

57

Т 706

Міністерство освіти і науки України  
Запорізька державна інженерна академія

---



О. О. Троїцька  
Н. В. Беренда

## **ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ (ТА НЕОЕКОЛОГІЯ)**

**Навчально-методичний посібник**

*для студентів ЗДІА*

*напряму 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”*

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Запорізька державна інженерна академія

*Затверджено до друку  
рішенням науково-методичної ради ЗДІА  
протокол № 5 від 25.06.2015р.*

## **ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ (ТА НЕОЕКОЛОГІЯ)**

**Навчально-методичний посібник**

*для студентів ЗДІА  
напряму 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування”*

*Рекомендовано до видання  
на засіданні кафедри ПЕОП,  
протокол № 6 від 26.03.2015р.*

Запоріжжя  
ЗДІА  
2015

ББК 57  
Т 706

*О. О. Троїцька, к.біол.н., с.н.с.  
Н. В. Беренда, к.т.н., доцент*

**Відповідальний за випуск:** *зав. кафедри ПЕОП,  
к.т.н., професор Г. Б. Кожемякін*

**Рецензенти:**

*Л. Г. Шапаренко, к.біол.н., с.н.с., завідувач лабораторії біохімічних досліджень  
Національного наукового центру “Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства” НААН УКРАЇНИ;*

*В. І. Сокольник, к.т.н., професор, зав. кафедри ВВ Запорізької державної ін-  
женерної академії.*

**Троїцька О. О.**

Т 706      Загальна екологія (та неоекологія): навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА напряму 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” / Троїцька О. О., Беренда Н. В.; Запоріз. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2015. – 292 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
Розділ I ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ.....	7
1.1 Мета та задачі вивчення традиційної екології. Об'єкт, предмет, методи традиційної екології. Складові традиційної екології. Еволюція поняття екологія .....	7
1.2 Визначення інших базових понять традиційної екології. Умови, фактори, ресурси. Екологічна ніша. Унітарні та модулярні організми .....	15
1.3 Кругообіги. Фотосинтез як головний процес перетворення неорганічної речовини в органічну .....	23
1.4 Глобальні екологічні проблеми традиційної екології. Екологічний імператив .....	28
1.5 Біосфера. Сучасна екологічна ситуація окремих компонентів біосфери.....	34
1.6 Організми, популяції, угруповання .....	40
1.7 Стійкість у структурі угруповання .....	44
1.8 Взаємодія між організмами та навколишнім середовищем .....	49
1.9 Взаємодія організмів між собою .....	56
1.10 Теорія екосистем у традиційній екології. Поняття про екосистему.....	60
1.11 Різновиди екосистем.....	66
1.12 Енергія екосистем. Динаміка екосистем .....	77
1.13 Біологічна продукція екосистем. Сукцесія .....	81
1.14 Об'єкт, предмет, методи досліджень, понятійно-термінологічний апарат неоекології.....	87
1.15 Структура неоекології. Система неоекологічних наук (сімейства, комплекси, розділи, напрямки) .....	92
1.16 Глобальні проблеми неоекології. Першочергові екологічні проблеми в документах ООН.....	96
1.17 Пріоритетні проблеми, висунуті на V Всеєвропейській конференції міністрів охорони природи Європи в 2003 р. в м. Києві .....	103
1.18 Основні закони та закономірності в екології та неоекології.....	107
1.19 Основні правила та принципи в екології та неоекології.....	116
1.20 Головні причини надзвичайних ситуацій.....	125
1.21 Проблеми сільськогосподарського забруднення, проблеми шумових забруднень, проблеми забруднення побутовими відходами, проблеми пилового (аерозольного) забруднення.....	131
1.22 Проблеми фізичного забруднення (електромагнітне, радіаційне, світлове, теплове) .	139
1.23 Елементи вчення про забруднення - центральне питання неоекології .....	141
1.24 Наслідки забруднення природного середовища.....	145
1.25 Особливий механізм урахування екологічних факторів у процесі проектування та після нього.....	152
1.26 Механізм контролю та управління якістю середовища. Поняття про якість, контроль та управління якістю середовища.....	155
1.27 Правила і принципи управління якістю в Україні та за кордоном .....	163
1.28 Поняття “екологічна ситуація”. Групи екологічних небезпек .....	168
1.29 Загальна екологічна ситуація в Україні.....	173
Розділ II ПРАКТИЧНІ РОБОТИ.....	183
2.1 Дослідження залежностей між популяціями та екологічними факторами.....	183
2.2 Оцінка чисельності, щільності, демографії популяцій рослин та тварин.....	186
2.2.1 Основні теоретичні відомості .....	186
2.2.2 Завдання для самостійної роботи .....	188
2.3 Структура екосистем .....	190
2.3.1 Основні теоретичні відомості .....	190
2.3.2 Завдання для самостійної роботи .....	195

2.4	Оцінка забруднення атмосферного повітря населених пунктів.....	200
2.4.1	Основні теоретичні відомості .....	200
2.4.2	Приклади розв'язання задач.....	205
2.4.3	Завдання для самостійної роботи .....	207
2.5	Оцінка дії суміші забруднюючих речовин на організм людини.....	208
2.5.1	Основні теоретичні відомості .....	208
2.5.2	Приклади розв'язання задач.....	210
2.5.3	Завдання для самостійної роботи .....	212
2.6	Розрахунок необхідної міри очищення стічних вод по вмісту зважених речовин .....	214
2.6.1	Основні теоретичні відомості .....	214
2.6.2	Приклад розв'язання задач.....	215
2.6.3	Завдання для самостійної роботи .....	216
2.7	Визначення концентрацій забруднюючих речовин в ґрунті.....	218
2.7.1	Основні теоретичні відомості .....	218
2.7.2	Приклади розв'язання задач.....	219
2.7.3	Завдання для самостійної роботи .....	221
Розділ III ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ .....		223
3.1	Сучасні методи дослідження стану довкілля.....	223
3.1.1	Короткі теоретичні відомості.....	223
3.1.2	Практична частина .....	229
3.2	Органоліптичні властивості води.....	233
3.2.1	Короткі теоретичні відомості.....	233
3.2.2	Устаткування і реактиви.....	237
3.2.3	Порядок виконання лабораторної роботи.....	237
3.3	Визначення кислотності опадів, котрі випадають в зонах забруднення.....	241
3.3.1	Короткі теоретичні відомості.....	241
3.3.2	Устаткування і реактиви.....	248
3.3.3	Порядок виконання лабораторної роботи.....	249
3.4	Дослідження забруднення харчових продуктів нітратами і їх визначення в різних овочевих культурах .....	251
3.4.1	Короткі теоретичні відомості.....	251
3.4.2	Устаткування і реактиви.....	254
3.4.3	Порядок виконання лабораторної роботи.....	254
3.5	Оцінка якості бджолиного меду. бджоли як біоіндикатор стану довкілля.....	258
3.5.1	Короткі теоретичні відомості.....	258
3.5.2	Устаткування і реактиви.....	260
3.5.3	Порядок виконання лабораторної роботи.....	260
3.6	Оцінка рівня радіаційного фону та забрудненості води, ґрунту, харчових продуктів..	262
3.6.1	Короткі теоретичні відомості.....	262
3.6.2	Устаткування і реактиви.....	269
3.6.3	Порядок виконання лабораторної роботи.....	269
Розділ IV ТЕМАТИКА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ.....		272
Розділ V ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ.....		273
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....		285
Додаток А ЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ (ГДК) ТА КЛАСУ НЕБЕЗПЕКИ РЕЧОВИН .....		290

## ВСТУП

Термін “екологія” було запропоновано Е. Геккелем у 1866 р. Завдання нової науки він бачив у вивченні взаємодії різних організмів між собою, а також із навколишнім середовищем. У XIX ст. то був досить вузький науковий напрям, бо навіть ботаніко-географи уникали цього терміна. На початку XX ст. ситуація змінилась: екологія, по суті, зайняла нішу географії рослин і тварин, але при цьому центральним об'єктом дослідження залишалися живі організми чи їхні сукупності. Особливо значний інтерес до екології людське суспільство почало виявляти в середині XX ст. після другої світової війни, що було зумовлено високими темпами зростання чисельності населення планети та відчутними негативними наслідками антропогенної діяльності – нераціональним надмірним споживанням природних ресурсів та утворенням величезної кількості неутилізованих і розсіюваних відходів, що призводило до забруднення води, повітря й ґрунтів та виснаження всіх природних ресурсів, необхідних для нормального функціонування як окремих природних екосистем, так і біосфери загалом.

Вплив антропогенних факторів на біосферу Землі спричинив виникнення небажаних негативних явищ, таких як кислотні дощі, глобальне потепління на планеті, руйнування озонового шару атмосфери, спустошування, знеліснення, забруднення природного середовища різними токсикантами, що врешті призвело до деградації екосистем та глобальної екологічної кризи в біосфері Землі. Якщо так триватиме й далі, це неминуче призведе до переростання кризи в екологічну катастрофу, що в кінцевому підсумку ставить під загрозу в недалекому майбутньому існування сучасної цивілізації.

Напружений екологічний стан спричинений також невідповідним рівнем екологічної науки, освіти та виховання, які зумовили недостатній рівень культури й свідомості у людства щодо ставлення до природи та неспроможність прогнозувати наслідки різноманітної антропогенної діяльності. Тому, починаючи з 60-х років XX ст., спостерігається активний рух людської спільноти за захист довкілля від антропогенних забруднень, за підвищення рівня культури й свідомості у ставленні до природи, інтенсивними темпами розвиваються наукові дослідження з екології. З цією метою в багатьох країнах, у тому числі в Україні, запроваджено вивчення екології на всіх рівнях освіти та загальне екологічне виховання населення.

Вивчення загальної екології у вищій школі при підготовці висококваліфікованих фахівців має на меті вивчення фундаментальних закономірностей біосфери, взаємозв'язків живих організмів з навколишнім природним середовищем та формування екологічного світогляду щодо живої природи. Першочерговими завданнями людства є подолання екологічних кризових явищ у біосфері Землі; запобігання глобальному забрудненню довкілля; раціональне природокористування та забезпечення екологічної безпеки. Ці завдання мають вирішуватися суспільством на всіх напрямках його діяльності. Тому крім вивчення фундаментальних закономірностей загальної екології потрібно вивчати й прикладні її ас-

пекти, спрямовані на вирішення практичних завдань повсякденного життя суспільства.

Метою і завданням дисципліни “Загальна екологія та неоекологія” є ознайомлення із загальними закономірностями структурно – функціональної організації екосистем, тенденціями їх розвитку та впливом на екосистемні процеси різного ступеня антропогенного навантаження, формування біоценозів, адаптацією організмів і популяцій до середовища існування. Інформація стосується основних складових екосистем, їхньої структури та особливостей функціонування, життєвих форм організмів, функціональної ролі окремих груп організмів у процесах формування біопродуктивності екосистем, принципів раціонального використання екосистем та природокористування, основ чинного екологічного законодавства, принципів стійкого розвитку, основних методів екологічних досліджень.

Одним з основних завдань прикладної екології є створення таких методів і засобів формування та управління природними й природно-антропогенними екосистемами, які забезпечили б їх функціонування, не порушуючи динамічної рівноваги в природі та механізмів саморегуляції біосфери.

Навчально-методичний посібник “Загальна екологія (та неоекологія)” призначений для підготовки студентів ЗДІА напряму 040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”, написаний згідно з навчальним планом, включає перелік тем, необхідних майбутнім фахівцям з екології.

Наведена проблематика є надзвичайно актуальною і має велике теоретичне і практичне значення для підготовки професійних і компетентних спеціалістів з екології.

## Розділ I ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

### 1.1 Мета та задачі вивчення традиційної екології. Об'єкт, предмет, методи традиційної екології. Складові традиційної екології. Еволюція поняття екологія

**Мета та задачі вивчення традиційної екології.** Метою вивчення загальної та глобальної традиційної екології є: формування фундаментальних базових знань з екології і, використовуючи знання про будову і функціонування природи нашої планети, формування здатності оцінювати сучасний екологічний стан та вміння прийняття управлінських рішень щодо охорони та захисту навколишнього природного середовища, раціонального природокористування і, в кінцевому результаті, захисту здоров'я людини і здоров'я природи Землі.

Задачами вивчення загальної та глобальної традиційної екології є:

- формування уявлення про екологічні фактори, необхідні для функціонування організмів, про механізми самозахисту організмів від нестачі або надлишкового надходження мінеральних та органічних поживних речовин, води, кисню, неоптимального впливу електромагнітних хвиль радіочастотного та ультракороткого діапазонів, іонізуючого випромінювання магнітного та гравітаційних полів, тощо;

- формування уявлення про складну структуру, динаміку та еволюцію природних популяцій, про характер взаємовідносин організмів в популяції та за її межами;

- формування уявлення про загальні екологічні закономірності функціонування і розвитку природних та антропогенних екосистем різного рівня складності;

- формування мислення професійного фахівця, здатного не тільки грамотно, науково обґрунтовано користуватися природними ресурсами, а й захищати довкілля;

- підкреслення особливого статусу екології як науки та виокремлення її з поміж інших наук з наданням власних методологічних рис – актуальності, предмету, об'єкту, завдань, методів.

**Об'єкт, предмет, методи та завдання традиційної екології.** Основний об'єкт досліджень – екологічні системи планети всіх рівнів та їх елементи.

Основний предмет досліджень екології – взаємозв'язки між живими організмами, їх групами різних рангів, живими і неживими компонентами екологічних систем, а також особливості впливу природних і антропогенних чинників на функціонування екологічних систем та біосфери в цілому.

Методи екологічних досліджень відбивають найголовнішу методологічну рису сучасної екології – її комплексність. Вона використовує широкий арсенал різноманітних методів, які можна поділити на три основні групи:

1. Методи, за допомогою яких збирається інформація про стан екологічних об'єктів: рослин, тварин, мікроорганізмів, екосистем, біосфери.



2. Методи обробки отриманої інформації, згортання, стиснення та узагальнення.

3. Методи інтерпретації отриманих фактичних матеріалів.

Як міждисциплінарна наука екологія широко застосовує наступні методи:

*Спостереження* – це пасивний метод наукового дослідження, при якому дослідник не впливає на розвиток подій. Будь-яке екологічне дослідження починається зі спостережень, відмінною рисою яких є невтручання спостерігача в процеси, що відбуваються. У сучасній екології спостереження за допомогою різноманітних приладів та технічних засобів – один з основних методів дослідження.

*Моніторинг* – це комплексна система спостережень, оцінювання і прогнозу змін навколишнього середовища під впливом людської діяльності. Екологічним є моніторинг, кінцевою метою якого є вирішення питань охорони природи, збереження і відтворення екосистем, здоров'я людей. Окрім комплексних спостережень на стаціонарах може проводитися глобальний моніторинг екосистем і біосфери в цілому, зокрема, глобальний моніторинг концентрації вуглекислого газу в атмосфері. За допомогою літаків, супутників та спеціальних ракет проводиться моніторинг стану озонового екрану нашої планети.

*Експеримент* – це система послідовних дій у штучно створених екосистемах із метою вивчення різноманітних закономірностей, які можуть у них відобразитися. У результаті експериментів у розпорядженні еколога накопичується сукупність наукових фактів.

*Прогнозування* – це опис можливих подій у майбутньому. Сьогодні прогнозування неможливе без наукового підходу, основу якого становить метод математичного моделювання.

*Аерокосмічний* – це метод, який дозволяє оцінити в динаміці всі процеси, що відбуваються в локальному, регіональному чи глобальному масштабах.

*Моделювання* – це метод, при якому вивчається не сам природний об'єкт, а його відображення – модель. Науковою базою моделювання є математика.

*Картографічний* – це метод, який дозволяє застосовувати географічну карту для опису, аналізу й пізнання екологічних явищ.

*Метод математичної статистики* – це метод, який дозволяє отримувати, обробляти та аналізувати первинні матеріали. Важливим критерієм достовірності результатів спостережень та експериментів є їхня відтворність. Відповідна статистична обробка даних дослідження дозволяє оцінити рівень статистичної достовірності результатів та вважати їх науковим фактом.

Певним джерелом фактів для еколога є також літературні джерела та службова інформація.

Мета досліджень екології – визначення оптимальних шляхів координації гармонійного еколога - економічно збалансованого співіснування техносфери і біосфери, принципів і критеріїв ефективною, локальною, регіональною та глобальною екологічною політики.

Основні завдання сучасної екології: вивчення загального стану сучасної біосфери (біологічних систем усіх рівнів), умов його формування, причин і об-

сягів змін під впливом різних природних і антропогенних чинників; прогнозування динаміки стану екосистем і біосфери в цілому в часі й просторі; розроблення шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства і природи з урахуванням основних екологічних законів, збереження здатності біосфери до саморегуляції і самовідновлення. Центральним завданням сучасної екології є дослідження живої компоненти біосфери, пізнання всіх процесів функціонування життя.

Складові традиційної екології. Екологію можна умовно поділити на п'ять великих підрозділів: аутекологію (екологію організмів), демекологію (екологію популяцій), синекологію (екологію угруповань), біогеоценологію та біосферологію (глобальну екологію).

*Аутекологія* (Шрєтер, 1896) вивчає взаємозв'язки представників виду з оточуючим їх середовищем. Цей розділ екології займається, головним чином, визначенням меж стійкості виду і його ставленням до різних екологічних факторів. Аутекологія вивчає також вплив середовища на морфологію, фізіологію та поведінку організмів.

*Демекологія* (термін введений у 1963 Р. Швердтфегером) описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини. Цей розділ ще називають динамікою популяцій, або популяційною екологією.

*Синекологія* (Шрєтер, 1902) аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і оточуючим середовищем. Термін *біоценологія*, введений у 1918 р. Гамсом, є практично синонімом синекології. В синекології дослідження проводять в двох напрямках: статичному і динамічному.

*Статичний напрям* (описова синекологія) займається становленням видового складу угруповань, чисельністю, частотою виявлення виду, видовим представництвом і просторовим розміщенням.

*Динамічний напрям* (функціональна синекологія) обіймає два аспекти. Перший стосується розвитку угруповань і дослідження причин, які призвели до їх зміни. Другий займається обміном речовин та енергії між різними компонентами екосистеми, а також вивчає кормові ланцюги, біомасу і енергію, продуктивність біоценозів. Цей напрям ще називають *кількісною синекологією*.

*Біогеоценологія*, або екосистемологія, вивчає біогеоценотичний шар Земної кулі і, зокрема, конкретні біогеоценози (суходільні, водні), в яких взаємодіють біоценози і абіотичне середовище.

*Біосферологія* (глобальна екологія) вивчає біосферу як єдине планетарне ціле, з'ясовує закономірності еволюції біосфери.

Існує ще поділ на загальну (або теоретичну) екологію (яку більшість фахівців ототожнюють з біоекологією і яка формує теоретичний фундамент екологічних досліджень), а також експериментальну та математичну екологію (моделювання екологічних процесів, обробка інформації та кількісний аналіз), яка за змістом входить до складу загальної екології.

Виділяють наступні основні напрями сучасної екології:

*Агроєкологія* є одним із головних розділів прикладної екології. Це компле-

ксна наукова дисципліна, об'єктом вивчення якої є агросфера планети, а предметом – взаємозв'язки людини з довкіллям у процесі сільськогосподарського виробництва, вплив сільського господарства на природні комплекси, взаємозв'язки між компонентами агроєкосистем і специфіка колообігу в них речовин, енергії та інформації під впливом техногенних навантажень. Агроєкологія – ідеологічна основа раціонального, екологічно збалансованого виробництва екологічно чистої сільськогосподарської продукції. Головна мета агроєкології – забезпечення сталого виробництва якісної біологічної продукції, збереження і відтворення природно-ресурсної бази аграрного сектора, ефективна екологізація всіх галузей сільськогосподарського виробництва. Агроєкологія вивчає особливості екологічних процесів у агросфері. Об'єкт її досліджень – території розвитку сільського господарства, найдавнішої галузі діяльності людини. Агроєкологія – ідеологічна основа екологічно збалансованого функціонування агросфери у XXI ст.

*Біоекологія* займається формуванням уявлень про екологію як економіку природи на основі вивчення потоків речовини, енергії та інформації в життєдіяльності організмів, їх груп та біологічних систем. Вона є праматір'ю і головною складовою сучасної екології. Біоекологія – основа всієї сучасної екології, її головна частина – екологія природних біологічних систем (аутекологія, демекоекологія, синекоекологія, біогеоценологія). Друга складова – екологія таксономічних груп; третя – еволюційна екологія.

*Геоєкологія* вивчає специфіку взаємовідносин організмів і середовища їх існування в різних географічних зонах, на суші і в океані, в тундрі тайзі і тропіках, у горах і пустелях тощо; дає екологічну характеристику різних географічних регіонів, областей, районів, ландшафтів; розглядає екологічні наслідки ендод- і екзогенних геологічних процесів, видобутку корисних копалин; займається екологічним картографуванням (нині існує ще кілька визначень геоєкології (В. Боков, І. Черваньов, І. Дедю, В. Некос), які суттєво близькі до вищезазначеного).

*Екологія природних сфер* досліджує екологічні процеси, що відбуваються на територіях, де вплив людини ще не відіграє вирішальної ролі у функціонуванні екосистем (заповідні території, позашельфові зони океанів і морів, пустелі, великі лісові масиви, гори, де антропогенні забруднення мінімальні або в межах допустимих для функціонування біоти норм).

*Соціальна екологія* – розділ сучасної екології, де вивчається специфічна роль людини в довкіллі не як біологічного виду, а як соціальної істоти, відмітності цієї ролі від ролі інших живих істот. Вона вивчає шляхи оптимізації взаємовідносин людського суспільства з природою, тісно пов'язана з етнографією і соціологією.

*Техноєкологія* – найбільший за обсягом блок прикладних екологічних напрямів (відповідно, дисциплін), пов'язаних із такими об'єктами людської діяльності, як енергетика, промисловість, транспорт, військова справа, сільське господарство, космос. Займається вивченням обсягів, механізмів і наслідків впливу на довкілля та здоров'я людини різних галузей і об'єктів діяльності, особливостей використання ними природних, ресурсів; розробкою регламентацій приро-

докористування і технічних, засобів охорони природи, проблемами утилізації відходів виробництва та відтворення зруйнованих екосистем; екологізацією виробництв. Серед прикладних екологічних напрямів найефективніше розвиваються техноекологічні. Нині у сфері техноекології потреби у фахівцях-екологах найгостріші (тут зайнято 60-70 % загальної кількості працівників екологічних спеціалізацій). За останнє десятиріччя в техноекологічних розділах виокремилися галузеві підрозділи, кожен з яких має свої методи екологічних досліджень і контролю, свою специфіку впливу на довкілля, утилізації відходів та свої методи й шляхи екологізації:

- військова діяльність – до восьми підрозділів за типами діяльності (екологічні проблеми механізованих військ; екологія і ракетна справа; екологія і військово-морський флот; екологічні проблеми військово-промислового виробництва; екологічні наслідки воєн і військових навчань; екологічна освіта військових кадрів; екологічна безпека військової радіотехніки; військова техніка і стан довкілля та ін.);

- енергетика – екологія і ядерна енергетика; гідроенергетика і екологія; екологічні проблеми теплоенергетики; альтернативна енергетика – потужний чинник еколого - безпечного розвитку (вітрова, сонячна, біоенергетика, геотермальна та ін.);

- промисловість – близько двадцяти галузевих підрозділів (екологічні проблеми металургійної, нафтопереробної, хімічної, машинобудівної, будівельної, цементної, м'ясо-молочної, цукрової, фармацевтичної, деревообробної та ін.);

- транспорт – шість підрозділів (екологічні проблеми повітряного, наземного автомобільного, водного, залізничного, трубопровідного, підземного транспорту);

- сільське господарство (агроекологія) – понад десять підрозділів (екологія культурних рослин; екологія сільськогосподарських тварин; екологічні проблеми землеробства; екотоксикологія агросфери; заповідна справа в агросфері; агроекологічний контроль: моніторинг, аудит, експертиза; агроекологічний менеджмент і бізнес; альтернативне землеробство; соціальна екологія агросфери; агроекологічна освіта і виховання; геоінформаційні системи (ГІС) в агропромисловому комплексі; екологічні проблеми електрифікації і механізації сільського господарства та ін.);

- космічна діяльність – чотири підрозділи (екологія ближнього і дальнього космосу, екологія космічних апаратів; екологія землеподібних космічних тіл).

*Урбоекологія* досліджує процеси урбанізованих і промислових територій, які формують екологічні умови та особливості функціонування екосистем під впливом енергетики, транспорту, будівництва, різних галузей промисловості. Це території найбільш техногенне навантажені. Крім того, активно розвиваються такі напрями, як: екологічна техніка, екологічна метрологія і стандартизація, економіка природокористування, екологічна політика.

*Екологія людини.* Об'єктом досліджень цієї науки є людина, але не як со-

ціальний об'єкт, а як біологічний вид. Фактично це – екологія біологічного виду *Homo Sapiens*. Але чітких обґрунтованих розмежувань між соціальною екологією і екологією людини поки що не зроблено. Існують також певні неузгодженості і з такими науками, як валеологія, безпека життєдіяльності, медична географія та медична екологія (щодо цілей, завдань, методів досліджень, підходів). М. Реймерс (1990) визначив екологію людини як екологію людської популяції, яка включає як соціально-психологічні і етологічні стосунки людей між собою, так і ставлення людей до природи, тобто як комплексну еколого - соціально - економічну галузь знань.

Формування фундаментальних основ екології продовжується, існує низка надзвичайно складних проблем, розв'язання яких вимагає глибоких професійних знань, універсальної підготовки фахівців, їх взаєморозуміння і координації.

**Еволюція поняття екологія.** Екологія має давню історію. Накопичення відомостей про спосіб життя, залежність від зовнішніх умов та характер розподілу рослин і тварин започатковані в далеку давнину. В працях Аристотеля (384-322 до н. е.) та його учня – «батька ботаніки» Теофраста Ерезійського (371-280 до н.е.) описано багато видів тварин та наведено відомості про своєрідність рослин у різних умовах, залежність їх росту від типу ґрунту й клімату. В епоху Відродження особливого розвитку набули роботи перших систематиків А. Цезальпіна (1519-1603), Д. Рея (1627-1705), Ж. Турнефора (1656-1708) та інших про залежність рослин від умов проростання, обробітку, про місця їх поширення. У працях А. Реомюра про комах (1734), А. Трамбле про гідр та моховаток (1744) наведено багато екологічних відомостей. У працях XVIII ст. С. П. Крашеніннікова, І. Лепьохіна, П. С. Палласа та інших російських географів і натуралістів вивчалися впливи на взаємопов'язані зміни клімату, рослинності й тваринного світу. Вплив зовнішніх умов на будову організму тварин вивчав французький природодослідник Ж. Бюффон (1707-1788). Автор першого еволюційного вчення Ж.-Б. Ламарк (1744-1829) вважав найважливішою причиною пристосувальних змін організмів, еволюції тварин і рослин – вплив “зовнішніх обставин”.

З появою на початку XIX ст. біогеографії екологічне мислення набуває подальшого розвитку. Цьому сприяють праці О. Гумбольдта з географії рослин (1807), К. Глогера про зміни птахів під впливом клімату (1833), Е. Фабера про особливості біології північних птахів (1826), К. Бергмана про географічні закономірності у зміні розмірів теплокровних тварин (1848). О. Декандоль детально описав вплив окремих факторів середовища на рослини.

У 1859 р. Ч. Дарвін у книзі “Походження видів шляхом природного добору, або збереження обраних порід у боротьбі за життя” показав, що “боротьба за існування” в природі, під якою він розумів усі форми зв'язків виду із середовищем, призводить до природного добору, тобто є рушійним фактором еволюції.

У 1866 р. завдяки Е. Геккелю нова галузь знань, що пов'язувала взаємовідносини живих істот та їх зв'язки з неорганічними компонентами середовища (“боротьба за існування”), дістала назву “екології”. У другій половині XIX ст. змістом екології було в основному вивчення способу життя рослин і тварин та

адаптації їх до кліматичних умов. В цій галузі ботанік Й. Вармінг обґрунтував поняття про життєву форму (1895). А. М. Бекетов (1825-1902) виявив зв'язок особливостей аналітичної й морфологічної будови з їх географічним поширенням. У 1877 р. німецький гідробіолог К. Мьобіус обґрунтував уявлення про біоценоз як закономірне поєднання організмів у певних умовах середовища. Праці російських учених С. І. Коржинського та Й. К. Пачоського сприяли відособленню вчення про рослинні угруповання в окрему галузь ботанічної екології. Визначальні положення вчення про ліс, як цілісну природну систему, розробили Г. Ф. Морозов і В. М. Сукачов.

На початку ХХ ст. сформувались екологічні напрями гідробіологів, фітотенологів, ботаніків і зоологів, у кожному з яких розвивались певні напрями екологічної науки. На ІІІ Ботанічному конгресі в Брюсселі в 1910 р. екологія рослин розділилась на екологію особин (аутекологію) і екологію угруповань (синекологію). Згодом цей розподіл поширився також на екологію тварин, а отже, на загальну екологію. З'явилися перші екологічні зведення – екологія тварин Ч. Адамса (1913), угруповання наземних тварин В. Шелфорда (1913), гідробіологія С. О. Зернова (1913). У 1913-1920 рр. екологію почали викладати в університетах, були засновані екологічні журнали та організовані екологічні наукові товариства. У першій половині ХХ ст. В.В. Докучаєв створив учення про ґрунт, який є результатом взаємодії гірських порід і живих організмів.

Значний внесок у розвиток ідей загальної біоценології зробили праці радянських учених В. М. Сукачова, Б. О. Келлера, В. В. Альохіна, Л. Г. Раменського, О. П. Шенникова, за кордоном – Ф. Клементса у США, К. Раункієра в Данії, Г. Дю Ріе у Швеції, І. Браун-Бланке в Швейцарії. У 30-40-х роках з'явилися зведення з екології тварин, у яких наводилися теоретичні проблеми загальної екології: К. Фрідерікса (1930), Ф. Боденгеймера (1938) та ін. У 1938 р. Д. М. Кашкаров опублікував перший підручник у Радянському Союзі з основ екології тварин. Біоценологічні основи паразитології розробляли В. О. Догель, Є. М. Павловський і В. М. Беклемішев.

У 30-х роках сформувалась нова галузь екологічної науки - популяційна екологія, основоположником якої є англійський учений Ч. Елтон. Подальшому розвитку популяційної екології сприяли роботи О. М. Северцова, С. С. Шварца, М. О. Наумова, Г. О. Вікторова, Є. Н. Омської та ін.

У 1935 р англійський учений А. Тенслі запровадив поняття екосистеми. Американський учений Р. Ліндемман запропонував основні методи розрахунку енергетичного балансу екологічних систем. Розвиток екосистемного аналізу сприяв відродженню на новій екологічній основі вчення про біосферу, основоположником якого є В. І. Вернадський. Біосфера постала як глобальна екосистема, стабільність і функціонування якої ґрунтуються на екологічних законах забезпечення балансу речовини й енергії. Запроваджений ним у вивчення біосфери кількісний підхід дав змогу оцінити масштаби біогеохімічного колообігу речовин. Вчення В. І. Вернадського про ноосферу стало беззаперечним свідченням нерозривності зв'язку людини з природним середовищем. На сучасному

етапі визначну роль у становленні новітньої екології відіграла монографія американського вченого Ю. Одума.

Сьогодні екологія в широкому розумінні – це не тільки природнича наука, вона частково включає інші дисципліни: соціологію, право, економіку, планування, технологію тощо. Дуже важливим сучасним напрямком розвитку екології стала концепція сталого розвитку, яка з'явилась у 80-х роках ХХ століття у межах діяльності комісії ООН, покликаної пов'язати в одне ціле розвиток і екологію. Особливого значення ця проблематика набула в умовах вичерпання ресурсів. Важливими наближеннями до концепції стійкого розвитку були обговорювані в роботах Римського клубу концепція динамічного росту, концепція органічного росту, концепція динамічної рівноваги. Загальне для всіх цих підходів – зіставлення глобальної економічної системи з живим організмом, що особливо яскраво виявився в концепції органічного росту. Кількісний ріст не грає ролі в еволюції живих організмів або біологічних систем. Головне місце тут належить життєвій силі й здатності до виживання, тобто якісному вдосконаленню й пристосуванню до навколишнього середовища. Органічний ріст приводить до динамічної рівноваги, тому що живий, зрілий організм постійно оновлюється. Суспільством, що досягло стану динамічної або стійкої рівноваги, є таке суспільство, що у відповідь на зміну внутрішніх і зовнішніх умов здатне встановлювати нову, відповідну цим змінам рівновагу як усередині себе, так і в межах середовища свого перебування.

Сталий розвиток – це союз людини із природою й із самою собою. Під стійким розуміється такий розвиток, що задовольняє потреби теперішнього часу, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби.

**Розвиток екологічної науки в Україні.** Перший науковий сектор екологічних досліджень в нашій державі створений у 1930 р. в Інституті зоології та ботаніки Харківського державного університету. В. В. Стачинський (1933 р.) обґрунтував поняття біогеоценозу, як функціональної єдності біоценозу та абіотичних факторів. У 1940-1980 рр. широке визнання наукової громадськості здобули екологічні дослідження І. Г. Підоплічка, Ф. А. Гриня, С. М. Стойка, П. С. Погребняка, Д. В. Воробйова, О. Л. Бельгардта, А. П. Травлєєва, присвячені раціональному природокористуванню, екології лісу і ландшафтів. Праці академіка М. Г. Холодного є вагомим внеском до розробки концепції про геохімічні цикли. На сучасному етапі широке визнання здобули екологічні праці М. Н. Голубця, К. М. Ситника і Ю. Р. Шеляг-Сосонка, в яких розвинені концептуальні та методологічні основи сучасної екології. Аналізу філософських проблем у системі “людина – природне середовище” присвячені праці В. С. Крисаченка. Значний внесок у розробку проблем прикладної екології зробили вчені з інститутів Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України, робота яких була спрямована на вивчення загальних закономірностей у природних, природно-антропогенних та антропогенних екосистемах, вплив антропогенної діяльності на навколишнє природне середовище та раціональне природокористування. Останнім часом виконано багато робіт, спрямованих на

запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на навколишнє природне середовище. Сьогодні екологи України активно працюють над розробкою національної концепції стійкого (збалансованого) розвитку, над розробкою національної екомережі (Закон України “Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000 - 2015 роки” від 21 вересня 2000 року), над вирішенням регіональних екологічних проблем (Регіони Карпат, Криму, “Басейн Дніпра” та ін.

