рідкі сполуки вуглецю; миючі засоби; пластмаси; пестициди та інші синтетичні органічні речовини; похідні сірки; похідні азоту; важкі метали; фтористі сполуки; тверді домішки; нестійкі органічні речовини); *біологічні забруднення* (надходження до екосистем або створення сприятливих умов для існування живих організмів, не характерних (чужорідних) для даного типу ЕС, що призводить до порушення сформованих біотичних зв'язків, виснаження ресурсів, забруднення довкілля продуктами їх життєдіяльності); *естетична шкода* (порушення пейзажів і визначних місць грубою урбанізацією або малопривабливими будівлями; будівництво індустріальних центрів у незайманих або мало порушених людиною біотопах).

Г.В. Стадницький і А.І. Родіонов [18] забруднення класифікують таким чином: *інгредієнтне забруднення*, як сукупність мінеральних, органічних і органо-мінеральних речовин, кількісно або якісно чужорідних для біоценозів (продукти згоряння органічного палива, відходи виробництва і споживання і ін.); *параметричне забруднення*, пов'язане із зміною якісних параметрів навколишнього середовища (теплове, шумове, світлове, радіаційне, електромагнітне); *біоценотичне забруднення*, що полягає у впливі на склад і структуру популяції живих організмів (порушення балансу популяції, інтродукція адвентивних видів і т.д.); *стаціонально-деструкційне забруднення*, що являє собою зміну ландшафту морфо-фізичних властивостей біотопу ЕС в процесі природокористування (вирубка лісових насаджень, ерозія ґрунтів, осушення земель і інше); *стація* - місце мешкання популяції або ділянка, яка характеризується сукупністю умов для існування даного виду тварин; *деструкція* – руйнування.

Звичайно розрізняють фізичне, хімічне та біологічне забруднення довкілля.

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

Температурні зміни позначаються на погіршенні режиму земної поверхні і водних об'єктів, на посиленні негативних наслідків хімічного і біологічного забруднення.

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. Шум зумовлює нервову виснаженість, психічні розлади, підвищення кров'яного тиску і підвищення вмісту холестерину в крові тощо. Шум викликає найбільшу кількість скарг населення, оскільки його дратуючий ефект позначається негайно. Негативні впливи вібрації багато в чому схожі із впливом шуму. Крім того, вона спричиняє руйнування будівель і споруд, негативно впливає на найбільш точні технологічні процеси. Органи слуху людини здатні розрізнити у вигляді звуку коливання з частотою в середньому від 16 до 20000 Гц. Звуки з частотою до 16 Гц називаються *інфразвуками*, а з частотою більше за 20000 Гц - *ультразвуками*. Граничною межею шуму є величина 80 децибел (дБ), норма гучності вночі – 10 - 20 дБ, вдень – 30 – 40 дБ. Шум в 90 дБ викликає фізіологічні порушення, а при 140 - 170 дБ руйнується барабанна перетинка вуха. Допустимі рівні

шуму на територіях різного господарського призначення не повинні перевищувати показників санітарних норм. Згідно з [19], значення еквівалентного рівня шуму (дБ) такі: селищні зони населених місць - 55 (з 7 до 23 год.) ÷ 45 (з 23 до 7 год.); для житлової забудови, що реконструюється - 60 ÷ 50; території житлової забудови поблизу аеродромів і аеропортів - 65 ÷ 55; зони масового відпочинку і туризму - 50 ÷ 30 - 35; санітарно-курортна зона - 40 - 45 ÷ 30 - 35; території заповідників і заказників - до 25 ÷ 20.

Електромагнітне забруднення виникає внаслідок зміни електромагнітних властивостей середовища (поблизу ліній електропередач, радіо- і телевізійних антен, деяких промислових установок і т.д.), що призводить до геофізичних аномалій і змін у біосистемах. Небезпечним є вплив електромагнітних випромінювань від мереж електропередач та інших джерел. Наприклад, напруженість змінного електричного поля частотою 50 Гц (промислової частоти) не повинна перевищувати 500 В/м (вольт на метр) у місцях постійного проживання людей, а напруженість магнітного поля також частотою 50 Гц – не більше 0,2 мкТл (мікротесла).

Особливості радіоактивного забруднення довкілля. Однією із найактуальніших проблем сучасної екології є вплив радіації на людину і оточуюче її середовище. Число розпадів за секунду у радіоактивному зразку називається його активністю. Одиниця вимірювання активності (СІ) - *беккерель* (Бк) дорівнює 1 розпаду за секунду. Різні види випромінювань супроводжуються вивільненням різної кількості енергії і мають різну проникну здатність, тому вони справляють неоднаковий вплив на тканини живих організмів: 1) *α-випромінювання* являє собою потік ядер атомів гелію - їх проникна здатність в повітрі 7 - 10 см, у воді – 20 - 60 см, в біологічній тканині – 0,03 - 0,04 мм (тому зовнішнє опромінення людини *α-частинками* менш небезпечне; небезпека виникає при проникненні *α-випромінюючих ізотопів* всередину організму при диханні або з їжею); 2) *β-випромінювання* являє собою потік електронів, які мають таку проникну здатність: в повітрі 8 - 14 м, в алюмінії і пластмасі 5 - 7 мм, в біологічних тканинах – до 2,5 см; 3) *γ-випромінювання* являє собою потік квантів, тобто це електромагнітне випромінювання з дуже короткою довжиною хвилі (*γ-промені* глибоко проникають в організм людини і являють велику радіаційну небезпеку). Ушкоджень, які викликані у живому організмі випромінюваннями, буде тим більше, чим більше енергії вони передають тканинам. Кількість такої переданої організму енергії називається дозою. Кількість енергії випромінювання, яка поглинається одиницею маси опроміненого тіла (тканинами організму), називається *поглинутою дозою*. Одиниця вимірювання у СІ - *1 грей (Гр); 1 Гр = 10³ мГр = 10⁶ мкГр*. Якщо взяти до уваги, що за однакової поглинутої дози *α-випромінювання* у 20 разів безпечніше за *β-* або *γ-випромінювання*, то дозу слід помножити на коефіцієнт, який відображає здатність даного виду випромінювання ушкоджувати тканини організму. Обчислену дозу називають *еквівалентною дозою*, яка вимірюється у СІ в *зівертах (Зв); 1 Зв = 10³ мЗв = 10⁶ мкЗв*. Основну частину радіації населення нашої планети отримує від природних джерел. Зовнішньому опромінюванню (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. Людиною створено декілька сотень 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 і населення в цілому. Радіоактивне випромінювання проникає крізь живі тканини без помітних слідів і руйнує молекули в їх складі. Але за великих доз радіація пошкоджує спадкову інформацію клітин і призводить до неможливості їх поділу. Цю властивість радіовипромінювання використовують при руйнуванні ракових пухлин (променева

терапія). Але значне опромінення порушує клітинний розподіл у всіх тканинах, особливо таких, які інтенсивно ростуть та оновлюються. В результаті не відбувається нормального оновлення крові, епідермісу шкіри, епітелію кишківника тощо, і через декілька днів променева хвороба призводить до летального наслідку. У низьких дозах іонізуюча радіація впливає на ДНК як мутагенний фактор. Збільшення частоти мутацій призводить до підвищення ймовірності канцерогенного переродження опромінених клітин. Дія радіації на людину може привести до раку та генетичних ушкоджень. Великі дози руйнують клітини й призводять до швидкої смерті. Відносно низьких доз радіації немає єдиної точки зору. Відомо, що малі дози отруйних речовин можуть мати стимулюючий ефект для організму – явище *гормезису*. Такий стимулюючий ефект виявлений за умов впливу низьких доз радіоактивного опромінення на лабораторних модельних об'єктах – «радіаційний гормезис». Проте, на даний час загальновизнаним є шкідливість для людини будь-яких доз іонізуючої радіації. Нижча межа шкоди для людини – величина природного радіоактивного фону, до якої є пристосованими наші системи репарації (біохімічні системи відновлення пошкоджень спадкового матеріалу) [32].

Хімічне забруднення – це збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також надходження в середовище ЗР, не властивих йому, або в концентраціях, що перевищують норму. Воно є найбільш небезпечним для природних ЕС і людини. У наш час в НПС міститься від 7,0 до 8,6 млн. хімічних сполук, причому ця кількість щорічно збільшується [20]. З мільйонів відомих ЗР менш 0,5 % (50 - 100 тис.) зараз реально використовуються у комерційній діяльності. Переважна більшість з них – синтетичні органічні хімічні сполуки, сумарне світове виробництво яких збільшилося з 150 тис. т у 1935 р. до 150 млн. т у 1995 р. Негативні наслідки цієї «хімічної революції» очевидні. При характеристиці хімічного забруднення доводиться вживаються такі поняття, як поллютанти, ксенобіотики, екотоксиканти та ін. *Поллютанти* - речовини, що забруднюють компоненти навколишнього середовища, тобто забруднювачі. *Ксенобіотики* – чужорідні для живих організмів шкідливі сполуки, не властиві природному середовищу (пестициди, препарати побутової хімії і ін.), які попадають в значних концентраціях до природного середовища і призводять до загибелі організмів, а також порушують нормальний хід природних процесів в ЕС. Близьким за значенням є поняття *екотоксиканти* – речовини, надходження яких до НПС призводить до негативних наслідків для живих організмів. Екотоксикантами можуть бути як поллютанти, так і ксенобіотики. Вони рідко зустрічаються самостійно, тому два і більше екотоксиканти разом дають ефект, у багато раз перевищуючий суму дії кожного з них окремо (це явище називається *сінергізмом* і є прикладом вияву принципу емерджентності). 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 з виникненням аномалій і вад розвитку. Особливу небезпеку представляють близько 200 речовин, серед яких можна відмітити: бензол, азбест, бенз(а)пірен, пестициди (ДДТ, елдрин, ліндан і ін.), важкі метали, різноманітні барвники і харчові добавки. Цілий ряд речовин антропогенного походження мають таку рухомість, що проникають майже всюди. До таких речовин відносяться фталати, хлорвуглеводні, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані дібензофурані (ПХДФ), поліциклічні ароматичні вуглеводні, пентахлорфенол, кадмій і ін. Розповсюдженими ЗР в природних середовищах є *важкі метали* (ВМ), до яких звичайно відносять метали, які мають відносну атомну масу більше заліза (*Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Sn, Sb, W, Hg, Pb, Bi*); вони утворюють амфотерні оксиди і гідроксиди. Надзвичайно небезпечними екотоксикантами, що не мають природних аналогів, є

діоксини, які можуть поширюватись повсюдно в навколишньому середовищі і не мають природних аналогів. До діоксинів – поліхлорованих дибензодіоксинів (ПХДД) - належить велика група ароматичних трициклічних сполук, які містять від 1 до 8 атомів хлору. Крім того, до діоксиноподібних речовин відносяться ПХБ і ПХДФ. Усього нараховується майже 300 діоксинів і діоксиноподібних речовин (75 ПХДД, 135 ПХДФ, 80 ПХБ), які характеризуються мутагенними, канцерогенними і тератогенними властивостями. Однак, найбільш небезпечними є 12, а найтоксичнішою сполукою вважається 2,3,7,8-тетрахлордібензодіоксин (ТХДД). Акумуляція (*біонакопичення*) хімічних речовин у живих організмах зростає на кожному наступному трофічному рівні: фітопланктон → зоопланктон → ракоподібні та риби-мікрофаги → риби-хижаки → баклани (в морських ЕС); продуценти → рослиноїдні консументи → м'ясоїдні первинні консументи → м'ясоїдні вторинні консументи (в континентальних ЕС). Б. Небел [21] наводить такий приклад збільшення біонакопичення ДДТ: морська вода (0,02) → водорості (5) → риби-мікрофаги (40 - 300) → риби-хижаки (2000 млн⁻¹). ДДТ є ліпофільною речовиною, тому його накопичення, на нашу думку, пов'язане не з акумуляцією у трофічному ланцюзі, а зі збільшенням відносного вмісту жиру в організмі.

Біологічне забруднення - це привнесення в середовище нових, не властивих йому раніше, біологічних агентів або створення сприятливих умов для надмірного збільшення їх чисельності (біомаси), що перевищує норму в природних умовах, в т.ч. 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 варроа і т.д.); 2) *антропогенна зміна середовища мешкання*, яка сприяє непомірному розмноженню окремих видів або набуттю ними нових властивостей (наприклад, синантропних тварин – тарганів, клопів, пацюків і ін., причетних до середовища мешкання людини); 3) *відходи виробництва (підприємств біосинтезу, тваринницьких комплексів) і життєдіяльності людей (звалища побутових відходів і т.д.)*.

Екологічно небезпечні *мікотоксини* – токсичні метаболіти пліснявих грибів, які є причиною хронічних токсикозів у багатьох країнах. Нині відомо 250 видів різних мікроскопічних грибів, що продукують майже 500 токсичних метаболітів, які не лише токсичні, але й мають мутагенні, тератогенні і канцерогенні властивості. Щорічно світові збитки від розвитку мікроскопічних грибів на продуктах харчування перевищують 30 млрд. доларів США [22].

Дуже важливе значення має безпека *генетично модифікованих організмів (ГМО)*. ГМО – організми, до геному яких за допомогою методів генної інженерії інтродуковано функціонуючі сторонні гени або ділянки ДНК. Тварини, рослини, мікроорганізми і віруси, які піддавалися генетичній трансформації, називаються *трансгенними організмами*. Наприклад, *трансгенні рослини* – це рослини, у яких за допомогою методів генетичної інженерії, штучно змінений геном. При їх практичному використанні можуть виникнути наступні екологічні проблеми: при схрещуванні трансгенних рослин з близькими дикими видами гібридне потомство може виявитися більш життєздатним і конкурентоздатним і буде витіснити природні рослини; трансгенні сільськогосподарські рослини, за рахунок більшої стійкості до захворювань і шкідників, можуть витіснити інші господарсько-цінні види (тобто, вони стануть бур'янами); через токсичність або алергенність трансгенні рослини можуть бути прямою загрозою для людей та тварин. В 2000 р. було схвалено Картахенський протокол про біобезпеку, який на початок 2006 р. ратифікували понад 76 країн (у 2002 р. ратифікувала Україна). Основна мета Картахенського протоколу – міжнародні

правила щодо перевезення, обробки та використання ГМО. Переваги і недоліки, що пов'язані з ГМО, широко обговорюються як в науковій і науково-популярній літературі, так і в засобах масової інформації. Наводяться переконливі докази як прихильників, так категоричних противників використання ГМО.

Особливості забруднення довкілля відходами. Забруднення відходами лише умовно можна віднести до *механічного забруднення* тому, що відходи спричиняють не тільки негативний механічний вплив, а супроводжуються також негативними фізико-хімічними ефектами. Згідно *Закону України «Про відходи»* (05.03.1998 р.), *відходи* – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються в процесі людської діяльності і не використовуються потім за місцем утворення або виявлення, від яких їх власник позбавляється, має намір або зобов'язаний позбавитися шляхом їх утилізації або видалення. *Поводження з відходами* – дії, спрямовані на попередження утворення відходів, їх збирання, перевезення, зберігання, обробку, утилізацію, видалення, знешкодження і поховання, включаючи контроль за цими операціями і нагляд за місцями видалення. Класифікація здійснюється за наступними параметрами: за місцем утворення; за видами діяльності підприємств; за стадіями виробничого циклу; за операціями; за агрегатним станом; за класом токсичності; за ступенем збитку, що завдається НС і здоров'ю населення тощо. Наприклад, класифікація за *місцем утворення відходів*: 1) *виробничі* (промислові; сільськогосподарські); 2) *побутові* (комунальні); 3) *відходи споживання*; 4) *радіоактивні*. З існуючих класифікацій відходів за токсичністю найбільший інтерес представляє класифікація, вживана в гігієнічній практиці. Виділяється чотири класи небезпеки на підставі середньолетальних доз (ЛД₅₀) і ГДК речовин: 1-й клас небезпеки – *надзвичайно небезпечні*; 2-й – *високо небезпечні*; 3-й – *помірно небезпечні*; 4-й – *мало небезпечні*. *Система управління промисловими відходами* – це частина загальної системи управління (у масштабі країни, регіону, промислового комплексу або його структурного підрозділу), до складу якої входять організаційна структура, діяльність з планування, обов'язки і відповідальність, практика, процедури, процеси і ресурси для формування, впровадження, досягнення, аналіз і актуалізація політики у сфері поводження з відходами.

Питання до семінарських занять:

1. Що розуміється під поняттями «антропогенний вплив» і «забруднення»?
2. За якими ознаками розрізняють забруднення?
3. У чому специфіка фізичного забруднення довкілля?
4. Які особливості радіоактивного забруднення довкілля?
5. Що таке хімічне забруднення довкілля?
6. Що таке «полутанти», «ксенобіотики» та «екотоксиканти»?
7. Що таке канцерогенна, мутагенна і тератогенна дія речовин?
8. Які основні причини біологічного забруднення довкілля?
9. Що таке генетично модифіковані організми?
10. Що таке відходи?
11. Які принципи класифікації відходів?
12. Що таке поводження з відходами?

6.2 Антропогенний вплив на атмосферу та його негативні наслідки

Атмосфера – найбільш динамічна оболонка Землі; вона легко піддається впливу антропогенних факторів. Присутність в атмосфері газів, пари, твердих частинок і рідких речовин природного і антропогенного генезису, що змінюють її фізико-хімічні властивості і склад, пригнічуюче діють на біосистеми, є показником забруднення атмосфери. Природними джерелами забруднення атмосфери є гази, пил і різні

продукти фіто-, зоо-, міко- та мікробіоценозів. Ступінь забруднення атмосферного повітря міст у 15 разів вищий від сільської місцевості і у 150 разів вищий, ніж над океаном; у промислових частинах міст випадає близько 1 кг пилу й сажі на 1 м². У забруднених містах помітно знижується прозорість повітря. Від техногенних джерел щорічно в атмосферу надходить 350 млн. т CO, 145 млн. т SO₂, 20 млн. т NO_x та інших ЗР. Навіть за значного вмісту природних домішок, вони не справляють такого сильного негативного впливу на НПС, як домішки антропогенного походження.

Основні речовини, що забруднюють атмосферу, та їх трансформація.

Основна частина ЗР припадає на газоподібні речовини (приблизно 90 %), які формуються внаслідок хімічних реакцій (наприклад, окислення руд, випалювання нерудної мінеральної сировини). При спаленні органічного палива утворюється величезна кількість газів (CO₂, CO, SO_x, NO_x), сполук важких металів, радіоактивних речовин тощо. Могутнім джерелом газоподібних сполук є хімічні реакції розкладу (виробництво фосфорних добрив), електрохімічні процеси (виробництво алюмінію), випаровування, дистиляція]. Приблизно 10 % газоподібних викидів припадає на тверді частинки та близько 1 % на рідкі ЗР, що утворюються при конденсації парів, розливі рідин, внаслідок хімічних реакцій та інших процесів.

Пил – завислі в повітрі тверді частинки діаметром більше за 1 мкм. *Аерозолі* – колоїдні системи (0,1 – 0,001 мкм), що містять не тільки тверді, але і рідкі краплі (нерідко з розчиненими в них ЗР); звичайно до аерозолів відносять крапельки діаметром 0,1 – 1,0 мкм, тоді як частинки такого ж розміру вважаються пилом. *Рідкі аерозолі* – тумани, *тверді аерозолі* – дими. *Промисловий пил* утворюється внаслідок механічної обробки різних матеріалів (дроблення, помел, висадження, заповнення, розрівнювання), теплових процесів (спалення, сушка, плавлення), транспортування сипучих матеріалів. В атмосфері завжди міститься деяка кількість пилу, яка може різко зрости під час пилових бур та вулканічних вивержень (наприклад, після виверження вулкана Кракатау в Зондській протоці у 1883 р. пил обгорнув усю земну кулю).

Одним з основних газоподібних ЗР є *оксид вуглецю (CO)* – постійний компонент атмосфери (0,01 - 0,90 мг/м³; причому в північній півкулі його концентрація у 3 рази більша, ніж у південній). Природними джерелами CO виступають неповне згоряння органічної речовини, виділення живими організмами, вулканічні і болотяні гази, лісові та степові пожежі, окислення CH₄ у тропосфері тощо. Антропогенні джерела CO – неповне згоряння сучасного і викопного органічного палива (підприємства теплоенергетики, хімічної, металургійної, нафтохімічної промисловості, автотранспорт і ін.). Більше за 60 % викидів CO припадає на автотранспорт – протягом року пробіг автомобіля супроводжується викидами більше, ніж 500 кг CO, який становить 12 % маси вихлопних газів, що містять, крім цього, понад 200 інших хімічних сполук. Тривалість перебування в атмосфері складає близько 2 місяців. Досягаючи стратосфери, CO окислюється до CO₂, а при взаємодії CO з гідроксильними радикалами утворює *формальдегід (CH₂O)* і бере участь у відновленні HNO₃ в NO₂. Оксид вуглецю поглинається мікроорганізмами і грибами, які окислюють його до CO₂. Деякі морські водорості нагромаджують його до 5 %. Проте, близько 90 % емісії CO є наслідком природних процесів. Зокрема, вулканічна діяльність, процеси окислення гумусу та пожежі, життєдіяльність біоценозів наземних та океанічних ЕС також супроводжуються виділенням CO. Він справляє токсичний вплив на дихальний цикл клітин, він легко сполучується з гемоглобіном і утворює карбоксигемоглобін (COHb). У великих містах вміст CO варіює від 1 до 250 млн⁻¹ (середнє 20 млн⁻¹).

Оксиди азоту (NO_x). Значна кількість NO_x утворюється в процесі горіння при високій температурі та тиску (N₂ ⇌ NO ⇌ NO₂ ⇌ N₂O₄), передусім – у двигунах

внутрішнього згоряння. Діоксид азоту – стійкий газ, що зберігається в атмосфері близько 3 діб. Сполучившись з парами води, сприяє утворенню кислотних опадів ($NO_2 + H_2O \Rightarrow HNO_2 \Rightarrow HNO_3$), взаємодіючи з вуглеводнями в присутності сонячного світла утворює *пероксиацетилнітрат* (ПАН) і інші фотохімічні окислювачі (O_3 і ін.) – складові фотохімічного смогу.

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

Під дією сонячної енергії *озон* і багато інших фотохімічних окислювачів утворюються при хімічній взаємодії між NO_x і вуглеводнями. Під дією сонячної енергії NO_2 розпадається на NO і атом O , а той, сполучаючись з O_2 , утворює молекулу O_3 ($NO_2 \Rightarrow NO + O + O_2 \Rightarrow O_3$). Якщо відсутні інші фактори, то процес буде оборотним ($O_3 + NO \Rightarrow NO_2 + O_2$). Отже, NO_2 зв'язується і відбувається накопичення озону ($NO_2 \Rightarrow NO + O + O_2 \Rightarrow O_3$).