Питання для самоконтролю:

1. Головна мета підготовки професійних екологів.
2. Головні задачі вивчення дисципліни «Загальна екологія та неоекологія».
3. Що таке сучасна екологія і яка мета досліджень екології?
4. Описати складові традиційної екології.
5. Які вчені були основоположниками екологічного вчення?
6. Важливі етапи розвитку сучасної екології.
7. Українські вчені екологи та їх досягнення.

## **1.2 Визначення інших базових понять традиційної екології. Умови, фактори, ресурси. Екологічна ніша. Унітарні та модулярні організми**

**Визначення інших базових понять традиційної екології.** Термін “екологія” походить від грецьких слів *oikos*, що означає дім, помешкання, та *logos* – наука. Таким чином, екологія – це наука, що вивчає наше природне помешкання, всі організми, що його населяють, та функціональні процеси, що роблять цей “дім” придатним для життя. Екологія як галузь знань має свій понятійний і термінологічний апарат.

**Умови, фактори, ресурси.** Умови, фактори та ресурси середовища існування для живих організмів відіграють особливу роль. Розглядаючи окремих організм як певну систему, найбільш прийнятним є визначення середовища за А. Холлом і Р. Фейджином: “Для даної системи навколишнє середовище є сукупністю усіх об'єктів, зміни властивостей яких впливають на систему, а також тих об'єктів, властивості яких змінюються в результаті поведінки самої системи”. З визначення випливає динамізм взаємодії організму (системи) і середовища й те, що середовище не є для системи чимось абсолютно зовнішнім. За М. Ф. Реймерсом, навколишнім середовищем, а точніше докільям називають сукупність взаємопов'язаних природних, видозмінених природних, штучно утворених та соціальних компонентів в оточенні якої живе організм і з якою він безпосередньо взаємодіє. Докілья складається з багатьох елементів, умов, явищ, тобто факторів. Одним із завдань загальної екології є вивчення впливу факторів докілья (екологічних факторів) на живі організми.

*Умови природного середовища* – це сукупність організмів, абіотичних тіл і явищ (від космічних дій до безпосередньої дії навколишнього середовища, в



т.ч. вплив людини) на окрему особину, популяцію або угруповання. Умови середовища поділяють на абіотичні - неживу природу, що оточує організм або інший об'єкт і так чи інакше впливає на нього і біотичні – живу природу, що оточує організм або інший об'єкт (у т.ч. інші особини того ж виду) і так чи інакше впливає на нього.

Абіотичні (від грец. – “неживий”) – сукупність неорганічних умов середовища перебування. Абіотичні фактори навколишнього середовища поділяються на хімічні (сполуки атмосфери, води, ґрунту, тощо), фізичні (температури, освітлення, вологість, тощо), кліматичні, едафічні (механічний склад ґрунтів, гумус, лісовий настил, тощо), але вони взаємозалежні один від одного. Здатність організмів пристосовуватись до змін абіотичних факторів середовища відіграє важливу роль в процесі еволюції. Адаптація організмів здійснюється різними шляхами, зокрема особливостями поведінки, наприклад, міграції, особливостями метаболізму організмів, наприклад, стадія анабіозу, тощо. Вивчення цих процесів є важливим, адже це дозволяє зрозуміти природне різноманіття тварин і рослин, визначати межі їх стійкості до дії абіотичних факторів середовища тощо.

*Екологічні фактори* – всі складові природного середовища, які впливають на існування та розвиток організмів, і на які живі організми відповідають реакціями пристосування (за межами здатності пристосування настає смерть). Розрізняють три групи екологічних факторів:

1. Абіотичні (розглянуті вище ) і які ще відносять до умов природного середовища.

2. Біотичні – створюються сукупністю організмів у результаті їх взаємодії. Кожен організм відчуває на собі вплив інших живих істот, сам впливає на них, вступаючи у взаємозв'язки з представниками свого чи інших видів.

3. Антропогенні – форми діяльності людини, які впливають на життєдіяльність організмів або середовище їх перебування. Діяльність людини пов'язана з істотною зміною первісного довкілля (вирубубвання лісу, виловлювання риби, знищення тварин тощо).

Різні екологічні фактори неоднаково впливають на організми різних видів, що проживають поруч: для одних вони сприятливі, для інших – шкідливі. При цьому важливою є реакція організму на силу впливу екологічного фактора, для чого використовують поняття – “сприятлива зона” або “зона оптимуму фактора” і “пригнічувальна зона” або “зона песимуму фактора”. Діапазон зон оптимуму і песимуму є критеріями для визначення екологічної валентності – здатності живого організму пристосовуватися до зміни умов навколишнього середовища. Кількісно вона виражається діапазоном середовища, у межах якого даний вид зберігає нормальну життєдіяльність, до того ж, цей діапазон може бути дуже широким (наприклад, північний олень витримує коливання температур від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+25^{\circ}\text{C}$ ).

За екологічною валентністю організми поділяють на:

- стенобіонти – з низькою здатністю пристосовуватись до зміни умов існування (форель, орхідеї, глибоководні риби);

- еврибіонти – з високою здатністю пристосовуватись до зміни умов існування (колорадський жук, миші, пацюки, вовки, таргани).

Розрізняють також холодно- і теплолюбні організми (еври- і стенотермні), світлолюбні й тіньолубні (еври- і стенофоти) тощо.

Всі екологічні фактори діють комплексно і тому важливим є введення поняття лімітуючого фактора, рівень (доза) якого наближається до межі виживання організму, а концентрація – вище або нижче від зони оптимуму (насамперед, це температура, вологість, біогенні речовини, течія тощо). Отже, організми характеризуються екологічним мінімумом і максимумом, а їх витривалість у цьому діапазоні називають межею толерантності виду. Найвища толерантність характерна для бактерій і синьо-зелених водоростей, які витримують широкий діапазон температур, радіації, солоності тощо.

Усі екологічні фактори є мінливими, тому організми змушені весь час пристосовуватись до них. Внаслідок цього, в живих організмах виникають специфічні пристосувальні механізми і реакції на зміну екологічних факторів, які називають адаптацією, або засоби, за допомогою яких організм взаємодіє з середовищем для підтримання стану внутрішньої динамічної рівноваги, тобто гомеостазу організму, що забезпечує безперервність його існування в часі через нащадків. На різних рівнях організації живої матерії механізми адаптації є різними. Існує думка (А. С. Манчадський), що пристосувальні реакції організмів залежать від періодичності впливу на них екологічних факторів і, за цією ознакою, виділяють первинні періодичні, вторинні періодичні та неперіодичні фактори.

Існують і інші класифікації екологічних факторів:

- за характером дії (інформаційні, енергетичні, фізичні, хімічні);
- за середовищем виникнення (атмосферні, водні, фізіологічні, генетичні, екосистемні);
- за фактором часу (еволюційні, історичні, діючі);
- за ступенем впливу (летальні, екстремальні, обмежувальні);
- за об'єктом впливу (індивідуальні, групові, видові).

Більшість екологічних факторів постійно змінюються в просторі і часі, зокрема, температура, вологість, освітленість, тощо, а відносно стійкими протягом певного періоду є сила гравітації, властивості атмосфери, сольовий склад океану, тощо.

Екологічні фактори можуть по-різному впливати на живі організми: як подразники, зумовлюючи пристосувальні зміни функцій організму; як обмежувальні, які унеможливають існування організмів за даних умов; як сигнали про зміни інших факторів середовища. У впливі факторів середовища на організми та реакціях останніх на цей вплив виявлені певні закономірності, причому вони стосуються факторів будь-якого походження. Якщо хоча б один із екологічних факторів наближається до критичної межі або перевищує її, то, незважаючи на оптимальну дію інших умов середовища, організму загрожує загибель, а цей фактор стає для нього обмежувальним. Лімітуючими можуть бути як абіотичні, наприклад, нестача тепла, вологи або їх надлишок, різка зміна

освітленості, тощо, так і біотичні фактори, наприклад, зайнятість території сильнішим конкурентом, нестача запилювачів квітів, тощо.

Гіпотеза про те, що витривалість організму визначається слабкою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб, вперше була висунута і доведена Ю. Лібіхом у 1840 році. Вивчаючи вплив вмісту мікроелементів у ґрунті на ріст рослин він зазначив, що ріст залежить від того елементу, який є в мінімальній кількості. Цей висновок відомий в екології як закон мінімуму. Значення цього закону полягає в тому, що він дає можливість визначити, з чого починати пошук у разі потреби аналізу умов довкілля. Ю. Одум відзначив два основних обмеження щодо використання закону мінімуму:

- обмежувальний, тобто закон виконується тільки в статичних умовах середовища;

- взаємодії факторів, тобто при зміні інших екологічних факторів, величина сили дії обмежувального фактора може змінюватись.

Для нормального існування організмів їм потрібен комплекс факторів і певний їх режим з допустимими коливаннями величини дії в межах витривалості організмів або толерантності. Закон толерантності сформулював В. Шелфорд у 1913 році. Природним обмежувальним чинником розвитку організму може бути як мінімальний, так і максимальний вплив екологічного фактору, діапазон між якими визначає витривалість або толерантність організму до даного чинника. Організми намагаються жити в певних межах близьких до оптимуму і не досягати критичних меж фактора. Саме в таких умовах будь-які організми можуть виживати, рости, розмножуватись, тобто підтримувати чисельність.

*Природні умови* – сукупність живих організмів, абіотичних тіл і явищ природи, що існують незалежно від діяльності людей, впливають на інші живі організми; абіотичні тіла і явища, що розглядаються як центральні в системі відносин, які вивчаються.

*Природні ресурси* – це компоненти і сили природи, які на даному етапі розвитку продуктивних сил та вивченості використовуються або можуть бути використані як засоби виробництва і предмети споживання, для задоволення матеріальних та духовних потреб суспільства. За своєю матеріальною сутністю природні ресурси – частина географічного середовища, сукупність природних умов існування та діяльності людини.

У процесі впливу людського суспільства на природу збільшуються масштаби оволодіння компонентами і силами природи, розширюється сфера застосування їх, відбувається зміна пріоритетів у використанні природних ресурсів та їхнього впливу на економіку держав, світового господарства. До них належать, крім первинних (природних), вторинні ресурси, які є відходами виробництва або наслідками життєдіяльності людини. У процесі взаємодії людського суспільства та природи, життєво важливою, особливо актуальною стає якість використовуваних компонентів природи – чисте повітря, чиста вода, екологічно часті продукти харчування тощо.

Існує декілька класифікацій природних ресурсів. Згідно з природничою класифікацією, ресурси поділяються на природні групи: водні, повітряні, ґрун-

тові, рослинні, тваринні, мінеральні, кліматичні тощо. За природно-економічною класифікацією розрізняють ресурси, які використовуються в матеріальному виробництві і ті, що використовуються в невиробничій сфері. За іншою класифікацією природні ресурси поділяються на невичерпні та вичерпні, а останні – на відновлювані, важковідновлювані та невідновлювані.

Земельні ресурси – одні з найбільш універсальних природних ресурсів, які необхідні для всіх галузей господарства. Особливості земельних ресурсів полягають у тому, що їх не можуть замінити жодні інші ресурси і вони повинні використовуватися там, де знаходяться. Ґрунт має природну родючість, яка використовується людиною у сільському господарстві. Сільськогосподарське освоєння земель в Україні перевищує 70 %.

Агрокліматичні ресурси формуються поєднанням термічного режиму повітря і ґрунту з кількістю атмосферних опадів і запасами вологи у ґрунті. Незважаючи на відносну однорідність клімату на території України, співвідношення тепла і вологи в різних її районах сильно відрізняється. Проте цього достатньо для вирощування більшості культур помірного поясу.

Мінеральні ресурси. За різноманітністю і багатством мінерально-сировинної бази Україна вигідно відрізняється від більшості республік колишнього СРСР і багатьох держав, займаючи 0,5 % суші й переробляючи близько 5 % світового обсягу мінеральної сировини. На території України розвідано близько 8 тис. родовищ, майже 90 видів корисних копалин, з яких 20 мають важливе економічне значення. Серед них – нафта, газ, залізни, марганцеві, титанові, уранові руди, вугілля, сірка, ртуть, каолін, графіт, вогнетривкі глини, питні мінеральні води та інше.

Біологічні ресурси. Україна завдяки сприятливому географічному положенню в Середній Європі та різноманітним типам рівнинних, степових, лісостепових, лісових ландшафтів, а також гірських екосистем, вирізняється багатими за видовим складом флорою та фауною.

Ландшафтні ресурси – певна сукупність природних ландшафтів, які володіють біорізноманітністю і біопродуктивністю. Ландшафт – територіальна система, яка складається з природних або природно-антропогенних компонентів і комплексів більш низького таксономічного рангу, котрі взаємодіють між собою. Природний ландшафт формується під впливом природних процесів. Під впливом антропогенних дій структура і зовнішній вид ландшафтів зазнають змін. Часто порушені ландшафти відновлювати надзвичайно важко, а деколи і просто неможливо.

Флористичні ресурси – сукупність, видів рослин, що історично склалась, які ростуть в будь-якій місцевості або на Землі в цілому. Флора земної кулі налічує 250 – 300 тис. видів судинних рослин, в тому числі 15 тис. папоротевих, 25 тис. мохоподібних. Кожен вид має свою територію поширення. Забруднення природного середовища викидами, стоками, відходами призводить до зникнення окремих видів та загибелі флори в цілому.

Фауністичні ресурси – сукупність видів живих організмів, котрі мешкають у певній місцевості або на Землі в цілому. Фауна в процесі еволюції пос-

тійно зазнає змін. Вона характеризується кількістю видів тварин, які об'єднані спільною територією поширення (ареалом), ступенем її своєрідності (ендемизмом). На жаль, антропогенний вплив на фауну призводить до зникнення окремих видів живих організмів. Види, які зникають, заносяться в Червону книгу і для них створюються особливі умови існування.

Лісові ресурси України обмежені, незважаючи на багатий видовий склад. Площа лісового фонду складає близько 10 млн. га. Лісистість усього 14,3 % (проти 29 % у світі). На одного жителя припадає всього 0,2 га лісу.

Рекреаційні ресурси є передумовою відтворення фізичних і духовних сил людини, затрачених у процесі праці. Майже всю територію України (крім Причорнобильської зони) можна вважати санаторно-курортним регіоном.

В цілому ж природне середовище лише умовно може бути поділене на умови, ресурси, фактори, а природа, тобто все, що нас оточує – не випадкове скупчення предметів і явищ, а цілісна система, яка розвивається за певними і лише їй властивими законами. У природі нема нічого постійного, в ній все рухається, розвивається і змінюється. Розвиток завжди йде від простого до складного, але не по замкненому колу, а по висхідній спіралі. Рельєф, ґрунти, вода, повітря, рослинний і тваринний світ існують і розвиваються за своїми законами, але не ізольовано одне від одного. Якщо зміниться якийсь один компонент, то це викличе відповідні зміни інших елементів середовища. У цьому полягає закон цілісності географічної оболонки.

**Екологічна ніша.** *Екологічна ніша* – місце певного виду в природі. Це поняття охоплює не тільки становище виду в просторі, а й функціональну роль його становища щодо абіотичних умов існування (температури, вологості і т. і.). Екологічна ніша може бути зайнята або не зайнята видом, оскільки функціональне місце виду в екосистемі визначене його роллю в цьому утворенні. В той же час, екологічна ніша не обмежується життєвим простором. За Ю. Одумом, екологічна ніша - це не тільки фізичний простір, який займає певний вид організмів, але і його функціональна роль в спільноті, тобто його трофічне положення, і його місце відносно градієнтів зовнішніх факторів - температури, вологості тощо. Для характеристики екологічної ніші використовують два основні параметри: ширину ніші та перекриття ніші з сусідніми. На розміри і динаміку екологічної ніші впливають спеціалізація виду за харчуванням, використання простору, періоду активності тощо. В одному й тому ж місці існування може бути кілька екологічних ніш, наприклад, ліс, озеро. При вивченні та характеристиці екологічної ніші враховують ряд правил:

1. Правило обов'язковості заповнення екологічної ніші. Пуста екологічна ніша завжди буває природно заповненою.

2. Принцип винятку Г.Ф. Гаузе (теорема Гаузе) або правило конкурентного виключення. Два види не можуть існувати в одній і тій же місцевості, якщо їх екологічні потреби ідентичні, тобто вони “займають одну і ту ж екологічну нішу”.

Ці правила мають велике значення для вивчення поведінки організмів і пояснення деяких закономірностей, зокрема міжвидової конкуренції, територі-

альної поведінки тощо. В межах екологічних ніш здійснюються різні форми впливу організмів одне на одного, або реалізація біотичних факторів. Виділяють різні форми біотичних відносин, які можуть бути найрізноманітнішими – від дуже сприятливих до різко негативних. Між представниками різних видів організмів, що населяють екосистему, крім нейтральних, можуть існувати такі види зв'язків (рис. 1.2.1):

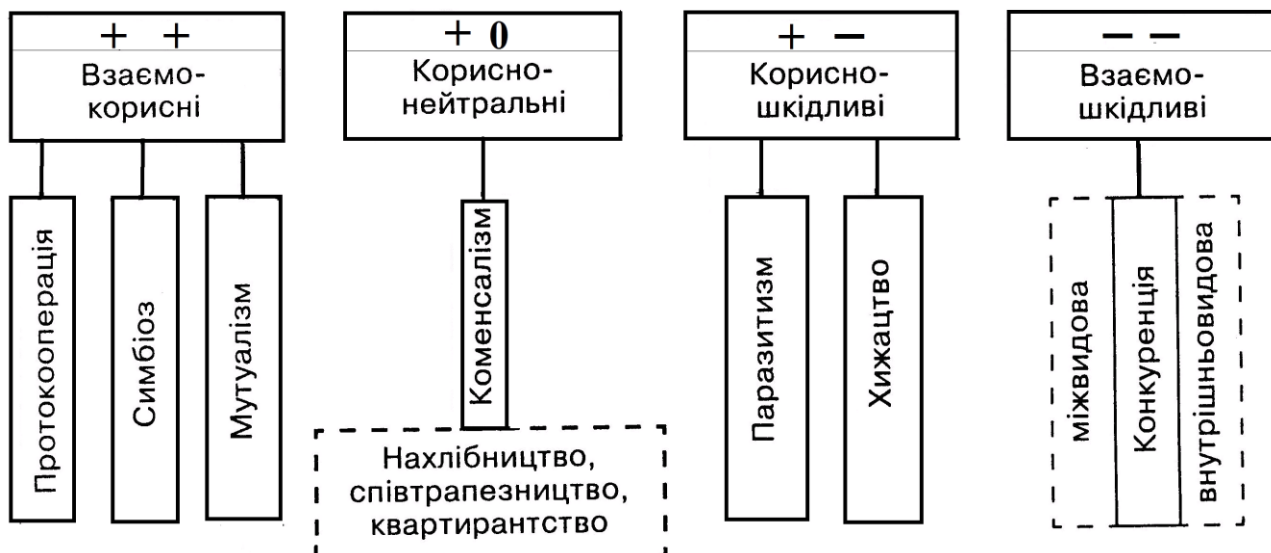


Рисунок 1.2.1 – Основні форми взаємодії живих організмів

- конкуренція – боротьба між представниками різних видів за їжу, повітря, воду, світло, життєвий простір; боротьба тим жорстокіша, чим більш споріднені й близькі за вимогами до умов середовища види організмів, що конкурують;

- мутуалізм – представники двох видів організмів своєю життєдіяльністю сприяють один одному, наприклад комахи, збираючи нектар, запилюють квіти; мурашки, опікаючи попелиць, живляться їхніми солодкими виділеннями;

- коменсалізм – коли від співжиття представників двох видів вигає один вид, не завдаючи шкоди іншому, наприклад, рибка-прилипайко знаходить захист і живиться біля акул (мутуалізм і коменсалізм називають ще симбіозом);

- паразитизм – одні істоти живляться за рахунок споживання живої тканини господарів, наприклад, кліщі, блощиці, воші, глисти, омела, деякі гриби тощо;

- хижацтво – одні організми вбивають інших і живляться ними;

- алелопатія – одні організми виділяють речовини, шкідливі для інших, наприклад, фітонциди, що виділяються деякими вищими рослинами, пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів; токсини, що виділяються під час «цвітіння» води у водоймищах, отруйні для риби та інших тварин.

Отже, екологічна ніша – це сукупність усіх екологічних факторів і ресурсів середовища, в межах якого може існувати вид у природі.

**Унітарні та модулярні організми.** Унітарні організми – це ті, які скла-

даються з однієї клітини. Вони виникли в архейській ері і були гетеротрофами, що використовували як їжу органічні сполуки «первинного бульйону». Найважливіший етап еволюції життя на Землі пов'язаний з виникненням фотосинтезу, що обумовило поділ органічного світу на рослинний і тваринний. Саме перші унітарні організми були і першими фотосинтезуючими організмами (синьо-зелені водорості – цианеї). Цианеї а потім зелені водорості, що з'явилися, виділяли в атмосферу з океану вільний кисень. Це сприяло виникненню бактерій, здатних жити в аеробному середовищі. Можливості еволюції одноклітинних організмів обмежені. Розміри окремих кліток не можуть збільшуватися більше певної межі внаслідок зменшення відносини поверхні клітки до її об'єму. У зв'язку із цим знижується надходження кисню в клітку, інтенсивність подиху стає нижче оптимальної. Має значення й та обставина, що органоїди клітки, що виконують суворо специфічні функції, не можуть відігравати роль “цеглинок” для побудови складних багатофункціональних структур. Такими “цеглинками” є клітки.

*Модулярні організми.* На межі архейської й протерозойської ер з'явилися статевий процес і багатоклітинність. Виникнення диплоїдності й генетичної розмаїтості одноклітинних еукаріот, з одного боку, обумовило розмаїтість будови кліток і їхнє об'єднання в колонії, з іншого - можливість «поділу праці» між клітками колонії, тобто утворення багатоклітинних або модулярних організмів. Подальша диференціація тканин створила розмаїтість, необхідну для розширення структурних і функціональних можливостей організму в цілому, у результаті чого створювалися усе більш складні й спеціалізовані (морфологічно й функціонально) системи органів. Удосконалювання взаємодії між клітками - спочатку контактної, а потім опосередкованої за допомогою нервової й ендокринної систем забезпечило існування багатоклітинного організму як єдиного цілого зі складною й тонкою взаємодією його частин і реагуванням на навколишнє середовище.

В основі сучасних уявлень про походження багатоклітинних організмів лежить гіпотеза російського вченого І. І. Мечникова – гіпотеза “фагоцителі”. Очевидно, предками багатоклітинних були гетеротрофні й колоніальні джгутикові. Первинний спосіб їхнього харчування – фагоцитоз. Клітки, що захоплювали поживу, переміщалися усередину колонії. Потім з них утворився внутрішній шар – ентодерма, що виконувала травну функцію. Спочатку така колонія з “початкових” диференційованих кліток була кулястою, вільно плавала у воді. Після виділення в колонії статевих і соматичних кліток, а серед останніх – рушійних (ектодерма) і живильних (ентодерма) колонія перетворилася в примітивний, але цілісний багатоклітинний організм. Подальша доля перших багатоклітинних була різною. Деякі перейшли до сидячого способу життя й перетворилися в організми типу губок. Інші стали плазувати, переміщатися субстратом за допомогою війки. Від них пішли пласкі черви. Треті зберегли плаваючий спосіб життя, придбали рот і дали початок кишковопорожнинні.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке умови природного середовища?
2. Назвати три групи екологічних факторів і описати їх.
3. Які види зв'язків можуть існувати між представниками різних видів організмів, що населяють екосистему?
4. Що таке природні умови, а також які природні ресурси ви знаєте?
5. Які організми складаються з однієї клітини, а які характеризуються багатоклітинністю. Опишіть їх.
6. Охарактеризувати унітарні та модулярні організми.

### **1.3 Кругообіги. Фотосинтез як головний процес перетворення неорганічної речовини в органічну**

**Кругообіги.** Еволюцію Землі можна умовно поділити на кілька фаз. Під час першої фази сформувалась рання земна кора, атмосфера та гідросфера, виник геологічний (або великий) кругообіг речовин. Первинна кора нашої планети утворилася приблизно 4-6 млрд. років тому. Відтоді на її поверхні осідали метеорити й космічний пил. З тріщин тонкої кори безперервно вивергалася розжарена лава, а разом із нею – гази. Утримувані гравітаційними силами, ці гази утворили первинну атмосферу планети. Вона складалася з метану, аміаку, водяної пари, вуглекислого газу, сірководню, ціаністого водню й практично не містила кисню та озону. Коли поверхня планети охолола, водяна пара почала конденсуватися в атмосфері й випадати першими дощами, розчинюючи численні мінерали земної кори. Поступово вода накопичувалася, утворюючи океани. На планеті сформувалася гідросфера. Циркуляція атмосферних мас, води й розчинених у ній мінералів, переміщення магматичних продуктів на поверхню планети й знову в її надра породили великий, або геологічний, кругообіг речовин.

Друга фаза тривала протягом понад 1 млрд. років (4,6 – 3,8). На Землі відбувалися процеси синтезу й накопичення простих органічних сполук, необхідних для існування життя: амінокислот і простих пептидів, азотистих основ, простих вуглеводів. Ці сполуки, «цеглинки життя», виникли внаслідок процесів абіотичного синтезу. Більшість біологів та еволюціоністів вважають, що життя на Землі виникло природним шляхом, у результаті процесів абіогенного синтезу. Надалі жива речовина докорінно змінила її зовнішній вигляд: на Землі виникла біосфера.

Третя фаза пов'язана з виникненням біологічного кругообігу речовин і формуванням кисневої атмосфери і почалася приблизно 3,8-4 млрд. років тому. На зміну гетеротрофним анаеробним прокаріотам прийшли автотрофні аеробні еукаріоти. Необхідну енергію автотрофи діставали або за рахунок окисних реакцій – у процесі хемосинтезу, або в результаті прямого вловлювання й перетворення променистої енергії Сонця – фотосинтезу. Але справжня революція в пе-



рвинній біосфері почалася з появою фотосинтезуючих бактерій – ціанобактерій (синьозелених водоростей), які “навчилися” використовувати найпотужніше й найстабільніше в планетарному масштабі джерело енергії – сонячне світло.

З появою автотрофів, які стали початком розгалуження живих організмів на продуцентів, консументів і редуцентів на планеті замкнувся цикл біологічного кругообігу речовин. Жива речовина (біота) утворила ланцюг живлення (трофічний ланцюг), який через неживу речовину – мінеральні сполуки – замкнувся в коло. З потоку речовин у цьому колі утворився біологічний кругообіг речовин (рис. 1.3.1).

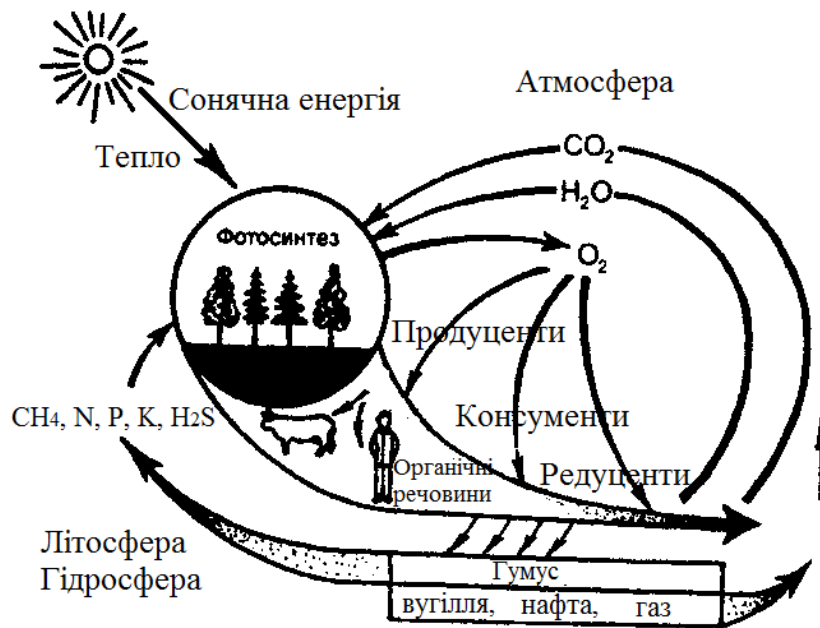


Рисунок 1.3.1 – Біологічний кругообіг речовин

Геологічний і біологічний кругообіги речовин разом склали біогеохімічний кругообіг, з'єднавши в ньому водночас величезну потужність першого й надзвичайні швидкість та активність другого. Біогеохімічний кругообіг «налагоджувався» приблизно 1,5 – 2 млрд. років, потім стабілізувався, суттєво не змінюючись протягом більш як 2 млрд. років – дотепер. Поява фотосинтезуючих продуцентів, окрім усього іншого, мала один важливий наслідок – на Землі сформувалася киснева атмосфера, яка визначила подальші етапи еволюції планети й біосфери.

Існування життя на Землі залежить не лише від потоку енергії, а й від кругообігу речовин у біосфері. Всього відомо близько 80 елементів, необхідних біоті. Прямо чи опосередковано цей кругообіг здійснюється за рахунок сонячної енергії та сил гравітації.

Хімічні елементи, які використовуються живою речовиною у великих кількостях і зазвичай становлять не менш як 0,1 % загальної маси організму, називають макроелементами. До макроелементів належать вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, сірка калій, магній і кальцій. Усі ці елементи, за винятком кисню й водню, називають також біогенними елементами, оскільки жива речо-

вина вибірково й у значній кількості поглинає їх із неживого середовища й концентрує в клітинах. Елементи необхідні організмам у менших кількостях (до 0,1 %), належать до мікроелементів. Це мідь, цинк, молібден, бор, йод, силіцій та ін. Макро- й мікроелементи використовуються живими істотами в складі певних молекул. Елемент, що входить до складу молекули, з якої він може бути засвоєний організмом, називають доступним або елементом у доступній формі. Часто для різних груп організмів доступні форми одного й того самого елемента різні.

*Кругообіги кисню й водню.* Кисень і водень входять до складу всіх органічних сполук. Вони поглинаються продуцентами в складі води й вуглекислого газу в процесі фотосинтезу, всіма іншими організмами – з органічною речовиною, створеною продуцентами, під час дихання (з атмосфери чи з водного розчину) й уживання питної води. Як кінцеві продукти біологічного кругообігу, водень і частина кисню повертаються в неживе середовище також у вигляді води, а кисень, окрім того, виділяється в молекулярній формі в атмосферу рослинами-продуцентами як один із кінцевих продуктів фотосинтезу.

*Кругообіг вуглецю.* Вуглець – це основа органічних речовин. Він входить до складу білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот та інших речовин, необхідних для існування живої речовини. До первинних джерел вуглецю в біосфері належать атмосферний вуглекислий газ, що становить 0,036 % загального об'єму тропосфери, й вуглекислий газ, розчинений у воді Світового океану, де його кількість у 50 разів вища, ніж в атмосфері.

*Кругообіг азоту.* Атмосферний азот, що перебуває в молекулярній формі, доступний тільки для нечисленної групи азотфіксувальних бактерій і синьозелених водоростей. Азотфіксатори, засвоюючи молекулярний азот) залучають його до складу органічної речовини свого тіла, тобто переводять в органічну форму. Після відмирання органічний азот трансформується в мінеральну форму (амоній, нітрати або нітрити) амоніфікуючими й нітрифікуючими бактеріями.

*Кругообіг фосфору.* На відміну від азоту, джерелом фосфору є не атмосфера, а земна кора. В процесі вивітрювання гірських порід фосфор переходить у ґрунтовий розчин і стає доступним для рослин. Він входить передусім до складу нуклеїнових кислот, аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ), фосфоліпідів. Із цими органічними речовинами фосфор передається ланцюгами живлення від продуцентів до консументів, повертається в ґрунт у вигляді органічних решток і продуктів життєдіяльності. В результаті процесів мінералізації, які здійснюються бактеріями-редуцентами, фосфор знову переходить у неорганічні форми й стає доступним для рослин.

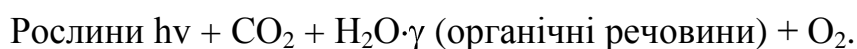
*Кругообіг сірки.* Сірка – це необхідний компонент багатьох органічних речовин, серед яких передусім слід зазначити амінокислоту цистеїн. Головним джерелом сірки є розчинені у воді продукти вивітрювання гірських порід (найчастіше сульфід заліза – основний компонент колчеданів) або сірководень і сірчистий газ, які виділяються в атмосферу вулканами, гейзерами, гарячими джерелами. Сірководень, окиснений атмосферним киснем до сірчистого газу, розчиняється у водяній парі атмосфери й випадає з дощем на поверхню планети.

До складу живої речовини сірка потрапляє шляхом поглинання розчинених у воді іонів сульфатів рослинами-продуцентами. Потім сірка в складі рослинних білків ланцюгами живлення потрапляє до консументів і редуцентів. У анаеробних умовах (наприклад, у болотах) редуценти розкладають білки з виділенням сірки у вигляді сірководню який може бути окиснений до молекулярної сірки або до розчинних сульфатів і сульфідів. У такій формі сірка знову стає доступною для продуцентів.

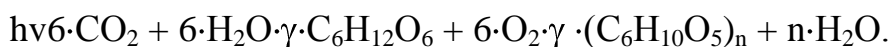
*Кругообіги калію, магнію та кальцію.* Ці елементи у вигляді іонів потрапляють у живу речовину в процесі поглинання води рослинами, а також під час уживання питної води. Вони виконують різноманітні функції. Наприклад, калій необхідний для роботи калій-натрієвого насоса клітин, магній – обов'язкова складова хлорофілу, кальцій потрібний для підтримання постійного показника кислотності цитоплазми, є головним компонентом панцирів, мушель, скелетів багатьох тварин. Подібно до азоту, фосфору й сірки, ці елементи мігрують трофічними ланцюгами від продуцентів через консументи до редуцентів. Після загибелі організму вони швидко переходять у водні розчини й знову стають придатними для подальшого використання.

**Фотосинтез як головний процес перетворення неорганічної речовини в органічну.** *Фотосинтезом* називається процес утворення органічної речовини із неорганічної зеленими рослинами за участю світла. Серед неорганічних речовин на процесі фотосинтезу витрачається вода і діоксид вуглецю (вуглекислий газ). Кінцевими продуктами цього процесу є різні вуглеводи, що мають великі запаси енергії в хімічних зв'язках, і кисень. Отже, під час фотосинтезу енергія сонячного світла перетворюється на енергію хімічних зв'язків, тобто проходить накопичення сонячної енергії в екосистемах.