Вуглеводні ($ВВ$, C_nH_m) утворюються в результаті анаеробного окислення органічних речовин в ґрунтах та водоймах, неповного окислення в двигунах внутрішнього згоряння, а також при витоку з газосховищ, газопроводів, нафтопроводів, автозаправних станцій, ємностей з вуглеводневою сировиною ($ВВС$) тощо. Серед $ВВ$ розрізняють алканові, цикланові, аренові та гібридні. Наприклад, алканові $ВВ$ можуть бути газоподібними ($CH_4 - C_4H_{10}$), пароподібними ($C_5H_{12} - C_8H_{18}$), рідкими ($C_9H_{20} - C_{18}H_{38}$), твердими ($C_{19}H_{40} - C_{35}H_{72}$). Найбільш екологічно-небезпечними є аренові (ароматичні) $ВВ$ та продукти їх трансформації. Прикладом є бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$), який утворюється при неповному згорянні $ВВС$ (двигуни внутрішнього згоряння, коксохімічне виробництво і т.д.). Він накопичується в жирових тканинах, сироватці чоловічої крові та провокує розвиток злоякісних пухлин. При взаємодії $ВВ$ з оксидами азоту утворюються пероксиацетилнітрати: $C_nH_m + NO_x \Rightarrow$ ПАН.

Концентрації основних $ЗР$ істотно змінюються в залежності від метеорологічних умов та рельєфу місцевості.

Гранично допустима концентрація – максимальна концентрація *шкідливої речовини* ($ШР$) в атмосферному повітрі, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичному впливі або протягом всього життя людини не впливає і не вплине шкідливим чином (включаючи віддалені наслідки) на неї і на навколишнє середовище загалом. Останні дослідження привели до висновку про відсутність нижніх безпечних порогів, а отже *ГДК*, при впливі канцерогенів антропогенного походження (наприклад, ПХБ, діоксини і ін.).

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 год. (але не більше 41 год. на тиждень) захворювань або призводити до погіршення стану здоров'я у віддалені терміни. Під *робочою зоною* розуміють шар повітряного простору висотою 2 м, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце.

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

Основні джерела антропогенного забруднення атмосфери. Головними техногенними джерелами забруднення атмосфери є: 1) теплові електростанції (ТЕС) і теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та інші об'єкти теплоенергетики; 2) складові транспортної (переважно автотранспортної) системи; 3) підприємства чорної і кольорової металургії; 4) підприємства машинобудування; 5) підприємства хімічного виробництва; 6) об'єкти видобутку і переробки мінеральної сировини; 7) відкриті джерела (виробки, сільськогосподарське рілля, будівництво).

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

Смоги різних типів. Смог (від англ. *smoke* – дим, *fog* - туман). Розрізняють смог лондонського (вологий), лос-анджелеського (сухого антициклонічного клімату) та аляскінського (льодяного) типів.

Смог лондонського типу – це поєднання газоподібних твердих домішок з туманом, що є результатом спалювання великої кількості сірчаного вугілля або мазуту за підвищеної вологості повітря. Описано вперше в грудні 1952 р., коли над всю Англію протягом декількох днів зберігалася зона високого тиску і безвітря (звідси ще одна назва – «смог антициклонічного типу»), яка супроводжувалася туманом. Внаслідок виникнення в атмосфері температурної *інверсії* (збільшення температури з висотою в деякому шарі атмосфери замість звичайного пониження, що порушує вертикальну циркуляцію повітряних мас) були створені умови для забруднення повітряного басейну Лондона. Від підвищеного вмісту сажі, SO_2 (до 10 мг/м^3), CO , NO_x та інших ЗР загинуло приблизно 4 тис. чол., причому найвищий рівень смертності був в перший день смогу (5 грудня 1952 р.), а потім вона знизилася до звичайного рівня. Найбільш уразливими були люди віком старше 50 років, страждаючі хворобами легенів і серця, а також діти віком до 1 року. Смог лондонського типу може формуватися при поєднанні певних природних і антропогенних факторів і в умовах великих промислових міст України, наприклад, у приморській зоні південних регіонів.

Смог лос-анджелеського типу вперше був зафіксований в Лос-Анджелесі. Інше визначення «*фотохімічний смог*» вказує на те, що в його утворенні значну роль відіграють фотохімічні процеси в атмосфері, тобто хімічні реакції, які відбуваються під дією енергії сонячного випромінювання. Для виникнення такого процесу (явища) необхідні поєднання наступних умов: низька вологість повітря, відсутність вітру, що сприяє застою великих мас повітря, а також наявність значних концентрацій ЗР, насамперед оксидів азоту і незгорілих (напівзгорілих) вуглеводнів. ЗР переважно надходять у повітряний басейн у складі вихлопних газів численних автомобілів. На утворення і стійкість фотохімічного смогу впливають температурна інверсія в атмосфері, негативні форми рельєфу і інші фактори, які ведуть до звуження розповсюдження ЗР і збільшення їх концентрації в приземній частині атмосфери. За певних умов ці первинні ЗР трансформуються в більш екологічно-небезпечні вторинні ЗР, або так звані «оксиданти» («фотооксиданти»): пероксиацетилнітрати (ПАН), озон (O_3) тощо. Основним вторинним компонентом фотохімічного смогу є O_3 , тому доцільно ще раз розглянути принципову схему його утворення. В двигунах

внутрішнього згоряння внаслідок безпосереднього сполучення азоту з киснем утворюється NO : $N_2 + O_2 \rightleftharpoons NO$ (1). Далі NO частково окислюється з утворенням NO_2 : $NO + O_2 \rightleftharpoons NO_2$ (2). Аналогічний процес відбувається з також з NO , який надходить у повітря. Під впливом сонячного випромінювання NO_2 піддається фотодисоціації: $NO + h\nu (\lambda < 400 \text{ нм}) \rightleftharpoons NO + O$ (3). Атомарний кисень може вступати в реакцію з молекулярним киснем: $O + O_2 + M \rightleftharpoons O_3 + M^*$ (4), де M – молекули повітря, що поглинають енергію. Озон бере участь у багатьох окислювальних процесах, у т.ч. у окислюванні NO до NO_2 : $NO + O_3 \rightleftharpoons NO_2 + O_2$ (5). Фотохімічний смог характерний не тільки для Лос-Анджелеса, але і для Нью-Йорка, Чикаго, Бостона, Детройта, Мехіко, Токіо, Рима, Афін та інших місць, де відбувається поєднання природних і антропогенних факторів його формування.

Смог аляскинського типу (льодяний) формується при поєднанні шкідливих газів, пилюватих частинок і замерзлих крапель туману та пари з опалювальних систем. Характерний для деяких північних населених пунктів. Формується в умовах холодного і вологого клімату за достатньо високого рівня антропогенного навантаження.

Кислотні опади. Термін «*кислотні дощі*» введено в обіг англійським інженером Р. Смітом в 1872 р. у праці «Повітря і дощ: початки хімічної кліматології», однак дослідження кислотних дощів почалися лише в 60-х роках ХХ століття. Актуальність проблеми обумовлена її глобальним характером внаслідок того, що *кислотні опади* (дощ, туман, сніг), які утворюються, переносяться повітряними потоками на великі відстані й охоплюють своїм негативним впливом значні території. Утворення кислотних опадів пов'язане, в основному, з техногенними викидами в атмосферу SO_2 і NO_x , але основне значення має надходження SO_2 . Оксиди сірки і азоту поступово реагують з парами води і утворюють кислоти. Оксиди сірки та азоту, які викидаються в атмосферу, поєднуючись з атмосферною вологою, утворюють сірчану і азотну кислоти, які дисоціюють на іони SO_4^{2-} , NO_3^- та H^+ (*pH* для кислотних опадів знаходиться у межах від 5,6-5,5 до 2,0-1,5). Кислі опади містять у великій кількості іони SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , H^+ , а також ВМ. Кислотні опади вимивають біогени з ґрунтів, призводять до деградації лісів, погіршують якість природних вод, негативно позначаються на умовах мешкання гідробіонтів.

Деградація озонового шару. Озоновий шар має велике екологічне і біологічне значення тому, що майже в 6,5 тис. разів послаблює дію ультрафіолетового спектру електромагнітного випромінювання Сонця. Частка ультрафіолетового електромагнітного випромінювання (УФВ) складає приблизно 9 % від загального сонячного випромінювання. У спектрі сонячного випромінювання, що досягає земної поверхні, поряд з видимим спектром і інфрачервоним випромінюванням (ІЧВ) присутні лише УФВ-А та сильно ослаблене УФВ-В. Випромінювання в діапазоні УФВ-С затримуються озоном та іншими газами. O_3 - активна хімічна сполука - сильний окислювач. Він окислює майже всі метали (за винятком, *Au*, *Pt*, *Ir*). Основними озоноруйнуючими речовинами (ОРР) є *хлорфторвуглеці* (ХФВ), які використовуються як холодоагенти, розчинники, препарати гасіння, для розпилення лаків і барвників в аерозольних упаковках. Досягнувши озоносфери, ХФВ під дією УФВ руйнуються; відривається атом хлору, а радикали, що залишилися, легко окислюються. Атом хлору і молекула ClO є каталізаторами, а руйнуються атоми кисню і молекули озону. ХФВ – малотоксичні, не утворюють вибухонебезпечні суміші з повітрям, але при фотодисоціації утворюють сполуки хлору і фтору, які спричиняють руйнування озонового шару. Ці речовини визнані небезпечними для озонового шару Монреальським протоколом про речовини, що руйнують озоновий шар, прийнятим у 1987 р. на розвиток Віденської конвенції про охорону озонового шару 1985 р. та з подальшими поправками до нього. Концентрації ОРР незначні: $CFCl_3$ (ХФВ-11) -

0,226 млн⁻¹, CF_2Cl_2 (ХФУ-12) - 0,392 млн⁻¹, $C_2H_3Cl_3$ (метилхлороформ) - 0,139 млн⁻¹ тощо. Однак деякі руйнівники озонового шару присутні в більш високих концентраціях: N_2O - 307 млн⁻¹, CH_4 - 1638 млн⁻¹, CO - 103 млн⁻¹. Ділянки зниження захисних функцій озонового шару стратосфери, тобто з помітним зниженням концентрації O_3 на 40 - 50 %, порівняно з фоновими значеннями, отримали ненаукову назву «озонова діра». Фактично, це райони зниження вмісту O_3 у стратосфері.