Схематично процес фотосинтезу можна представити наступним чином



Загальне хімічне рівняння процесу фотосинтезу має такий вигляд



Це рівняння дає лише загальне уявлення про процес фотосинтезу, який складається з багатьох реакцій, що прискорюються ферментами. Утворена глюкоза є першим вуглеводом, який вступає в подальші перетворення з утворенням нових сполук, зокрема крохмалю, целюлози, з яких формуються тканини рослин, а також інші необхідні речовини. Процеси фотосинтезу проходять в хлорофілі рослин, а всі фотосинтетичні реакції поділяють на дві фази. Перша фаза називається світловою, тому що вона відбувається за участю світла, а друга фаза є темною, оскільки може проходити без світла. Процес фотосинтезу носить характер багаторазово повторювальних актів біохімічного синтезу і у більшості зелених рослин реакції фотосинтезу однотипні, хоча і мають деякі відмінності.

В деяких бактерій в процесі еволюції виробились інші біохімічні шляхи

синтезу вуглеводів. Бактеріальний фотосинтез, на відміну від фотосинтезу вищих рослин, проходить в анаеробних умовах без виділення кисню. Фотосинтез у бактерій здійснюється по типу фоторедукції, тобто проходить відновлення діоксиду вуглецю з поглинанням променистої енергії сонця, але без виділення кисню.

Поряд з фотосинтезом зв'язування діоксиду вуглецю в природі здійснюється в процесі хемосинтезу, який відкритий С. М. Виноградським, на проходження якого використовується хімічна енергія процесів окислення. Прикладом хемосинтезу є діяльність нітрифікуючих бактерій. Ці реакції супроводжуються вивільненням енергії, яка використовується на відновлення діоксиду вуглецю, що поглинається бактеріями, до органічних сполук.

Таким чином, фіксація діоксиду вуглецю в природі здійснюється рослинами в процесі фотосинтезу та бактеріями в процесі фоторедукції і хемосинтезу.

Хоча процес фотосинтезу і характеризується подібністю біохімічних реакцій, розрізняють три різновиди фотосинтезу у вищих рослин:

1. **C<sub>3</sub>-фотосинтез.** Характерний для більшості наземних рослин ~95% вищих наземних рослин, в тому числі пшениця, жито, картопля, конюшина, люцерна тощо. У таких рослин фіксація CO<sub>2</sub> проходить по C<sub>3</sub>-центозофосфатному шляху (цикл Кальвіна), причому максимальна інтенсивність фотосинтезу спостерігається при помірній освітленості та температурі, а надто висока температура і яскраве світло пригнічують цей процес. C<sub>3</sub>-рослини найбільш характерні для помірних широт: дуб, бук, береза, сосна, тощо.

2. **C<sub>4</sub>-фотосинтез.** Особливо характерний для тропічних зон (кукурудза, цукрова тростина, просо тощо). У таких рослин фіксація CO<sub>2</sub> проходить по циклу C<sub>4</sub>-дикарбонових кислот. Такі рослини адаптовані до яскравого світла і високої температури. Крім того, вони більш ефективно використовують воду. C<sub>4</sub>-рослини: на виробництво 1 г сухої органічної речовини витрачають до 400 г води, а C<sub>3</sub>-рослини – від 400 до 1000 г води.

3. **САМ-метаболізм** (кисневий метаболізм товстянкових). Цей тип фотосинтезу відкритий відносно недавно і характерний для рослин пустель – сукулентів. Він полягає в тому, що поглинений рослинами CO<sub>2</sub> в ході процесу фотосинтезу накопичується у вигляді органічних кислот і фіксується у вуглеводах тільки наступного дня. Така «затримка» фотосинтезу значно зменшує денні втрати води, посилюючи здатність рослин пустелі зберігати водний баланс і необхідний запас води.

Інтенсивність фотосинтезу прямо впливає на формування горизонтальної зональності в розподілі фітомаси, а відтак і зоомаси. Максимальна кількість біомаси рослин на одиницю площі припадає на екваторіальні і субекваторіальні пояси. Після цього відмічається різке її зменшення в обох тропічних поясах, наступне збільшення в субтропічних і помірних зонах і різке зниження в полярних зонах. Це пояснюється природними умовами даних регіонів: середньою температурою, вологістю, тривалістю світлового дня, тощо. В Світовому океані картина дещо інша. Максимальне значення фітомаси мають волого-тропічні лі-

си – до 65000 т/км<sup>2</sup> (в басейні Амазонки – понад 100000 т/км<sup>2</sup>); значна біомаса широколистих лісів – до 45000 т/км<sup>2</sup>, тайги – до 30000 т/км<sup>2</sup>. Запаси фітомаси в саванах складають 5000-15000 т/км<sup>2</sup>, мангрових заростей морських берегів – до 12000 т/км<sup>2</sup>, а в пустелях занепад фітомаси – 150-200 т/км<sup>2</sup>.

Отже, фотосинтез – це унікальне явище природи, яке зумовлює можливість життя на планеті Земля.

Питання для самоконтролю:

1. На які фази можна умовно поділити еволюцію Землі?
2. Що з'єднали геологічний і біологічний кругообіги речовин разом та який склали кругообіг?
3. Що таке кругообіг речовин?
4. Як проходять кругообіги різних хімічних елементів у біосфері?
5. В чому полягає процес фотосинтезу?
6. Які три різновиди фотосинтезу розрізняють у вищих рослин?

#### **1.4 Глобальні екологічні проблеми традиційної екології. Екологічний імператив**

**Глобальні екологічні проблеми традиційної екології.** Один з об'єктивних наслідків НТР – підвищення техногенного пресингу людства на природне довкілля та виникнення на цій основі низки проблем, що отримали назву глобальних від лат. *globus* – “куля” (мається на увазі земна куля). Суть таких проблем органічно поєднує в собі **дві основні сторони**. **По-перше**, вони стосуються не окремих країн або континентів, а всієї планети. **По-друге**, саме тому розв'язуватися вони можуть лише об'єднаними зусиллями всього світового співтовариства; можливості будь-якої окремої держави, навіть наймогутнішої, у цьому випадку недостатні. **Саме такими є всі проблеми екології та виснаження природних ресурсів.**

Змістова багатоманітність глобальних проблем дає підставу для певної їх класифікації. За І. Т. Фроловим, вони поділяються на три основні групи – інтерсоціальні, антропосоціальні та природно-соціальні.

Ті негативні для природи і самої людини наслідки антропогенної діяльності, що виявились в останні роки, примушують пильніше вдивитися в систему екологічних взаємовідносин, замислитися над проблемою їх гармонізації. Чому мова повинна йти саме про гармонію людини з природою, і недостатньо говорити, наприклад, тільки про їх єдність? Справа в тому, що внаслідок своєї об'єктивної діалектичності суперечлива єдність людини з природою має місце і на тих етапах їх взаємовідносин, коли ці відносини загострені, як, наприклад, в цей час. Разом з тим потреба виходу з справжнього кризового стану викликає необхідність становлення особливої форми єдності людини і природи, яка і забезпечила б це.

Таким чином, екологічні потреби також давні, як і потреби людини в їжі, одягу, житлі і т. д. На протязі всієї попередньої історії їх задоволення відбувалося автоматично і люди були переконані, що повітрям, водою і ґрунтом вони забезпечені в достатку на всі часи. Протверезіння наступило лише декілька десятиріч назад, коли в зв'язку з наростанням загрози екологічної кризи став все гострішим відчуватися дефіцит чистого повітря, води і ґрунтів. Сьогодні всім ясно, що здорове навколишнє середовище не менш значуще, ніж матеріальні і духовні потреби.

Починаючи з 1968 р. помітну роль в усвідомленні цього класу проблем відіграла діяльність Римського клубу. Продовжуючи і розвиваючи гуманістичні традиції європейської культури минулих епох, його організатор та багаторічний керівник Ауреліо Печчеї цілком визначено пов'язував успішність розв'язання таких проблем з найкращими якостями людини.

Великою мірою формування глобалістики було пов'язане з усвідомленням та дослідженням сучасної екологічної кризи. Найважливішими її ознаками є:

- невпинно зростаюче забруднення природного середовища антропогенними та техногенними відходами (зокрема радіоактивними), наслідком чого є руйнування природних біогеоценозів, коли природа не встигає самовідновлюватись;
- зростаюче отруєння повітря, води, ґрунтів, усього живого (включаючи й саму людину);
- скорочення біологічного різноманіття Землі внаслідок знищення та вимирання не просто окремих популяцій, а й цілих видів тварин і рослин;
- виснаження природних ресурсів – мінеральних, сировинних, енергетичних, продовольчих тощо;
- скорочення площі родючих земель;
- перенаселеність планети, її нездатність задовольняти потреби людства в умовах демографічного вибуху;
- скорочення площі лісів, погіршення їх біологічного стану;
- забруднення та зникнення природних водоймищ;
- виснаження озонового шару атмосфери (а отже, зростання радіаційної небезпеки для всього живого);
- нагромадження несприятливих генетичних змін в організмі людини та у генофонді соціуму;
- порушення енергетичного балансу планети;
- несприятлива та необоротна зміна клімату Землі (потепління внаслідок накопичення в атмосфері вуглекислого газу та “парникового ефекту”), небезпека танення полярних вічних льодів і затоплення великих територій суходолу;
- почастищення деструктивних стихійних процесів на поверхні Землі та в її надрах – землетрусів, повеней, обвалів, зсувів ґрунту, розширення ярів, карстових пустот тощо.

Лише у своїй системній єдності всі ці сторони екологічної кризи можуть досить повно характеризувати сучасний етап взаємодії людини та природи. Ко-

ріння цієї кризи простежуються вже в минулому, коли надмірна інтенсифікація природокористування призводила до перевищення меж допустимої дії людини на природні комплекси. Негативні екологічні наслідки діяльності людей почали проявлятися ще в стародавні часи, коли наступ цивілізації був причиною деградації природи в тому чи іншому регіоні. Відомо, наприклад, що саме під впливом суспільства на місці тропічних лісів півночі Африки колись з'явилися піски Сахари. Проте довго негативний вплив людей на природне довкілля мав зазвичай локальний характер – це відповідало обмеженим технологічним можливостям людини. З розвитком промисловості та поглибленням індустріалізації обжитої частини планети стан справ докорінно змінювався. І природно, що апогеєм у цьому стала ера НТР.

Погіршення стану більшості екосистем біосфери, значне зменшення біопродуктивності і біорізноманіття, катастрофічне виснаження ґрунтів і мінеральних ресурсів при одночасному небаченому зростанні забруднення всіх геосфер пов'язані з інтенсивним зростанням населення Землі та розвитком науково-технічної революції протягом останніх 40-50 рр. До розвитку глобальної екологічної та соціально-економічної кризи, яка сьогодні загрожує існуванню нашої цивілізації призвели кілька “вибухів”: демографічний, промислово-енерготехнічний, вибух насильства над природою.

Вчений Р. Маккамари припускав, що на початку XXI ст. населення планети щорічно збільшуватиметься на 100 млн., причому 90 % з них – за рахунок країн, що розвиваються. У 1650 р. чисельність населення світу становила близько 500 млн. чоловік, протягом наступних 200 р. вона збільшилась вдвічі, і ще раз удвоє зросла уже всього за 80 наступних рр.; у 1975 р. кількість населення Землі досягла 4 млрд. чоловік. Протягом хвилини населення світу збільшується на 172 чол. Це означає, що кожного тижня до населення Землі додається 1,7 млн. людей – стільки, скільки мешкає сьогодні в таких містах України, як Запоріжжя, Вінниця, Житомир, разом узятих.

Згідно з підрахунками ООН чисельність населення Землі досягла 7 мільярдів осіб (2011 р.). Прогнозні оцінки показують, що у найближчому майбутньому чисельність населення продовжуватиме зростати. А до 2100 р. чисельність населення становитиме 9-13 млрд. чол., хоча для всіх цих людей природних ресурсів і можливостей біосфери для підтримки життя буде вже абсолютно недостатньо.

На країни, що розвиваються, припадає 80 % приросту населення, в розвинутих країнах він не перевищуватиме і 1 %.

Добробут людей тісно пов'язаний зі збільшенням кількості населення, розвитком господарства й станом довкілля.

Вченими підраховано, що сучасна біосфера Землі здатна підтримати нормальне функціонування і розвиток людства, кількість якого не перевищуватиме 4-5 млрд. чол., та ще й за умов оптимального розподілу національних прибутків, взаємодопомоги, взаємопідтримки, і взаєморозуміння націй, ефективного використання загальнолюдського інтелекту для забезпечення всіх людей планети, раціонального, природокористування і охорони довкілля.

Нерегульоване примноження населення веде до зростання енерго- та промислового виробництва і як наслідок – зростання забруднень довкілля, утворення кислотних дощів, озонових дір, парникового ефекту, хвороби, зuboжіння більшості населення.

Людина – володар, споживач, але який споживач? Раціональний, розумний, дбайливий? Якщо ти розумний споживач, то ти не тільки будеш забирати щось, але й обов'язково будеш це повертати, якимось компенсувати витрачене, бо воно не бездонне. Старі люди знають, що ніколи не треба повністю вичерпувати колодязь. Треба залишити трохи води, і, з часом, колодязь знову стане повним. Природа працює за тим самим принципом.

Але споживацька свідомість сильніша: треба відібрати у природи усе, не зважаючи на негативні наслідки такого природокористування. Треба забезпечити себе сьогодні, а про майбутнє подбають нащадки. Нема чого хвилюватися, бо ж природні ресурси невичерпні.

Ось яка вона, людина сучасності: нераціональний та егоцентричний користувач, впевнений у нескінченності природних ресурсів. Але вже зараз доведено, що всі ресурси вичерпні, навіть ті, які колись такими не вважалися.

Тому й годі сподіватися, що людина з такою свідомістю буде замислюватися над негативними екологічними наслідками своєї діяльності.

На жаль, будь-яка діяльність людини так чи інакше пов'язана з забрудненням навколишнього середовища. Людство вже з початку свого існування поступово нарощувало свій антропогенний тиск на природу, а в останні 80 - 100 років цей тиск досяг максимуму. Суспільство вже досить довго балансує на межі екологічної катастрофи нечуваних масштабів, лише якимось дивом уникаючи останньої.

Навколишнє середовище, а особливо його головний компонент – геологічне середовище (верхня частина літосфери, в межах якої формується мінеральна основа біосфери), інтенсивно змінюється. Техногенний тиск людини з часом все збільшується і набуває все ширшого просторового діапазону, від нижнього прошарку атмосфери до проникнення в літосферу на десятки кілометрів в глибину. Геологічне середовище виступає в ролі "депо" забруднюючих речовин, а його складові: ґрунти, породи зони аерації та мінерального живлення рослин, донні відклади, гірські породи, поверхневі та підземні води накопичують забруднюючі речовини у різних формах і з часом фіксують антропогенні зміни довкілля. Зростаючий техногенний тиск діяльності людини викликає неухильне погіршення екологічних параметрів довкілля. В першу чергу, це погіршення формується внаслідок щорічного надходження в атмосферу, поверхневі водойми, ґрунтові води, ґрунти повітряних викидів промислових підприємств та теплових електростанцій, стоків промислових вод. Потужним джерелом погіршення еколого-геохімічної обстановки є хімізація земель при сільськогосподарській діяльності, що зумовлює надходження нітритів і пестицидів навіть у підземні води. Значні зміни відбуваються під впливом площинних інженерних систем, якими є промислово-міські агломерації та територіально-виробничі комплекси. Масштабне порушення рівноваги верхнього шару порід літосфери відбувається



під впливом гірничих робіт, промислової та міської забудови, надлишкового зарегулювання поверхневого стоку. Утворення водосховищ промислових вод призводить до накопиченням величезних водних мас, що, в свою чергу активізує розвиток таких екзогенних процесів, як зсуви, осідання і провали, підтоплення та ін.

Таким чином, забруднення навколишнього середовища є результатом антропогенної діяльності людини і знаходиться в прямій залежності від розвитку певних галузей промисловості та сільського господарства країни.

Військова справа і виробництво зброї в розвинених країнах є найжадібнішим споживачем природних ресурсів і одним із найсерйозніших забруднювачів довкілля. Для задоволення своїх зростаючих потреб і збільшення комфортності існування людство розвинуло до незвичайно високого рівня енергетику, хімічну, нафтопереробну, металургійну, гірничо-видобувну, машинобудівну і легку промисловість, транспорт і засоби зв'язку.

Близько 500 млн. автомобілів щорічно викидають в атмосферу Землі 400 млн. т. оксидів вуглецю, понад 100 т. вуглеводів, сотні тисяч тонн свинцю. Промислові підприємства, теплові електростанції, засоби авто- і автотранспорту щорічно спалюють понад 5 млрд. тон вугілля, нафти і більше трильйона кубометрів газу. А в природні водойми щорічно спускається близько 500 млрд. тон промислових і побутових стоків, у тому числі кілька млн. тонн нафти. Щорічно в промисловому виробництві утворюється 2100 млн. тонн твердих відходів, із них 338 млн. тонн потенційно небезпечні.

Вчені стверджують, що у наступні 20-30 років через зміни в навколишньому середовищі, спричинені людською діяльністю, світ може втратити більше мільйона видів рослин і тварин.

За даними ООН, близько 900 млн. чол. проживають у посушливих зонах нашої планети, землі яких зазнають негативного впливу явища опустелювання.

Охорона природи повинна стати моральною категорією і користуватись пріоритетом за будь-яких політичних ситуацій і компромісів.

Отже, як бачимо, такі явища, як опустелювання, деградація ґрунтів, деградація біосфери і зменшення її біорізноманіття, збільшення кількості кислотних дощів, розвиток парникового ефекту та поява озонових дір у атмосфері, тобто глобальні негативні кліматичні й біологічні зміни розвиваються під впливом неконтрольованої, неузгодженої з законами життя природи антропогенної діяльності. Чим активніша ця діяльність, тим сильніша зворотна реакція Природи, яка відплачує людям за їх бездумне втручання у віками налагоджений ритм і режим життя біосфери. Яскравим прикладом можуть бути регіони великих міст промислових і енергетичних центрів, де за комфорт існування люди розплачуються хворобами, стресами, неповноцінними дітьми, скороченням тривалості життя. Величезна кількість отруйних речовин виноситься поверхневими і ґрунтовими водами в ріки, звідки – в моря й океани. До них додаються забруднювачі, що переносяться вітрами. У результаті в багатьох прибережних районах Європи, Азії, Америки, Африки значно погіршилися екологічні умови, зменшилась кількість риби, молюсків, планктону, птахів, збільшилась кількість

захворювань людей, почастишали явища "червоних" припливів, "цвітіння" води, що приносить із собою загибель усього живого від нестачі кисню і створюють все більші "мертві зони".

Хижацький вилов риби у Світовому океані й внутрішніх морях призвів до катастрофічного зменшення рибних запасів в усьому світі, до повного зникнення деяких найбільш цінних видів риби.

Дуже швидкими темпами деградують ґрунти в усьому світі. Як відомо, для утворення родючого ґрунту потрібні тисячі, а то й мільйони років. А сучасна людина здатна зруйнувати ґрунт за 1-2 роки.

Протягом останнього століття енергоспоживання зросло у 1000 разів. Обсяг вироблених товарів та послуг подвоюється кожні 15 років. Але якою ціною це досягається? Щорічно на кожного жителя розвинутих країн береться з природи близько 30 тонн речовини різних видів, і лише 1 – 1,5 % цієї маси набирає форми споживаного продукту, решта ж – відходи, причому найчастіше – шкідливі для природи, особливо для всього живого. Інакше кажучи, нині людина виступає в ролі ненажерливого хижака, що безжалісно та бездумно нищить природу, в якій живе і є її невід'ємною частинкою.

**Екологічний імператив.** Осмислення цієї драматичної ситуації об'єктивно породило **екологічний імператив сучасності** (від лат. *imperativus* – владний, наказовий): **якщо людство хоче вижити, йому необхідно докорінно та негайно змінити свій спосіб життя, характер взаємодії з природним довкіллям.** Цей історичний, справді доленосний наказ людству дає саме життя, адже альтернативою тут може бути лише загибель (свого роду самогубство світової спільноти як наслідок систематичного та успішного "рубання гілки, на якій всі ми сидимо". Саме ж поняття екологічного імперативу (в його конкретній мовній оболонці) є очевидним аналогом іншого, добре відомого у філософській теорії категоричного Імперативу І. Канта, вічного морального закону, наказу, що завжди звучить у людській душі, вимагаючи від людини діяти певним чином, робити одне та не робити іншого.

Для того, щоб екологічний імператив став справжнім надбанням найширших верств населення Землі, надійним дороговказом в їх житті та діяльності, необхідною є екологізація світогляду членів суспільства, тобто наповнення його сучасним екологічним змістом та відповідною спрямованістю думок і помыслів. З цим органічно пов'язані екологічне виховання людей та цілеспрямоване формування екологічної свідомості як надзвичайно важливої нині площини та форми індивідуальної і суспільної свідомості. Проте сферою свідомості, духовним світом людей суть проблеми, безперечно, не вичерпується – необхідна не лише певна спрямованість думок і прагнень, а й неодмінно ще й практична діяльність із втілення цих думок і планів у життя. Отже, на порядку денному сучасного етапу діяльності людства стоїть екологізація соціальної практики в усіх її можливих проявах.

Усі ці масштабні процеси неможливі без всебічної та вірогідної екологічної інформації, яку суспільству може надати лише наука. Доба НТР переконливо довела, що можливості соціуму в його взаємодії з природним довкіллям аж

ніж не обмежуються біологічною природою людини, і об'єктом дослідження специфічної, соціальної екології стають соціоекосистеми, які органічно об'єднують дві площини життя людини – суто природну та соціальну. І саме ця обставина сприяла тому, що у сучасному суспільстві слово “екологія” добре відоме не тільки вузькому колу вчених-біологів. Коли йдеться про екологічну свідомість, сучасний екологічний імператив або ж екологізацію світогляду і практики людства, ці важливі поняття слід сприймати крізь призму проблематики насамперед соціальної екології, а не загальної, яка є її історичним фундаментом.

Як зазначав І. Франко, “земля, на якій живе якийсь народ, являється підставою його життя, джерелом його добробуту, отже природна річ, що кожний народ, дбалий про свою будучину, повинен поперед усього дбати про свою землю, про розумний та економічний визиск, але не винищення її природних багатств, і про такий устрій суспільного загосподарювання, який давав би досить широку раму для поміщення всіх членів народу...”.

В умовах невинного загострення екологічної кризи і глобальних проблем сучасності закономірно виникла ідея сталого розвитку людства, всієї планети – як єдино можливої альтернативи небезпеці глобальної катастрофи. Необхідна підготовча робота була проведена, насамперед, Римським клубом, про що вже йшлося вище. Сам термін “сталий розвиток” вперше було вжито у доповіді американських вчених “Стратегія збереження світу” (1980 р.). Дещо пізніше у доповіді спеціальної комісії ООН “Наше спільне майбутнє” (1987) сталий розвиток було визначено як такий, що задовольняє потреби сучасності, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти їх потреби.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке глобальні проблеми людства і в який спосіб їх класифікують?
2. Що є причинами виникнення глобальних екологічних проблем?
3. Екологічні проблеми окремих компонентів біосфери (геологічного середовища, ґрунтів, гідросфери, атмосфери)
4. Що людина має усвідомити, щоб зробити крок до створення моделі розвитку суспільства, що дозволяє зберегти еволюцію біосфери?
5. Екологічний імператив сучасності.

## **1.5 Біосфера. Сучасна екологічна ситуація окремих компонентів біосфери**

**Біосфера** (від *bio* – жива і грец. *sphaira* – куля), оболонка Землі, склад, структура і енергетика якої визначаються сукупною діяльністю живих організмів. Термін “Біосфера” ввів Е. Зюсс в 1875 році, що розумів її як тонку плівку життя на земній поверхні. Заслуга створення цілісного вчення о Біосфері належить В. І. Вернадському. Основи цього вчення, викладені Вернадським в 1926 в

книзі “Біосфера” що розроблялася їм до кінця життя, зберігає своє значення в сучасній науці.

Біосфера охоплює частину атмосфери до озонового екрану (20 – 25 км.), частину літосфери, особливо кору вивітрювання, і всю гідросферу. Нижній кордон опускається в середньому на 2 – 3 км. на суші і на 1 – 2 км. нижче за дно океану. Вернадський розглядав біосферу як сферу життя, що включає поряд з організмами і місце їх існування. Він виділив в біосфері 7 різних, але геологічно взаємозв'язаних типів речовин: жива речовина, біогенна речовина (пальні копалини, вапняки і т. д., тобто речовина, що створюється і переробляється живими організмами), косна речовина (утворюється процесами, в яких живі організми не беруть участь, наприклад: вивержені гірські породи), біокосна речовина (створюється одночасно живими організмами і процесами неорганічної природи, наприклад: ґрунт), радіоактивна речовина, розсіяні атоми і речовина космічного походження (метеорити, космічна пил).

За сучасними уявленнями, біосфера – це особлива оболонка Землі, що містить усю сукупність живих організмів і ту частину речовини планети, яка знаходиться у безперервному обміні з цими організмами.

Ці представлення базуються на вченні В. І. Вернадського (1863-1945) про біосферу, що є, найбільшим, з узагальнень в області природознавства в ХХ ст. Найважливіша значущість його вчення на повний зріст проявилася лише в другій половині нашого століття. Цьому сприяв розвиток екології і, передусім глобальній екології, де біосфера є засадничим поняттям.

Вчення В. І. Вернадського про біосферу – це цілісне фундаментальне вчення, органічно пов'язане з найважливішими проблемами збереження і розвитку життя на землі що знаменує собою принципово новий підхід до вивчення планети як системи, що розвивається, в минулому сьогодні і майбутньому. За уявленнями В. І. Вернадського, біосфера включає живу речовину (тобто усі живі організми), біогенну (вугілля, нафта, вапняки та ін.), косну (у його освіті живе не бере участь, наприклад магматичні гірські породи), біокосну (створюється за допомогою живих організмів), а також радіоактивну речовину, речовину космічного походження (метеорити та ін.) і розсіяні атоми. Усі ці сім різних типів речовин геологічно пов'язані між собою.

Суть вчення В. І. Вернадського знаходиться у визнанні виняткової ролі “живої речовини”, що перетворює вигляд планети. Сумарний результат його діяльності за геологічний період часу величезний. По словах В. І. Вернадського, “на земній поверхні немає хімічної сили більше постійно діючої, а тому могутнішою по своїх кінцевих наслідках, чим живі організми, узяті в цілому”. Саме живі організми уловлюють і перетворюють променисту енергію Сонця і створюють нескінченну різноманітність нашого світу.

Другим найголовнішим аспектом вчення В. І. Вернадського є розроблене ним уявлення про організованість біосфери, яка проявляється в погодженій взаємодії живого і неживого, взаємної пристосовності організму і середовища. “Організм, – писав В. І. Вернадський, – має справу з середовищем, до якого він не лише пристосований, але яке пристосовано і до нього”.

В. І. Вернадський обґрунтував також найважливіше уявлення про форми перетворення речовини, накопичення хімічних елементів, про рушійні чинники, шляхи біогенної міграції атомів, тобто, міграції хімічних елементів за участю живої речовини, розвитку біосфери та ін. Найважливішою частиною вчення про біосферу В. І. Вернадського є уявлення про її виникнення і розвиток. Сучасна біосфера виникла не відразу, а в результаті тривалої еволюції в процесі постійної взаємодії абіотичних чинників. Перші форми життя, по-видимому, були представлені анаеробними бактеріями. Проте творча і перетворююча роль живої речовини стала здійснюватися лише з появою у біосфері фотосинтезуючих автотрофів – ціанобактерій і синьо-зелених водоростей (прокаріотів), а потім і справжніх водоростей і наземних рослин (еукаріотів), що мало вирішальне значення для формування сучасної біосфери. Діяльність цих організмів привела до накопичення у біосфері вільного кисню, що розглядається як один з найважливіших етапів еволюції.

Паралельно розвивалися і гетеротрофи, і передусім – тварини. Головними датами їх розвитку є вихід на сушу і заселення материків (на початок третинного періоду) і, нарешті, поява людини.

У стислому виді ідеї В. І. Вернадського про еволюцію біосфери можуть бути сформульовані таким чином:

1) Спочатку сформувалася літосфера – передвісник доквілля, а потім після появи життя на суші – біосфера.

2) У течії усєї геологічної історії Землі ніколи не спостерігалися азойні геологічні епохи (т. е. позбавлені життя). Отже, сучасна жива речовина генетично пов'язана з живою речовиною минулих геологічних епох.

3) Живі організми – головний чинник міграції хімічних елементів в земній корі, “принаймні, 90 % по вазі маси її речовини у своїх істотних рисах обумовлено життям” (В. І. Вернадський, 1934).

4) Грандіозний геологічний ефект діяльності організмів обумовлений тим, що їх кількість нескінченно велике і діють вони практично в течії нескінченно великого проміжку часу.

5) Основним рушійним чинником розвитку процесів у біосфері є біохімічна енергія живої речовини.

У цілому вченні про біосферу В. І. Вернадського заклало основи сучасних уявлень про взаємозв'язок і взаємодію живої і неживої природи. Практичне значення вчення про біосферу величезне. В наші дні воно служить природничо-науковою основою раціонального природокористування і охорони доквілля.

Еволюція біосфери формується під впливом алогенних (зовнішніх) сил, таких, як геологічні і кліматичні зміни, і аутогенних (внутрішніх) процесів, обумовлених активністю живих компонентів екосистеми. Перші екосистеми, що існували 3 млрд. років тому, були населені крихтливими гетеротрофними організмами, що існували за рахунок органічної речовини. Потім відбулося виникнення і популяційний вибух автотрофних водоростей, які, як вважають, зіграли одну з головних ролей в перетворенні відновної атмосфери на кисневу. З цієї миті упродовж тривалого часу еволюція організмів йшла шляхом створення усе

більш складних і різноманітних систем, які контролювали склад атмосфери і містили в собі усе більш великі і високоорганізовані види багатоклітинних.

**Проблеми біосфери пов'язані з нинішнім станом довкілля, втім, як і усі інші екологічні проблеми.** Стан довкілля все більше змінюється в гіршу сторону, що спричиняє за собою збільшення в об'ємі вже існуючих проблем і виникнення нових, до рішення яких людство ще не готове, оскільки ще не розроблені шляхи рішення старих проблем, а з'являються усі нові (у геометричній прогресії, як і усе інше останнім часом).

**Сучасна екологічна ситуація окремих компонентів біосфери.**

Які ж факти призводять до погіршення стану однієї з **найважливіших складових біосфери – атмосфери**. Людина забруднює атмосферу вже тисячоліттями, проте наслідки вживання вогню, яким він користувався увесь цей період, були незначні. І навіть значне зосередження людей на порівняно невеликій території, як це було в класичній старовині, не супроводжувалося ще серйозними наслідками. Так було аж до початку дев'ятнадцятого століття. Лише за останні сто років розвиток промисловості “обдарував” нас такими виробничими процесами, наслідки яких спочатку чоловік ще не міг собі уявити. Виникли міста-мільйонери, ріст яких зупинити не можна. Усе це результат великих винаходів і завоювань людини.

**В основному існують три основні джерела забруднення атмосфери:** промисловість, побутові котельні, транспорт. Доля кожного з цих джерел в загальному забрудненні повітря сильно розрізняється залежно від місця.

Зараз загальноновизнано, що найсильніше забруднює повітря промислове виробництво. Джерела забруднень – теплоелектростанції, які разом з димом викидають в повітря сірчистий і вуглекислий газ; металургійні підприємства, особливо кольоровій металургії, які викидають в повітря оксиди азоту, сірководень, хлор, фтор, аміак, з'єднання фосфору, частки і з'єднання ртуті і миш'яку; хімічні і цементні заводи. Шкідливі гази потрапляють в повітря в результаті спалювання палива для потреб промисловості, опалювання жител, роботи транспорту, спалювання і переробки побутових і промислових відходів.

Атмосферні забруднювачі розділяють на первинні, такі, що поступають безпосередньо в атмосферу, і вторинні. Так, сірчистий газ, що поступає в атмосферу, окислюється до сірчаного ангідриду, який взаємодіє з парами води і утворює крапельки сірчаної кислоти. При взаємодії сірчаного ангідриду з аміаком утворюються кристали сульфату амонію.

Так само, в результаті хімічних, фотохімічних, фізико-хімічних реакцій між забруднюючими речовинами і компонентами атмосфери, утворюються інші вторинні ознаки. Основним джерелом пірогенного забруднення на планеті є теплові електростанції, металургійні і хімічні підприємства, котельні установки, споживаючі більше 70 % твердого і рідкого палива, що щорічно добувається.

**Ґрунтовий покрив Землі є найважливішим компонентом біосфери Землі.** Саме ґрунтова оболонка визначає багато процесів, що відбуваються у біосфері. Найважливіше значення ґрунтів полягає в акумуляції органічної речовини, різних хімічних елементів, а також енергії. Ґрунтовий покрив виконує

функції біологічного поглинача, руйнівника і нейтралізатора різних забруднень. Якщо ця ланка біосфери буде зруйнована, то функціонування біосфери, що склалося, безповоротно порушиться. Саме тому надзвичайно важливе вивчення глобального біохімічного значення ґрунтового покриву, його сучасного стану і зміни під впливом антропогенної діяльності. Одним з видів антропогенної дії є забруднення пестицидами.

Пестициди як забруднюючий чинник. Відкриття пестицидів – хімічних засобів захисту рослин і тварин від різних шкідників і хвороб – одне з найважливіших досягнень сучасної науки. Сьогодні у світі на 1 га наноситься 300 кг хімічних засобів.

Проте в результаті тривалого застосування пестицидів в сільському господарстві, медицині (боротьба з переносниками хвороб) майже всюди відрізняється зниження з ефективності внаслідок розвитку резистентних рас шкідників і поширенню “нових” шкідливих організмів, природні вороги і конкуренти яких були знищені пестицидами. В той же час дія пестицидів стала проявлятися в глобальних масштабах. З величезної кількості комах шкідливими є лише 0,3 % або 5 тис. видів. У 250-ти видів виявлена резистентність до пестицидів. Це посилюється явищем перехресної резистенції, що полягає в тому, що підвищена стійкість до дії одного препарату супроводжується стійкістю до з'єднань інших класів.

Надмірне застосування пестицидів (гербіцидів, інсектицидів, дефоліантів) негативно впливає на якість ґрунту. У зв'язку з цим посилено вивчається доля пестицидів в ґрунтах і можливості їх знешкоджувати хімічними і біологічними способами. Дуже важливо створювати і застосовувати тільки препарати з невеликою тривалістю життя, вимірюваного тижнями або місяцями. У цій справі вже досягнуті певні успіхи і впроваджуються препарати з великою швидкістю деструкції, проте проблема в цілому ще не розв'язана.