Парниковий ефект. 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 ІЧВ назад на поверхню Землі. Це явище називають природним *парниковим ефектом*. Якщо б не цей ефект, то середня температура земної поверхні не перевищувала б -6 – 18 °С, і життя в сучасному вигляді не існувало. Проте, завдяки парниковому ефекту середня температура приземного шару повітря становить +15 °С. Тобто атмосфера Землі відіграє роль «ковдри», утримуючої тепло аналогічно склу (плівці) парника (оранжереї). *Парникові гази* (ПГ) - газоподібні складові атмосфери природного або антропогенного походження, які поглинають і перевипромінюють ІЧВ. Антропогенне зростання концентрації ПГ в атмосфері призводить до підвищення приземної температури та зміни клімату. Перелік ПГ, які підлягають обмеженню згідно Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату (1992 р.), визначений у Додатку А до Кіотського протоколу (1997 р.), включає: CO_2 , CH_4 , N_2O , $ХФВ$, $ХФВВ$, SF_6 . Водяна пара (H_2O) - найпоширеніший ПГ - виключений з даного розгляду, оскільки немає даних про зростання його концентрації в атмосфері (тобто пов'язана з ним небезпека не проглядається). *Потенціал глобального потепління* характеризує розігрівуючий вплив молекули ПГ відносно молекули CO_2 , прийнятого за одиницю. Для CH_4 = 21, N_2O = 310, $ХФВ$ = 6500 - 9200, $ХФВВ$ = 1300, SF_6 = 23900, тобто 1 т того чи іншого газу дає більший ефект, ніж 1 т CO_2 . Починаючи з 1900 р. відмічено зростання концентрацій основного ПГ (CO_2): 1900 р. – 290 млн⁻¹; 1970 р. – 321 млн⁻¹; 1990 р. – 360 млн⁻¹; 2000 р. – 380 млн⁻¹; 2013 р. – 400 млн⁻¹; 2030 р. (прогноз) – 450 -600 млн⁻¹; 2050 р. (прогноз) – 700 - 750 млн⁻¹. *Можливі наслідки зміни клімату*: зміна частоти та інтенсивності опадів; підвищення рівня моря; загроза для природних екосистем і біорізноманіття; танення льодовиків; проблеми функціонування сільського господарства, водоспоживання і водопостачання, вплив кліматичних змін на здоров'я людини тощо.

Вплив забруднювальних речовин атмосфери на живі організми. Протягом доби людина споживає 500 л кисню, пропускаючи через легені 10 тис. л (12 кг) повітря, у той час як за такий же проміжок часу вона поглинає лише 1,5 - 2 кг їжі і води. Тому стан повітряного середовища має особливо важливе значення для нормального функціонування людського організму й підтримки здоров'я. Всі ЗР атмосфери у тій чи іншій мірі справляють негативний вплив на здоров'я людини. Вони надходять до організму людини в основному через органи дихання. Близько 50 % частинок діаметром 0,02 - 0,20 мкм, які проникають у легені, осідають там і справляють негативний ефект. У комплексі вони призводять до ураження верхніх дихальних шляхів, астми, емфіземи легенів, серцевої недостатності і т.д. NO_x поглинаються кров'ю, справляють шкідливий вплив на зір, дихання; сполуки Pb руйнують еритроцити крові; аренові вуглеводні є канцерогенами; дрібні частинки пилу подразнюють слизову оболонку, а азбестовий пил може спричинити фіброз легенів і рак. CO за тривалої дії викликає безплідність. Концентрація CO , значно вища гранично допустимих ($ГДК_{мр}$ – 5 мг/м³, $ГДК_{сд}$ - 3 мг/м³), призводить до фізіологічних змін в організмі, а концентрація понад 750 млн⁻¹ - до летального наслідку. Сумарна дія різних ЗР у повітрі може несприятливо впливати на організм, тому при нормуванні $ГДК$ 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. ЗР атмосфери негативно впливають на всі фіто- і зооценози. Так, деякі хімічні компоненти, проникаючи в рослинні тканини, порушують обмін речовин, структуру листя і пагонів. Найбільш небезпечними для рослин є сірчаний газ (SO_2), фторвмісні сполуки і смоги усіх типів. Рослини по-різному сприйнятливі до забруднення повітря (найбільш чутливі – жито, пшениця, ячмінь, яблуня, береза, груша, сосна; більш стійкі – вишня, бузок, дуб тощо).

Питання до семінарських занять:

1. Які основні забруднюючі речовини атмосфери?
2. Яка схема трансформації основних забруднюючих речовин атмосфери?
3. Які основні джерела антропогенного забруднення атмосфери?
4. Що таке ГДК речовини в атмосфері?
5. Які причини утворення основних типів смогу?
6. Яким чином утворюються кислотні опади?
7. Які основні причини деградації озонового шару?
8. Які основні причини парникового ефекту?
9. Яку небезпеку для довкілля і здоров'я людини створюють забруднюючі речовини антропогенного походження?
10. Які є шляхи поліпшення повітряного середовища?

6.3 Антропогенний вплив на гідросферу та його негативні наслідки

Водні ресурси - це всі природні води Землі, які представлені водами річок, озер, водосховищ, боліт, льодовиків, підземних горизонтів, океанів і морів. Згідно «Водного кодексу України» (1995) *водні ресурси* – це «обсяги поверхневих, підземних і морських вод відповідної території», а згідно ДСТУ 3041-95 – це «придатні для використання людиною в будь-яких формах і потребах запаси поверхневих вод, також вода льодовиків, вода пари атмосфери, ґрунтова волога».

Усі галузі господарства за відношенням до водних ресурсів поділяються на водоспоживачів і водокористувачів. *Водоспоживачі* забирають воду, використовують її для виготовлення промислової та сільськогосподарської продукції або побутових потреб населення, а потім повертають до водного об'єкта, але вже в іншому місці, в меншій кількості і з іншими якісними характеристиками. *Водокористувачі* використовують воду як середовище (водний транспорт, рибальство і т.д.) або як джерело енергії (ГЕС), але можуть змінювати якість води (наприклад, водний транспорт), гідрологічний режим (наприклад, ГЕС) і т.д. Оскільки важко провести чітку межу між водоспоживанням і водокористуванням, то у «Водному кодексі України» (1995 р.) залишилося одне поняття «*водокористування*» – використання вод (водних об'єктів) для задоволення потреб населення і галузей економіки. Використання води в залежності від цілей можна поділити на господарсько-питне, комунальне, сільськогосподарське, промислове, транспортне і т.д.

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

Фізичне забруднення поверхневих вод створюється скидом у них тепла і радіоактивних речовин. Теплове забруднення пов'язане, головним чином, із використанням води задля охолодження ТЕС та АЕС і, відповідно, близько 1/3 і 1/2 електроенергії, яка виробляється, скидаються в ту ж водойму. Внесок у теплове забруднення додають також і деякі промислові підприємства. Радіоактивне забруднення гідросфери може спричинятися як природними джерелами (виходами

підземних та пластових вод в районах природних радіоактивних аномалій), так і штучними джерелами (скиди радіоактивних речовин, випробування ядерної зброї).

Хімічне забруднення створюється надходженням до поверхневих вод різних токсичних речовин, основними джерелами яких є доменне і сталеливарне виробництва, підприємства кольорової металургії, гірничодобувна, хімічна і нафтопереробна промисловості, а також екстенсивне сільське господарство (яке використовує додаткові мінеральні та людські ресурси, але не можливості технічного прогресу). Крім прямих скидів стічних вод необхідно враховувати також можливість забруднення поверхневих вод під час взаємодії з іншими природними середовищами (атмосферою, педосферою та літосферою). Інтенсивно забруднюють поверхневі води целюлозно-паперова і нафтопереробна промисловості, у стоках яких містяться нафтопродукти, феноли, складні органічні сполуки, хлор, кольорові метали та ін. Однією із небезпечних ЗР є синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), які широко використовуються у побуті для збільшення змочування, піноутворювання. Органічні речовини, які потрапляють до водойм, можуть бути як природного, антропогенного так і змішаного походження. За здатністю до мікробіологічного руйнування їх поділяють на нестійкі та стійкі органічні ЗР. *Нестійкі органічні ЗР* легко окислюються сапротрофними мікроорганізмами, які при цьому споживають з води розчинений кисень. Тому, кількість таких органічних сполук оцінюють величиною біохімічного споживання кисню (*БСК*). *БСК* визначається як кількість кисню, що споживається мікроорганізмами при окислюванні органічних речовин, які містяться в одиниці об'єму води, за визначений період часу. На практиці *БСК* оцінюють за п'ять діб (*БСК₅*) та за двадцять діб (*БСК₂₀*). Зазвичай *БСК₂₀* трактують як повне *БСК* (*БСК_{ПОВН}*), ознакою якого є початок процесів нітрифікації в пробі води. *БСК* є оцінкою загального забруднення води органічними речовинами. *Стойкі органічні ЗР* характеризуються токсичними властивостями, які проявляються навіть при незначній кількості у воді, виявляють стійкість до мікробіологічного розкладання. Вони характеризуються біоаккумуляційними властивостями, для них властивий транскордонний перенос у повітрі, воді та мігруючими організмами. Вони накопичуються в екосистемах суходолу, і, особливо, водних біоценозах. Для характеристики їх вмісту у воді використовують величину хімічного споживання кисню (*ХСК*). *ХСК* визначається як кількість хімічного окислювача у перерахунку на кисень, необхідна для окислювання органічних і мінеральних речовин, що містяться в одиниці об'єму води. При визначенні *ХСК* використовують біхромат калію ($K_2Cr_2O_7$). *ХСК*, як і *БСК*, не дає інформації про склад забруднення, проте дозволяє оцінити загальні обсяги такого забруднення.

Біологічне забруднення створюється мікроорганізмами (в т.ч. хвороботворними), а також органічними речовинами, здатними 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 (бойні, м'ясокомбінати, молочні, сироварні, цукрові заводи і ін.), 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 кишківника 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 характеризують за допомогою таких показників: *коли-тітр* – це найменший об'єм води, який припадає на одну кишкову паличку;

коли-індекс – це абсолютна кількість кишкових паличок в 1 дм³ води. Крім того, використовуються додаткові санітарно-показові організми: протей (мікроб гниття), термофільні (до 80 °С) мікроорганізми, бактеріофаги, гідробіологічні одноклітинні і багатоклітинні організми тощо.

При визначенні гідроекологічних умов орієнтуються на стан гідробіонтів, ступінь сапробності і трофності та інші критерії.

Сапробність – це ступінь насичення води органічними речовинами, які, як правило, не мають токсичної дії.

Трофність – ступінь первинної біологічної продуктивності водних екосистем, який визначається вмістом у воді фосфору, азоту і інших біогенних елементів та комплексом гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних і інших факторів.

Гідробіонти мають санітарно-індикаторне значення. При оцінці води за шкалою сапробності (система *Р. Кольквіца – М. Марсона*) враховують наявність у водоймі певних видів організмів. За наявністю специфічних організмів, які здатні мешкати у воді, збагаченій розчиненими органічними речовинами, виділяють наступні зони сапробності: I – *полісапробна* (зона дуже сильного забруднення); II – *α-мезосапробна* і *β-мезосапробна* (зони середньої забрудненості); III – *олігосапробна* (зона чистої води) [23].

Зворотна вода – це вода, що повертається за допомогою технічних споруд і засобів із господарської ланки кругообігу води до його природних ланок у вигляді скидної, дренажної і стічної води (ДСТУ 3041-95): *скидна вода* – вода, що відводиться із зрошуваних сільськогосподарських угідь і поливних забудованих територій, а також вода, відведена від ділянок, на яких застосовується гідромеханізація; *дренажна вода* – вода, яка профільтрувалась у дренаж із тіла гідротехнічної споруди чи її основи, а також із осушувального (зрошувального) земельного масиву; *стічна вода* – вода, що збиралась у процесі господарсько-побутової та виробничої діяльності чи при відведенні наслідку опадів із забудованих територій.

За походженням *стічні води* поділяються на декілька груп: 1) *господарсько-побутові*; 2) *промислові*; 3) *поверхневий стік* підприємств і населених пунктів; 4) *сільськогосподарські*; 5) *рудникові і шахтні води*. Кожна група має свій специфічний склад, в якому переважає певна сукупність ЗР.