**Гідросфера.** Вода – найпоширеніша неорганічна сполука на нашій планеті. Вода – основа всіх життєвих процесів. Бере участь у головному рушійному процесі на Землі – фотосинтезі. Вода присутня у всій біосфері: не тільки у водоймах, але і в повітрі, і в ґрунті, і у всіх живих істотах.

У природному стані вода ніколи не вільна від домішок. У ній розчинені різні гази і солі, знаходяться зважені тверді частинки. У 1 л прісної води може міститися до 1 г солей. Велика частина води зосереджена в морях і океанах. На прісні води припадає лише 2 %. Велика частина прісних вод (85 %) зосереджена у льодах полярних зон і льодовиків. Відновлення прісних вод відбувається в результаті кругообігу води.

З появою життя на Землі кругообіг води став відносно складним, так як до простого явища фізичного випаровування (перетворення води в пару) додалися більш складні процеси, пов'язані з життєдіяльністю живих організмів. До того ж роль людини стає все більш значною в цьому вирі.

У світі існує мало регіонів, не порушених проблемами втрати потенційних джерел постачання прісною водою, погіршення якості води і забруднення поверхневих і підземних джерел. Основні проблеми, що негативно впливають

на якість води річок і озер, виникають, в залежності від обставин, з різним ступенем гостроти в результаті невідповідного очищення побутових стічних вод, слабого контролю за скиданням промислових стічних вод, втрати і руйнування водозбірних площ, нераціонального розміщення промислових підприємств, збеліснення, безконтрольною залежний системи землеробства і нераціональних методів ведення сільського господарства. Це призводить до вимивання поживних речовин і пестицидів. Порушується природний баланс водних екосистем, і виникає загроза для живих прісноводних ресурсів. За різних обставин на водні екосистеми впливають також проекти освоєння водних ресурсів з метою розвитку сільського господарства, такі, як греблі, схеми перекидання річкових стоків, водогосподарські споруди та іригаційні проекти. Ерозія, замулення, збеліснення і опустелювання приводять до зростання деградації земель, а створення водосховищ у деяких випадках негативно позначається на водних екосистемах.

Проблеми, пов'язані з водою як найважливішим природним ресурсом, обумовлені не тільки нерівномірним характером розподілу річкового стоку по окремих регіонах і країнах, але і зростанням населення Землі і, отже, зростанням споживання прісної води населенням, промисловістю, сільським господарством і супроводжуваним його антропогенним та техногенним забрудненням всіх компонентів гідросфери. Це призвело до **серйозної світової екологічної проблеми – дефіциту чистої прісної води.**

**Води океану займають дві третини поверхні Землі майже чотирихкілометровим шаром.** Води усіх річок складають 5 % від маси води океану. Океан – колыска життя на Землі і домівка половини існуючих нині типів організмів. Приблизна маса всієї риби, що живе в океані, складає 1 млрд. тонн, а це лише одна тридцять шоста частина всієї біомаси океану.

Для океану, так як і для атмосфери, найбільшу загрозу нині становить забруднення відходами людської діяльності або, інакше кажучи, його швидке отруєння. Багато вчених розглядають океан як добре збалансований єдиний організм, який має механізми захисту своєї температури, хімічного захисту та живих систем. Забруднення блокує діяльність цих механізмів, що призводить до різких кліматичних коливань, які порушують природні ритми життя водних і наземних організмів, призводять до загибелі морських тварин, рослин і мікроорганізмів та в кінцевому рахунку завдають шкоди самій людині.

Нафта та нафтопродукти є на сьогоднішній день найпоширенішим і найнебезпечнішим джерелом забруднення. Тонна нафти покриває здатна покрити тонкою плівкою 12 км акваторії океану і забруднює майже 1 млн. тонн води. А за рік в моря поступає від 6 до 15 млн. тонн нафти. Щорічно гине третина молодих морських організмів, які в декілька разів більше ніж дорослі особини вразливі до несприятливих факторів.

Величезну небезпеку становлять також ядерні та хімічні відходи. В кінці другої світової війни ряд капіталістичних країн викинули в прибережжі Німеччини та Данії більш як 20 тисяч тонн отруйних речовин. В 1970 році поверхня води на тому ж місці покрилась дивними плямами. Але куди більш небезпечним виявилось рішення деяких країн аналогічним чином утилізувати радіоак-



тивні відходи. Небезпека полягає в тому, що якими б безпечними і міцними не були ємності, в яких захороненні відходи, завжди існує небезпека їх розгерметизації внаслідок дії зовнішніх хімічних агентів, великого тиску на морських глибинах, ударів об тверді предмети при штормах та інших причинах.

Окрім того людина – це хижак по відношенню до живого світу океанів. Їх природні багатства, які раніше вважались невичерпними, як виявилось, зовсім такими не є. Єдиним способом боротьби з таким "вбивчим" відношенням до океану є усвідомлення людством його незрівнянної ролі в житті на планеті у цілому.

Питання для самоконтролю:

1. Сучасні уявлення про біосферу.
2. Еволюція біосфери.
3. Які шляхи біогенної міграції атомів?
4. Охарактеризуйте сучасну екологічну ситуацію окремих компонентів біосфери.

## **1.6 Організми, популяції, угруповання**

Усе розмаїття живих систем на нашій планеті зводиться до трьох основних рівнів організації живої матерії – організмowego, популяційного та екосистемного. Їм підпорядковані всі відомі в науці ступені організації та рівні дослідження живих структур:

1. *Організмовий* рівень організації характеризується великою кількістю функцій, але із загальноекологічних позицій найважливішою з них є розмноження і насичення простору живою речовиною, відтворення життєвого субстрату, постійний процес синтезу й деструкції, розгортання біотичного кругообігу та ускладнення біосфери. До підпорядкованих систем цього рівня, чи ступенів його організації, належать доклітинні, одноклітинні і багатоклітинні організми, системи, які є структурними блоками високоорганізованих багатоклітинних істот (макромолекулярна, органельна, клітинна, тканинна, органна) або їх функціональні системи (кровоносна, нервова, травна, видільна, ендокринна, опорна, рухова та інші).

2. Основна *функція популяційного* рівня організації – це формування в певному ареалі (зайнятому однією популяцією) такого населення виду, яке за структурою та життєвими особливостями найбільше відповідає середовищу його існування; іншими словами, - це припасовування популяції до біотичних та абіотичних компонентів тих екосистем, у котрих вона є структурним блоком. Внутрішньопопуляційними ступенями організації є стада, зграї, родини, колонії, племена та інші сукупності організмів, поєднані певними структурно-функціональними зв'язками.

3. На *екосистемному* рівні організації реалізується третя найважливіша функція живих систем – безперервний обмін речовиною, енергією та інформа-

цією між усіма живими її компонентами та середовищем їх існування. Кругообіг речовин і трансформація енергії в екосистемах будь-якої просторової чи функціональної складності здійснюється завдяки тісній взаємодії організмів різних трофічних груп між собою та з навколишнім середовищем.

*Організми.* Організм – у вузькому розумінні – це біологічний індивід, цілісна жива система, що підтримує самостійне існування завдяки пристосувальній взаємодії з середовищем існування, а у широкому розумінні – це цілісна система, за способом організації подібна до живого організму.

Основними властивостями організму, як біологічного індивіду, є подразливість, здатність рости, розмножуватись, а головне – здійснювати безперервний обмін речовин із середовищем свого існування. За Ю. Одумом (1986) характерним для будь-якого організму є певна структурна організація, а саме:

- у найпростіших організмів (вірусів, бактерій) – молекулярний рівень організації;

- у одноклітинних організмів – надмолекулярний або клітинний рівень організації;

- у багатоклітинних організмів – організмівий і системний рівні організації.

Маючи складну організацію, живий організм становить єдине ціле, в якому діяльність структур, клітин, тканин, органів та інших систем узгоджена й підпорядкована усьому цілому. Крім того, організм є відкритою динамічною системою, що перебуває в рухомій рівновазі з зовнішнім середовищем.

*Популяції.* Під популяцією розуміють сукупність особин одного виду з єдиним генофондом, яка формується в результаті взаємодії потоку генів (схрещування, міграції, запилення, запліднення, поширення зачатків – спор, клітин, насіння, личинок, яєць) та умов довкілля. Популяція – це елементарна одиниця існування виду й та одиниця, з якою «працює» природний добір. Структурні та функціональні характеристики, динаміку, статевий і віковий склад, чисельність, генетичну цілісність, положення в екосистемі, умови, за яких формується популяція вивчає екологія популяцій (демекологія). Порівняно з видом, популяція фенотипно й генотипно зазвичай однорідніша. Кожен існуючий у природі вид є складним комплексом (системою) внутрішньовидових груп зі специфічними будовою, фізіологією і поведінкою. В популяціях виникають перебудови, які далі поширюються на угруповання.

Популяції, як і біогеоценози, характеризуються багатьма показниками. З погляду екології, найсуттєвішим є показник мінімальної чисельності популяції, тобто такої чисельності, за якої в популяції ще підтримується необхідний рівень генетичної неоднорідності, завдяки чому вона не вироджується.

Еволюційні зміни – це явища, що стосуються популяцій і систем популяцій. У найпростішій формі еволюція відбувається в межах локальних відтворювальних популяцій. Це мікроеволюція. Локальну відтворювальну популяцію слід розглядати як старт до макроеволюції. Популяції та популяційні системи краще уявляти у вигляді ієрархії – від випадкових схрещувань групи до виду. Схрещена популяція – це популяційна одиниця, яка має деяку локальну протя-

жність у безперервній ієрархії.

Особини популяції характеризуються однотипними зовнішніми ознаками, подібними адаптаціями, єдиною специфічною реакцією на дію чинників середовища, своєрідним типом динаміки чисельності, демографічною і територіальною структурою, спільним біологічним сигнальним полем, що загалом забезпечує популяційний гомеостаз, самостійне існування і розвиток упродовж тривалого часу, що супроводжується відповідною взаємодією із середовищем існування і впливом на нього. Як надорганізмена система популяція забезпечує виду потенційне “безсмертя” – пристосувальні можливості в популяції значно вищі, ніж в індивідуумів, що її утворюють.

Найбільш істотними ознаками популяцій є динаміка чисельності особин, співвідношення статей, віковий склад, територіальна структура і щільність заселення. Кожна популяція має певний властивий їй темп і ритм обміну речовин в екосистемі. Вона може складатися з дрібніших угруповань, мікропопуляцій, колоній, зграй тощо, але такі угруповання нестійкі в часі й періодично включаються у загальний популяційний ритм. Популяція як біологічна одиниця має певну структуру і функції. Під структурою популяцій розуміють склад особин і їх розміщення в екологічних нішах. Реально існуючі популяції досить різноманітні за величиною та формою. Структура популяцій утворена чотирма головними компонентами: їх величиною, просторовим розміщенням, системою та швидкістю розмноження.

Популяція як групове об'єднання має специфічні властивості або певну біологічну структуру, яка нехарактерна для кожної окремо взятої особини. Це чисельність і щільність, смертність, розподіл особин за віком, характером розміщення в межах екосистеми чи угруповання, вікові і статеві структури, поліморфізм, ефект групи, росту, тобто екологічні ознаки.

Основні показники біологічної структури популяції – чисельність і щільність. Чисельність – це загальна кількість особин на даній території або в певному об'ємі, вона ніколи не буває сталою і залежить від зовнішнього середовища, біотичних взаємовідносин і біотичного потенціалу. Біотичним потенціалом називають внутрішню властивість популяції та її здатність до збільшення чисельності за стабільного вікового складу й оптимальних умов середовища. Популяційний гомеостаз – це самостійне існування і розвиток упродовж тривалого часу особин популяції, що супроводжується відповідною взаємодією із середовищем існування. Популяція є також екологічною одиницею. Її складові – особини, генотипно подібні за екологічною толерантністю, що займають певну ділянку в тій чи іншій екологічній ніші або із подібними вимогами до умов середовища.

Щільність популяції – це число особин або кількість біомаси на одиницю площі чи об'єму (наприклад, 5 млн рослин озимої пшениці на 1 га). Це змінний показник, що залежить від чисельності популяції. Особини в популяції можуть розміщуватись рівномірно, випадково і групами.

Народжуваністю називають здатність популяції до збільшення чисельності особин. Вона може бути нульовою або позитивною, але ніколи не буває не-

гативною.

Вікова структура популяції характеризує співвідношення окремих особин за віком, фазами розвитку. Для кожного виду, а інколи й для кожної популяції всередині виду характерні свої співвідношення вікових груп.

Статева структура популяції, особливо частка самок, що розмножуються, має велике значення для подальшого росту чисельності популяції.

Нормативний розвиток багатьох видів можливий лише в разі об'єднання їх у різні групи. Поліпшення фізіологічних процесів, що ведуть до підвищення стійкості і життєздатності особин за сумісного існування, називають «ефектом групи».

*Угруповання.* Взаємодія на популяційному рівні відбивається на наступному, вищому рівні організації живих організмів – угруповань. Під угрупованням розуміють поєднання популяцій різних видів, що існують у просторі і часі. Угруповання – збірне поняття, яке стосується сукупності взаємодіючих живих організмів будь-якого рангу. Одним із найісчерпиваюших є визначення Р. Уїттекера (США, 1970), який угрупованням вважає сукупність популяцій рослин, тварин і мікроорганізмів, що взаємодіють один з одним у межах даного середовища і створюють особливу живу систему з власними складом, структурою, взаємовідносинами із середовищем, розвитком і функціями. Найменшою одиницею, до якої можна застосувати термін “угруповання”, є біоценоз, який займає певний біотоп. Угруповання – це сукупність взаємопов'язаних видів, що проживають на певній території, на яких впливає комплекс умов існування. Рослинні угруповання, або фітоценози, й угруповання тварин, або зооценози, розглядають окремо, але вони об'єднані спільною назвою – біоценоз.

Біоценоз за Б. А. Биковим – це стійка система сумісно існуючих на певній ділянці суходолу або водойми популяцій автотрофних і гетеротрофних організмів (біота) і створеного ними біоценотичного середовища (в тім числі ґрунту, сапропелі, фітоклімату). Поняття “біоценоз” у 1877 р. запропонував німецький зоолог К. Мьобіус як сталу систему організмів (біоти) та створеного ними біоценотичного середовища.

Біоценоз є продуктом природного добору. Його виживання, стійке існування в часі і просторі залежить від характеру взаємодії складових популяцій і можливе лише за обов'язкового надходження сонячної енергії із зовні. Жоден біоценоз не може успішно розвиватися сам по собі незалежно від середовища. В екосистемі біоценоз функціонує як продуктивна система, здатна до саморегулювання і відновлення.

Біомасу наземних біоценозів утворюють переважно вищі рослини (продуценти). На масу тварин (консументів) припадає лише 0,001 – 0,01 % загальної біомаси; дещо більша біомаса мікроорганізмів і грибів. Угруповання має не тільки функціональну єдність із характерною структурою трофічних зв'язків і енергетичного обміну, а й деяку композиційну єдність, що забезпечує існування певних видів. Проте види значною мірою заміщують один одного в часі і просторі. тому функціонально подібні угруповання можуть мати різний видовий склад. Угруповання – не просто сукупність видів, що утворюють його, а й сукупність взаємовідно-

син між ними. Угрупування підлягають власним законам функціонування і розвитку, тобто вони є природними системами.

Угрупування зазвичай формують власну структурну організацію, основним показником якої є число видів, що утворюють його, та їх відносна чисельність. Найпростішим параметром угруповання, який враховує число видів і співвідношення їх чисельності, є індекс різноманітності Симпсона.

Серед видів, які утворюють угруповання, виділяють домінантні, тобто ті, що переважають (кількісно або за масою) в угрупованнях (фітоценозах). Вони різняться інтенсивністю росту й розвитку, значно змінюють умови зростання і тим самим обмежують існування в угрупованні багатьох організмів. Різним систематичним групам організмів властиві свої домінанти. Види, які живуть за рахунок домінантних, називають переддомінантами, домінанти, які визначають характер і структуру угруповання – едифікаторами. Вони становлять основу біоценозів і відіграють основну роль у створенні біоценотичного середовища в екосистемах. Едифікатори – це в основному рослини, наприклад, у соснових лісах – сосна, у степових ценозах – ковила, типчак, на луках – костриця лучна, лисохвіст лучний тощо.

Питання для самоконтролю:

1. Які три рівні організації живої матерії ви знаєте, опишіть їх.
2. Що таке біологічний індивід?
3. Що таке популяція і якими показниками вона характеризується?
4. Що розуміють під угрупованням.
5. Що таке біоценоз?
6. Які види називають домінантними та едифікаторами?

### **1.7 Стійкість у структурі угруповання**

Біотичним угрупованням в екологічних системах є, перш за все, популяція – будь-яка здібна до самовідновлення сукупність особин одного виду, яка більш-менш ізольована в просторі і часі від інших аналогічних угруповань того ж виду (за О. М. Гіляровим). При статевому розмноженні обмін генами перетворює популяцію у відносно цілісну генетичну систему. Якщо перехресне запліднення відсутнє, а існує вегетативне чи інші види розмноження, генетичні зв'язки слабкіші і популяція являє собою систему клонів, чи чистих ліній, які сумісно використовують середовище. У всякому випадку в популяціях діють закони, які забезпечують продовження і вдосконалення життя та забезпечення цілісності угруповання. В цьому принципова відмінність популяції від організму, який один раз народжується, живе і вмирає. Як з генетичної, так і з просторово-часової оцінки чітко визначити популяційне утворення не завжди просто. Це, перш за все, стосується птахів, зайців та інших тварин, які здібні долати великі відстані. Відомі випадки, коли в невеличкому ставку налічували до 7 клонів дафнії одного виду, а на полі площею в один гектар – 50 клонів популяції повзучої конюшини.

Будь-які показники популяції повинні описувати її перш за все як сукупність схожих об'єктів. Найпростіший метод середньоарифметичного значення не завжди дає можливість врахувати відхилення показників у окремих осіб. Для того щоб оцінити дійсну картину відхилень від середнього значення в таких випадках користуються величиною дисперсії (середнього квадрату відхилення кожного виміряного значення від середнього).

Підтримання оптимальної в певних умовах чисельності особин називають гомеостазом популяції. Розміщення особин по території, співвідношення груп по статі, віку тощо характеризують структуру популяції. Головні показники популяції – це чисельність (загальна кількість особин на території), щільність популяції (середнє число особин на одиницю площі чи об'єму), народжуваність (число нових народжених за одиницю часу), смертність (число померлих чи загиблих за одиницю часу), приріст популяції (різниця між народжуваністю і смертністю), темп росту популяції (середній приріст за одиницю часу).

Розподіл особин ценопопуляції за віком називається її віковим спектром. Якщо популяція має всі або майже всі вікові групи, то вона називається нормальною – здібною до самопідтримки. Однією з властивостей популяції є гетерогенність, яка характеризує індивідуальне відхилення якогось показника від середньо-популяційного значення. Лінійні тварини (ті, у яких родовід йде від загальних предків) мають набагато меншу гетерогенність, ніж у нелінійних.

*Види організації та форми сумісного існування у структурі угруповань.*

Розміщення особин популяції рослин чи тварин на своїй території, як правило, нерівномірне. Частіше всього воно буває плямистим, тобто характеризується окремими скупченнями, які більш-менш віддалені одні від одного. Причини цього різні. Перш за все звертають увагу на наступне:

- вплив градієнтів абіотичних факторів - світла, температури, вологи, концентрації біогенних елементів;
- особливості способу розмноження і розселення молоді;
- поведінка тварин – утворення отар, гніздових колоній тощо;
- вплив взаємовідносин різних видів – конкуренція, виїдання хижаками тощо.

Характер просторового розподілу організмів може мінятися з часом по мірі розвитку популяції. Чим більші розміри тварини, тим більшу територію вона займає, бо їй необхідно більше харчів.

Форми сумісного існування особин у популяції різні – від поодинокого способу життя до складної колонії – сім'ї. Поодинокий спосіб життя, при якому особини популяції незалежні і відокремлені один від одного, зустрічається часто, але тільки на певних стадіях життєвого циклу. У деяких видів зустрічі партнерів короточасні – лише для запліднення, у інших пара існує довше.

За *сімейного* способу життя підсилюються зв'язки як між батьками, так і батьків з потомством. Розрізняють сім'ї батьківського, материнського і змішаного типу, в залежності від того, хто з батьків бере на себе піклування про потомство.

*Зграї* утворюються тимчасово для полегшення виконання важливої для

життя виду функції: захисту від ворогів, міграції, добування їжі. За способом координації дій зграї діляться на зграї з лідером (це ссавці, крупні птахи тощо) та еквіпотенційні зграї без видимого домінування окремих членів (риби, мілкі птахи тощо). Наприклад, хамса, відчувши небезпеку, збивається в щільну кулю, яка стає схожою на велике рухоме у воді тіло. Таким чином вводяться в оману хижі риби. Емерджентність зграї вовків проявляється під час полювання.

*Отари* – більш стабільні, ніж зграї, утворення з ієрархічною системою організації. Вожаки-домінанти виконують різноманітні суспільні функції: слідкують за порядком в отарі, керують рухом, захищають від хижаків, опікають молодь тощо. Біологічний зміст ієрархічної системи проявляється в створенні поведінки групи, яка вигідна для всіх членів її перш за все, – популяції, яку робить більш стійкою. Гинуть раніше інших хворі та слабкі. На зміну постарілим приходять молоді і сильні, які набралися досвіду у вожаків. В організованій групі всі тварини почувають себе спокійніше, більш корисно витрачають енергію. Наприклад, у овець поза отарою прискорюється пульс і дихання.

*Колонії* – це групові поселення осілих тварин. Вони можуть існувати протягом тривалого часу або виникати лише на період розмноження, як, наприклад, у багатьох птахів. В колонії деякі життєві функції виконуються колективно, що збільшує вірогідність виживання окремих осіб. Найбільш складні колонії у колективних комах – термітів, мурах бджіл, які виникають на основі однієї сім'ї, родини. В таких колоніях-сім'ях комахи виконують спільно більшість основних функцій: розмноження, захист, забезпечення кормом, будівництво тощо. При цьому існує обов'язковий розподіл праці і спеціалізація окремих осіб чи вікових груп на виконання певних операцій.

*Чисельність угруповань.* Будь-яка популяція теоретично здібна до необмеженої продуктивності за рахунок зростання чисельності, якщо її не лімітують фактори зовнішнього середовища. В такому випадку швидкість росту популяції буде залежати тільки від величини біотичного потенціалу (за визначенням Р. Чепмена) – теоретичного максимуму нащадків від однієї пари за одиницю часу. Крива, яка характеризує теоретично можливий ріст популяції при відсутності будь-яких екологічних обмежень називається експонентою. Експонента швидко збільшує крутизну і наближається до вертикалі, тобто до нескінченості. Бактерії, які діляться один раз в 20 хвилин, через 36 годин вкриють суцільною плівкою всю земну кулю, а через дві доби сягали б об'єму планети.

Практично навіть при штучному створенні “ідеальних” умов існування тварин через певний час спостерігається зниження швидкості росту популяції. В природі біотичний потенціал популяції ніколи не реалізується повністю. Його величина звичайно складається як різниця між народжуваністю і смертністю в популяції.

Величина народжуваності залежить від багатьох причин. Зростання чисельності популяції в значній мірі залежить від тривалості життя. Смертність в популяції також залежить від багатьох причин: генетичної і фізіологічної повноцінності особин, вплив умов середовища, дія хвороб, паразитів тощо. Найчастіше спостерігається підвищена загибель особин в ранній період життя. Дорослі

форми більш захищені і витривалі. Так, у більшості риб значна частина популяції гине ще в стадії ікри, багато втрат у мальків. У мишей загибель збільшується після виходу молоді із гнізда, коли вона починає самостійне життя.

Графіки зростання числа членів будь-якої природної популяції в нових для неї умовах сильно відрізняються від експоненти. Крива після відносно невеликого експоненційного періоду поступово відхиляється вправо і наближується до горизонталі, що означає стабілізацію чисельності особин в популяції. Така закономірність називається логістичною, або S-подібною. Логістична модель популяційного зростання виходить з уявлення про те, що для кожної популяції в конкретних умовах проживання існує певний “рівнозважений” рівень щільності, тобто чисельності. Завдяки рівнозначності смертності і народжуваності популяція знаходиться в стаціонарному стані при постійній чисельності. Якщо з якоїсь причини ця чисельність змінюється, щось в самій популяції чи в довкіллі повинно змінитися таким чином, щоб повернути популяцію в стаціонарний стан. Таке уявлення отримало назву “регуляціонізму”, а процес зміни чисельності популяції – “автоколювання”.

Інший – “стохастизм” – заперечує наявність “рівнозваженого” стану і твердить, що чисельність популяції визначається не наявністю автоколювання, а факторами, які діють в просторі і часі випадково. З позицій “стохастизму” “рівнозважена” чисельність – це не автоматично підтриманий рівень, а середнє значення спостережень за значний час.

*Механізми регулювання стійкості угруповання.* Механізми саморегулювання чисельності осіб в популяції, тобто популяційного гомеостазу, складні й різноманітні і залежать від міжвидових та внутрішньовидових взаємовідносин. Зокрема розрізняють “жорсткі” та “лагідні” форми гомеостазу.

*Жорсткі форми* – це явище саморозрізнення у рослин, коли частина особин гине внаслідок пригноблення більш сильними сусідами. Це поїдання своєї молоді дорослими представниками популяції, що характерно для окуня та інших риб у випадках нестачі корму.

*Легідні форми* – це зменшення листяності рослин при зберіганні їх кількості, виділення в довкілля продуктів, які гальмують ріст рослин, водних тварин, особливо риб. Інший механізм – це інстинкт масової міграції, виселення з напруженої чи перенаселеної території.

Різноманіття прояву адаптації організму можна згрупувати в 3 шляхи адаптації:

1. Активний шлях характеризується підсиленням опору організму, розвитком регуляційних процесів, що дозволяє здійснювати всі життєві функції, незважаючи на відхилення зовнішнього фактору від оптимуму. Максимальне і мінімальне значення фактору – це критичні точки, за межами яких існування організму неможливо (екологічна валентність).

2. Пасивний шлях означає підкорення життєвих функцій організму змінам факторів середовища. При нестачі тепла життєдіяльність організму знижується, що супроводжується економією енергії. Анабіоз – явище біологічного пристосування організмів до несприятливих умов існування, коли процеси жит-



тедіяльності уповільнюються настільки, що видимі ознаки життя зникають. Більшість мікроорганізмів можуть зберігатися в анабіозі щонайменше 12 тисяч років.

3. Третій шлях – ухилення (уникнення) від несприятливих впливів – це життєві цикли, що відповідають найкращому використанню особливостей погодних річних змін, карликові форми рослин в екстремальних умовах тощо.

Концепція саморегуляції популяцій ґрунтується на уявленні, що в процесі зростання щільності популяції міняється не лише якість середовища, в якому існує популяція, а і якість особин, що її утворюють. Тварини намагаються зупинити зростання популяції, що здійснюється завдяки зменшенню родючості, збільшенню строків статевої зрілості, підвищенню смертності і міграційної активності. За деякими припущеннями відбувається це завдяки наявності в популяції генотипів з різними властивостями і активізації певного генотипу у відповідних умовах.

Популяції, які знаходяться на спільній території, тобто біоценоз, динамічні, в них постійно відбуваються зміни в стані і життєдіяльності окремих осіб і співвідношенні популяцій. Все різноманіття змін, які проходять у будь-якій спільноті, відносять до двох основних типів: циклічні і поступові. Поступові зміни в спільноті призводять в решті решт до зміни однієї спільноти іншою, з іншим набором пануючих видів. Закономірний процес зміни спільноти внаслідок взаємодії живих організмів між собою і абіотичним середовищем називають сукцесією – проявом саморозвитку спільноти.

*Абаптація* – це термін, який означає зумовленість ознак організму попередніми поколіннями його виду та їхніми умовами життя. У теорії природного відбору концепція абаптації деякою мірою конкурує з твердженням про адаптації організмів, оскільки останнє неявним чином передбачає наявність певного задуму чи передбачення, що очевидно не могло мати місце в реальності. Термін “абаптація” (англ. *abaptation*) створений за аналогією зі словом “Адаптація” (англ. *adaptation*), але префікс *ad-*, що означає “посилення” або “додавання”, замінена префіксом *ab-*, що означає “відібрання”. І якщо “адаптація” – це «додаток пристосованості», то “абаптація” – “зникнення пристосованості”.

*Біологічна продуктивність угруповань.* Взаємовплив розглянутих здібностей популяції до саморегуляції характеризує її підсумкову властивість – біологічну продуктивність, яка визначається біомасою, що утворена на певній території за одиницю часу. Популяції автотрофних організмів, які продукують органічні речовини з неорганічних складових, забезпечують так звану первинну продуктивність – біомасу підземних і наземних органів, енергію і біогенні летучі речовини. Продуктивність вторинна – це біомаса, а також енергія й біогенні летучі речовини, які утворені консументами на одиниці площі за певний час. Відношення річного приросту рослинності до біомаси в більшості наземних екосистем відносно невелике і найменше в лісах – 2...6 %. В системах з перевагою трав'яної рослинності швидкість відновлення біомаси значно більша – 40...55 %, а в напівпустелях – навіть 70...75 %. Відповідно до природнокліматичних умов на певній території встановлюється більш-менш стала система при-

родного рослинного і тваринного світу.

Питання для самоконтролю:

1. Що називають гомеостазом популяції та які є головні показники популяції?
2. Які форми сумісного існування особин у популяції ви знаєте?
3. Від чого залежить швидкість росту популяції?
4. Саморегулювання чисельності осіб в популяції, які форми гомеостазу ви знаєте?
5. Охарактеризувати біомні підсистеми.
6. Які існують види організації та форми сумісного існування у структурі угруповань?
7. Чисельність угруповань.
8. Що таке абаптація?
9. Біологічна продуктивність угруповань.

## **1.8 Взаємодія між організмами та навколишнім середовищем**

*Середовище мешкання (існування) організму* – одне з основних екологічних понять, під ним розуміється комплекс природних тіл і явищ, з якими організм знаходиться у прямих або опосередкованих зв'язках. Живі організми, що населяють нашу планету, освоїли чотири основні середовища, кожне з яких має свій склад і особливості, свої екологічні чинники (абіотичні й біотичні): водне середовище, водно-повітряне, ґрунт, самі організми.

Екологічні чинники за ставленням до них організмів поділяють на:

- життєво необхідні для організмів (вода, температура);
- не необхідні, але впливові (вітер, радіаційний фон);
- нейтральні – байдужі для організмів (інертні гази).

Первинними чинниками середовища є вода, світло, температура, хімічні та механічні фактори; комплексні групи чинників – кліматичні, орографічні (рельєф), едафічні (ґрунти), біотичні.

Природними абіотичними елементами екологічних систем є водні об'єкти, ділянки суші, фрагменти атмосферного повітряного простору. Незалежно від розмірів елемента характерним для нього є властивості природного середовища, яке утворило цей елемент – вода, атмосферне повітря чи ґрунт. Вказаним природним речовинам притаманні такі властивості, як вагомість, рухливість, теплоємність, теплопровідність. Крім перелічених загальних кожна природна речовина має свої специфічні властивості.

Абіотичні чинники навколишнього середовища – це фізичні та хімічні чинники (світло, температура, вологість, вітер, вогонь, солоність вод і ґрунтів, рН середовища, біофільні елементи тощо). Усі вони по-різному впливають як один на одного, так і на біотичний компонент екосистеми.

Існує багато варіантів класифікації абіотичних факторів середовища. До

кліматичних факторів відносять звичайно ті, що зв'язані з атмосферою та сонячною радіацією (температура, освітленість, вологість повітря, вміст в повітрі кисню та вуглекислого газу, вітер та ін.). Деякі з цих факторів чинять пряму дію на рослин та тварин, інші впливають на них опосередковано, а треті поєднують прямий та опосередкований вплив.

Орографічні умови (рельєф). Навіть на різних схилах гори – південному і північному – різні умови, рослинність, угруповання тварин.

До едафічних факторів належить більшість ґрунтових параметрів: кількість у ґрунті елементів мінерального живлення, вміст гумусу, насиченість ґрунту повітрям, рН ґрунтового розчину та ін. Едафічні фактори також можуть мати пряму та опосередковану дію.

Біотичні фактори середовища включають в себе весь комплекс впливу на живий організм, що виникає в результаті його співіснування з іншими рослинами та тваринами. У цілому, наявність постійного обміну речовинами між рослинами і тваринами, з одного боку, та їхнім середовищем, що включає в себе кліматичні, едафічні та біотичні фактори, з іншого боку, веде до виникнення різноманітних та тонких зв'язків в системі “організм – середовище”.

До антропогенних факторів середовища належать ті, що зумовлені діяльністю людини: вирубування лісів, врегулювання річок меліорація хімізація, інтродукція (введення в культуру) нових видів рослин чи тварин і т. д. Сьогодні розроблено досить складні класифікації антропогенних факторів. Це свідчить, що діяльність людини стала глобальним, планетарним фактором, який надзвичайно потужно впливає на довкілля.

Кожна конкретна популяція присутня в біогеоценозі не випадково: вона виконує певні функції в трофічних ланцюгах; вона певним чином пристосована до умов середовища; вона займає в біогеоценозі певний простір. Ці три поняття – “професія” виду в екосистемі, його ставлення до факторів зовнішнього середовища (температури, світла, вологості, джерел живлення та інших – так звана багатовимірна ніша) та “адреса” – були об'єднані американським екологом Ю. Одумом у термін екологічна ніша. Саме екологічна ніша визначає екологічний діапазон певного виду стосовно факторів зовнішнього середовища. Діапазон значень будь-якого фактора, в межах здатні існувати, позивають діапазоном толерантності.

Хоча діапазони толерантності в різних видів свої, проте криві, що описують ці діапазони, подібні. Діапазон зони оптимуму є критерієм визначення екологічної валентності виду. Види з широкими зонами оптимуму (високою екологічною валентністю) називають евритопними, тобто пристосованими до змін значень даного фактора в широких межах. Види з вузькими зонами оптимуму називають стенотопними. Види з широкою екологічною амплітудою одразу за багатьма факторами середовища часто називають убіквістами. Зазвичай у разі виходу екосистеми з рівноважного стану більш стенотопні види першими випадають із біогеоценозів, і саме ці види дають змогу помітити початок сукцесійних змін у біогеоценозі. Цю особливість стенотопних видів широко використовують для біологічної індикації стану середовища.

Отже, для кожного виду організму існує:

- зона оптимуму (організм існує в найсприятливіших для розвитку умовах);
- зона песимуму (стресова зона);
- діапазон стійкості, за межами якого організм гине (стосовно кожного чинника середовища).

Саме з цього виходить *закон обмежувальних чинників* (закон Лібіха): **“Навіть єдиний чинник за межами зони свого оптимуму викликає стресовий стан організму, а поза межами стійкості – загибель”**.

*Температура.* У природному середовищі спостерігаються широтні, сезонні, добові, висотні, глибинні, мікрокліматичні та інші температурні зміни. Для оцінки температурного режиму використовують такі характеристики:

- середньорічні температури;
- суму активних температур понад +10 °С;
- радіаційний баланс.

Залежно від того, наскільки рослинам необхідне тепло, їх поділяють на:

- термофільні (теплолюбні) – пальма, фікус, цитрусові;
- кріофільні (холодостійкі) – рослини тундри та альпійських зон;
- мезотермні – рослини помірного клімату.

Тварин за ставленням до тепла поділяють на типи:

- гомойотермні (ендотерми, або теплокровні) – регулюють і підтримують сталу температуру тіла (ссавці, птахи);
- пойкилотермні (ектотерми, або холоднокровні) – змінюють температуру відповідно до температури навколишнього середовища (земноводні, плазуни).

Теплокровні тварини регулюють температуру зміною швидкості обміну речовин; в арктичній зоні хімічна терморегуляція не вигідна, тому тварини виробили чимало пристосувань для збереження теплоти (фізична терморегуляція) – пух, пір'я, довге хутро. **“Якщо два близьких види чи підвиди одного виду відрізняються розмірами, то більший живе в холодніших, а менший – у тепліших кліматичних умовах”** (правило Бергмана).

Найнижчі температури (–200 °С) витримує насіння рослин. На океанічному дні в місцях виходу гарячих джерел, температура яких досягає 360 °С, існують донні екосистеми, основою функціонування яких є хемосинтезики – бактерії, що утворюють біомасу, окисленні H<sub>2</sub>S до сульфатів.

Риби обживають водойми з різним температурним режимом. За здатністю витримувати коливання температур риб поділяють на:

- евритермних (грец. еври – широкий), що можуть жити в широкому проміжку температур (щука, карась, короп);
- стенотермних (грец. стена – вузький), пристосованих до малого температурного режиму, – риби тропічних і полярних зон та риби значних глибин, де температура мало змінюється.

*Вода* має багатопланове значення в житті рослин:

- є середовищем для існування водяних рослин і водоростей;
- становить основу організму;

- визначає тургор;
- забезпечує охолодження (при випаровуванні води масою 1 г тіло втрачає 2430 Дж енергії; одна рослина соняшника чи кукурудзи випаровує за вегетаційний період близько 200 кг води);
- встановлює іонний баланс;
- визначає газообмін і засвоєння вуглекислого газу;
- є джерелом водню для світлової фази фотосинтезу (на синтез 1 г органічної речовини рослина витрачає 300-500 г води);
- забезпечує транспортування поживних речовин і всмоктування їх із ґрунту;
- виводить із рослини продукти метаболізму;
- визначає стан і стійкість за екстремальних умов.

Вміст вологи в ґрунті забезпечує надходження поживних речовин з ґрунтового розчину і ґрунтового вбирного комплексу до коренів рослин. З усієї одержаної рослиною води на утворення органічних речовин у процесі фотосинтезу витрачається лише 0,2 %, решта йде на випаровування, яке є рушійною силою в піднятті поживних розчинів з коренів до всіх частин рослини та захищає рослину від перегрівання.

За водним режимом усі організми поділяють на:

- пойкилогідричні, в яких немає вакуолей і вміст води змінюється відповідно до зовнішнього середовища (водорості, лишайники);
- гомойогідричні, що мають вакуолі і підтримують сталий вміст води (судинні рослини і тварини).

За потребою у воді рослини поділяють на:

- ксерофіти – рослини, що ростуть в умовах посушливого клімату (кактуси, ковила);
- мезофіти – потребують середнього вмісту води (бук, граб);
- гігрофіти – ростуть у вологих місцях (сусак зонтичний, рогіз);
- гідрофіти – водяні рослини (рдест, латаття біле).

*Світло* – один із найважливіших для рослин абіотичних чинників середовища, оскільки завдяки йому відбувається найважливіший на Землі процес – фотосинтез. На розвиток рослин впливає: інтенсивність сонячної радіації, розподіл світлових умов у часі, якісний склад світла (найважливіша для фотосинтезу частина спектра є  $\lambda = 380 - 710$  нм, яку називають фотосинтетично активною радіацією).

За необхідністю світла рослини поділяють на:

- світлолюбні (геліофіти) – рослини, які ростуть на освітлених місцях: трави степів і лісів, лишайники на голих скелях, водяні рослини з плаваючим на поверхні листям;
- тіневитривалі (факультативні геліофіти) – мають широку екологічну амплітуду щодо освітлення;
- тінелюбні (сціофіти) – любляють незначну освітленість і ростуть у нижніх ярусах (зелені мохи, плауни).

Велике значення для розвитку рослин має і тривалість світлового дня. Ре-

акцію на тривалість освітлення називають фотоперіодичною реакцією. Рослини довгого дня – переважно рослини типу  $C_3$ , у яких відновлення, карбону відбувається за циклом Кальвіна; вони розквітають лише тоді, коли тривалість дня перевищує 12 год. Рослини короткого дня – рослини типу  $C_4$  (відновлення карбону здійснюється ще й за циклом Хетча-Слека); квітнуть при 12-годинному освітленні і меншому, оскільки ефективність поглинання ними  $CO_2$  більша.

У пошуках кращого освітлення рослина, наприклад соняшник, може повертати до Сонця стебло чи листя – явище геліотропізму. Насіння чорнушки проростає лише в темряві. Окремі рослини (матіола, мильнянка) квітнуть увечері і вночі, оскільки їх запилювачами є нічні комахи; вони мають переважно біле забарвлення. При проходженні сонячних променів крізь товщу води хвилі з різною довжиною по-різному поглинаються, тому вище розміщуються зелені, нижче бурі, а найглибше – червоні водорості.

По-різному реагують на світло і тварини: кроти живуть у землі і позбавлені сонячного світла; сови і кажани ведуть нічний спосіб життя. Тварини використовують світло для орієнтації. До фотофілів (грец. фотос – світло і філ – любити, фоб – боятись) належить півень, до фотофобів – кажани.

*Хімічні чинники.* До них належить хімічний склад навколишнього середовища: в ґрунті це вміст поживних для рослин речовин, рН, вологість, концентрація гумусу, наявність забрудників; у повітрі – вміст вуглекислого газу, кисню; у воді – токсичних речовин тощо. Зокрема:

- збалансованість вмісту в ґрунті біофільних макро- і мікроелементів забезпечує його родючість;

- лише галофіти можуть рости на засолених ґрунтах завдяки існуванню спеціальних механізмів, що не пропускають сіль у клітину, зменшують її концентрацію розбавлянням чи накопичують сіль у клітинних вакуолях;

- у місцевостях, де в повітрі підвищений вміст оксидів сірки, не ростуть лишайники.

*Механічні чинники.* Вітер формує крони дерев, бере участь у запиленні ранньоквітучих рослин (ліщини, вільхи) та поширенні насіння рослин (ясен, кульбаба). З'їдання і витоштування рослин на луках змінює співвідношення між видами (деякі рослини, зокрема відкашник, будяк, захищаються від виїдання голками, молочай – гірким соком), сприяє посиленню вітрової і водної ерозії. Пожежі (верхові) можуть повністю знищити ліс; низові ж часто навіть корисні – гинуть фітофаги, що живуть в опалому листі і хвої, розкриваються шишки деяких шпилькових порід.

*Екологічні фактори.* Організм як елементарна частинка живого світу в середовищі свого існування перебуває під одночасним постійним впливом кліматичних, едафічних і біотичних факторів, які сукупно називають екологічними. Внутрішнє середовище будь-якої істоти якісно відрізняється від зовнішнього середовища.

Екологічний фактор – це будь-який елемент середовища, який здатний справляти прямий чи опосередкований вплив на живі організми, хоча б протягом однієї фази їхнього розвитку. Фактори навколишнього середовища забезпе-

чують існування в просторі та часі. Засвоєння і використання факторів здійснюється організмом через адаптації.

Наявність того чи іншого фактора може бути життєво необхідною умовою для одних видів і не мати ніякого значення для інших. Залежно від сили дії того чи іншого фактора умови існування особин виду можуть бути оптимальними, неоптимальними або відповідати проміжному рівню.

Здатність організму витримувати певну амплітуду коливання фактора називають екологічною валентністю. Для життя організмів велике значення має не тільки абсолютна величина фактора, але й швидкість його зміни. За екологічною валентністю організми поділяються на еврибіонтних з широкими пристосувальними можливостями (сірий пацюк, горобець, кімнатна муха) і стенобіонтних, які можуть існувати лише у відносно сталих умовах (байбак степовий, журавель степовий, качкодзьоб). Реакція організму і його адаптивні можливості відповідно до показників фактора залежать від поєднання дії різних факторів. Мряка та вітер при плюсовій температурі, мороз при ясній та тихій погоді сприймаються по-різному. У даному випадку реакція організму на температурний фактор залежить від супровідної дії вологості і вітру, тобто від спільної дії факторів.

*Класифікація екологічних факторів.* Фактори середовища, які мають найбільше значення для організму, зумовлені двома аутоекологічними принципами, сформульованими А. Тінеманном у 1942 р.

1. Живі організми пов'язані а середовищем передусім через свої життєві потреби. Цей принцип є методологічною основою, згідно з якою ведуть пошук факторів середовища, що впливають на організм, вивчаючи одночасно біологію виду та його потреби.

2. Вимоги організму виникають з його морфофізіологічних пристосувань, встановлених впродовж тривалого часу. Ці пристосування тісно пов'язані з особливостями місця зростання, які вибирає даний вид у природі.

До складу живих організмів входить понад 30 хімічних елементів, з яких три – кисень, вуглець і водень – становлять 98 % загальної біомаси. Вуглець є основним носієм енергії в екосистемах, кисень і водень у вигляді води є основою зв'язку, вирішального для всіх організмів біоценозу. Інші фактори мають умовний характер, впливаючи на перебіг біологічних процесів, модифікуючи деколи значні екологічні зв'язки.

Класифікація Ніколсона – Швердтфегера. Для організму основні компоненти середовища – це переважно ті, які становлять конструкційний та енергетичний матеріал. Цей класифікаційний поділ (Ніколсон, 1954; Швердтфегер, 1963) зумовлений умовами існування й охоплює:

1) матеріальні фактори, присутність і можливість одержання яких є вирішальним для існування й розвитку організму. Вони складаються: а) з води як основного складника організмів; б) енергетичної сировини, необхідної для реалізації метаболічних процесів (обміну речовин);

2) умовні фактори, які можуть забезпечувати діяльність окремих елементів організму, не створюючи продукційної маси, лише сприяючи перебігу фізі-

ологічних та екологічних реакцій. Перш за все до них належать мікроелементи.

Подальша класифікація вирізняла такі універсальні фактори, як температура, гравітація, наявність кисню, водне середовище організму.

Класифікація Даждо. Французький еколог Р. Даждо (1975) виділяє такі групи факторів:

1. Кліматичні (температура, світло, відносна вологість, опади та ін.).
2. Фізичні (некліматичні фактори водного середовища, едафічні фактори).
3. Кормові (харчові).
4. Біотичні (внутрішньовидова взаємодія, взаємодія між різними видами).

Класифікація Андерварта – Берна. Класифікація австралійських екологів Р. Андерварта і Л. Берна (1954) подібна до попередньої класифікації Р. Даждо. Вони поділяють фактори середовища на чотири групи:

1. Фізичні умови життя (клімат і погода).
2. Корм.
3. Інші організми.
4. Місце зростання.

На думку цих авторів, біотичні фактори входять у сферу екологічних досліджень лише тоді, коли становлять корм. Інші біотичні зв'язки є предметом популяційних і біоценотичних досліджень.

Пропоновані класифікації факторів середовища не є цілком ні послідовними, ні універсальними. Більшість факторів, зарахованих до групи «матеріальних», одночасно зумовлюють низку екологічних і фізіологічних реакцій. Зважаючи на складність створення універсальної класифікації екологічних факторів, російський еколог Т. Г. Плиманов наводить узгоджені в середовищі екологів ознаки, які є основними. Передусім екологічні фактори стосовно певної екосистеми поділяють на зовнішні (екзогенні) і внутрішні (ендогенні). До зовнішніх відносять фактори, дія яких тією чи іншою мірою визначає зміни, що відбуваються в екосистемі, однак самі вони практично не відчувають зворотного впливу. Такими є сонячна радіація, інтенсивність атмосферних опадів, атмосферний тиск, швидкість вітру тощо. На відміну від них внутрішні фактори співвідносяться з властивостями власне екосистеми (або окремих її компонентів) і в дійсності утворюють її склад. Такими є чисельність і біомаса популяцій, запаси різних речовин, характеристики приземних шарів атмосфери, водної і ґрунтової маси тощо.

Широко використовують класифікацію факторів, побудовану на відмінних властивостях екосистеми і зовнішнього середовища. Наприклад, поміж екзогенних розрізняють метеорологічні (кліматичні), геологічні, гідрологічні, міграційні (біогеографічні), антропогенні фактори, а серед ендогенних – мікрометеорологічні (мікроклімат, фітоклімат), ґрунтові (едафічні), водні (гідрологічні) і біотичні (вплив рослин, тварин і мікроорганізмів).

Екологічні фактори можуть бути об'єднані за природою їхнього походження або залежно від їхньої динаміки та дії на організм. За характером походження розрізняють; – абіотичні фактори, котрі зумовлюються дією неживої природи і поділяються на кліматичні (температура, світло, сонячна радіація,



вода, вітер, кислотність, солоність, вогонь опади тощо), орографічні (рельєф, нахил схилу, експозиція) та геологічні.

Стабільні фактори – ті, що не змінюються протягом тривалого часу (земне тяжіння, сонячна стала, склад атмосфери та інші). Вони зумовлюють загальні пристосувальні властивості організмів, визначають належність їх до мешканців певного середовища планети Земля.

Змінні фактори, які, у свою чергу, поділяються на закономірно змінні та випадково змінні. До закономірно змінних належить періодичність добових і сезонних змін. Ці фактори зумовлюють певну циклічність у житті організмів (міграції, сплячку, добову активність та інші періодичні явища і життєві ритми).

Випадково змінні фактори об'єднують біотичні, абіотичні та антропогенні фактори, дія яких повторюється без певної періодичності (коливання температури, дощ, вітер, град, епідемії, вплив хижаків та ін.). До середини ХХ століття людина, за визначенням В.І. Вернадського, стала найбільш могутньою геологічною силою на нашій планеті. Різко зріс вплив людської діяльності на довкілля, що призвело до порушення природних зв'язків. Діяльність людини змінює умови навколишнього середовища, а середовище, в свою чергу впливає на життя, здоров'я та життєдіяльність як окремої людини, так і людської популяції загалом.

Питання для самоконтролю:

1. Що є первинними чинниками середовища?
2. Як середовище впливає на організми і що називають діапазоном толерантності?
3. Які характеристики використовують для оцінки температурного режиму?
4. Яке значення для розвитку рослин має тривалість світлового дня?
5. Що таке екологічний фактор і які класифікації екологічних факторів ви знаєте?

## 1.9 Взаємодія організмів між собою

*Біотичні чинники середовища.* Це вплив одних видів організмів на інші. До біотичних чинників можна віднести і антропогенні (вплив людини на функціонування екосистеми в цілому чи її окремих компонентів). Біотичними чинниками є наявність їжі, присутність чи відсутність ворогів, конкурентів, паразитів тощо. Біотичні чинники поділяють на:

- *зоогенні* (вплив тварин; наприклад, витоуптування луку);
- *фітогенні* (вплив рослин, зокрема виділення фітонцидів для знищення бактерій);
- *мікробогенні* (поява хвороб, зумовлених хвороботворними мікроорганізмами);

• *антропогенні* – сукупність різних видів впливу людини на природне середовище, рослинний і тваринний світ та на саму себе:

- вирубування лісів;
- розорювання цілинних земель;
- полювання на окремі види тварин і птахів;
- забруднення водойм і загибель риби;
- зміна стану довкілля і зростання захворюваності людей.

*Властивості біотичних елементів середовища.*

*Природна вода* – це речовина з унікальними властивостями, котрі не тільки ще повністю не пояснені, але навіть не всі відомі. Аналіз звичайної води показує, що це суміш декількох різновидів з загальною хімічною формулою  $H_2O$ . Вода характеризується здібністю розчиняти практично усі речовини. Найбільше у воді розчинено солей – до 35 грамів у кілограмі океанської води (18 г/кг – в Чорному морі). Співвідношення розчинених у воді речовин визначає реакцію води, надаючи їй кислий чи лужний характер. Критерієм, який позначається рН є концентрація водневих іонів  $H^+$ . За значенням рН вода розподіляється таким чином: рН = 7 – хімічно чиста; рН = 6,5-7,5 – нейтральна; рН = 5,5-6,5 – слабо кисла; рН < 5,5 – сильно кисла; рН = 8-10 – слабо лужна; рН > 10 – сильно лужна. Температура води впливає не лише на здібність розчиняти, а й на інші властивості. Рухливість води, яка визначається силою внутрішнього тертя значно збільшується при підвищенні температури. Завдяки рухливості та здатності розчиняти потік води отримує властивість переносити (транспортувати) розчинені, а також нерозчинені речовини.

Біотичним елементом екологічних систем є *живий організм*. При велетенському різноманітті організмів загальним для них є те, що всі вони утворені з живої речовини. Головною ознакою життя Опарін О. І. вважає обмін речовин. Енгельгард В. О. – здібність відтворювати собі подібних, трансформацію енергії, збудливість, рух. Трапезніков В. О. впевнений, що найбільш характерною ознакою живого організму є процес управління або наявність механізмів самоорганізації. Більшість біологів вважає, що в живому поєднанні всі ці феномени.

Незважаючи на порівняно невелику масу, яка в тисячу разів менша за масу гідросфери, жива речовина за різноманіттям значно випереджує неживу – якщо кількість природних сполук (мінералів) неживої речовини складає біля двох тисяч, то до складу живої речовини входить більше двох мільйонів органічних сполук. Сьогодні налічується понад два мільйони видів організмів, з них півтора мільйона припадає на тварин і півмільйона – на рослини.

Живу природу ділять на чотири царства: прокаріот (дроб'янки – самі давні організми, які характеризуються відсутністю в клітинах справжнього ядра з оболонкою, що відділяє його від протоплазми); рослин, тварин і грибів. Три останні царства називають еукаріотами – вони мають подвійну оболонку ядра. Розподіл живого на тваринний та рослинний світ відбувся приблизно мільярд років тому. Вони різняться, по-перше, структурою клітин і їх здібністю до росту, по-друге, засобом харчування, по-третє, здібністю рухатись. З п'ятисот тисяч видів рослин половина припадає на покритонасінні. Сто тисяч видів скла-

дають бактерії і гриби, двадцять п'ять тисяч – водорості. Різноманіття водної флори і фауни значно бідніше за материкову – в воді мешкають лише 180 тисяч видів тварин і біля 20 тисяч видів рослин.

Мета існування будь-якого організму полягає у відтворенні собі подібних для продовження свого виду (роду, популяції, тощо). Крім того, організм повинен виконувати певні функції в ланцюзі природних процесів, які забезпечують збереження і вдосконалення біосфери. Для виконання цього організми мають комплекс властивостей, головними з яких є *саморепродукція, продуктивність, концентраційність, пристосування*.

Саморепродукція – це здатність організму до самовідновлення, яка проявляється двома шляхами – безперервно в самому організмі на молекулярному та клітинному рівнях і періодично у вигляді народженого нового організму. Однією з особливостей живих тіл є надзвичайна нестійкість – руйнуються і розпадаються органічні молекули і насамперед білки, органели клітин та цілі клітини.

*Продуктивність організму* є величина органічної маси, створеної за певний час (частіше – за рік). Продуктивність рослин визначається процесом фотосинтезу, коли зелена наземна чи водна рослина створює свою біомасу за рахунок світлової енергії Сонця, води та вуглекислого газу. Протягом року «середня» рослина (в розрахунку на один кілограм сухої речовини) поглинає 5,4 мегаджоулів сонячної енергії, споживає в процесі фотосинтезу півкілограма вуглекислого газу і 150 грамів води, виділяє 350 грамів кисню й утворює триста грамів органічної речовини. Ефективність використання води рослиною характеризується транспіраційним коефіцієнтом – кількістю води, що витрачається на побудову кожної одиниці сухої речовини. Транспіраційний коефіцієнт для сільськогосподарських культур дорівнює 200-800.

Продуктивність тварини:

$$П = Р - Д - Н,$$

де  $P$  – раціон, тобто кількість спожитої їжі;

$D$  – витрати на “дихання” – на підтримку обміну речовин;

$N$  – незасвоєна їжа, котра виділяється у вигляді екскрементів.

Концентраційна властивість полягає в здібності організму накопичувати речовину (хімічний елемент) в кількості, яка значно перевищує концентрацію в середовищі чи кларк літосфери – середній вміст хімічного елементу в земній корі. Відомі організми, які концентрують із середовища не один будь-який елемент, а цілу групу – до 4-7 елементів. Накопичення відбувається двома шляхами – з розчинів в іонній формі для побудови кістяку та з колоїдних розчинів (седиментація речовин) шляхом фільтрації.

Пристосування організму до умов довкілля має два рівня: генний (незворотній) та оперативний (ситуативний). Незворотній рівень пристосування – адаптація – отримується організмом у спадщину на генному рівні. Адаптація виробляється протягом багатьох поколінь і певні властивості організму отри-

мують сталий, незворотній характер. Оперативний рівень пристосування – регулювання (саморегулювання, саморегуляція) має два рівні: просте регулювання і складне регулювання. Просте регулювання спостерігається, коли організм реагує на зовнішній вплив без зміни своєї конструкції. Саморегулювання здійснюється завдяки наявності в організмі спеціальних механізмів (підсистем) різної складності.

*Форми зв'язків між організмами.* За В. Беклемішевим, форми зв'язків між організмами в біоценозі поділяють на:

- *топічні* – виникають завдяки створенню одними організмами сприятливого середовища для існування інших (бобові рослини збагачують ґрунт сполуками нітрогену за рахунок бульбочкових бактерій, сприяючи розвитку інших видів);

- *трофічні* – особини одного виду використовують інший вид, продукти його життєдіяльності чи мертві рештки як джерело їжі;

- *фабричні* – зв'язки, за яких особини одного виду використовують особин іншого виду або їх частини для побудови гнізд чи схованок (утворення галів);

- *форичні* – зв'язки, що забезпечують перенесення особин одного виду особинами іншого виду (водорості на шерсті лінивця).

Окремо можуть бути розглянуті відношення у системі “хижак-жертва”. Кожен учасник набуває численних пристосувань, які дають йому змогу вийти переможцем. Хижак має міцні зуби, довгі кігті, міцний дзьоб, прудкі ноги. Тварина-жертва має ще більше пристосувань, щоб урятувати життя.

*Симбіоз* – форма спільного існування двох видів, яка обом приносить користь. Прикладом можуть бути лишайники – особливі організми, утворені в результаті симбіозу водорості й гриба, з новими морфологічними, фізіологічними та екологічними властивостями.

*Коменсалізм* – буквально “харчування зі спільного столу” – менш тісна взаємодія, ніж симбіоз. Приклад – миша і людина: миша поїдає залишки їжі людини, а остання не має з цього користі.

*Співпраця.* У рослиноїдних тварин прикладом партнерства у живленні є симбіоз із мікроорганізмами, які оселяються в їхній травній системі, не лише поліпшуючи травлення, а й забезпечуючи тварин вітамінами, амінокислотами та іншими біологічно активними речовинами. Завдяки наявності цих бактерій жуйні тварини можуть засвоювати целюлозу.

Крихітна бджола – бластофага відкладає яйця в жіночі квітки інжиру, зав'язю живиться личинка. Дорослі комахи тут же запліднюються; самці гинуть, а самиці вилізають, вимастившись пилком чоловічих квіток, розташованих у вузькій частині квітколожа. Перелітаючи на інші суцвіття, оса переносить на них пилок.

*Алелопатією* пояснюють те, що ріст винограду пригнічує сусідство капусти, редьки, лавру, а от фіалка навпаки, сприяє росту і розвитку винограду. У ґрунті нечасто спостерігається зростання коренів – переважно вони рівномірно розподілені, але різна форма і довжина дають змогу корінню діставати воду і

поживні речовини з різних площ та різних глибин. У пошуках води корені злаків проникають на глибину 1-1,5 м, кукурудзи – до 2,5 м, дерев – до 10-20 м, степової люцерни – до 18 м; в ширину – хлібні злаки до 60-80 см, диня – 6-8 м, дерева – 10-18 м, кукурудза – 2-2,5 м.

*Паразитизм* – форма антагоністичного співжиття організмів, що належать до різних видів, за якої один з організмів (паразит) використовує інший організм (хазяїн) як середовище існування та джерело живлення, існуючи за його рахунок і завдаючи йому шкоди, але не спричинюючи загибелі. Паразитизм поширений у природі (віруси, бактерії, гриби, багато безхребетних). До рослин-паразитів належать повитиця, вовчок.

За місцем існування розрізняють паразитів:

- зовнішніх (ектопаразитів), які живуть на зовнішніх покривах (п'явки тощо);
- внутрішніх (ендопаразитів), що живуть всередині організму – паразити крові, кишок, печінки та інших органів, наприклад малярійний плазмодій, аскарида.

*Синоїкія* (грец. *син* – разом, *ойкос* – будинок, житло) – співжиття, за якого один партнер використовує організм іншого як житло.

Прикладом можуть бути гали, що утворюються на гілках, черешках та листових пластинках дерев, рідше – на корінні. Комахи виділяють у них речовини, які прискорюють ріст клітин, унаслідок чого утворюються химерні нарости різних форм, де комахи відкладають, яйця. В порожніх стеблах рослин мурахи влаштовують свої житла, навіть “ферми”, де ростуть гриби.

*Метаболічна регуляція* – це вплив продуктів метаболізму на чисельність особин того самого чи іншого виду. Він характерний як для рослин (алелопатія), так і для тварин. Ще Теофраст, якого називають батьком ботаніки, помітив вплив летких виділень однієї рослини на ріст і розвиток іншої.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке вплив одних видів організмів на інші?
2. Які форми зв'язків за В. Беклемішевим ви знаєте?
3. Охарактеризуйте біотичні чинники середовища та як їх поділяють?
4. Які властивості мають біотичні елементи середовища?
5. Як визначають продуктивність організму?
6. Які форми зв'язків між організмами, Ви знаєте?
7. Що таке метаболічна регуляція?

## **1.10 Теорія екосистем у традиційній екології. Поняття про екосистему**

Першими дослідниками, котрі усвідомили необхідність вивчення рослин і тварин “у постійному взаємному розвитку, організації і способі життя серед певних умов”, були К. Ф. Рульє (1814-1858) та його учень М. О. Северцов (1827-

1885). Першим ввів у науковий вжиток поняття “біоценоз” австрійський гідробіолог К. Мьобіус у 1877 р., а першим, хто заклав підвалини для розбудови біоценології був В. В. Докучаєв (1846-1903). Термін “екосистема” запропонований в 1935 р. англійським екологом А. Тенслі, а сучасне визначення йому надав Реймонд Ліндман в 1942 році в своїй класичній роботі по вивченню біології озера Міннесота. У 1942 р. був також введений термін “біогеоценоз”, суть якого обґрунтована В. М. Сукачовим.

Є чимало визначень екосистеми:

1. Будь-яка сукупність організмів на даній ділянці і взаємодія з фізичним середовищем таким чином, що потік енергії створює чітко визначену трофічну структуру, видове різноманіття і кругообіг речовин (обмін речовинами і енергією між біотичної та абіотичної частинами) всередині системи, являє собою екологічну систему, або екосистему (Ю. Одум, 1971 р.).

2. Екосистема – система фізико-хіміко-біологічних процесів (А. Тенслі, 1935 р.).

3. Спільнота живих організмів разом з неживою частиною середовища, в якому воно знаходиться, і всіма різноманітними взаємодіями називають екосистемою (Д. Ф. Оуен).

4. Будь-яку сукупність організмів і неорганічних компонентів навколишнього середовища, в якій може здійснюватися кругообіг речовин, називають екологічною системою або екосистемою (В. В. Денисов).

5. Біогеоценоз (В. М. Сукачов, 1944) – взаємообумовлених комплекс живих і відсталих компонентів, пов'язаних між собою обміном речовин і енергії.

6. Екосистема – термодинамічно відкрита сукупність біотичних екологічних компонентів і абіотичних джерел речовини і енергії, єдність і функціональний зв'язок яких в межах характерного для певної ділянки біосфери часу і простору (включаючи біосферу в цілому), що інформаційно саморозвивається, забезпечує перевищення на цій ділянці внутрішніх закономірних переміщень речовини, енергії та інформації над зовнішнім обміном (в тому числі між сусідніми аналогічними сукупностями) і на основі цього невизначено довгу саморегуляцію і розвиток цілого під керуванням впливом біотичних і біогенних складових (Реймерс М. Ф.). Будова екосистеми (біогеоценозу) за Реймерсом М. Ф. представлена на рис. 1.10.1.

Аналіз головних з них свідчить не лише про відмінності в розмірах їх словесного навантаження, але й в об'ємах самого поняття. В них охоплені численні риси структури, системних зв'язків і функціональних особливостей, передовсім, речовинний, енергетичний та інформаційний обмін, здатність до саморегуляції, самовідтворення, самозбереження й саморегуляції, накопичення енергії та різних видів продукції, активної взаємодії з навколишнім природним оточенням, формування певної категорії відходів тощо.

Загалом *поняття “екосистема”* – універсальне і загальнобіологічне. Так само, як терміном “організм” означає будь-яку одиницю організмового рівня організації – від одноклітинного прокаріота чи еукаріота до великого дерева, високоорганізованої тварини чи людини, так і термін «екосистема» характеризує стру-

ктуруно-функціональну суть усіх одиниць екосистемного ряду – від консорції, через біогеоценоз, ландшафтні екосистеми (біогеосистеми, за Бялловичем), материкові чи океанічні екосистеми аж до біосфери включно (Голубець, 1997).



Рисунок 1.10.1 – Будова екосистеми (біогеоценозу) за Реймерсом М. Ф.

Більш-менш повний обсяг поняття “екосистема” повинен включати наступні характеристики:

- це природна чи створена людиною функціональна система всієї сукупності живих істот, пов'язаних між собою трофічними та іншими зв'язками, і певного відносно однорідного фізичного (наземного, ґрунтового чи водного) середовища, які взаємодіють між собою таким чином, що потік енергії, який проходить через цю систему, сприяє створенню відповідної трофічної структури та харчових ланцюгів, підтриманню видової різноманітності, біотичного кругообігу (речовинного обміну між живими і неживими компонентами, біоценозом і біотопом) та накопиченню вільної енергії;

- це термодинамічно відкрита (джерело енергії – Сонце знаходиться за межами екосистеми), взаємопов'язана із сусідніми екосистемами, в ній відбувається постійний, міжекосистемний речовинно-енергетичний обмін, який забезпечує цілісність плівки життя й біосфери), екосистема відносно стійка до зовнішніх збурень, стабільна в часі, в природному стані самоорганізована і саморегульована (кібернетична), жива (біотична, організована живою речовиною, за Вернадським), неентропійна (величина її ентропії завжди менша від ентропії

абіотичного довкілля) система;

- це будь-яких розмірів система, будова і рівень організованості якої забезпечують її тривале самопідтримання, матеріально-енергетичну трансформацію та біотичний кругообіг (функціонування штучних екосистем, як правило, вимушена підтримувати людина).

Система (від грец. *systema* – ціле, складене з частин; об'єднання) – об'єктивна єдність закономірно пов'язаних один з одним складових. Системний підхід використовують при створенні технічних споруд, при аналізі біологічних і географічних об'єктів. Початок сучасного етапу розвитку загальнонаукового системного підходу відносять до 60-х років минулого століття. Він стає визначним універсальним засобом наукового дослідження в усіх галузях науки і техніки. Системний підхід є не лише наукова абстракція, а і науково упорядковане спрощення хаотичного складного. Він спрямований на виявлення різноманітних типів зв'язку складного об'єкту і зведення їх в єдину теоретичну картину. В основі системного підходу як методології наукового пізнання лежить дослідження об'єктів, як системи із різноманітними зв'язками між складовими системи і з іншими системами. Системний підхід, ґрунтуючись на пошуку механізмів цілісності об'єкту і виявленні технології його зв'язків, дозволяє пояснити сутність явищ і процесів.

Будь-яка система характеризується структурою й комплексом властивостей. Структура (лат. *structure* – будівля) – побудова і внутрішня форма організації системи, що виступає як єдність сталих взаємозв'язків між її складовими, а також законів цих взаємозв'язків. Властивість — сторона предмету, яка обумовлює його відміну чи схожість з іншими предметами і проявляється під час взаємодії з ними. Головними з безлічі властивостей системи є *цілісність, ієрархічність, функціональність, самоорганізованість, відкритість, продуктивність, емерджентність*.

*Цілісність системи* означає певну відокремленість її від інших, замкненість сукупності складових, що тісно взаємопов'язані між собою і кожна з яких функціонально необхідна. Це означає неможливість існування системи у разі вилучення з неї будь-якої складової. Недоцільно і приєднання до системи сусідніх фрагментів, або їх частин, бо це не покращить функціонування системи, але порушить якість цього фрагменту. Цілісність яскраво демонструється на прикладах живих організмів чи штучних систем. Як дерево не може існувати без кори чи коріння, так двигун не може працювати без будь-якої деталі.

*Ієрархічність (багаторівневість) системи* характеризує її морфологію і поведінку – окремі рівні обумовлюють певні аспекти її поведінки, а цілісне функціонування є результатом взаємодій всіх рівнів. Кожна система, яка є сукупністю складових нижчого рівня – підсистем, у свою чергу є однією з частин системи наступного вищого рівня – надсистеми, а та теж є лише частиною вище розташованого. І так до безкінечного Всесвіту.

*Функціональність (цілеспрямованість) системи* визначає мету (ціль функцію) існування системи.

*Самоорганізованість системи* – це властивість протистояти зовнішньому



впливу, який намагається вивести систему із стану динамічної рівноваги.

*Відкритість системи* характеризує ступінь її залежності від навколишнього середовища і впливу на нього.

*Продуктивність системи* визначається кількістю певної продукції, яку виробляє система. Характеризується абсолютною кількістю продукції, виробленої за певний час, чи її значенням, віднесеним до характерного показника системи.

*Емерджентність системи* вказує на здатність отримувати (формувати) нові властивості, яких не було у складових підсистем. Тобто, будь-яка система має дві групи властивостей – спадкові, які перейшли від складових підсистем і емерджентні (власні).