Вміст ЗР у воді регламентується санітарними нормами і правилами та рибогосподарськими вимогами і вимірюється концентрацією в мг/дм³. Характеристикою небезпечності речовини для людини і живих організмів є *ГДК* і *клас шкідливості* (I – *надзвичайно шкідливі*, II – *дуже шкідливі*, III – *шкідливі*, IV – *помірно шкідливі*).

ГДК – максимальні концентрації, при яких речовини не впливають безпосередньо або опосередковано на стан здоров'я населення (при дії на організм продовж всього життя) і не погіршують гігієнічні умови водокористування. *ГДК* встановлюється за *лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ)*. Встановлено такі *ЛОШ*: санітарно-токсикологічна, загальносанітарна, органолептична, рибогосподарська. Таким чином, *ГДК* – це мінімальні концентрації речовин, при яких проявляється одна з *ЛОШ*. При розрахунках необхідного ступеня очистки стічних вод від ЗР враховують їх адитивну дію.

Гранично допустимий скид (ГДС) – кількість ЗР у стічних водах, максимально допустима для відведення в установленому режимі у певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води у контрольному пункті. *ГДС* розраховується за найбільшими середньогодинними витратами стічних вод (м³) фактичного періоду їх випуску. Концентрація речовин приймається у мг/дм³ або мг/м³,

а величина ГДС розраховується в грамах на годину (г/год). ГДС визначається за формулою:

$$ГДС = q_{ст} \cdot C_{\delta},$$

де $q_{ст}$ - витрата стічних вод ($м^3/год$),

C_{δ} – допустима концентрація речовини в стічних водах ($мг/м^3$).

Неочищені і частково очищені стічні води, що надходять до водних об'єктів, призводять до зміни їх фізико-хімічних властивостей та забруднення. У забруднених водних об'єктах відбуваються складні процеси, які призводять 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 ускладненим через велику кількість ШР, які надходять і поділяються на: 1) *мінеральні* (пісок, глина, шлаки, попіл, розчини і емульсії солей, кислот, лугів, радіоактивні сполуки); 2) *органічні* (речовини рослинного і тваринного походження, а також смоли, феноли, спирти, барвники, альдегіди, сірко- та киснеутримуючі сполуки і т.д.); 3) *біологічні* (хвороботворні бактерії, віруси, збудники інфекцій).

Зворотні води значно збагачені біогенними елементами, які сприяють евтрофуванню водойм. *Евтрофування (евтрофікація)* – підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів, в першу чергу водойм, в результаті накопичення у воді біогенів (N, P, C) під дією природних чи антропогенних факторів. Основною причиною евтрофування («цвітіння») водних об'єктів (річок, водоймищ, озер, водосховищ, ставків, морів) є масове утворення синьо-зелених водоростей (СЗВ). Із 3400 - 4100 видів фітопланктону біля 300 (7 %) здатні до створення масових скупчень. Масовий розвиток СЗВ обумовлюють такі фактори: 1) *фізичні* (горизонтальна неоднорідність водної маси; вертикальна стратифікація; висока сонячна активність; оптимальна температура води; вітри, течії, припливи; опріснення води); 2) *хімічні* (високий вміст біогенів, розчинених і завислих органічних речовин); 3) *біотичні* (відсутність або зменшення харчування фітопланктоном та зоопланктоном); 4) *антропогенні* (забруднення водних об'єктів біогенними речовинами). *Якість води* – характеристика складу води і властивостей води як компонента водної екосистеми і життєвого середовища гідробіонтів, а також в контексті придатності її для конкретних цілей водокористування [7]. Говорячи про якість вод, мають на увазі їх стан, про який судять за набором показників. *Показники якості води* – сукупність фізичних, хімічних та біологічних характеристик води. Набір показників якості для різних користувачів може бути різним і залежить від вимог, які висуває кожен користувач до складу й властивостей вод. Існує багато інших методів оцінки якості природних вод, детальний огляд яких наведений в роботах [24, 25] тощо.

Особливості забруднення морських вод. До основних джерел забруднення морських вод можна віднести: скид промислових і господарських вод безпосередньо у море або з річковим стоком; надходження з суші різних ЗР, що застосовуються в сільському і лісовому господарствах; навмисне поховання ЗР в морі; втрати різних ЗР у процесі суднових операцій; аварійні скиди з суден або підводних трубопроводів; розробка корисних копалин на морському дні; перенесення ЗР крізь атмосферу [26]. У моря виноситься величезна кількість різноманітних речовин як у результаті природних, так і антропогенних процесів. *Нафта і НП* - найбільш розповсюджені ЗР. Значну частку нафти (НП) до океану постачає суша за допомогою атмосферних опадів, річкового і зливого стоку. Близько 1/3 нафти (НП) потрапляє до океану при морських перевезеннях. З неї більше половини припадає на експлуатаційні зливи суден (0,4 % від перевезеного обсягу). Крім того, джерелами забруднення нафтою (НП) є аварії танкерів, морські нафтові промисли (1 – 2 %) і природне просочування нафти з

морського дна (10 %). Всього до океану за різними оцінками щорічно надходить від 5 - 6 до 10 млн. т нафти (НП). Океан не здатний нейтралізувати всю нафту (НП), що надходить внаслідок антропогенної діяльності. Щорічне забруднення океанів внаслідок морських перевезень, аварій та незаконного зливу складає близько 600 тис. т нафти. Нафта і НП справляють негативний вплив на морські біоценози, тому що їх плівки порушують обмін енергією, теплом, вологою й газами між океаном і атмосферою, а також впливають на фізико-хімічні і гідробіологічні умови, на клімат Землі, на баланс кисню у атмосфері. Забруднення морських вод *отрутохімікатами* (особливо в пригирлових частинах морів) багатьма ученими розглядається як найбільш імовірна загроза необоротної деградації у майбутньому морських ЕС. Забруднення морського середовища відбувається внаслідок *дампінгу* – поховання в морі відходів, видалення відходів або інших предметів із штучних морських споруд, суден і літальних апаратів, навмисне знищення морських платформ, літальних апаратів, суден тощо. Законодавчі акти більшості держав містять категоричну заборону дампінгу без дозволу державних органів. Виняток становить легальне складування на певних ділянках морського ґрунту, вилученого під час проведення днопоглиблювальних робіт (наприклад, у морських портах та судноплавних каналах). Ділянки дампінгу вибирають таким чином, щоб завдати якнайменшої шкоди водному середовищу і біологічним ресурсам.

До основних джерел і видів антропогенного впливу на ЕС Чорного моря відносяться [27]: 1) *ріки* (скорочення стоку, винесення до моря різних ЗР); 2) *сільське господарство* (винесення до моря добрив, отрутохімікатів, частинок ґрунту); 3) *промисловість* (винесення до моря ВМ, СПАР, НП); 4) *населенні пункти* (надходження неочищених або недостатньо очищених стічних вод, патогенних мікроорганізмів, СПАР, НП); 5) *атмосферні опади* (потрапляння фосфатів, нітратів, ртуті, свинцю, пилу); 6) *судноплавство* (надходження НП, екзотичних видів, 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 донних відкладів); 11) *рекреація* (мікробне забруднення моря, засмічення прибережної зони відходами, які довго не руйнуються, некерований видобуток «дарів моря»).

Особливості забруднення підземних вод. Підземні води (ПВ) - всі води, які знаходяться під поверхнею землі в зоні аерації та насичення в прямому контакті з родючими ґрунтами і підґрунтами (ґрунтами). *Забруднення ПВ* - скид людиною (прямий або непрямий) речовин та енергії в ПВ, який в результаті спричинює ризик для здоров'я людини, шкоду живим ресурсам та водним ЕС, або заважає використовувати воду в інших законних цілях. Розрізняють такі види забруднень: *хімічне, бактеріальне (мікробне), теплове і радіоактивне.*

Хімічне забруднення відбувається в результаті проникнення майже всіх ЗР, за винятком теплообмінних вод та радіоактивних речовин, але основну роль відіграють промислові відходи. Хімічне забруднення зазвичай проявляється у збільшенні, порівняно з фоном, мінералізації, макро- і мікрокомпонентів, у появі невластивих їм мінеральних та органічних сполук, у збільшенні їх вмісту у часі. Найчастіше в забруднених водах зустрічаються Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , F^- , NO^- , нафтові вуглеводні, феноли, органічні сполуки, ВМ. Серед антропогенних хімічних забруднень ПВ найбільш поширеними є нафтове, хлоридне, нітратне; забруднення ВМ. Хімічне

забруднення інколи супроводжується зміною органолептичних властивостей і температури води [28].

Під *бактеріальним забрудненням* (мікробним) розуміють збільшення вмісту у ПВ порівняно з природним фоном санітарно-показових мікроорганізмів. Особливе значення для мікробіологічної характеристики води має загальна кількість бактерій і кількість кишкової палички. 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 ін.). Наявність детергентів до 5 мг/дм³ (СПАР, миючі засоби) і НП навіть сприяє розмноженню бактерій. Бактеріальне забруднення звично носить тимчасовий і локальний характер.

Теплове забруднення виявляється у підвищенні температури ПВ порівняно з фоном. Зміна температури викликає і зміну хімічного складу та органолептичних властивостей ПВ, що відзначається у районах функціонування АЕС та ТЕС, під час скиду на земну поверхню 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 °С до 25 °С токсичність *Zn* збільшується у 3 рази.

Серед техногенних джерел забруднення особливо небезпеку становлять поверхневі земляні ємності, призначені для зберігання рідких і твердих відходів. Пристосовані вони до природних і штучних заглиблень рельєфу і обваловані (обнесені) дамбами. Приймачі таких відходів входять і до системи промислової каналізації підприємств хімічної, металургійної, гірничодобувної, нафтохімічної, целюлозно-паперової, фармацевтичної та інших галузей промисловості.

Питання до семінарських занять:

- 1. Які наслідки використання водних ресурсів водокористувачами?*
- 2. Як розрізняють види забруднення водних об'єктів суші?*
- 3. У чому специфіка фізичного, хімічного і біологічного забруднення поверхневих вод суші?*
- 4. Що таке зворотні води?*
- 5. Що таке процес самоочищення?*
- 6. Яка специфіка фізичного, хімічного і біологічного забруднення підземних вод?*
- 7. Які основні причини забруднення морських вод?*
- 8. Які основні фактори евтрофікації водних об'єктів?*

6.4 Антропогенний вплив на педосферу та його негативні наслідки

Педосфера - ґрунтовий шар Землі, який займає проміжне положення між приземним шаром атмосфери (аеробіосферою), фітобіосферою та літобіосферою. Педосфера відіграє роль глобального фіксатора та акумулятора сонячної енергії, яка в процесі фотосинтезу накопичується продуцентами.

Ґрунти разом із організмами утворюють складні системи, які виконують в БС найважливіші функції: безперервне протікання процесів біогенного накопичення, трансформації і перерозподілу сонячної енергії, яка надходить на земну поверхню; підтримка планетарного кругообігу біогенних елементів. Природа у процесі еволюції виробила самовідновлювальний механізм ґрунтоутворення й здатність оптимального пристосування до всіляких несприятливих умов. Однак, техногенне навантаження зростає до розмірів, які перевищують поріг сталості ЕС, у т.ч. ґрунтів. Зниклий ґрунт поновити у первісному вигляді практично неможливо. Для формування ґрунтового шару потужністю у 20 - 30 см необхідно від 2 до 8 тис. років.