Класифікація систем ускладнена їх велетенським різноманіттям. Головні загальні класифікаційні ознаки:

- за походженням системи можуть бути природними, штучними, змішаними;

- за складністю або кількістю рівнів, системи розташовані в широкому діапазоні – від найпростіших дворівневих, складовими яких є елементи (краплина води, молоток, тощо), до суперскладних (біосфера чи світова економіка), які налічують десятки рівнів.

- за повнотою системи діляться на повні і спрощені. Спрощення системи може відбуватися, в залежності від мети, трьома способами: обмеженням числа рівнів, обмеженням числа підсистем, обмеженням як числа рівнів так і числа підсистем;

- за матеріальністю складових системи розділяються на матеріальні, нематеріальні і комплексні.

Зв'язки між системами та між складовими всередині системи – це взаємодії, що характеризують рух енергії, речовини і інформації. Залежно від розташування джерела дії зв'язки бувають зовнішні, коли джерело знаходиться поза межами системи, і внутрішні. Напрямок руху дії в системі може бути вертикальним, тобто міжрівневим, і горизонтальним – на будь-якому рівні системи.

Задовго до появи терміну “екосистема” природознавці фактично користувалися системним підходом, вивчаючи організми у постійному взаємному розвитку, організації і способі життя серед певних природних умов. Вважається, що значний внесок в розвиток екологічної системології зробив Вернадський В. І., який під час вивчення біосфери велику увагу приділяв таким властивостям цієї надскладної системи як цілісність, емерджентність, ієрархічність, наявність зворотних зовнішніх зв'язків. Тому сьогодні немає незгодних з використанням системного підходу в екології.

Усі наукові суперечки ведуться навколо питання, яка саме система має право називатися екологічною. Причина різнотлумачень закладена в принципових розбіжностях уявлень про екологію, як науку. Існує багато визначень поняття “екологія”. Одне з них, а саме – “екологія – це наука про екологічні системи” – дає відповідь на дискусійне питання. З нього виходить, що екологічні системи повинні охоплювати усі об'єкти, якими займається екологія. Аналіз

усієї кількості визначень екосистеми свідчить про значні відмінності в об'ємі самого поняття. Але загальним є те що в екосистему не включено людину і створені нею штучні об'єкти. За Голубцем М. А. людина з її соціальними, технологічними, економічними, культурними й іншими проблемами повинна розглядатись окремо у вигляді геосоціосистем. Тобто, екосистеми існують поруч з геосоціосистемами і на будь-якому рівні їх треба розглядати разом як дві підсистеми єдиної системи вищого рівня, яку Д. Маркевич і Г. Бачинський та їхні прихильники називають соціоекосистемою. Соціоекосистема (за Бачинським Г. О.) – це територіальна соціо-природна саморегульована система, динамічна рівновага якої повинна забезпечуватися людським суспільством. Ця система – моноцентрична, її центральним об'єктом є людина. Вона складається з двох підсистем – природної (біотичної і абіотичної) та соціально-економічної (населення і господарство).

В обох випадках системи моноцентричні з людським пріоритетом. Така схема відповідає уявленню про ноосферу, коли людський колективний розум буде керувати процесами на Землі на користь всьому живому і забезпечує надійний розвиток біосфери.

Людська діяльність створила штучну систему (ШС), де людина присутня у вигляді нематеріальних (НМ) (інтелектуальних, гуманітарних) складових – підсистем управління (УП), освіти (ЕО) екоправа (ЕП) тощо. Така схема відповідає сучасній дійсності – людина, яка створила штучну систему для покращення умов свого життя (перш за все за рахунок комфорту) відчуває, як і всі інші представники біосфери негативний вплив складових штучної системи на довкілля. Бажаючи покращити своє навколишнє середовище люди повинні розуміти, що це неможливо за рахунок природної системи, часткою якої є вони самі. Подвійне положення людини в екосистемі також полегшує вирішення найважливішого питання про обґрунтування людських потреб. Як біологічний вид людина, незалежно від раси, заможності тощо, потребує певної кількості кисню, води, їжі. Це “законні” природні потреби, які повинні задовольнятися повністю. Всі інші потреби, на задоволення яких, головним чином, працює штучна система є комфортними, другорядними (окрім духовних) і їхнє скорочення – одна із складових забезпечення руху до сталого розвитку.

Загальноновизнано, що елементом в екологічній системі є ціле, зокрема, живий організм (рослина, тварина, людина). Сукупності організмів (згряя, ліс тощо) утворюють передостанній рівень системи, на якому розташовані і соціальні найпростіші утворення – сім'я, колектив, жителі поселення тощо. Але саме людські угруповання, а не окрема особа, є предметом соціології і соціоекології. Тобто соціоекосистема є частиною екологічної системи, спрощеною на один рівень екосистемою.

Питання для самоконтролю:

1. Розповісти про дослідників які формували поняття – екосистема.
2. Який внесок в розвиток екологічної системології зробив Вернадський В. І.?

3. Визначення поняття «екосистема». Які характеристики повинен включати повний обсяг поняття “екосистема”?
4. Що таке цілісність екосистеми?
5. Ієрархічність (багаторівневість) екосистеми характеризує...
6. Емерджентність екосистеми.
7. Як Ви розумієте поняття «самоорганізованість екосистеми»?
8. Функціональність (цілеспрямованість) екосистеми.
9. Чим визначається продуктивність екосистеми?
10. Що таке штучна екосистема?

### **1.11 Різновиди екосистем**

*Основні ступені організації екосистем.* Істотним стимулом для розгортання екологічних досліджень на рівнях усіх ступенів організації екосистем стали наслідки глибоких антропогенних змін на планеті, зокрема, забруднення атмосфери, ґрунтів, прісних вод і вод світового океану та харчової продукції, деградація озонового екрана, загальне обезлісення та опустелювання планети, голодування сотень мільйонів людей, поширення нових видів захворювань тощо.

За масштабами екосистеми поділяються на мікроекосистеми, мезоекосистеми і глобальні екосистеми.

У *мікроекосистемах* невеличкі, тимчасові біоценози, що називаються синузіями, перебувають у обмеженому просторі. До таких екосистем належать трухляві пеньки, мертві стовбури дерев, мурашники тощо.

Найбільш поширеними серед екосистем є *мезоекосистеми* або біогеоценози, в яких біоценози займають однотипні ділянки земної поверхні з однаковими фізико-географічними умовами і межі яких, як правило, збігаються з межами відповідних фітоценозів.

*Макроекосистеми* охоплюють величезні території чи акваторії, що визначаються характерним для них макрокліматом і відповідають цілим природним зонам. Біоценози таких екосистем називаються біомами. До макроекосистем належать екосистеми тундри, тайги, степу, пустелі, саван, листяних і мішаних лісів помірною поясу, субтропічного і тропічного лісів, а також морські екосистеми.

Прикладом *глобальної екосистеми* є біосфера нашої планети.

За ступенем трансформації людською діяльністю екосистеми поділяються на *природні, антропогенні та антропогенно-природні*. У промислово розвинутих країнах екосистем на захоплених людською діяльністю територіях майже не залишилося, хіба що в заповідниках. Лісові насадження, луки, ниви – все це антропогенно-природні екосистеми, які хоча й складаються майже виключно з природних компонентів, але створені й регулюються людьми. До антропогенних екосистем належать екосистеми, в яких переважають штучно створені антропогенні об'єкти і в яких, крім людей, можуть існувати лише окремі види організмів, що пристосувалися до цих специфічних умов. Прикладом таких ан-

тропогенних екосистем є міста, промислові вузли, села (в межах забудови), кораблі тощо.

Наукової і практичної актуальності набувають дослідження як консорційних взаємовідносин між окремими видами й групами організмів, так і структурно-функціональних властивостей екосистем різних за походженням (природні, штучні), виробничим значенням (високопродуктивні, господарськоцінні, захисні, раритетні та інші), просторовими розмірностями (біогеоценозні, провінційні, біомні та ін.) чи перспективами використання.

Незважаючи на десятки років екологічних досліджень і численні фундаментальні праці з екології, ще й до сьогодні нема задовільної інформації про структурно-функціональні особливості, історію формування та антропогенну динаміку екосистем різних ступенів організації. Найбільше даних накопичено про біогеоценозні екосистеми – конкретні однорідні ділянки земної поверхні, зайняті лучними, лісовими або чагарниковими біогеоценозами, рідше – озерні, болотні чи річкові. На сьогодні більш-менш коректно визначаються наступні рівні структурної організації екосистем:

1. Консорційні екосистеми.
2. Парцелярні екосистеми.
3. Біогеоценозні екосистеми.
4. Ландшафтні екосистеми.
5. Провінційні екосистеми.
6. Біомні екосистеми.
7. Субстратні екосистеми.
8. Глобальна екосистема – біосфера.

*Консорційні екосистеми.* Поняття “консорція” поширене переважно в працях східноєвропейських біологів і ввійшло в науковий ужиток в зоології завдяки В. М. Беклемишеву (1951), а в ботаніці – П. Г. Раменському (1952). Перший з них визначав консорцію як сукупність особин різних видів, котрі трофічно, топічно, фабрично чи форишно пов'язані з якимсь одним автотрофним або гетеротрофним організмом – ядром (центром) консорції (з лат. *consortio* – співучасть, спільність). Другий вважав, що ядром консорції може бути лише автотрофний організм.

На сьогодні залишається невирішеною низка інших важливих питань: чи можна розглядати ядром консорції мертві організми, мертві органічні рештки, екскременти або прижиттєві виділення і чи може існувати консорція лише як сукупність живих істот без повітряного і ґрунтового середовища, без топічно і трофічно пов'язаних з ядром ґрунтових мікроорганізмів і мезофауни, без постійного речовинно-енергетичного обміну між автотрофним організмом і середовищем його існування?

Організми, які безпосередньо трофічно пов'язані з особою центрального виду, називаються консортами першого концентру. До другого концентру належать організми, котрі трофічно пов'язані з особинами першого концентру. За таким же принципом виділяємо організми третього і наступних концентрів (Мазинг, 1966). Але добре відомо, що навіть у першому концентрі знаходяться

сапротрофи (комахи, черви, бактерії, актиноміцети та ін.), які не пов'язані харчовим каналом безпосередньо з живими тканинами ядра.

У свою чергу, існування ядра консорції – автотрофного організму, також неможливе без діяльності деструкторів, які мінералізують мертву органіку, продукують фізіологічно активні метаболіти, синтезують гумусові речовини і забезпечують трофічну базу автотрофного організму. Живлення ж останнього - це головна умова існування ядра, а тим самим і консорції загалом. Відрив консорції від зовнішнього середовища спотворює уяву про її структуру, призводить до вилучення з її складу організмів, що пов'язані з детермінантом не лише трофічно, але й топічно, форично чи фабрично. Прямий форичний зв'язок між двома популяціями виникає в тому випадку, коли міграція особин однієї з них (вид, якого переносять) закономірно здійснюється за допомогою особин іншої (вид, який переносить) (Беклемишев, 1961). Між особинами певного виду та навколишнім середовищем можуть формуватися фабричні зв'язки – такі біоценотичні відносини, в які вступає вид, що використовує для своїх споруд (фабрикації) продукти виділення, рештки та живі особини іншого виду (Чернова, Білова, 1986).

У природі немає жодного організму, який існував би ізольовано (стерильно), незалежно від інших живих істот. Він завжди більш або менш функціонально пов'язаний з іншими організмами, між ним і середовищем відбувається безперервний обмін речовин, через нього постійно протікає потік енергії. Тобто сам він являє собою прототип елементарної екологічної лабораторії. У зв'язку з цим й функціонування консорції не можна уявити собі поза середовищем її існування.

У консорції об'єднуються всі трофічні групи організмів – автотрофи, фітофаги, зоофаги, сапрофаги, некрофаги, копрофаги, редуценти, тобто в ній відбуваються всі біотичні процеси, властиві для екологічних систем, починаючи від продукування фітомаси, її споживання і переміщення через усі відомі трофічні ланцюги і закінчуючи мінералізацією і споживанням автотрофами простих хімічних сполук. Таким чином, консорція характеризується екосистемною структурно-функціональною організацією, специфічним матеріально-енергетичним обміном і, безумовно, особливим, створеним у процесі життєдіяльності детермінанта і всіх пов'язаних з ним консортів, мікросередовищем.

Тобто консорція відзначається всіма властивими для екологічних систем показниками, включаючи живі компоненти і середовище їх існування, кругообіг речовин і трансформацію енергії. За цими показниками вона є далі неподільною. Це значить, що вилучення з її структури будь-якого основного компонента (ядра, консортів чи середовища) або припинення будь-якого процесу (синтезу, споживання або руйнування) призведе до її загибелі, до втрати її екосистемної суті. Таким чином, консорцію слід трактувати як елементарну екологічну систему, яка має свої просторові й функціональні параметри, й екосистемологічну суть якої можна розкрити лише за допомогою системних методів дослідження.

*Парцелярні екосистеми.* Дослідники структури біогеоценозу відзначали, що хоча він займає однорідну ділянку земної поверхні й характеризується знач-

ною одноманітністю будови за показниками інших компонентів (рослинних, тваринних, ґрунтових), йому властива певна мозаїка структури, а в зв'язку з цим й функціональних рис (наприклад, темпів трансформації сонячної енергії та вологи, накопичення органічної речовини і загальної продуктивності тощо). Мозаїчність у будові рослинного покриву спричиняє відмінності в структурі тваринного населення, режимі зволоження та освітлення, темпах деструкції мертвої органіки, роботі мікробних комплексів, темпах біотичного кругообігу тощо. Для відображення такої взаємозумовленої строкатості компонентів у внутрішній будові біогеоценозу, тобто в межах одного екотопу, М. В. Диліс запропонував поняття «біогеоценотична парцела». Під біогеоценотичною парцелою розуміється структурна частина горизонтального поділу біогеоценозу, котра відрізняється за складом, структурою й властивостями компонентів, специфікою їхніх зв'язків і матеріально-енергетичного обміну та виділяється на цілу глибину біогеоценотичної товщини, включаючи її надземну і ґрунтову частини. Таким чином, біогеоценотичні парцели є найменшими територіально вирізненими екосистемологічними таксонами в межах біогеоценозної екосистеми, які за своїми структурно-функціональними параметрами цілком відповідають назві «парцелярна екосистема». Величина окремої ділянки парцелярної екосистеми може коливатися від кількох десятків до сотень і тисяч квадратних метрів.

М. В. Диліс (1978), Л. І. Номоконов (1989) та ін. рекомендують розрізняти, крім основних і додаткових, також корінні (знаходяться у відносній відповідності з наявними матеріально-енергетичними ресурсами екотопу) і похідні (виникли під впливом господарського втручання або руйнівних природних чинників: вітру, пожежі, повені тощо), стійкі (до зовнішніх збурювальних впливів) і нестійкі (переходять у лабільний стан, деградують під впливом зовнішніх факторів) парцели. За співвідношенням консорцій автотрофних неепіфітних організмів, певно, доречно виділяти чисті (однодомінантні) і мішані (багатодомінантні) парцели.

*Біогеоценозні екосистеми.* У науковій літературі та в практичному вжиткові усталилося трактування біогеоценозу як екосистеми в межах фітоценозу, тобто біогеоценоз - це та конкретна екосистема, просторові розміри котрої співпадатимуть з межами ділянки земної поверхні з більш-менш однаковими ґрунтово-гідрологічними і кліматичними умовами, вкритої спорідненим за генезисом, складом, структурою рослинним покривом, який характеризується більш-менш однотипними взаємовідношеннями між усіма живими організмами та між ними й зовнішнім середовищем. Згідно з М. В. Дилісом (1978), «категорії екосистема і біогеоценоз співпадають на рівні рослинного угруповання і принципово розходяться як вище, так і нижче цього рівня». За визначенням основоположника біогеоценології – В. М. Сукачова, «біогеоценоз – це сукупність на певній ділянці земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, рослинності, тваринного світу і світу мікроорганізмів, ґрунту й гідрологічних умов), яка має свою особливу специфіку взаємодії компонентів, з котрих вона складається, і певний тип обміну речовиною та енергією їх між собою та іншими явищами природи і являє собою внутрішню суперечливу діале-

ктичну єдність, що знаходиться в постійному русі, розвитку”. Характерними ознаками біогеоценозу, так само як і будь-якої іншої екосистеми, є не лише його структура, а й функціонування, тобто постійний синтез органічної маси автотрофними організмами, біотичний кругообіг і переміщення речовини та енергії вздовж трофічного ланцюга, накопичення вільної енергії в живих структурах і розсіювання теплової енергії в процесі всіх форм дихання. Тому функціональні особливості поряд із структурними є фундаментальними для інтерпретації його екосистемологічної суті. Базовим блоком (підсистемою) біогеоценозу, як і будь-якої іншої надпарцелярної екосистеми є фітоценоз - сукупність автотрофних організмів, які шляхом фотосинтезу формують трофічну основу для гетеротрофних організмів – консументів фітомаси. Мертва органіка (органічний опад і трупи живих істот) служить поживою для сапротрофів і редуцентів – ґрунтових мікроорганізмів, які в процесі біотичного розкладу вивільняють хімічні елементи для нового біогеохімічного циклу.

У зв'язку з цим категоризацію біогеоценозів проводять, головним чином, за ознаками фітоценозу. Зважаючи на те, що під впливом природних (розливання вулканічної лави, зсуви, свіжі алювіальні відклади, згарища тощо) чи антропогенних (вирубубвання лісу, розорювання схилів і залишення перелогів, відвали і кар'єри гірничодобувної промисловості та ін.) чинників постійно на поверхні Землі виникають ділянки, на котрих біогеоценогенез (формування біогеоценозів) починається з піонерних стадій, розрізняють молоді, недорозвинені, лабільні, несформовані і зрілі – клімаксові або близькі до них біогеоценози з добре виробленими структурами і зв'язками.

За походженням виділяють корінні, сформовані в процесі тривалого історичного розвитку, зі стійкими адаптаціями і досконалим припасуванням компонентів, та похідні біогеоценози, які виникли на місці корінних унаслідок різноманітних зовнішніх збурювань, що зумовили структурну перебудову цілої системи, природний хід її біогеоценогенезу, взаємозв'язків між структурними компонентами і біохімічного обміну.

За наявністю структурних компонентів вирізняють повночленні та неповночленні біогеоценозні екосистеми. У перших з них наявні всі природні компоненти, внаслідок чого реалізується повноцінний цикл біогеохімічного обміну, синтезу та ресинтезу органічної речовини. У других – відсутній котрийсь з компонентів, наприклад, рослинний покрив на ділянках пташиних базарів чи в печерних екосистемах. Гетеротрофні блоки таких систем існують за рахунок споживання речовинно-енергетичних ресурсів сусідніх водних чи наземних екосистем.

Доцільно також розрізняти біогеоценози за стійкістю до впливу зовнішніх чинників – стійкі та нестійкі (лабільні), а також за тривалістю зберігання певного постійного стану – стабільні й нестабільні біогеоценози. Стійкими слід вважати такі біогеоценози які слабо реагують на певні види природного або антропогенного збурення (наприклад, низову пожежу, випасання худоби, затоплення під час повені, сильний вітер, суховій, сильний мороз, посуху, грибкові захворювання тощо) і швидко відновлюють свої структурно-функціональні парамет-

ри після такого впливу. До лабільних належать біогеоценози, які під впливом певного виду зовнішнього збурення втрачають здатність нормального функціонування, позбуваються якогось структурного блоку, втрачають здатність до відновлення попередньої структурно-функціональної організації.

Стабільність є ознакою біогеоценозних екосистем зберігати стійкість до різноманітних зовнішніх екологічних чинників протягом тривалого або цілого часу свого існування, зберігати постійними співвідношення і взаємозв'язки між компонентами та показники речовинно-енергетичної трансформації, здатність до самовідновлення. До нестабільних належать більшість похідних, зокрема культурбіогеоценозів на місці корінних угруповань, хоча на початкових стадіях свого існування можуть проявляти стійкість до певних природних збурень.

*Ландшафтні екосистеми.* Під ландшафтною екосистемою розуміється сукупність на однорідній за геологічними, геоморфологічними, ґрунтово-гідрологічними, кліматичними показниками ділянці земної поверхні біогеоценозних екосистем, поєднаних між собою генетичними (за походженням), історичними (історія розвитку та освоєння), геохімічними (геохімічне сполучення, стік води, перенесення органічних і мінеральних речовин) та біотичними (міграція тварин, перенесення діаспор і живого рослинного матеріалу) зв'язками й охоплені певним типом господарського використання. Найменшою ландшафтною екосистемою слід рахувати таку територіальну одиницю, в складі якої виділяється не менше двох споріднених між собою біогеоценозів, найбільшою – природний територіальний комплекс, який за розмірами не перевищує фізико-географічного округу чи макрогеохори у визначенні В. Б. Сочави (1978). Таким чином, за просторовими межами до категорії «ландшафтна екосистема» належить будь-який природно-територіальний комплекс (рангу фізико-географічних фацій, урочищ, місцевостей, ландшафтів), потрактований з екосистемологічних позицій, тобто як функціональна, самоорганізована, саморегульована, енергетична система, носієм організованості якої є жива речовина, за В. І. Вернадським.

Залежно від наукових завдань чи практичних потреб ландшафтними екосистемами можна називати територіальні об'єднання споріднених біогеоценозів, наприклад, схилових, плакорних, заплавлених, басейнових (басейн озера, річки чи їх частин), окремих гір, гірських хребтів, гірських улоговин, горбів, горбистих пасм чи їх частин тощо). Зовнішні межі ландшафтних екосистем визначаються за зовнішніми межами зовнішніх у природно-територіальному комплексі біогеоценозних екосистем. Важливою ознакою ландшафтних екосистем є внутрішні міжбіогеоценозні (міжекосистемні) зв'язки і міжбіогеоценозний (міжекосистемний) речовинний, енергетичний та інформаційний обмін. У зв'язку з цим вертикальні (верхня і нижня) межі ландшафтних екосистем завжди перевищують вертикальні межі біогеоценозів і можуть знаходитися на висоті десятків – сотень метрів над поверхнею землі і кількох - кільканадцяти метрів під цією поверхнею. Типологічно подібні біогеосистеми однакового рангу, які безпосередньо межують між собою, за Ю. П. Бялловичем, творять вищу територіальну одиницю, відносно однорідний масив біогеосистем під назвою «біогеомасив».



З метою зіставлення розмірностей ландшафтних екосистем з одиницями фізико-географічного поділу території і для порівняльного аналізу структурно-функціональної суті згаданих одиниць доцільно використовувати дворядну класифікацію геосистем В. Б. Сочави (1978). За основну одиницю класифікації геосистем тут береться “гомогенний ареал геосистеми, тобто геомер, або біогеоценоз”. Однорідні елементарні геомери об'єднуються в фації, а ці також за ознакою однорідності, але в порядку узагальнення, – в таксони вищого рангу – групи і класи фацій, та ще вищі таксономічні одиниці. Натомість найменше за кількістю територіальне поєднання різнорідних елементарних геомерів, у котрому забезпечуються умови функціонування і збереження специфіки кожного з них на загальному фізико-географічному фоні, являє собою елементарну геохору, або елементарний гетерогенний ареал. Кожна елементарна геохора, в свою чергу, є частиною геохори вищого рангу – мікрогеохори. Останні, за ознакою територіальної сумісності та спільності природних умов, об'єднуються в мезо-, топо- й макрогеохори, а ті – в провінції і ще більші територіальні підрозділи.

Таким чином, територіальні межі усіх згаданих геохор, починаючи від елементарної до макрогеохори можна використати також для розмежування різнорангових ландшафтних екосистем. Або, іншими словами, екосистемологічний аналіз цих геохор дає підстави для потрактування їх як відповідні ландшафтні екосистеми.

Поняття “макрогеохора” В. Б. Сочава ототожнює з поняттям “ландшафт”, відзначаючи, що “макрогеохора, природний округ і ландшафт (як регіональна таксономічна одиниця) просторово співпадають, і всі три назви означають одну й ту саму територію, але не завжди є синонімами в повному розумінні цього слова”. Термін “макрогеохора” використовується, коли мова йде про класифікацію геосистем, зокрема про геохори топологічної розмірності. Природний “округ” – це та сама територія, яку аналізуємо з позицій проблеми районування. Слово “ландшафт” у вченні про геосистеми поступово втрачає своє значення, але воно зовсім доречне в топоніміці, коли розглядаються конкретні макрогеохори дискретної географічної території, якій присвоюється спеціальна назва (ландшафт Чарської улоговини, Онон-Аргунського степу, Сургутського полісся тощо). Цей самий обсяг фізико-географічних одиниць використовується для виокремлення найбільшої за розмірами ландшафтної екосистеми, за умови наповнення її екосистемологічним змістом.

*Провінційні екосистеми.* Провінційну екосистему можна характеризувати як сукупність ландшафтних екосистем у межах фізико-географічної провінції, або як екологічну систему, яка за просторовими межами співпадає з межами згаданої провінції. За аналогією з визначенням фізико-географічної провінції, її можна описати як частину біомної екосистеми (яка просторово співпадає з фізико-географічною зоною) в межах певної рівнинної або гірської країни. Її виділяють за ознаками геолого-геоморфологічної будови території, співвідношення низовин і височин, гірських хребтів та улоговин між ними, віддаленості від океанів і ступеня континентальності клімату, а також за видовим складом, будовою та співвідношенням площ плакорних екосистем, особливостями непла-

корних угруповань, наявністю ендемічних видів і раритетних екосистем. Характерними для провінційної екосистеми є особливості трансформації сонячної енергії, повітряних мас та атмосферних опадів, зумовленої рельєфом території, просторовою структурою біогеоценотичного покриву і глибиною його антропогенних перетворень, а також речовинно-енергетичного обміну в екосистемах і між ними, що визначає структуру ґрунтового покриву, величину запасів вільної енергії, темпи геохімічного та біотичного кругообігів і біотичну продуктивність екосистем.

Вертикальні межі провінційних екосистем певно можна розсунути до 2-3 км, відмежовуючи ними простір, в якому відбувається латеральний і радіальний рух біотичних (пилки, діаспори, комахи, птахи) та абіотичних (повітряні маси, волога, пил) її компонентів і мас.

За взірцем фізико-географічного районування (Маринич, Шищенко, 1993), в межах України можна виділити 12 провінційних екосистем (Поліська, Західноукраїнська лісостепова. Дністровсько-дніпровська лісостепова. Лівобережно-дніпровська лісостепова, Середньоросійська лісостепова, Дністровсько-дніпровська північностепова, Донецька північностепова, Задонецько-Донська північностепова, Причорноморська середньостепова, Причорноморсько-Приазовська сухостепова і Кримська степова) та дві гірські країни - Кримські гори й Українські Карпати. Вони за межами в значній мірі співпадають з геоботанічними підпровінціями.

*Біомні екосистеми.* Поняття “біом” введене в біологічну літературу Ф. Клементсом у 1916 році для означення сукупності біоценозів територіальної одиниці – зони, області, регіону тощо. Пізніше різні автори по-різному використовували цей термін і встановлювали для нього різні об'єми поняття. Р. Даждо (1975) визначав біом як однорідне угруповання, яке займає досить великий простір і спричиняється макрокліматом. Його прикладом можна вважати американську прерію з безмежними просторами трав'яної рослинності й стадами бізонів, чи африканську савану з акаціями та баобабами, населену великими трав'яними тваринами (жирафи, антилопи, зебри) і левами.

Р. Уїттекер (1975) виділяв аж 22 наземних і 10 водних біомів, а Г. Вальтер (1979) – 10, серед яких були й гірські (оробіоми). Ю. Одум (1986) трактує біом як велику регіональну, або субконтинентальну біосистему, котра характеризується будь-яким основним типом рослинності або іншою специфічною рисою ландшафту. Основною ознакою, яка дає змогу розмежовувати і виділяти біоми є життєва форма (трава, чагарник, листопадне дерево, шпилькове дерево) рослин кліматичного клімаксу, а також його складові – едафічні клімакси, стадії розвитку рослинності, в яких можуть домінувати інші життєві форми, тваринне населення. За цими ознаками цитований автор виділив 9 біомів й додатково три типи прісноводних екосистем і чотири типи морських екосистем.

Наземні біоми: – тундра: арктична та альпійська, – бореальні шпилькові ліси, – листопадний ліс помірної зони, – степ помірної зони, – тропічний грасленд і савана, – чапараль – райони з дощовою зимою і сухим літом, – пустеля – трав'яна і чагарникова, – напіввічнозелений тропічний ліс: виражений вологий і

сухий сезони, – вічнозелений тропічний дощовий ліс.

Типи прісноводних екосистем: – лентичні (стоячі води): озера, ставки тощо, – лотичні (проточні води): ріки, потоки тощо, – заболочені угіддя: болота і болотисті ліси.

Типи морських екосистем: – відкритий океан (пелагічна), – води континентального шельфу (прибережні води), – райони апвелінгу (родючі райони з продуктивним рибництвом), – естуарії (прибережні бухти, проливи, гирла рік, солені марші тощо).

В. Б. Сочава (1978), К. М. Ситник (1987) цілком слушно трактують біом як синонім природної фізико-географічної зони, утвореної внаслідок складної взаємодії між кліматом, живими організмами та ґрунтом (тундровий біом, степовий біом тощо). Тому, що терміном “біом” переважно означають територіальну сукупність живих істот (рослинних і тваринних організмів) – біоту зональної фізико-географічної одиниці, часто не звертаючи уваги на біогеохімічну, трансформаційну й матеріально-енергетичну суть останньої, для потреб екосистемології та відображення згаданої суті його необхідно доповнювати ознакою екосистемності. У зв'язку з цим біомну екосистему слід трактувати як сукупність провінційних екосистем, яка за територіальними межами відповідає фізико-географічній зоні, зумовлена інтенсивністю надходження сонячної радіації до земної поверхні та макрокліматичними чинниками й характеризується певним клімаксовим типом рослинності (деревним, чагарниковим, трав'яним тощо).

Біомна диференціація біогеоценотичного покриву Землі і біосфери зумовлена сферичною формою планети та її розташуванням відносно Сонця, що супроводжується різним кутом надходження сонячних променів до земної поверхні та різною інтенсивністю сонячної радіації на різних географічних широтах. Найменше її на високих широтах, найбільше – на екваторіальних, що спричиняє істотні відмінності в радіаційному, тепловому і водному балансах екосистем, різну тривалість періоду вегетації, різні темпи біотичного кругообігу і, врешті-решт, широтну зональність клімату, рослинного і тваринного світу, ґрунтів, структури й продуктивності екосистем, їх потенційних можливостей для задоволення народногосподарських потреб. Горизонтальні межі біомних екосистем найдоречніше визначати за межами фізико-географічних зон, верхню їх межу слід підняти до рівня верхньої межі тропосфери, в якій відбувається формування гідротермічного режиму екосистеми, а нижньою охопити найглибші горизонти залягання підземних вод. Рівнинна частина України належить до трьох біомних екосистем: мішаних лісів (або за ознаками плакорної клімаксової рослинності – широколистянолісової), лісостепової і степової.

В науковій літературі поняття субстратної екосистеми остаточно не визначене. Нема прикладів характеристики материкових екосистем, хоча морські та океанічні екосистеми були об'єктами екологічної оцінки в працях Ю. Одума (1975; 1986), Р. Сміта (1990) та ін. Обширні характеристики материків та океанів містяться у фізико-географічних, землезнавчих, геологічних, кліматологічних, океанографічних та інших публікаціях.

В екологічних вони відсутні, певно, з двох причин. По-перше, інтерес до екологічних проблем розвивався, виходячи з потреб людини (групи осіб, окремих народів), передовсім, здобути додатковий життєвий простір, промислові і харчові ресурси без огляду на антропогенні зміни у довкіллі. Адже протягом тисячоліть люди відчували нездоланну силу природи й були переконані в невичерпності природних багатств. Материки були поділені кордонами на клапті територій держав, стурбованих, головним чином, внутрішніми соціально-економічними проблемами. Лише великомасштабні війни й загарбання чужих територій спричинялися до політичних аспектів в оцінці материкових просторів. Споживацькі та побутові інтереси спричинилися лише до розвитку екології організмів та їх одновидових і багатовидових угруповань, а ближче до середини ХХ ст. – також цінних у народногосподарському плані локальних екосистем.

*Субстратні екосистеми.* По-друге, аж у другій половині ХХ ст. були усвідомлені геніальні ідеї В. І. Вернадського про біосферу й ноосферу, глобалізацію науки та інформатики, соціально-економічних процесів, про вплив господарської діяльності на структурно-функціональні особливості біосфери та перетворення людського розуму й виробничої діяльності людства в найпотужніший геологічний збурювальний фактор.

Найпотужніші джерела глобального забруднення й дигресії глобальної екосистеми знаходяться на Північноамериканському материку та європейській частині Євразійського материка. 80 % суші зосереджено в материковій і лише 20 % – в океанічній півкулях планети. У материковій півкулі площа суші займає близько 47 % території, на якій проживає коло 98 % населення Землі. В океанічній півкулі під водним дзеркалом знаходиться 91 % її поверхні, а на 9 % суші проживає менше 2 % населення Землі. Відповідно до чисельності населення можна оцінювати й розміри забруднення довкілля. Проте, аналіз екологічних процесів у конкретних материкових екосистемах, наслідків взаємодії між ними, їх впливу на загальнопланетні екологічні дигресії також не зацікавили науковців.

Дуже важливим є питання еволюції органічного світу на фоні палеокліматичних змін і дрейфу материків протягом останніх 200 млн. років історії Землі. Не менш актуальні сучасні процеси розподілу на земній поверхні водними й повітряними течіями та транспортними засобами різних видів антропогенних забруднень і живих організмів. Нема екосистемологічної оцінки впливу структурних змін у біогеоценотичному покриві окремих материків на глобальні екологічні процеси, хоч такі види екологічних збурень, як вирубування тропічних лісів, забруднення планети пестицидами, важкими металами, нафтопродуктами чи чорнобильськими радіонуклідами стали класичними в підручниках з екології. Усі ці питання повинні стати предметом екосистемологічних досліджень.

*Глобальна екосистема – біосфера.* Ідеї щодо взаємозв'язку між живою і неживою природою та участі рослин і тварин у газообміні, формуванні ґрунтів і горючих копалин висловлювали Ж. Бюффон, Д. Вудворт, Дж. Геттон, А. Лавуазьє, К. Лінней, М. Ломоносов ще в 17-18 сторіччях. Але поняття про біосферу вперше сформулював Ж.-Б. Ламарк у своїх лекціях 1800 року, а згодом – у кни-

зі “Гідрогеологія”. Термін же “біосфера” було запропоновано відомим австрійським гідробіологом Е. Зюссом. У 1875 р. він вжив його для окреслення поряд з атмосферою, гідросферою та літосферою ще одної оболонки – біосфери, яка залягає на суходупній і водній поверхнях, хоча на початках свого існування була приурочена лише до гідросфери.

Таким чином на підставі цих праць, а також праць В.І.Вернадського та його послідовників (передовсім М. І. Будика, М. Б. Вассоєвича, М. С. Гілярова, М. М. Камшилова, В. А. Ковди, Е. І. Колчинського, Б. С. Соколова, Ф. Я. Шипунова, О. М. Яншина та ін.) біосфера визначається як загальнопланетна оболонка, до складу якої належать нижні шари атмосфери, ціла гідросфера і верхні шари літосфери. Її склад і будова зумовлені сучасною і минулою життєдіяльністю всієї сукупності живих організмів (живої речовини). Вона є наслідком взаємодії її живих і неживих компонентів, акумуляції та перерозподілу в ній величезної кількості енергії, термодинамічно відкритою, самоорганізованою, саморегульованою, динамічно зрівноваженою, стійкою, мозаїчною (дисиметричною), глобальною системою.

Порівняно з екосистемами менших розмірів, біосфера має ряд специфічних рис:

1) біосфера є унікальною, незамінною і неповторною біотичною системою. Дрібних екосистем типу консорції чи біогеоценозу є безліч, вони - взаємозамінні;

2) біосфера відрізняється від інших екосистем практично безмежною тривалістю існування. Час існування інших екосистем обмежений: для індивідуальних консорцій він визначається тривалістю від кількох місяців до сотень і кількох тисяч років, для біогеоценозів – від тисяч до мільйонів років, для екосистем вищих ступенів – до десятків мільйонів років;

3) біосфера зберігає безмежно великий запас генетичної інформації, який накопичувався мільярди років, унаслідок чого ця інформація є практично невичерпною. Запаси інформації підпорядкованих їй екосистем, безперечно, менші хоча б через те, що пам'ять біосфери – це інтегральна пам'ять усіх екосистем Землі;

4) біосфера є найдосконалішою саморегульованою системою з найповнішими механізмами самозахисту від руйнівного впливу зовнішніх космічних і внутрішньопланетних збурень. У процесі еволюції органічного світу в ній виробився не лише ефективний механізм синтезу органічної речовини за рахунок використання сонячної енергії, але й накопичення в атмосфері вільного кисню, формування озонового екрана як одного з найважливіших засобів захисту живого в біосфері. На відміну від біосфери малі екосистеми існують не в ентропійному абіотичному середовищі, а в організованому біотичному середовищі біосфери і захищені від зовнішніх збурювальних впливів не лише своїми внутрішніми механізмами, але й біосферними;

5) на відміну від малих екосистем біосфера характеризується величезними запасами вільної енергії, не лише тієї, що накопичена в сучасних підпорядкованих їй екосистемах, але й вільної енергії, накопиченої екосистемами мину-

лих епох;

б) біосфера вирізняється величезним різноманіттям життєвих форм, видів, внутрішньовидових структур й екосистем, просторовою і функціональною асиметрією, потужними механізмами самозбереження, прогресивного саморозвитку, постійним зростанням організованості та неентропійності і практично незнищеністю.

Тому підходи до аналізу структурно-функціональної суті та еволюції біосфери, критерії і розмірності оцінки цього складного глобального явища мають бути адекватними його обсягові, а не запозиченими з характеристик нижчих ступенів чи рівнів організації.

Питання для самоконтролю:

1. Які основні ступені організації екосистем?
2. Як екосистеми поділяються за масштабами?
3. Які існують рівні структурної організації екосистем?
4. Поняття «консорція», а також ядро консорції.
5. Яким біоценозам властива певна мозаїка структури?
6. Дати визначення біогеоценозу і якими ознаками він характеризується?
7. Які екосистеми називають ландшафтними? Як називають сукупність ландшафтних екосистем і чим вони характеризуються?
8. Що таке біом, які біоми ви знаєте?
9. Чому в науковій літературі поняття субстратної екосистеми остаточно не визначене?
10. Які специфічні риси має біосфера?

## **1.12 Енергія екосистем. Динаміка екосистем**

*Енергія екосистем.* Енергія (від грец. *energia* – дія, діяльність) – загальна міра різних форм руху матерії – характеризує можливість виконати роботу. Розрізняють такі види енергії:

- внутрішня енергія – це енергія системи, яка залежить від внутрішнього стану системи. Вона включає всі форми енергії складових системи;

- механічна енергія – енергія механічного руху і взаємодії тіл чи їх частин (енергія магнітного поля – магнітна енергія; енергія електромагнітного поля – електромагнітна енергія; енергія рухомої частки – кінетична енергія; енергія нерухомої частки в гравітаційному полі – потенційна енергія; енергія атомного ядра – ядерна енергія);

- теплова енергія – рівень або зміна теплового стану (теплоти) системи (тіла) під час процесу;

- електрична енергія – енергія взаємодії і руху електричних зарядів.

*Енергоспроможність* – це властивість екологічної системи сприймати, переробляти, засвоювати та транспортувати зовнішню енергію, а також відда-

вати її за межі системи. Ця властивість тісно пов'язана з продуктивністю, про що свідчать одиниці виміру останньої—маса або кількість енергії, що зосереджено в цій масі. При цьому не можна забувати, що в одиниці маси різних речовин зосереджена різна кількість енергії.

Більшість енергетичних процесів, а саме забезпечення життєдіяльності організмів, створення й руйнування речовин, перетворення одного виду енергії в інший відбувається на мікрорівні, тобто у середині елементів екологічних систем. Сутність таких процесів, як відомо, розглядається не в екологічних, а в спеціалізованих системах; біологічних, фізичних, технічних тощо. Складові екосистем взаємодіють відповідно до внутрішнього енергетичного потенціалу з рухом енергії у всіх випадках, крім процесу фотосинтезу в одному напрямку – від більшого значення до меншого.

Всі екологічні системи відчувають зовнішній глобальний енергетичний вплив Космосу і земних надр. Найбільш вагомою з космічного впливу є дія Сонця. Відчутний також гравітаційний вплив Місяця. Надра впливають, головним чином, силою земного тяжіння.

Сонячні промені послаблюються атмосферними газами, хмарами і пилом нерівномірно – менше всього це впливає на видиму складову. Тому фотосинтез добре відбувається і в захмарені дні, і під товщею води. Зелені рослини використовують на процес фотосинтезу невелику частину світлової енергії – біля 1 %. Основна доля сонячної радіації, яка дійшла до рослин, витрачається на випаровування води і транспірацію. Вона повертається в атмосферу у вигляді теплової енергії – променів з довжиною хвилі більше 600 нм. Довгохвильові промені затримуються водяною парою (тобто хмарами), пилом, вуглекислим газом, що створює так званий парниковий ефект (природний) над земною поверхнею. Завдяки парниковому ефектові в нижній атмосфері температура збільшується на 31 – 32 °С, що забезпечує на земній поверхні одну з умов життя – середню температуру близько +15°С.

Джерелами механічної енергії в екологічних системах є гравітаційна сила, головним чином Землі і Місяцю. Під впливом сили земного тяжіння течуть води річок і струмків, а тяжіння Місяцю викликає приливно-відливні рухи океанічних вод. Вертикальні переміщення атмосферного повітря різної густини відбуваються під впливом сили земної гравітації.

Згідно з глобальним (екологічним) законом збереження енергія не може зникнути, вона лише змінює свій вид, переходячи з однієї форми в іншу. В екологічній системі відношення загального дихання до її сумарної біомаси можна розглядати як відношення витрат енергії на підтримку життєдіяльності до енергії, яка міститься в структурі. Це “відношення Шредінгера” є мірою екологічного обертання енергії. Для опису “поведінки” енергії в екосистемах використовують поняття “потік енергії”, оскільки на відміну від циклічного руху речовини перетворення енергії йдуть в одному напрямку.

Використання зеленими рослинами сонячної енергії визначає загальний енергетичний режим екосистеми, її продуктивність, інтенсивність колообігу речовин. Потік енергії послідовно пронизує всі трофічні рівні організмів, але лише незначна

частина її залишається у вигляді хімічної енергії органічних сполук біомаси та мертвої речовини. Екскременти, відмерлі рослини та їх органи, трупи тварин складають мертву органічну речовину екосистеми – джерело енергії для організмів, що споживають органічні залишки. Тут енергетичний баланс якісно не відрізняється від розподілу енергії на будь-якому рівні харчової піраміди. Ю. Одум приводить наступні цифри, які характеризують енергетику певної наземної екосистеми (в ккал/рік-м<sup>2</sup>): продуценти – 20810, травоядні – 3368, хижаки 1 – 383, хижаки 2 – 21, деструктори – 5060.

В різних типах екосистем потужність потоків енергії через ланцюги виїдання і розпаду різна. В водних системах більша частина енергії, фіксована одноклітинними водоростями, надходить до тварин, які споживають фітопланктон і далі потрапляє до хижаків. В ланцюг деструкції включається значно менша частина енергії. А в більшості екосистем суші співвідношення протилежне. Наприклад, в лісах більше 90 % енергії річного приросту рослинної маси потрапляє через опади в детритні ланцюги. В період сукцесії енергетика екосистеми змінюється. З енергетичних позицій сукцесія – це нестійкий стан системи, який характеризується небалансом енергії, загальної продуктивності і енергетичних витрат на підтримку обміну речовин. В зрілій стійкій екосистемі увесь річний приріст рослинності використовується в ланцюзі живлення гетеротрофів.

*Динаміка екосистем.* Будь-яка екологічна система не залишається постійною, незмінною. Зміни природних екосистем в залежності від часу – їх динаміка – можуть розглядатися в різних масштабах – від геологічних до миттєвих. Розрізняють такі види динаміки екологічних систем: історичну (геологічну), сукцесійну, багаторічну, річну, сезонну, добову.

Історична динаміка екосистем і біосфери, як екологічної системи найвищого рівня, визначається глобальними змінами ландшафтно-кліматичної зональності на планеті. Відмінною рисою Землі були істотні періодичні перебудови кліматичних умов, коли етапи похолодань із виникненням материкових зледенінь змінювалися періодами відчутного потепління, що супроводжувалося відповідними зміщеннями кліматичних поясів на тисячу кілометрів. Мороз С. А. наводить такі характерні процеси цього явища:

- етапи похолодання і потепління віддзеркалювалися у відповідних просторово-часових змінах глобальних характеристик природних умов;

- протягом етапів похолодання границі кліматичних (географічних) поясів зміщувалися у бік екватору, а термічний екватор пересувався на південь. Упродовж етапів потепління границі цих поясів і термічний екватор зміщувалися у зворотному напрямку;

- за часів існування покривних льодовиків північна півкуля була холоднішою за південну, й тому термічний екватор розташовувався у південній півкулі;

- у льодовикові епохи різниця між температурами низьких і високих широт у північній півкулі становила 55-70, а у міжльодовикові епохи – всього 30-35 градусів;



- упродовж міжльодовикових епох танула значна частина льодовикового покриву, що призводило до підвищення рівня Світового океану на 85-120 м. Під час похолодання цей рівень знижувався з середньою швидкістю близько 0,4 мм за рік.

*Сукцесійна динаміка* характеризує послідовну заміну видів рослин на будь-якій вільній території. Такими територіями можуть бути рекультивовані землі, лісові згарища, свіжі лісосіки, намивні утворення тощо. На ранній стадії заселення території приживаються види з великою швидкістю розмноження і росту. Пізніше їх замінюють види з низьким потенціалом росту, але з більшою здібністю до виживання в умовах конкуренції. Наприклад, після утворення території в лісостеповій зоні п'ять років на ній росли лише трави, через десять років з'явилися кущі, а через двадцять – дерева. Через сорок років територія була вкрита на 35 % деревами, кущами (18 %) і травами (47 %). Таким чином екологічна сукцесія є процесом розвитку, а не простою зміною видів. Сукцесію слід розглядати як властивість самоорганізації, саморозвитку екологічної системи. Розрізняють дві стадії екологічної сукцесії – сингенез та ендегенез. До стадії сингенезу належать ті сукцесії, які відбуваються, починаючи від заселення нової території різноманітними організмами. Вони протікають порівняно швидко. Ендегенез – це довготривалий (десятки і сотні років) процес існування і розвитку клімаксової екосистеми. Своєрідний варіант являють поточні, або конвеєрні, сукцесії, які розвиваються у рухомому середовищі — в річках, в циркуляційних ділянках морів і океанів, в лісовій підстилці. В останній кожен горизонт – верхній пухкий опад, середній «ферментативний» і нижній «муловий» – характеризуються своїм складом мікроорганізмів, який постійно змінюється внаслідок безперервного руху речовин зверху вниз.

Змінність екосистеми по роках спостерігається внаслідок особливостей метеорологічних умов чи інших зовнішніх факторів, наприклад, повеней, пожеж, масових розмножень тварин чи мікроорганізмів. На будь-якій ділянці степу склад різнотрав'я не буває однаковим підряд декілька років – кожного року превалює якійсь набір трав. В залежності від кліматичних особливостей року з усього різноманіття насіння, що присутні у ґрунті, проростають лише ті, умови для яких виявляються найкращими. Таке саме явище спостерігається і в тваринному світі, в зв'язку з чим відмічають роки мишей, комарів тощо.

*Сезонна динаміка* проявляється в зміні стану, активності і кількісного співвідношення окремих видів біоти екологічної системи в залежності від циклів їх розмноження, сезонних міграцій, відмирання окремих генерацій протягом року тощо. На певний період року деякі види повністю виключаються з життя спільноти, бо переходять в стан глибокого спокою (сплячка тощо), або переживає стадію яєць і насіння, чи переміщується в інший географічний регіон.

*Добова динаміка* екологічної системи спостерігається у всіх зонах, від тропіків до тундри. Прояв її тим більший, чим відчутніша різниця температури, вологи, освітленості та інших факторів середовища вдень і вночі. Так, в піщаних пустелях влітку в середині дня життя замирає – навіть види з денною активністю ховаються від спеки в норах або в гілках дерев. А вночі, вдосвіта і ввечері пустеля оживає. Добова динаміка рослин проявляється в зміні ефективнос-

ті процесу фотосинтезу.

Наведені характеристики різних видів динаміки екологічних систем необхідно доповнити залежністю глибини зміни системи від такого показнику часу, як період динамічного процесу. Якщо глибину (принциповість, фундаментальність) змін екосистеми уявити як амплітуду динамічного процесу, то виявляється, що динаміка екологічних систем описується загальновідомою закономірністю коливальних систем: більша амплітуда відповідає більшому періоду коливань. Історична динаміка геологічними вимірами часу коливань періоду полягає в фундаментальних змінах всіх складових біосфери – як біологічних, так і абіотичних. Сукцесійна динаміка, яка характеризується періодами в десятиліття не вносить змін в біосферу, а охоплює лише окремі екосистеми. Багаторічна динаміка при періодах змін в один-три роки має амплітуду змін, які не охоплюють всіх складових екосистеми, а впливають лише на частину з них. Сезонна динаміка з чотирма періодами на рік характеризується змінами на рівні популяцій, тобто підсистем екосистем, а добова – на рівні елементів екологічних систем.

Питання для самоконтролю:

1. Які види енергії ви знаєте? Охарактеризуйте їх.
2. Розрізняють 6 видів динаміки екологічних систем. Опишіть їх.
3. Що являють собою закони, правила і принципи розвитку екосистем?
4. Навести декілька прикладів екологічних законів.
5. Якими періодами коливань характеризуються сукцесійна, багаторічна та сезонна динаміки екологічних систем?

### 1.13 Біологічна продукція екосистем. Сукцесія

**Продуктивність екосистем.** Продуктивність природної чи штучної системи – це властивість продукувати (виробляти) певну продукцію згідно мети системи. Продуктивність залежить від спроможності продуцентів екосистеми фіксувати сонячну енергію в хімічних зв'язках створюваної органічної речовини. Під продукцією розуміється кількість органічної речовини, накопиченої чи створеної екосистемою або її компонентом. Вона вимірюється в одиницях маси чи енергії, віднесеної на одиницю площі.

Розрізняють декілька видів продукції:

1. *Первинною продукцією* називають органічну масу, яка утворена рослинами за певний час. Продукція визначається вологою або сухою масою рослин чи в енергетичних одиницях.

2. *Валова первинна продукція (ВП)* – кількість речовини, що створена рослинами за одиницю часу при певній швидкості фотосинтезу. Частина цієї продукції іде на підтримку життєдіяльності самих рослин – це витрати на дихання – від 40 до 70% валової продукції. Друга частина складає так звану чисту пер-

винну продукцію (ЧП) – збільшення фітомаси рослин.

3. *Чиста первинна продукція* – це енергетичний резерв для консументів і редуцентів. Переробляючись в ланцюги живлення, вона йде на поновлення маси гетеротрофних організмів, яка називається вторинною продукцією екосистеми.

4. *Вторинну продукцію* вираховують окремо для кожного щабля трофічної піраміди, тобто для кожного харчового рівня.

5. *Біомаса системи* – сумарна маса накопичення всією сукупністю рослинних, тваринних, грибних і бактеріальних організмів екосистеми. Часто біомасу визначають в еквівалентних енергетичних одиницях. Біомаса врівноваженої екосистеми залишається відносно постійною, тому що практично вся первинна продукція витрачається в ланцюгах харчування і розкладу.

Крім вказаних вживають такі поняття:

- фітомаса – загальна маса всіх рослин екосистеми чи її компонентів;
- зоомаса – загальна маса всіх тварин екосистеми або її компонентів;
- міцеліальна, грибкова маса, бактеріальна маса, маса окремих трофічних груп ґрунтової мікро- і мезофауни;
- мортмаса – загальна кількість мертвої органічної речовини, накопиченої в екосистемі. В її межах розрізняють опад (масу відмерлих органів живих організмів, що опали на поверхню ґрунту), відпад (масу цілих мертвих організмів на поверхні ґрунту чи в його товщі), підстилку (масу опадів й відпаду на поверхні ґрунту), старику (масу відмерлих органів рослин, які ще прикріплені до живого організму – гілки, листя тощо), перегній або гумус (накопичені у верхніх горизонтах ґрунту стійкі органічні речовини, що утворилися в результаті розкладу і біохімічних перетворень відмерлих органічних решток);
- загальна органічна маса – сумарна маса живої і мертвої органічної речовини в системі.

Наявність біомаси продуцентів чи консументів в конкретних екосистемах залежить від того, як співвідносяться між собою темпи накопичення органічної речовини на певному трофічному рівні і передачі її на наступний вищий рівень, тобто, наскільки сильне “виїдання” утворених запасів. При цьому велике значення має швидкість обертання генерацій основних продуцентів і консументів.

У природі не існує такого виду, який не був би пов'язаний з іншим. Живлячись за рахунок інших істот, організми дістають енергію. Внаслідок цього у природі виникають ланцюги живлення. Ряди взаємопов'язаних видів, в яких кожний попередній є об'єктом живлення наступного, називають ланцюгами живлення. Розрізняють ланцюги живлення різних типів. Тип ланцюга залежить від початкової ланки. Початковою ланкою в ланцюгах живлення можуть бути рослини, мертві рослини, рештки чи послід тварин. Наприклад, рослини – попелиці – дрібні комахоїдні птахи – хижі птахи; рослини – зайці – лисиці – вовки. У цих випадках ряди починаються з рослин. До іншого типу рядів живлення належать ряди, що розпочинаються з посліду тварин з невикористаними запасами речовин: коров'ячий послід – личинки мух – комахоїдні птахи – хижаки. Прикладом ланцюгів живлення, які починаються з рослинних решток, може бути: рослин-

ний перегній – дощові черв'яки – кроти. Ланцюг живлення можна уявити у вигляді піраміди чисел, фундамент якої становлять численні види рослин, наступні рівні утворюють рослиноідні та м'ясоїдні тварини, чисельність яких швидко зменшується в напрямку до вершини, яку посідають нечисленні великі хижаки.

Є три основних типи пірамід:

- *піраміда чисел* показує чисельність окремих організмів;
- *піраміда біомаси* характеризує загальну суху вагу, калорійність або іншу міру загальної кількості живої речовини;
- *піраміда енергії* відповідає величині потоку енергії або «продуктивності» на послідовних трофічних рівнях.

Піраміди чисел і біомаси можуть бути оберненими (або частково оберненими), тобто основа може бути меншою, ніж один або кілька верхніх поверхів. Так буває, коли середні розміри продуцентів менші ніж розміри консументів. Дані свідчать про те, що консументи споживають лише 16 % від продукуваної рослинами чистої первинної продукції. На суші продуктивність консументів майже у 300 разів менша за чисту первинну продуктивність, а у воді – у 18 разів. Маса тварин на всіх континентах дорівнює одному млрд. т, тобто половині маси тварин на Землі. Третина наземних тварин (по масі) мешкає в вологих тропічних лісах. Коралові рифи і зарості водоростей характеризуються найвищою вторинною продуктивністю – 600 кг/(га·рік), що в три рази більше, ніж у найкращій наземній екосистемі – савані.

Навпаки, екологічна енергетична піраміда завжди звужується догори за умови, що будуть враховані усі джерела енергії живлення в системі.

Чим складніша за будовою і різноманітніша за складом екосистема, тим менший коефіцієнт продуктивності  $K_n = P_n/M_b$  (тут  $P_n$  – чиста природна продуктивність екосистеми, а  $M_b$  – загальна біомаса екосистеми). Найбільші значення  $K_n$  мають тундра та інші субарктичні екосистеми з простим харчовим ланцюгом і низькою видовою різноманітністю, а також пелагічні частини океану. Мінімальні величини  $K_n$  характерні для вологих тропічних лісів та коралових рифів, екосистеми яких надзвичайно складні.

Продуктивність штучних екосистем в значній мірі залежить від неприродних факторів, створених людиною для збільшення врожаю. На завершення зауважимо, що в літературі при розгляді такої властивості, як продуктивність, не враховується вплив екологічної системи на атмосферне повітря, а саме – продукування кисню.

Трофічні ланцюги, які починаючись з фотосинтезуючих організмів забезпечують живлення, називають ланцюгами виїдання (або ланцюгами споживання чи пасовищними), а ланцюги, які обминають живлення і закінчуються переробкою відмерлих залишків рослин, трупів і екскрементів тварин – детритними ланцюгами розкладу. В різних типах екосистем потужність ланцюгів виїдання і розкладу різна. У водних спільнотах більша частина енергії, фіксована одноклітинними водоростями, надходить до тварин, які споживають фітопланктон, а далі – до хижаків і значно менша включається в ланцюг розкладу. В більшості екосистем суші протилежне: в лісах більше 90 % річного приросту рослинної

маси надходить через опад в детритні ланцюги.

В наземній природній екосистемі виділяють три рівні життя: наземний, ґрунтовий, підземний. Перший рівень містить головну частину біомаси. Географічні “хвилі життя” яскраво ілюструють залежність біопродуктивності від двох головних природних факторів – енерго- і вологозабезпеченості.

Світовий розподіл первинної біологічної продукції дуже нерівномірний. Самий високий приріст – 25 г з 1 м<sup>2</sup> площі за добу – спостерігається при високій забезпеченості рослин вологою, світлом і мінеральними речовинами, що притаманне, наприклад, естуаріям річок і лиманів. В жарких пустелях, де не вистачає води, в полярних пустелях внаслідок нестачі тепла та в товщах океанських вод з дефіцитом поживних речовин продуктивність автотрофів не перевищує 0,1 г/м<sup>2</sup>. Загальна річна продуктивність на Землі складає 150-200 млрд. т сухої органічної речовини. Дві третини її утворюється на суші, інше – у воді. Майже вся чиста первинна продукція використовується для підтримки життя гетеротрофних організмів. Речовина, невикористана консументами, запасається в їх тілах, в органічних опадах водоймищ і в гумусі ґрунту. Продуктивність природної рослинності по континентам характеризується такими показниками (в ц/га): Австралія і Океанія – 86; Азія – 98; Африка – 103; Європа – 85; Північна Америка – 82; Південна Америка – 209.

На планеті найпродуктивнішими є коралові рифи, екосистеми алювіальних долин, поля певних сільськогосподарських культур (наприклад, цукрової тростини), естуарії (гирла рік, в яких внаслідок морських припливів й відливів відбувається змішування прісних і солоних вод, додаткове збагачення продуктами харчування та винесення відходів). Середньопродуктивні – ліси та вологі луки, неглибокі озера, агроекосистеми інтенсивного землеробства, морські шельфи. До низькопродуктивних належать пустелі і відкриті простори морів та океанів.

**Сукцесії. Самоорганізованість екосистем.** Для екології важливими є *процеси сукцесії*, тобто низка послідовних змін рослинних угруповань у часі, що формуються на ділянках, позбавлених рослинності.

*Закономірний процес зміни спільноти внаслідок взаємодії живих організмів між собою і абіотичним середовищем називають сукцесією – проявом саморозвитку спільноти.* Процес сукцесії складається з декількох етапів:

- 1 – виникнення вільного життєвого простору;
- 2 – міграція на нього різних організмів чи їх зачатків;
- 3 – приживання їх на ділянці;
- 4 – конкуренція між видами;
- 5 – перетворення живими організмами життєвого простору.

Сукцесії бувають *первинні і вторинні*. В первинних рослинний покрив відсутній взагалі, у вторинних – частково збережений.

Розрізняють також *антропогенну і ендоекогенетичну сукцесії*. Перша пов'язана з господарською діяльністю людини, друга – зумовлена впливом самого рослинного угруповання, що поступово змінює середовище існування внаслідок формування фітосередовища, фітоклімату, корневих виділень тощо.

Сукцесії перебувають у стані внутрішньої рухомої рівноваги, постійно змінюються. Ці зміни можуть бути зворотними і незворотними, у тім числі й еволюційними. Вони ведуть до формування або відновлення стійкого, стабільного фітоценозу чи, навпаки, до дегресій – погіршення стану, нестійкості, розпаду. Сукцесії відбуваються в результаті зміни фізичного середовища під впливом самого угруповання. Вони начебто контролюються угрупованнями. Водночас фізичне середовище визначає характер сукцесії, швидкість змін і нерідко межі розвитку. Функціональним показником зрілості екосистеми може слугувати співвідношення синтезу і дихання рослин.

В будь-якій сукцесійній серії темпи змін поступово уповільнюються. Кінцевим підсумком є формулювання відносно сталої стадії – *клімаксової спільноти або клімаксу*. Початкові, піонерні угруповання видів відрізняються найбільшою динамічністю і нестійкістю. Клімаксові об'єднання здібні до тривалої самопідтримки.

Від сукцесій (незворотних змін) відрізняються *флуктуації* – форми модифікацій, що полягають у плавній, дуже повільній зміні ознак із незначним відхиленням їх від середньої величини, щорічні зміни рослинного угруповання, що визначаються зміною з року в рік метеорологічних умов та інших особливостей біотопу. Вікові зміни фітоценозів відбуваються дуже повільно і захоплюють великі території; вони пов'язані з кліматичними змінами, змінами флористичного складу та іншими процесами, малопомітними упродовж десятиліть і навіть століть.

*Самоорганізованість екологічної системи* полягає в її здібності пристосовуватися до змін зовнішнього середовища в певних межах, зберігати свої структуру й функціональні властивості, тобто життєдіяльність в умовах довкілля, чинити опір зовнішньому впливові.

В екологічних системах сутність саморегуляції полягає в забезпеченні всім особинам, їх угрупованням і популяціям, що знаходяться в їх складі, нормальних умов функціонування, пов'язаних з трансформацією речовин та енергії і передачею інформації. Тому в генотипі та генофонді повинна знаходитись і така інформація, котра гарантувала б існування особини чи популяції в умовах різноманітних спонтанних зв'язків з особинами і популяціями інших видів у даній екосистемі. Сукупність генофондів і генотипів у межах екосистеми Голубець М. А. назвав *генопластом*, у якому записано програму просторової, часової і функціональної організації системи, її структури, динаміки, продуктивності, трофічних зв'язків і біотичних циклів, норм реакції продуцента, консумента і редуцента, господаря і паразита) симбіонта, шкідника, патогена та всіх інших її функціонерів.

В великих екосистемах взаємодіють колообіги речовин, потоки енергії, мікробні субсистеми регуляції накопичення і звільнення біогенних елементів, правила поведінки в субсистемах “хижак – жертва” та багато інших регуляційних механізмів. Широко розповсюджено в екосистемах явище високоенергетичної реакції, викликаной низькоенергетичним стимулом. Зовсім інше притаманне організмам, що живляться відмерлою органічною речовиною. Оскільки кількість

такої речовини визначається вищими щаблями трофічної піраміди і щільність популяцій сапрофітів ніяк на неї не впливає, механізм саморегуляції останніх практично відсутній. Щільність популяцій цих організмів настільки висока, що вони надзвичайно швидко розкладають всі надходження відмерлої речовини, а самі в постійній конкурентній боротьбі за їжу частково гинуть внаслідок її нестачі. В водному середовищі основні продуценти – мікроскопічні планктонні водорості – можуть дуже сильно виїдатися зоопланктоном, що стає причиною обмеженості щільності популяції цих тварин.

В літературі широко вживається поняття “*стабільність екологічної системи*”. За Голубцем М. А. стабільність екосистеми – закладена в її генетичній пам’яті здатність протягом усього періоду існування, незважаючи на ті чи інші зовнішні збурення, неухильно реалізовувати свою життєву програму.

Рівень стабільності, якого сягає певна екосистема, залежить від історії розвитку, ефективності внутрішніх механізмів управління, від її складності та від особливостей показників на вході в систему, тобто від середовища. Як правило, екосистема ускладнюється швидше в умовах стабільного середовища. Є думка, що видове різноманіття організмів повинно збільшувати стабільність екосистеми. Так, Ю. Одум розрізняє 2 види сталості:

- *резистентну сталість* (здібність екосистеми опиратися, підтримуючи незмінними свою структуру і функцію);

- *пружну сталість* (здібність екосистеми відновлюватися після того, як її структура і функції були порушені).

Більшість фахівців вважають, що одним з проявів самоорганізації є сукцесія, коли екосистема накопичує різноманіття і спеціалізацію до межі, після якої рівень невизначеності докільля стає шкідливим для сталості системи. Твердо встановлено, що в стабільних умовах навколишнього середовища екологічні системи з більшим різноманіттям успішно конкурують з біднішими і заміщають їх. Складна система характеризується більшою роботою виходу, направленою на загальні потреби і тому вона витісняє ті системи, енергія яких накопичується, а не використовується для роботи, направленої на виживання і конкуренцію.

В процесі сукцесії поступово збільшується видове різноманіття, що ускладнює зв’язки і трофічну мережу в екосистемі, підсилює її регуляційні можливості. Тим самим зменшується вірогідність занадто сильного розмноження окремих видів і знижується ступінь домінування найбільш масових форм. Підсилюється залежність успішного існування одних видів від біохімічних виділень, росту чи поведінки інших. Перевага конкурентних взаємовідносин змінюється мутуалістичними і трофічними залежностями. Внаслідок таких змін екосистема отримує певну автономність і незалежність від зовнішнього середовища.

Саморегулювання окремих екологічних систем і біосфери в цілому можливе двома шляхами:

- за рахунок постійного еволюційного вдосконалення завдяки конкуренції, хижацтву, пристосуванню тощо;

- за рахунок періодичних принципових змін внаслідок мутації організмів.

Перше спостерігається в періоди, коли зміни зовнішніх умов існування живого не перевищують меж динамічної рівноваги. Переважна кількість організмів розвивається нормально, а особини-мутанти гинуть. У випадках, коли зовнішні чинники змінюються принципово і окремі особини, популяції чи види не можуть вижити за рахунок відбору, продовження життя йде за рахунок мутантів, властивості яких виявилися найбільш відповідними до нових умов існування. Еволюція органічного світу загалом забезпечується завдяки інтегральним екосистемним механізмам саморегуляції.

Питання для самоконтролю:

1. Які приклади ланцюгів живлення ви можете навести?
2. Від чого залежить продуктивність екологічної системи і які види продукції ви знаєте?
3. Що відбувається в процесі сукцесії?
4. Стабільність екосистеми – закладена в ...
5. Самоорганізованість це...?
6. Якими шляхами можливе саморегулювання окремих екологічних систем і біосфери в цілому?

### **1.14 Об'єкт, предмет, методи досліджень, понятійно-термінологічний апарат неоекології**

**Об'єкт, предмет і методи дослідження неоекології.** Сучасна ситуація у світовій екологічній науці свідчить про загальновідому невідповідність змісту поняття “екологія”, визначенню яке дав її засновник Е. Геккель (1866), і поняття “сучасна екологія”, тобто з тим змістом, що нині в нього вкладається. З'явилася нагальна потреба розділити існуючу традиційну (класичну) екологію, залишивши за нею по праву приналежний їй термін “екологія”, і сучасну екологію, що сформувалася, визначивши її як “неоекологію” зі своїми власними об'єктом і предметом досліджень, поняттєво-термінологічним апаратом, методиками й т.д..

Відмежування й впровадження поняття “неоекологія” має ще одне надзвичайно важливе значення. В Україні з'являється поняття, що найбільш повно відповідає широко розповсюдженому за кордоном поняттю “Environmental Protection”, прямий коректний переклад якого в українській мові майже неможливий (“охорона, захист довкілля”), не говорячи вже про те, що від “Environmental Protection” немає можливості утворити ні наукового напрямку досліджень, ні професії (спеціальності). Отже, сьогодні існує нагальна потреба у об'єднанні вже існуючих в сучасній екології ідей й “укладання” їх в цілісну систему неоекологічних знань, а також привертання уваги студентів і фахівців до питань ме-



тодології цієї наукової дисципліни, вимогам, принципам, властивостям неоекологічних досліджень і т. і.

Зважаючи на новизну цього нового наукового напрямку, сьогодні існує нагальна потреба у закладанні теоретико-методологічних основ нової галузі пізнання – неоекології, намітити можливі напрямки подальшого розвитку частково вже сформованої, нової науки на базі традиційних екологічних знань, звернути увагу на недоцільність вкладення нового змісту в старе, давно усталене поняття “екологія”.

Згідно з початківцем нового наукового напрямку В. Ю. Некосом неоекологія це фундаментальна наукова дисципліна, що володіє такими атрибутами самостійності як об'єкт, предмет і метод дослідження, що має свій поняттєво-термінологічний апарат, наукові основи й т.д.

Запровадження нового терміну “неоекологія” вимагає стислого аналізу об'єктивних і суб'єктивних передумов настільки різкої сучасної зміни усталеного змісту екології. Один з можливих варіантів пояснення даного феномена полягає у тому пресингу людської цивілізації на довкілля, що постійно підсилюється і який привів людство до прірви екологічної катастрофи. Це відчула й усвідомила значна маса людей на всіх рівнях – від найбагатших до окремих простих громадян. Тому й почав формуватись потужний рух по охороні й захисту навколишнього середовища.