Штучно створені угруповання організмів (культурні рослини, а також бур'яни, мікроорганізми, травоядні тварини, комахи тощо), для яких родючі ґрунти є біотопом, утворюють *агроценоз*. Культуровані рослини сумісно з оброблюваними ґрунтами утворюють несталу систему – *агроекосистему*, яка має певний склад, структуру і режим.

Постійне зниження площі і об'єму педосфери відбувається під впливом природних і антропогенних факторів. До перших відносяться: природна ерозія; природні шкідники, хвороби і бур'яни тощо.

Основними антропогенними факторами забруднення і вилучення землі є: 1) технічне перетворення (підземне будівництво, видобуток корисних копалин); штучна ерозія (осування боліт, оголення землі та ін.); 2) хибне господарювання (порушення гідрологічного режиму, неефективне сільськогосподарське виробництво, випалювання рослинності, винищення лісів); 3) забруднення (теплоенергетичне, транспортне, комунально-побутове, промислове, сільськогосподарське); 4) відведення під будівництво (гідротехнічне, транспортне, промислове, житлове).

Найбільшу шкоду літобіосфері й педосфері наносить *водна* (площинна, лінійна) і *вітрова ерозія*. Ерозія - руйнування гірських порід, ґрунтів або будь-яких інших поверхонь з порушенням їх цілісності і зміною їх фізико-хімічних властивостей, які звичайно супроводжуються переносом частинок з одного місця на інше.

Для запобігання ерозії пропонуються комплексні засоби, серед яких можна відмітити: контурну оранку, вузькополосний посів, створення лісозахисних смуг і терас, безорне землеробство, мульчування (залишками трави, листям і ін.). Для забезпечення тривалого збереження родючості ґрунтів в агроекосистемах можна використовувати тільки п'ять засобів: чергування сільськогосподарських культур на полі – сівозмінна; відведення ріллі під переліг; введення чистих парів; травосіяння; органічні та мінеральні добрива [15].

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається в основному через викиди підприємств промисловості, енергетики та автотранспорту, а також хімізацію сільського господарства. Воно зберігається упродовж тривалого часу, тому що здатність ґрунтів до самоочищення невелика або її може не бути зовсім (це залежить, головним чином, від ступеня динамічності вод, зон аерації й інтенсивності забруднення). Найбільш згубний вплив справляють кислотні дощі, які руйнують структуру ґрунтів, нищать мікроорганізми, привносять у ґрунти ЗР або змінюють їх рухливість. Значну шкоду ґрунтам наносить забруднення ВМ, найбільш небезпечними з яких є *Hg, Pb, Cd, Ni, Cu, Cr*. Забруднення ВМ і іншими ЗР внаслідок виробничої діяльності людини призводить до утворення антропогенних геохімічних аномалій навколо промислових центрів і вздовж автомагістралей. Деякі промислові підприємства перекачують до хвостосховищ, шламових ставів та накопичувачів різноманітні солі кольорових і важких металів, ціаніди, сполуки миш'яку, ароматичні вуглеводні. Кожний м² ґрунтів щорічно поглинає із атмосфери 6 кг ЗР, що призводить до концентрування цих компонентів у ґрунтах та зміни їх фізико-хімічних властивостей.

У розвинених країнах відбувається зростання сільськогосподарської продукції на 50 – 60 %, яке зумовлене інтенсивним застосуванням *агрохімікатів*. До них включають органічні, мінеральні і бактеріальні добрива, хімічні меліоранти, регулятори росту рослин та інші речовини, що застосовуються для підвищення родючості ґрунтів, урожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості рослинницької продукції. Разом із урожаєм вилучаються біогенні елементи (*N, P, K*, меншою мірою *S, Ca, Mg* та ін.). Отже, виникає необхідність внесення в ґрунт сполук цих елементів у кількості, еквівалентній вилученій з урожаєм. Оскільки мінеральні

добрива застосовують у неочищеному вигляді, то разом з ними до ґрунтів потрапляють метали й металоїди, малорухливі в цьому середовищі (мобільність збільшується у ряді: $Hg, Pb > As, Cd > Zn$). Вони накопичуються у поверхневих горизонтах, де зосереджена коренева система рослин. За допомогою кореневої системи рослини поглинають із ґрунту мінеральні солі, необхідні для побудови клітин (при наявності сонячної енергії і води), і тим самим здійснюють вертикальний транспорт частини хімічних елементів.

Зловживання мінеральними добривами погіршує якість продуктів. Наприклад, шпинат має природну властивість накопичувати нітрати, а його споживання призводить до метгемоглобінемії (метгемоглобін крові не здатний утримувати кисень із повітря). Під час взаємодії з бактерійною флорою кишківника нітрати перетворюються на дуже токсичні нітрити, а останні в ще більш токсичні нітрозаміни ($NO_3 \rightleftharpoons NO_2 \rightleftharpoons R1R2NNO$). При використанні добрив порушується кругообіг азоту (надлишок нітратів щорічно сягає 9 млн. т), фосфору (накопичення в ґрунтах, у хімічних сполуках з Ca, Al та Fe , далі в водоймищах, спричиняючи їх евтрофікацію). У містах велика кількість здатних до бродіння органічних речовин, що містяться у харчових відходах, накопичуються на звалищах.

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається і внаслідок застосування пестицидів. *Пестициди* (від лат. *pestis* - зараза, *caedo* - вбиваю) - загальна назва хімічних речовин, що застосовуються для боротьби з небажаними видами рослин, тварин (комахи) та мікроорганізмів. Згідно з офіційним документом [29], до пестицидів відносяться речовини (суміш речовин) хімічного або біологічного походження, що використовуються для боротьби з організмами, які завдають шкоди сільськогосподарським культурам або запасам сільськогосподарських продуктів, для знищення небажаної рослинності, збудників хвороб і переносників хвороб тварин і рослин, а також для регулювання розвитку організмів.

Пестициди за дією на шкідників поділяють на такі групи: *гербіциди* – засоби знищення бур'янів; *інсектициди* - засоби для боротьби зі шкідливими комахами; *нематоциди* - засоби для знищення фітогельмінтів (шкідливих нематод); *фунгіциди* - засоби для боротьби з грибними і вірусними захворюваннями; *бактерициди* - засоби для винищення збудників бактеріальних хвороб тощо. Більшість пестицидів не мають вибіркової дії тільки на організми, проти яких вони застосовуються, а впливають на все живе, тому називаються *біоцидами*. Отруйні препарати, що застосовують задля обкурювання сільгоспугідь, тваринних дворів і побутових споруд, називають *фумігантами*, а речовини, які відлякують тварин - *репелентами*. Окрім того, застосовують *дефоліанти* - засоби для видалення листя (наприклад, бавовнику під час механічного збору). За *хімічним складом* розрізняють пестициди хлорорганічні (ХОП), фосфорорганічні (ФОП), що містять Hg, As, Pb та інші токсичні сполуки. До числа найбільш широко використовуваних відносяться ФОП, серед яких є високотоксичні препарати різного призначення.

Пестициди є типовими екоотоксикантами. У цей час в світі зареєстровано понад 1500 пестицидів, але для живих організмів особливу небезпеку становлять 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 (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-Т - 0,1 - 0,4 роки, для фосфорорганічних інсектицидів - 0,02 - 0,2 року і т.д.).

Оскільки ґрунт багаторазово піддається впливу пестицидів, то створюються сприятливі умови для їх міграції у суміжні середовища (рослини, повітря, воду). Це створює небезпеку для природних ЕС, а, отже, і для середовища проживання людини. Залишки пестицидів виявлені у рослинній і тваринній їжі, в підземних водах, відкритих водоймищах, тканинах птахів і риб, в органах і тканинах людини. За даними американських учених, кожного тижня до організму людини надходить близько 1 мг пестицидів. Якщо шляхи забруднення харчових продуктів - поглинання і накопичення пестицидів рослинами - не викликають сумнівів, то про шляхи проникнення пестицидів до рослини немає однієї думки. Інтенсивність поглинання залежить від сорбційної активності ґрунтів, типу культури, складу й властивості пестицидів. Близько 20 % пестицидів виносяться з ланів рослинами, що призводить до міграції й накопичення пестицидів у трофічних ланцюгах, біологічних об'єктах і утримання їх з рослинними залишками у ґрунті. Пестициди призводять до різних екологічних порушень. Вони спричиняють негативні наслідки для окремих видів і біоценозів у цілому. Знижується біологічний потенціал, порушується рівновага, і, як це не парадоксально, іноді збільшується чисельність тієї популяції, яку намагались знищити. Окрім того, застосування пестицидів призводить до таких біоценотичних наслідків: зменшується рослинна і тваринна біомаса агроєкосистем, відбувається збіднення вод зоопланктоном, зникають конкуруючі види і т.д.

Замість екологічно небезпечних пестицидів пропонується використовувати природні речовини (діатоміти, порошок з панцирів крабів та інших ракоподібних, настій із суміші зеленого перцю, часнику й тютюну тощо), які мають властивості пестицидів, а також впроваджувати методи біологічного захисту рослин.

Докладна інформація щодо токсичних властивостей пестицидів наведена в роботі Л.О. Федорова і О.В. Яблокова [30].

Біологічний спосіб захисту рослин полягає у використанні одних організмів для боротьби з іншими, шкідливими для сільськогосподарських культур. Перевага цього способу в тому, що він не спричиняє шкідливого впливу на оточуюче середовище. Такі відносини між організмами існують у природі, й наше завдання - їх посилити. З організмів, які використовуються для біологічного захисту, найбільш поширені хижі комахи, комахоїдні птахи, паразитичні комахи, мікроорганізми. Найбільш поширеним з біологічних способів захисту рослин є застосування спорових та неспорових бактерій, вірусів.

Ідея *органічного землеробства* полягає у повній відмові від застосування ГМО, антибіотиків, пестицидів та мінеральних добрив. Це призводить до підвищення природної біологічної активності у ґрунті, відновлення балансу поживних речовин, підсилюються відновлювальні властивості, нормалізується робота живих організмів, відбувається приріст гумусу, і, як результат, збільшення урожайності сільськогосподарських культур.

Головними компонентами *інтенсифікації сільськогосподарського виробництва* є: використання добрив; широке застосування пестицидів; зрошення; перехід на продуктивні 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.

Штучне відновлення ґрунтів після їх порушення називається *рекультивацією*.

Технічна рекультивація - це планування, формування укосів, пересування і трансплантація родючих ґрунтів на площу, яка рекультивується, будівництво меліоративних споруд і доріг. *Біологічна рекультивація* - комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів, направлених на поновлення середовища мешкання тварин і рослин і відновлення господарської продуктивності земель (наприклад, шляхом залісення або сільськогосподарського освоєння земель). Рекультивація земель дозволяє повернути їх до сільськогосподарського обороту, особливо після розробки родовищ корисних копалин у місцях складування вироблених порід, золівідвалів, шлакових насипів, кар'єрів і т.д.

Питання до семінарських занять:

1. Що таке педосфера?
2. Які основні причини деградації ґрунтів?
3. Які причини хімічного забруднення ґрунтів?
4. У чому полягає екологічна небезпека агрохімікатів і пестицидів?
5. Які основні методи захисту агроєкосистем?
6. У чому суть органічного землеробства?
7. Що таке рекультивація земель?

6.5 Антропогенний вплив на геологічне середовище та його негативні наслідки

Під *геологічним середовищем* (ГС) розуміється верхня частина літосфери, що розглядається як багатокомпонентна система, яка перебуває під впливом інженерно-господарської діяльності людини і, у свою чергу, певною мірою визначає цю діяльність [31]. В.Т. Трофімов та ін. [32] замість терміну «геологічне середовище» ввели поняття «*приповерхнева частина літосфери*» (ПЧЛ), виключивши з неї приповерхневі води, а за певної ситуації і родючі ґрунти. У їхньому трактуванні верхня межа ПЧЛ зазвичай проходить по підшві гумусового шару родючого ґрунту.

Верхньою межею ГС є денна поверхня, нижня межа ГС неоднорідна за глибиною в різних областях Землі. Вона визначається глибиною техногенного впливу в ході різних видів господарської діяльності. До складу ГС іноді включаються родючі ґрунти і верхні шари гірських порід (породи зони аерації і зони насичення), які розглядаються як багатокомпонентні системи. Необхідно відзначити, що межі ГС змінюються не тільки в просторі, але й у часі з розвитком техногенних процесів і техногенезу в цілому. Зовнішніми середовищами, що відносяться до ГС, є атмосфера, поверхнева гідросфера (поверхневі води), поверхневі біоценози і, власне, техносфера, що включає усі види інженерних споруд і господарських об'єктів. Внутрішніми складовими частинами ГС є: 1) родючі ґрунти і штучні (техногенні) ґрунти, будь-які гірські породи, що складають масиви тієї чи іншої структури і розглядаються як багатокомпонентні динамічні системи; 2) рельєф і геоморфологічні особливості розглянутої території; 3) підземні води, газоподібні наповнення гірських порід; 4) геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища, які розвинуті на даній території. У речовинному відношенні особливість ГС, як підсистеми, полягає в тому, що поряд із природними, поширені речовини техногенного генезису, які є продуктами функціонування технічних систем чи речовинами об'єктів техносфери [33].

ГС в цілому, так само, як будь-яку його частину, геологічне тіло, можна розглядати як систему. Системи, елементи яких повинні повністю або в основному бути представлені твердими, рідкими або газоподібними компонентами ГС, називаються *геологічними системами*, які поділяються на *природні* і *природно-техногенні системи* [34].

Під *еколого-геологічними умовами* слід розуміти сукупність конкретних властивостей (функцій) літосфери (ГС), що відображають умови існування живих організмів у даному обсязі літосфери (ГС), як неживу основу їхнього перебування.

Екологічна властивість літосфери (ГС) - одна зі сторін літосфери, її екологічно значимий атрибут, обумовлений природою її речовинного складу, геодинамічних, геохімічних і геофізичних полів і органічно пов'язаний з життєзабезпеченням біоти, умовами її існування і еволюції.

Функції ГС розглядаються з позицій життєзабезпечення й еволюції біоти і, головним чином, людського суспільства. Усе різноманіття функціональних залежностей між ГС і живими організмами зводиться до наступних груп: ресурсна, геодинамічна, геохімічна і геофізична [32, 35].

Ресурсна екологічна функція геологічного середовища визначає роль мінеральних, органічних і орґано-мінеральних ресурсів, а також її геологічного простору, для життя і діяльності біоти як біоценозу, так і людського співтовариства, як соціальної структури: 1) *ресурси літосфери, необхідні для існування біоти* (гірські породи з біогенними елементами, кудюрити - мінеральні, які епізодично вживаються консументами-літофагами з метою регуляції сольового складу організму; 2) *мінеральні ресурси, необхідні для життя і діяльності людського суспільства; ресурси геологічного простору.*

Геодинамічна екологічна функція геологічного середовища – функція, що відображує властивості літосфери впливати на стан біоти (біоценоз), безпеку і комфортність проживання людини через природні й антропогенні процеси і явища. З цих позицій можна виділити дві групи геологічних процесів для існування живих організмів (біонтів): несприятливі і катастрофічні. Сучасні *геодинамічні аномалії* – це локальні ділянки земної кори з аномальними за інтенсивністю й імпульсивністю проявами геодинамічних процесів.

Геохімічна екологічна функція геологічного середовища визначає властивості геохімічних полів природного і природно-техногенного походження впливати на стан біоти в цілому і людське співтовариство зокрема. Об'єктом і предметом геохімічної складової функції, що розглядається, є речовинний склад літосфери, питання міграції рухливих форм ХЕ, взаємодія гірських порід з атмосферою, гідросферою, техносферою і ЖР. Як надлишок, так і дефіцит ХЕ, впливають на ендемічні захворювання живих організмів. Середній вміст ХЕ в земній корі називають *кларком*. Для кожного регіону ця величина може відрізнятися, тобто кожний ХЕ може створювати свій *регіональний фон*. Якщо вміст ХЕ вище регіонального фону, то він утворює *геохімічну аномалію*, яка може бути як природною, так і техногенною. Але, рівновага між ХЕ локально порушується або природним шляхом, або в результаті техногенної діяльності людини. *Геохімічна аномалія* – ділянка території, у межах якої хоча б в одному з природних тіл, що її складають, статистичні параметри розподілу ХЕ відрізняються від геохімічного тіла (середньої величини природної варіації вмісту ХЕ). Частина техногенної геохімічної аномалії, у межах якої ЗР досягають концентрації, що робить несприятливим вплив на живі організми, називається *зоною забруднення* [36]. *Геохімічні неоднорідності* можуть бути обумовленими як підвищеним вмістом ХЕ щодо фону (*позитивні аномалії*), так і заниженим вмістом ХЕ в порівнянні з фоном (*негативні аномалії*). Слід особливо зазначити вплив біогеохімічних аномалій на формування біогеохімічних ендемій. *Біогеохімічні ендемії* - захворювання рослин, тварин і людей, спричинені дефіцитом чи надлишком (дисбалансом) ХЕ у природних середовищах [37]. Особливо негативно на біоту впливають техногенні геохімічні поля й аномалії вищезазначених типів. *Патогенні геохімічні аномалії* – ділянки території з відхиленнями концентрації і характеру розподілу ХЕ від геохімічного фону, що значно

відрізняються від санітарно-гігієнічних норм і приводять до патології флори, фауни і людського організму [32].

Геофізична екологічна функція геологічного середовища визначає властивості геофізичних полів природного і техногенного генезису впливати на стан біоти і здоров'я людини. *Геофізичні поля (неоднорідності)* – це природні фізичні поля космічного і земного генезису, а також техногенні фізичні поля, що діють у межах літосфери, перетворені і розподілені нею. *Геофізична аномалія* – відхилення значень фізичного поля від нормального, зумовлене розходженням фізичних властивостей гірських порід і неоднорідністю їх складу і будови. На природні поля накладаються техногенні геофізичні, що є побічним продуктом сучасних технологій і одним з екологічних факторів. З геофізичними аномаліями (магнітними, гравітаційними, геотермічними, електричними, вібраційними, акустичними) пов'язані осередки підвищеної захворюваності і прояву функціональних розладів живих організмів [38].

Виникнення стійких патологічних змін у живих організмів, зумовлене геологічними, геофізичними, геохімічними та іншими чинниками, називається *геопатогенезом*. Поява порушень у розвитку живих організмів, як відповідь на комплексне відхилення від нормальних екологічних умов, спостерігається у регіонах, де є природні або техногенні аномалії. Області або локальні ділянки земної поверхні, у межах яких проявляється геопатогенез, називаються гепатогенними зонами [11].

Геопатогенні зони (ГПЗ) – області або локальні ділянки земної поверхні, у межах яких проявляється негативна дія токсичних ХЕ і різних полів земного та космічного походження. Є різні гіпотези стосовно природи ГПЗ.

Більш детальний огляд екологічних функцій та техногенного впливу на ГС наведений у [39].

Питання до семінарських занять:

- 1. Що таке геологічне середовище?*
- 2. У чому суть ресурсної функції геологічного середовища?*
- 3. У чому суть геодинамічної функції геологічного середовища?*
- 4. У чому суть геохімічної функції геологічного середовища?*
- 5. У чому суть геофізичної функції геологічного середовища?*
- 6. Що таке «гепатогенна зона»?*

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Реймерс Н.Ф.* Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994. 367 с.
2. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.
3. *Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С.* Основи загальної екології. К.: Либідь, 1995. 368 с.
4. *Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю.* Основи екології: Підручник. К.: Либідь, 2004. 408 с.
5. *Кучерявий В.П.* Екологія: Підручник. Львів: Світ, 2000. 500 с.
6. *Кучерявий В. П.* Загальна екологія: підручник. Львів: Світ, 2010. 520 с.
7. *Некос В.Е.* Основы общей экологии и неоекологии. Часть 1. Харьков: ХГУ, 2001.
8. *Розенберг Г.С.* О периодизации в экологии / Экология. 1992. № 4. С. 3 – 19.
9. *Одум Ю.* Экология (в 2-х томах). М.: Мир, 1986.
10. *Мусієнко М.М., Войцехівська О.В.* Загальна екологія: навчальний посібник. К.: Сталь, 2010. 379 с.

11. *Екологічна енциклопедія: У 3 т. / Редколегія: Тостоухов А.В. (головний редактор) та ін. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006 (Т.1), 2007 (Т.2), 2008 (Т.3).*
12. *Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975. 416 с.*
13. *Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. 543 с.*
14. *Перельман А.И. Геохимия биосферы. - М.: Наука, 1973. 168 с.*
15. *Злобін Ю.А. Основы екології. К.: Лібра, 1998. 248 с.*
16. *Агесс П. Ключи к экологии. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 97 с.*
17. *Мельник Л.Г. Екологічна економіка: Підручник. Суми, ВТД «Університетська книга», 2002. 346 с.*
18. *Стадницький Г.В., Родионов А.И. Экология. М.: Химия, 1997. 240 с.*
19. *Державні будівельні норми України (ДБН 360-92). К.: 2002.*
20. *Вронский В.А. Прикладная экология. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. 512 с.*
21. *Небел Б. Наука об окружающей среде / Пер. с англ. В 2-х томах. М.: Мир, 1993.*
22. *Димань Т.М., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів. - К.: ВЦ «Академія», 2011. 520 с.*
23. *Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. К.:ВЦ «Київський університет», 1999. 319 с.*
24. *Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка-Центр, 2001. 262 с.*
25. *Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: Навчальний посібник. Одеса: «Екологія», 2012. 168 с.*
26. *Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 424 с.*
27. *Зайцев Ю.П. Самое синее в мире / Черноморская экологическая программа ГЭФ. Издательство ООН. Нью-Йорк, 1998. 142 с.*
28. *Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. 248 с.*
29. *Пестициди. Терміни та визначення. ДСТУ 3180-95. К.: Держстандарт України, 1996.*
30. *Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды - токсический удар по биосфере и человеку. М.: Наука, 1999. 461 с.*
31. *Сергеев Е.М. Инженерная геология – наука о геологической среде. - Инженерная геология. – 1979. - № 1. – С. 1- 9.*
32. *Теория и методология экологической геологии / Трофимов В.Т. и др. М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.*
33. *Королев В.А. Мониторинг геологической среды. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.*
34. *Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. К.: Манускрипт, 1997. 348 с.*
35. *Экологические функции литосферы / Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А. и др. М.: Изд-во МГУ, 2000. 432 с.*
36. *Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.*
37. *Ковалевский В.В. Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1982. 282 с.*
38. *Вартамян Г.С. Современные проблемы экогеологии / Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. №2. 1993. С. 33 - 36.*
39. *Оцінка техногенного впливу на геологічне середовище: Підручник / Сафранов Т.А., Чепіжко О.В., Коніков Є.Г. та ін. Одеса: Екологія, 2012. 272 с.*

40. *Сафранов Т.А.* Загальна екологія та неоекологія. Конспект лекцій. К.: КНТ, 2005. 188 с.
41. *Сафранов Т.А., Губанова О.Р., Лукашов Д.В.* Еколого-економічні основи природокористування: навчальний посібник. Львів: Новий Світ – 2000, 2013. 350 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Порядок оформлення курсової роботи

Курсова робота має бути оформлена згідно з вимогами ДСТУ 3008-95 і РСТУ 1743-82. В додатку А наведено основні вимоги до оформлення курсової роботи.

1. Структура курсової роботи. Курсова робота складається з таких складових:

- 1) Титульний аркуш.
- 2) Зміст.
- 3) Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (*за наявності*).
- 4) Вступ.
- 5) Суть роботи (*не менш трьох розділів*).
- 6) Висновки.
- 7) Перелік посилань.
- 8) Додатки (*за наявності*).

Заголовки всіх структурних елементів курсової роботи розташовують симетрично посеред рядка; друкують великими літерами, без крапки у кінці; не підкреслюють.

Структурні елементи роботи 1 – 4, 6 – 8 не нумерують, структурні елементи 1, 2, 4 – 7 є обов'язковими, 3, 8 - використовують за необхідністю.

2. Вимоги до оформлення. У складі курсової роботи можуть бути присутні текстовий матеріал, ілюстрації (малюнки) та таблиці.

Курсова робота оформлюється на білому папері з однієї сторони. Формат сторінок А4 (210×297 мм). Для оформлення додатків дозволяється використовувати папір формату А3 (297×420 мм).

Курсову роботу дозволяється виконувати:

- від руки (чорними чорнилами, чітко і розбірливо);
- комп'ютерним набором (із розрахунку не більше 40 рядків на аркуш з висотою літери не менш, ніж 1,8 мм).

Друк має бути контрастним і чітким.

Розміри полів: верхнє, нижнє - 20 мм; лівє – 30 мм; правє – 10 (15) мм.

Абзацний відступ дорівнює п'яти знакам і залишається постійним на протязі усього тексту курсової роботи.

Нумерація сторінок курсової роботи наскрізна, робиться арабськими цифрами. Проставляється у верхньому правому куті сторінки без крапки у кінці.

Титульний аркуш включають до загальної нумерації, але номер сторінки на титульному аркуші не проставляють.

Нумерація проставляється зі сторінки «ЗМІСТ». Ілюстрації і таблиці, розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок.

Обсяг роботи: курсова робота має складатися з 30 - 35 сторінок рукописного тексту або 20 - 25 сторінок друкованого тексту.

Курсова робота повинна бути зброшурована і підшита у папку.

Зразок оформлення титульного аркуша наведено у додатку Б.

Зміст курсової роботи розташовується безпосередньо після титульного аркуша (на новій сторінці). В нього входять: 1) перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (*за наявності*); 2) вступ; 3) послідовно перераховані назви усіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів суті курсової роботи; 4) висновки; 5) перелік посилань; 6) назви додатків.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів розміщують

(при необхідності) безпосередньо після змісту з нової сторінки. В ньому дають визначення мало поширених умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.

Незалежно від цього за першої появи цих елементів у тексті роботи наводять їх розшифровку.

Вступ розміщується на окремій сторінці. У вступі коротко висвітлюються: актуальність проблеми; оцінка досліджуваної теми; взаємозв'язок с іншими розробками в цій галузі; мета роботи і т.п.

Суть роботи. Текстовий матеріал має складатися не менш, ніж з трьох рівномірно розподілених розділів.

Розділи можуть поділятися на підрозділи, пункти і підпункти. Інформація у складі кожного з них повинна мати закінчений характер. Розділи і підрозділи **повинні мати** заголовки. Пункти і підпункти **можуть мати** заголовок. Розділи, підрозділи, пункти і підпункти нумерують арабськими цифрами: розділи - 1, 2, 3 і т.п.; підрозділи – 1.1, 1.2, 1.3 і т.п.; пункти – 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 і т.п.; підпункти – 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 і т.п. Після номера розділу і підрозділу крапка у кінці не ставиться.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів починають з відступу, який дорівнює 5 знакам; друкують малими літерами (крім першої великої); не підкреслюють. Якщо заголовок складається з двох (або більше) речень – їх розділяють крапкою. Перенос слів в заголовку не дозволяється. Відстань між заголовком та попереднім і наступним текстом:

- рукописний текст – не менш двох рядків;
- комп'ютерний текст – не менш двох рядків.

Кожен новий розділ слід оформляти, починаючи з нової сторінки. При оформленні підрозділів, пунктів і підпунктів сторінку продовжують. Не дозволяється розміщення назви розділу (підрозділу, пункту, підпункту) в нижній частині сторінки, якщо після нього розміщується лише один рядок тексту.

Ілюстрації (креслення, малюнки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) розміщують безпосередньо після тексту або на наступній сторінці після першого посилання на неї (в тексті роботи обов'язково має бути посилання на ілюстрацію). Ілюстрація повинна мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані. Ілюстрація починається словом «Рис.», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних. Наприклад «Рис. 3.1. Схема розміщення». Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації в розділі, відокремлених крапкою. Наприклад, рис. 1.2 – другий малюнок першого розділу.

Таблиці розташовують безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше. На всі таблиці посилатися обов'язково (наприклад, *табл. 2.1*). Таблиці нумерують арабськими цифрами в межах розділу. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою. Наприклад, таблиця 1.2 – друга таблиця першого розділу. Назву таблиці друкують малими літерами (крім першої).

Дозволяється перенос таблиці на наступну сторінку з заміною колонок і рядків таблиці на відповідну нумерацію арабськими цифрами у верхній частині таблиці. Назва таблиці не повторюється.

Формули за текстом розміщують відповідно до посилань на них. Нумерація формул повинна відповідати номеру розділу та її порядковому номеру (аналогічно нумерації ілюстрації та таблиць).

Висновки розміщують на окремій сторінці. У «Висновках» коротко і конкретно аналізують результати проведеної роботи. Роблять висновки щодо зробленої роботи, які можуть складатися з декількох пунктів.

Перелік посилань розміщується на окремій сторінці. Літературних джерел, використаних для написання курсової роботи, має бути не менш шести. Посилання на літературні джерела у тексті зазначаються порядковим номером за переліком посилань. Якщо посилання робиться на декілька літературних джерел, у тексті курсової роботи після застосування матеріалів із джерел 1 - 6 слід указати: [1 - 6]. Бібліографічні відомості літературного джерела в переліку посилань оформлюється на тій мові, на якій воно видавалося.

Приклади приклади оформлення бібліографічних описів згідно ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» наведено у додатку Б.

Зразок титульного листу наведено у додатку В.

Зразки опису самостійних видань (монографій, підручників, навчальних посібників і т. д.)1 автор

Куркевич А. К. Пренатальна ехокардіографія в діагностиці критичних вроджених вад серця / за ред. І. М. Ємця. Київ, 2015. 180 с.

Мюллер М. Якщо ви пережили психотравмуючу подію / пер. з англ. Д. Бусько. Львів : Свічадо, 2015. 120 с.

2 автори

Кухта С. Й., Турчин Ю. В. Львівський професор стоматології К. П. Каліга (1785 – 1845). Львів : Галицька видавнича спілка, 2009. 80 с.

Сиволоб А. В., Афанасьєва К. С. Молекулярна організація хромосом : навч. посіб. Київ : ВПЦ “Київський ун-т”, 2014. 287 с.

3 автори

Шматенко О. П., Гончеренко Н. В., Гончаренко І. Ф. Психологія і деонтологія у фармації : навч. посіб. / за ред. О. П. Шматенка. Київ, 2015. 132 с.

4 автори

Військова епідеміологія з епідеміологією надзвичайних ситуацій / М. А. Андрейчин, О. Д. Крушельницький, В. С. Копча, І. В. Огороднічук. Тернопіль : Укрмедкнига, 2015. 320 с.

Більше 4-х авторів

Грип, гострі респіраторні захворювання та їх ускладнення : навч. посіб. / В. Л. Савицький, В. І. Трихліб, Г. В. Осьодло [та ін.]. Київ, 2016. 206 с.

Зразок опису авторефератів

Щукін С. П. Хірургічне лікування хворих з тромботичними ускладненнями при тяжких формах варикозної хвороби : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : [спец.] 14.01.03 “Хірургія” / Нац. ін-т хірургії та трансплантології ім. О. О. Шалімова НАМН України. Київ, 2017. 22 с.

Зразки опису частини видання (статті зі збірника, журналу, розділу з книги):1 автор

Юзвенко Т. Ю. Зміни функціонального стану щитоподібної залози у хворих на цукровий діабет 2 типу з надмірною масою тіла // Ендокринна патологія у віковому аспекті : матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Харків, 26-27 листоп. 2015 р.). Харків, 2015. С. 106–107.

2 автори

Гордієнко В. В., Косуба Р. Б. Вікові особливості екологічно обумовленого накопичення важких металів в органах інтактних лабораторних щурів // Клінічна та експериментальна патологія. 2016. Т. 15, № 3. С. 26–29.

3 автори

Бандрівський Ю. Л., Виноградова О. М., Бандрівська О. О. Комбінована індексна оцінка гігієни порожнини рота у хворих на генералізований пародонтит із різною груповою належністю крові // Клінічна та експериментальна патологія. 2016. Т. 15, № 3. С. 12–15.

4 автори

Гістологічне дослідження впливу збору антидіабетичного на тканини підшлункової залози щурів із цукровим діабетом, індукованим введенням дексаметазону / А. О. Савич, С. М. Марчишин, Н. М. Островський, Ю. Б. Лар'яновська // Фармацевтичний журнал. 2016. № 5. С. 92–100.

Більше 4-х авторів

Використання вобензиму в комплексному лікуванні хворих працездатного віку на цукровий діабет із гемофтальмом / С. О. Сокур, В. В. Жмурик, І. В. Семенюк [та ін.] // Ендокринна патологія у віковому аспекті : матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Харків, 26–27 листоп. 2015 р.). Харків, 2015. С. 90.

Зразок опису електронного ресурсу:

Боброва В. І. Морфо-функціональні особливості формування атрофії слизової оболонки шлунка і дванадцятипалої кишки у дітей при хронічному гастродуоденіті // Международный журнал педиатрии, акушерства и гинекологии : електрон. версія журн. 2013. Т. 3, № 3. С. 40–45. URL : <http://ijpog.org/downloads/6/6.pdf> (дата звернення: 15.04.2017).

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та охорони довкілля

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни "Загальна екологія та неоекологія"
на тему: _____

Зауваження:

Виконав: ст. __ курсу, групи _____
напряму підготовки _____
спеціальності _____

(прізвище, ініціали)

Рецензія:

Керівник: _____

(посада, прізвище, ініціали)

Курсова робота перевірена керівником
і допущена до захисту:
"_____" _____ 20__ р.

(підпис)

Захист: "_____" _____ 20__ р.

Оцінка:
Національна шкала: _____
Кількість балів: _____
ECTS: _____
Комісія:

(підпис) _____ (прізвище, ініціали)

(підпис) _____ (прізвище, ініціали)

(підпис) _____ (прізвище, ініціали)

Одеса – 20__ р.