Поступово, але досить швидко він охопив практично всі континенти. Існуюче поняття “охорона навколишнього природного середовища й раціональне використання природних ресурсів” яке досить повно й вдало відбивало напрямки діяльності й було широко поширене в колишньому СРСР і інших країнах, перестало відповідати новим вимогам з цілого ряду причин. Міжнародний рух, що сформувався, мав потребу в короткій і ємній назві, яка б відбивала сутність і спрямованість дій. На жаль, старе поняття не відповідало загальним правилам і вимогам щодо дефінування й термінування. Зокрема, у старій назві не дотримана головна вимога – можливість від найменування науки (дисципліни) утворити найменування професії, спеціалізації людини (ученого), що працює в даній області. Незручним є також наявність у даній назві великої кількості терміноелементів. Отже, виникає потреба мати короткий, але ємний, однослівний термін. Разом з тим, термінологічну основу цього нового терміну повинен складати ключовий термін “екологія”, як наука про житло, про наш будинок. Таке визначення, безсумнівно, підходить по всіх показниках до чітко цілеспрямованої діяльності величезного числа людей всіляких спеціалізацій, тим більше, що “будинок” виявився множинно-ієрархічним (від квартири, міста, регіону до планети Земля) і багатофункціональним утворенням (об'єктом). Однак цей термін уже був “зайнятий”. І все-таки невідповідність нового змісту тому, що вкладав у нього його родоначальник Е. Геккель, як досить вузької галузі біологічної науки та інше (біля сторіччя екологія розвивалася тільки як чисто біологічна наука), не стало перешкодою до його поширення в новій якості. При цьому, не можна заперечувати, що екологія навіть в цій новій її якості продовжує залишатись біологічною наукою.

Вважається, що становлення нової науки відбулося з кінця 1990-х років. Традиційна, класична екологія продукувала цілу систему наук, стала по праву фундаментом нової галузі знань – неоекології, що, з одного боку, є мультидисциплінарною, а з іншого боку – світоглядною наукою. На думку Н. Ф. Реймерса та В. Ю. Некоса до складу неоекології мають бути включені такі розділи як “Природа й економіка”, “Екологія міського (муніципального) господарства” і т. і. Проте відомий біолог Н. Ф. Реймерс ще у 1994 році зазначав, що глобальна екологія (певний термінологічний аналог неоекології, але ширший за об’єктом) “... явно виходить за рамки біології... за рамки біосфери, вивчаючи екосферу планети, як космічного тіла”. При цьому Реймерс вводить термін “мегаекологія”. Однак навіть у цей час багато біологів сучасну екологію як і раніше вважають біологічною наукою, про що свідчать численні визначення в підручниках, словниках, довідниках.

Отже сьогодні назріла нагальна потреба розмежувати “традиційну” (геккелевську) і “сучасну екологію”. При цьому правомірно залишити за традиційною екологією всі наробітки й досягнення більш ніж за 100 років, давно сформовану структуру науки й, відповідно, об’єкт, предмет і методи досліджень. Решту ж напрямів, які можна включити у “сучасну екологію”, варто назвати “неоекологією”.

Однією із найголовніших особливостей неоекології є те, що вона успадковує основні традиції класичної екології, використовуючи її як фундамент, базову основу, маючи свій власний об’єкт, предмет і методи дослідження, поняттєво-термінологічний апарат і т. і. А саме це і є центральним стрижнем, найвагомішим доказом правочинності пропонованого терміна. Отже за традиційною екологією залишиться все те, що належало їй раніше, і, крім того, вона збагачується новими знаннями, позбувається від плутанини слів, понять і самого розуміння «що є що».

*Об’єктом, дослідження неоекології є антропосфера* – унікальна й найбільш складна із всіх сфер, у межах якої взаємодіють різні рівні організації складної системи «природа – господарство – населення». Сьогодні у різних джерелах різних авторів виділяється більше двох десятків різних сфер. Людина як біологічний вид належить до біосфери, але будучи соціальною істотою, наділеною розумом і озброєною технікою, утворює у її межах більш вузьку самостійну сферу, пов’язану із громадським життям і діяльністю, – антропосферу. Власне антропосфера, або ойкумена, має кілька визначень. Насамперед “антропо” – це складова частина складних слів, що вказує на відношення їх до людини.

Згідно Е. В. Малашевичу (1987), антропосфера – це

- 1) земна сфера, де живе або куди проникає людство;
- 2) частина біосфери, використовувана людиною;
- 3) сфера Землі й найближчого Космосу, найбільшою мірою прямо або побічно видозмінена людиною в минулому або яка буде змінена людьми в найближчому майбутньому.

За К. М. Ситником й ін. (1994), антропосфера – використовувана і видозмінена людьми частина біосфери, антропосфера – сукупність людей як організмів.

За І. І. Дедю (1989), антропосфера – використовувана й видозмінена людьми частина біосфери, слово вживається іноді як синонім ноосфери.

За Н. Ф. Реймерсом (1990), антропосфера: 1) земна сфера, де живе і куди тимчасово проникає (за допомогою супутників і т.д.) людство; 2) сфера Землі й ближнього Космосу, що найбільшою мірою прямо або побічно змінена людиною в минулому або буде ще більше змінена людьми в майбутньому; 3) використовувана людьми частина біосфери.

В. Ю. Некос під антропосферою розуміє використовувану й видозмінену людьми частину біосфери, місце, де постійно здійснюється життєдіяльність живої речовини планети й куди вони проникають тимчасово. Це визначення, відрізняється від інших тим, що в ньому не ототожнюється поняття антропосфери й соціосфери. Наприклад, в “Великому енциклопедичному словнику”, сказано, що “антропосфера – складова частина соціосфери, що охоплює людство як сукупність індивідів”. “Соціосфера – позначення людського суспільства, а також освоєного людиною природного середовища, у сукупності складових частин географічної оболонки”. З наведеного визначення видно, що в сполученні антропосфера й соціосфера є вже об'єктом географії, а не екології.

За Е. М. Кондратюком, Г. І. Хархотою, соціосфера – новий синонім антропосфери.

За К. М. Ситником й ін. (1994), соціосфера – сфера суцільної виробничої діяльності, охоплена людською працею.

Н. Ф. Реймерс (1990) також пише, що антропосфера - синонім соціосфери. В “Географічному енциклопедичному словнику” пояснюється, що антропосфера – складова частина соціосфери, що охоплює людство як сукупність організмів. Соціосфера – частина географічної оболонки, що включає у свій склад людство із властивими йому на даному етапі розвитку виробничими відносинами, а також освоєну людиною частину природного середовища.

На відміну від наведених вище авторів В. Ю. Некос вважає, що антропосфера й соціосфера – синоніми. Більше того, соціосфера – сфера суцільної виробничої діяльності, є частиною антропосфери, а не навпаки, як це трактується в багатьох джерелах. Як і інші “сфери”, антропосфера має свої особливі функції та специфічні риси.

*Предметом дослідження неоекології є закони, закономірності, правила розвитку й функціонування антропосфери й біосфери, пошук оптимальних форм внутрішньої взаємодії, що забезпечує екологічно безпечну життєдіяльність всіх складових. Пріоритетне положення в неоекологічних дослідженнях займає вивчення й прогноз забруднення навколишнього середовища й, насамперед, закономірності поведіння поллютантів у різних середовищах, зміна ступеня їхньої небезпеки для живої речовини при функціонуванні, формування нового стилю мислення в процесі безперервної екологічної освіти й виховання населення всіх вікових рівнів.*

*Центральним методом досліджень* в неоекології виступає системний підхід, що розглядається в науці як конкретне теоретичне вираження матеріалістичної діалектики. Найбільш важливе завдання системного підходу - не тільки ефективно рішення традиційних проблем і завдань за допомогою системного аналізу, але й пошук нових, раніше відсутніх в неоекологічних дослідженнях шляхів і способів використання системного аналізу. Вивчення механізмів функціонування, поведіння й трансформації забруднювачів у різних природних середовищах дозволить вийти на рішення проблем прогнозування стану природного середовища, впливу її на здоров'я людини. При вивченні впливу природного й зміненого природного середовища велике значення у використанні системного підходу має вчення про зворотні зв'язки. Оскільки неоекологія сформувалася на фундаменті багатьох, до того ж різнопланових знань, її методичний апарат надзвичайно різноманітний. Тут благодатний ґрунт для інтегрування й трансформації методів природознавства, математики, техніки й інших наук для вдосконалення існуючих і створення нових.

У числі традиційних методів неоекологічних досліджень найбільше широко використовуються такі як спостереження, експеримент, математичне моделювання й прогнозування, властиві також і класичній екології.

**Понятійно-термінологічний апарат неоекології.** Поняття неоекології поєднуються в поняттєво-термінологічні системи, тобто сукупність понять і відповідних їм термінів, взаємозалежних загальними вихідними базовими поняттями, які одержали свій детальний опис завдяки використанню всієї системи. У якості центральних базисних понять у неоекології виступають “жива речовина (матерія)” і “антросфера” (сфера, у якій здійснюється життєдіяльність живого із прямими й зворотними зв'язками). Поняттєво-термінологічна система неоекології побудована на базі систематизації найважливіших понять вихідних наук (насамперед біології й географії) і залучення деяких загальнонаукових понять, без яких неможливе розуміння спеціальних термінів і понять. Все це забезпечує формування наукової мови неоекології. До числа відмінних рис неоекології належать:

- 1) присутність територіальності, тобто пріоритетність у дослідженні територіальних структур, що необов'язково для традиційної екології;
- 2) пояснення й взаємне переплетення вчень про екосистему й геосистему;
- 3) виникнення нових течій і напрямків, не характерних, але вихідних за межі вивчення класичної екології.

Неоекологія, як і будь-яка наука, у своєму розвитку проходить три стадії:

- 1) *дискриптивну (описову)*. На цій стадії формується й функціонує статична неоекологія (інвентаризація, систематизація, класифікація й т.д.);
- 2) *інтерпретивну (пояснення, дослідження динаміки й т.д.)*. Це стадія розвитку динамічної неоекології;
- 3) *конструктивну (розробка оптимальних моделей і рекомендацій керування)*. Це стадія розвитку прогнозної неоекології.

Питання для самоконтролю:

1. Поняття «неоекологія».
2. Хто був початківцем наукового напрямку неоекологія і як розвивався цей напрям?
3. Що таке антропосфера і які визначення їй надавали різні вчені?
4. Відмінні риси неоекології.
5. Які стадії у своєму розвитку проходить неоекологія?

### **1.15 Структура неоекології. Система неоекологічних наук (сімейства, комплекси, розділи, напрямки)**

**Загальна структура неоекології.** Виникнення неоекології не випадкове, а обумовлене нагальною потребою інтегрувати розрізнені знання про взаємини природи й суспільства, що загрожують самому існуванню першого й другого. Саме це спричиняє досить складну структуру науки, що формується на базі багатьох, до того ж різнопланових знань.

Сьогодні всередині неоекології виділяється дві основні галузі, два взаємозалежних напрямки:

- *фундаментальний (природничо-науковий);*
- *галузевий (науково-технічний).*

Фундаментальна галузь неоекології тяжіє до природничих наук, (а за деякими джерелами і до гуманітарних), а галузева – до технічних.

Об'єднуючим початком, ядром цієї багатокomпонентної науки є специфічний неоекологічний компонент, що сформувався на теоретичних, методологічних і методичних основах біологічного й географічного компонентів. Таким чином, це зовсім новий компонент, не властивий традиційній екології, що утворився на стику наук. Такими ж не характерними для екології, але невід'ємними складовими неоекології є хімічний, соціальний, правознавчий і інші компоненти. Цілком очевидним є й те, що зовсім іншу функціональну роль, ніж в екології, виконують такі компоненти як аквальний, агрономічний, педономічний.

Компоненти неоекології визначають і структуру неоекологічних наук, її сімейства, комплекси, розділи, напрямки.

**Система неоекологічних наук.** Під *системою неоекологічних наук* розуміється сполучення різних екологічно спрямованих наукових дисциплін зі своїми особливими функціями, але разом з тим об'єднаних загальною екологічною функцією. Система неоекологічних наук поділяється на ряд сімейств, серед яких найбільш чітко виділяється сімейство природознавчих неоекологічних дисциплін, сімейство екологічно спрямованих технічних дисциплін і сімейство екологічно спрямованих гуманітарних дисциплін. Відповідно в такий же спосіб виділяються комплекси, розділи, напрямки в системі неоекологічних наук.

Серед *сімейства природознавчих неоекологічних дисциплін* можна виділити комплекс наук про Землю, який включає “Екологічну геологію з основами

екологічної геоморфології”, “Педоекологію”, “Екологічну метеорологію і кліматологію”, “Геоекологію”, “Ландшафтну екологію”, “Ерозіознавство”, та ін. Так само до сімейства природознавчих неоекологічних дисциплін можна віднести комплекс наук про життя, основу якого формують біологія та хімія, – “Основи традиційної екології”, “Біоекологія”, “Екосистемологія”, “Хімічна екологія”, “Агроєкологія”, “Гідроєкологія” та ін.

До сімейства екологічно спрямованих технічних дисциплін можна віднести комплекс наук про технічні системи, зокрема “Техноекологію”, “Інженерну екологію”, “Фізичну екологію”. Так само сюди ж можна віднести комплекс наук про технічні (штучні) середовища, зокрема “Урбоекологію”, “Космоекологію”, “Ландшафтний дизайн” та ін. Окреме місце у сімействі екологічно спрямованих технічних дисциплін займає комплекс моніторингових дисциплін, до якого слід віднести “Загальний моніторинг”, “Моніторинг атмосферного повітря”, “Моніторинг ґрунтів”, “Моніторинг вод”, “Екологічну експертизу”.

Відповідно сімейство екологічно спрямованих гуманітарних дисциплін включатиме комплекси наук суспільного, соціального спрямування. Зокрема, комплекс наук екологічного менеджменту – “Нормування антропогенного навантаження на природне середовище”, “Організація управління екологічною діяльністю”, “Екологічне право”, “Заповідна справа” та ін. Тут як підкомплекс може виступати сполучення наук про природні ресурси і економіку природокористування – “Основи збалансованого природокористування та ресурсознавства”, “Економіка природокористування” та ін.

Далі, комплекс соціоекологічних дисциплін – “Екологія людини”, “БЖД”, “Охорона праці”, “Екологічна демографія”, “Екологія виробничої сфери”, “Екологія невиробничої сфери”.

Далі, комплекс прикладних екологічних дисциплін – “Основи екологічного підприємництва”, “Екологічний туризм”, “Екологічна безпека продуктів харчування”.

Таким чином, всі неоекологічні дисципліни зайняті пізнанням закономірностей розвитку й функціонування антропосфери, взаємин і взаємозв'язків живого між собою і з навколишнім середовищем, тобто, маючи загальний об'єкт дослідження, кожна дисципліна із сімейства, комплексу вивчає свій власний компонент, аспект. При цьому кожна приватна неоекологічна дисципліна відповідає всім критеріям, у тому числі й основному: об'єкт кожної приватної неоекологічної науки вивчається не ізольовано, а у взаємозв'язку й взаємозалежності з об'єктами інших часток неоекологічних дисциплін.

*Напрямки в системі неоекологічних наук.* Напрямки у будь-якій науці виділяються відповідно до дій дослідника по відношенню до предмета і об'єкта науки. В середині неоекології виділяється два взаємозалежних напрямки - фундаментальний (переважно природничонауковий) і галузевий (науково-технічний). Фундаментальний напрямок неоекології охоплює методологічні підвалини як природничих, так і гуманітарних наук, а головною сферою його інтересів є предмет екології, його розвиток і зміна у часі. Головною задачею фундаментального напрямку неоекологічних досліджень була і залишається задача

коректної постановки і остаточного вирішення екологічної проблеми. Взагалі ця задача складна, і майже нерозрішувана, тому актуальність фундаментальних неоекологічних досліджень буде лише зростати.

*Галузевий же напрямок* тяжіє переважно до технічних, прикладних наук. Сьогодні ці науки більшу увагу приділяють усьому різноманіттю об'єктів екологічних досліджень, зберігаючи наукові традиції класичної екології і відповідаючи при цьому на головне запитання – як, яким чином об'єкти взаємодіють між собою. Зокрема – галузь господарства-довкілля; організм – середовище та ін. В середині прикладного напрямку неоекологічних досліджень чітко виділяється інженерно-технічний (інструментальний), який охоплює весь комплекс моніторингових досліджень з залученням дослідницьких методик переважно природничих наук – біології, хімії, фізики, географії.

Проте, поділ на фундаментальні і прикладні науки в середині неоекології досить умовний. Усе різноманіття екологічних і неоекологічних наук залежно від вирішуваних задач може бути віднесене як до фундаментальних, так і до прикладних. Зокрема в межах техноекології можлива постановка фундаментальної екологічної проблеми – розробка та перехід на альтернативні джерела енергії, так само як і вирішення приватних техноекологічних питань – підвищення ККД існуючих енергоперетворюючих пристроїв. Так само в межах соціоекології до фундаментальних можна віднести дослідження екологічних рис виду *Homo Sapiens*, а до прикладних – розробку соціальних та культурологічних моделей екологічно-толерантної поведінки цього виду.

Якщо ж умовно розбити усі науки на ті, які просто ставлять екологічну проблему і ті, що намагаються її практично вирішити виникає значний методологічний парадокс. Так, більш практичне забарвлення мають економіка (розробляє економічні механізми раціонального природокористування), географія (за самою назвою “конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів”), правознавство (юридично регулює екологічні відносини), техногенна безпека (намагається упередити прояви екологічних криз). Біологічні ж науки за старою геккелівською традицією продовжують ділити світ на “об'єкти дослідження”.

*Розділи в системі неоекологічних наук.* Виділяються відповідно до розміру і ступеня просторового охоплення об'єктів, а також еволюційної логіки розвитку предмету екологічних наук. При цьому з наукознавчої точки зору такі розділи повинні формуватись згідно загальної логіки не лише науки і природознавства, а й згідно поточних задач і проблем, вирішуваних людським суспільством.

В зв'язку з цим можна побудувати логічний ряд “Екологія – неоекологія – неоекологія”. Так, сучасна неоекологія логічно вийшла з екології. Сучасний же етап її розвитку пов'язаний з зародженням і поступовим розвитком кардинально нового за методологічними рисами наукового напрямку – ноосферології (ноосферної екології, неоекології). Власне розділи в неоекології доцільно виділяти відповідно до глибини вирішення і коректності постановки глобальної екологічної проблеми.

Ще В. І. Вернадський вказував, що справжні вчені повинні спеціалізуватися не за науками, а за проблемами. Може саме з-за того, що вчені продовжують спеціалізуватись “за науками” екологічна проблема не те що і досі не вирішена, а й весь час загострюється. І може саме тому науковий геній В. І. Вернадського і по сьогодні залишається взірцем для усіх екологів, що прагнуть остаточно вирішити глобальну екологічну проблему. Незважаючи на значні і, здавалось би, беззаперечні перемоги біосфероцентризму (Горшков, 1995, Данилов-Данильян, 1995, Лісовський, 2000), ще й досі досить популярною є думка про те, що техносфера є чимось стороннім по відношенню до біосфери і що людина майже “відірвалась” від біосфери штучно підтримуючі міста (урбоєкосистеми), сільськогосподарські угіддя (агроєкосистеми), комунікації (інфраєкосистеми).

Таким чином, маємо два полюси у методологічних підходах до постановки і вирішення екологічної проблеми:

1. *Мінімалістський*, що передбачає подальше слідування біологізаторському напрямку в екології, а, отже, лише постановку із запереченням практичного вирішення екологічної проблеми.

2. *Максималістський*, представники якого припускають створення штучного середовища мешкання людини (техносфери) і вважають, що загострення екологічної проблеми є злого, але цивілізаційною необхідністю.

Між цими полюсами є дуже багато різних підходів і думок (від “Кінця історії...” Френсіса Фукуями до “Анастасії” Володимира Мегре). Зважаючи на інтенсифікацію останніми роками теоретичних і методологічних досліджень проблем ноосфери, ноосферології, ноосферного розвитку та інших похідних від ноосфери проблем (Багров, 2002, 2008, Моисеев, 1999, Олейников, Оносов, Соцько, 1997-2007), пов’язаних багато в чому з відродженням наукової спадщини С. А. Подолинського та В. І. Вернадського, сьогодні вже доцільно говорити про ноосферні екосистеми як головні об’єкти сучасної екології, а їх динаміку розглядати як головний її предмет. Але в такому разі своєчасною буде і модифікація її назви – з неоекології (тобто, новітньої) у неоекологію (тобто ноосферну).

Існують і інші класифікації. Одна з них – розподіл науки на аналітичні (галузеві), синтетичні й методичні дисципліни. Відповідно до цього підходу (наприклад, нова класифікація соціальної географії по М. Д. Пистуну, 1996) неоекологія поділяється в такий спосіб: синтетичні (галузеві) неоекологічні дисципліни – екологія повітря, екологія ґрунтів, екологія ландшафтів і т.д.; аналітичні – основи неоекології, екологія людини, екологія України, експертиза навколишнього середовища й т.д.; методичні – методика викладання неоекології в загальноосвітній школі, методика викладання неоекології у вищій школі, методика масової екологічної освіти й виховання й т.д.

Відповідно до вищевикладеного необхідно дати остаточне *визначення поняття неоекологія*, під якою розуміється – комплекс (сімейство) наук, що вивчають розвиток, функціонування й прогнозування розвитку антропосфери, що розробляють можливості керування взаєминами й зв’язками в системі “природа – суспільство” з метою їхньої гармонізації й забезпечення екологічно безпечного співіснування.



Теоретична, методологічна й практична значимість вивчення об'єкта неоекології підкреслюється тим, що (за Л. О. Карпачевським, 1995) сьогодні третину суші земної кулі можна віднести до антропосфери. Таким чином, введення нової науки дозволить відновити права традиційної екології, ліквідувати плутанину слів, понять і поставити все на свої місця.

Згідно з початківцем неоекологічного вчення В. Ю. Некосом вона поділяється на три сімейства дисциплін – аналітичні, синтетичні, методичні.

Питання для самоконтролю:

1. Яку структуру має неоекологія?
2. Які сімейства та комплекси неоекологічних дисциплін ви знаєте?
3. Аналітичні, синтетичні, методичні дисципліни.
4. Які існують полюси у методологічних підходах до постановки і вирішення екологічної проблеми?

### **1.16 Глобальні проблеми неоекології. Першочергові екологічні проблеми в документах ООН**

**Глобальні неоекологічні проблеми.** Огляд глобальних екологічних проблем починаючи з 80-х років робить World Watch Institute – дослідницька організація, що існує з 1974 року. Творець Інституту Лестер Браун ставив його метою інформувати провідних політиків і все населення про світові тенденції розвитку й виникаючих проблем, а також про взаємозв'язок між економікою й навколишнім середовищем.

*Проблеми народонаселення і здоров'я.* У 90-х роках населення земної кулі щосекунди збільшувалось на три чоловіки, тобто на 90 млн. у рік. В останньому десятилітті ХХ століття відбувся найвищий рівень приросту за всю історію. Найбільш важливими складовими цієї проблеми є здоров'я й матеріальна забезпеченість. Таким чином, соціальні проблеми переплітаються з екологічними. Трагічний результат бідності – дитяча смертність. З кожних десяти дітей один-два вмирають. Близько 10 млн. дітей недоїдають і ще 200 млн. харчуються неповноцінно.

В 1990-х роках 57,4 % людей проживали в селах, на фермах і житлах пастухів. У країнах, що розвиваються, щорічно в міста переселяються більше 80 млн. чоловік. У містах в одній кімнаті живе в середньому 2,4 чоловік. У 244 млн. чоловік (18 % міського населення) немає доброякісної води.

За період з 2000 по 2010 р. на одного жителя планети ділянка оброблюваної землі знизиться з 0,23 га до 0,15 га, але мінімальні норми харчування вимагають, щоб на одну людину припадало принаймні 0,6 га оброблюваної землі. Зараз традиційне землеробство може прокормити менше половини населення планети. На зрошення витрачається близько 2700 км<sup>3</sup> води в рік, майже 70 % прісної води, споживаної у світі.

*Проблеми води.* Відомо, що 94 % води на планеті солоні, а із 6 % тієї, що залишилися, більша частина перебуває глибоко під землею або в льодовиках. Людство може розраховувати на 9000 км<sup>3</sup> прісної води на рік. 69 % використаної людиною води, витрачається в сільському господарстві (головним чином на зрошення), 23 % – у промисловості, а на побутові потреби йде лише 8 %. Головна причина нестачі води – марнотратність.

Гострою проблемою є також *забруднення вод*. У розвинених країнах основний забруднювач – промисловість і сільське господарство. Рівень вмісту нітратів у ріках Європи, у середньому в 45 разів вище, ніж у чистих ріках. Вміст пестицидів і фосфатів у ріках Танзанії, Колумбії й Малайзії вище, ніж у Європі. Дефіцит води породив бум у будівництві гребель. В 1956-1986 р. споруджено приблизно 36 тис. великих (висотою більше 15 м) гребель і половина з них – у Китаї. Води в них зараз 3500 км<sup>3</sup>, що дорівнює приблизно половині її глобального споживання. Проте, річок для спорудження гребель, на жаль, не вистачає. Першочерговим завданням є боротьба за чисту воду. За останні роки укладено багато міжнародних угод по зменшенню викидів нафтопродуктів із суден.

*Проблеми повітря.* Проблема очищення повітря в промислово розвинених країнах частково вирішується, але тих державах, що розвиваються, вона загострюється. Пам'ятники архітектури (Акрополь в Афінах, Колізей у Римі й т.д.) стояли тисячі років, а в ХХ сторіччі почали руйнуватися через забруднення повітря. Найбільш шкідливі оксиди сірки (викиди промислових підприємств і електростанцій), оксиди азоту (електростанції, промислові підприємства, автомобілі) і оксиди вуглецю. Автомобільні гази, сажа, пил об'єднані загальною назвою – грубодисперсні домішки. Вони є скрізь, де спалюють паливо – в 27 містах, на межі припустимого – в 11 містах (Лондоні, Нью-Йорку, Гонконгу) і неприпустимим в 16 містах (Ріо-де-Жанейро, Парижі, Мадриді). Рівні пилу й сажі виявилися припустимими у восьми містах, граничними – у десятих (Торонто, Сідней) і неприпустимими – в 23 містах (Банкок, Тегеран, Ріо-де-Жанейро й ін.). Майже 900 млн. жителів міст знаходяться під шкідливим впливом сірчистого газу й більше 1 млрд. страждають від забруднення повітря пилом і сажою. За останні 20 років в атмосфері виявлено 261 органічна речовина, а також мікрокількості кадмію, міді, ртуті й цинку. Збільшується кількість забруднювачів у приміщеннях. У квартирах спостерігаються високі концентрації радону, азбесту, тютюнового диму, грибків, цвілі й спор. Тут більше, ніж на відкритому повітрі, сажі, пилу, оксидів азоту й вуглецю.

Серйозною проблемою стали й *кислотні дощі*. Кислотність дощової води в Північній Америці і Європі часто в 10 разів перевищує норму. У тисячах озер Канади, Скандинавії, Шотландії й США загинула риба. Тепер це нещастя захопило Бразилію, Китай, Індію, Ямаїку, Венесуелу й Замбію.

*Проблеми землекористування й лісів.* В 1973-1988 р. площа оброблюваних земель збільшилася тільки на 4 %, площа пасовищ майже не змінилася, а лісів скоротилася на 3,5 %. Більше 25000 млн. т ґрунту щорічно виноситься з оброблюваних земель, незалежно від природної ерозії. У США ерозії піддається 44 % орних земель, Сальвадорі – 77, Непалі 38 % полів покинуто через дегра-

дацію ґрунтів. 15 % всієї суші світу вже деградувало через втручання людини; 5,7 % постраждало від збитків, нанесених водною ерозією; 28 % – від вітрової, 12,1 % – хімічної деградації (наприклад, засолення при неправильному зрошенні) і 4,2 % земель зруйновано безпосереднім фізичним впливом. Причинами деградації служать постійний випас худоби (34,5 %), зведення лісів (29,5 %), розорювання (28,1 %), надлишкове навантаження (7%).

Загибель лісів планети порівнянна зі скороченням площі оброблюваної землі. Щорічна вирубка, складає 16,8 млн. га, породжує екологічних біженців. Від наявності деревини залежить життєзабезпечення близько 2 млрд. людей, з яких 1,3 млрд. витрачає її швидше, ніж виростає діловий ліс. Зараз запаси деревини становлять 31 млрд. м<sup>3</sup>, а її щорічний приріст – 6 млрд. м<sup>3</sup>. Однак більша частина приросту припадає на малодоступні райони Аляски, Канади, Сибіру. Зате в Південно-Східній Азії, Латинській Америці лісів катастрофічно не вистачає. За прогнозами через 20 років буде недостача пиломатеріалів в усьому світі.

Росте прагнення до збереження біологічного різноманіття. Охоронювані території зараз займають 5 % земної поверхні. В 1980 р. міжнародний союз охорони природи й природних ресурсів (МСОП), ЮНЕП і міжнародний фонд аматорів диких тварин почали Всесвітню кампанію по охороні природи, боротьбу за збереження екосистем і біологічного різноманіття. Зараз це стало стратегією більш ніж 50 країн світу.

*Проблеми промисловості, енергії і відходів.* Промисловість усюди створює екологічні проблеми. Вона споживає 37% світової енергії, дає 50% загальних викидів діоксиду вуглецю, 90% оксиду сірки й усього того, що вражає озоновий шар. Щороку в промисловому виробництві утворюється 2100 млн. т твердих відходів і 338 млн. т потенційно небезпечних забруднень. У країнах, що розвиваються, невеликі підприємства взагалі не контролюються, тоді як там вони переважають.

Вже сьогодні, на початку ХХІ століття у світі нагромадилося 1 млн. м<sup>3</sup> високорадіоактивних відходів. До того ж виникає необхідність ліквідації старих АЕС.

Певний внесок у рішення розглянутої проблеми вносить заміна одних матеріалів іншими, наприклад, замість сталі почали використовувати алюміній. Маса автомобілів знизилася на 25 %. Скловолокно витісняє мідь, а супутник зв'язку масою 250 кг виконує функції трансконтинентального кабелю масою 150 тис. т.

Серед інших глобальних проблем, яким приділялась увага у 90-х роках виділялись:

- проблеми транспорту і туризму;
- проблеми повеней, ураганів, посух, антропогенних аварій;
- проблеми війни і миру;
- проблеми озону і потепління клімату.

Головні виклики, що постали перед глобальною цивілізацією на початку нового століття, – це стабілізація клімату і чисельності населення. Успіх на цих двох фронтах зробив би інші завдання, такі як відновлення вирубаних лісів на

Землі, стабілізація рівнів підземних вод, збереження різноманітності видів рослин і тварин, значно більш реальними для виконання. Якщо людство не зможе стабілізувати клімат, не зможе забезпечити стабільність населення, то не знайдеться жодної екосистеми на Землі, яку можливо було би врятувати. Якщо країни, що розвиваються, не зуміють невдовзі стабілізувати своє населення, багато з них постануть перед перспективою повної загибелі екосистем.

Збереження клімату означає перехід від енергетики, що базується на викопному паливі (чи на вуглеці), до альтернативних джерел енергії. Ядерна енергія, що колись вважалася альтернативною викопним видам палива, програла на кількох фронтах. Протягом кількох наступних років очікується, що закриття застарілих атомних станцій перевищить введення в експлуатацію нових, які ще будуються, тим самим буде розпочато етап повного припинення використання атомної енергетики. Електрика від джерела енергії, що колись описувалося як “занадто дешева, щоб міряти”, тепер стала надто витратною, щоб її використовувати. Питання вже навіть не в тому, чи економічно будувати атомні станції, але – враховуючи високі експлуатаційні витрати – в тому, чи є економічний сенс у багатьох випадках продовжувати використання вже збудованих.

Єдиною економічно обґрунтованою альтернативною є сонячна, базована на водні енергетика, яка використовує різноманітні джерела енергії, одержаної від Сонця, такі як гідроенергія, вітроенергія, деревина чи пряме сонячне проміння. Перехід до сонячно-водневої енергетики вже розпочався, як видно із тенденцій в енергокористуванні з 1990 до 1998 рік. Спалювання вугілля, наприклад, взагалі не збільшилося за цей період. Тим часом використання вітрової енергетики та фотовольтних елементів – двох клімато-зберігаючих джерел – розширювалося, відповідно, на 22 % й 16 % щороку. Та перехід відбувається недостатньо швидко, щоб уникнути руйнівних змін клімату.

Світові запаси вітроенергії можуть бути описані тільки як величезні. Сьогодні світ одержує понад п'яту частину всієї електрики від гідроенергії, але це – дрібниця у порівнянні з запасами вітрової. Наприклад, Китай, багатий на вітроенергію, міг би подвоїти виробництво електроенергії тільки за рахунок самого вітру. Міністерство енергетики США в реєстрі вітрових ресурсів вказує, що три штати – Північна Дакота, Південна Дакота й Техас – мають досить придатної для використання вітроенергії, щоб забезпечити всю національну потребу в електроенергії.

Зважаючи на те, що вартість виробництва електроенергії вітровими станціями падала з \$ 2600/Квт у 1980 до \$ 800/Квт у 1998 році, вітрова енергетика скоро стане одним з найдешевших у світі джерел енергії, збиваючи у деяких місцях ціну на вугілля, традиційно найдешевше джерело. Як тільки дешева електрика від сонячних джерел стане доступною, її можна буде використовувати для електролізу води й видобутку водню – ідеального засобу як для зберігання, так і для транспортування сонячної енергії.

У Японії функціонують майже 7000 дахових (“roof-top”) сонячних систем. Royal Dutch Shell та Pilkington Solar International спільно будують в Німеччині

найбільше у світі виробництво з виготовлення сонячних батарей. Італія приєдналася до цієї ініціативи з метою будівництва 10'000 сонячних дахів.

Тоді як використання вітрової та сонячної енергії стрімко збільшується, зростання споживання нафти в усьому світі уповільнюється до менш ніж 2 % на рік. Проте, спалювання природного газу, найчистішого виду викопного палива, зростає щороку на 2 %. Дедалі більше його вважають перехідним паливом, частиною мосту від вуглецевої до сонячно-водневої енергетики.

Завдання полягає в тому, щоб перетворити малий позитивний приріст використання викопних видів палива на від'ємний приріст, з поступовим зменшенням їх використання, й різко посилити зростання в секторі вітроенергетики і сонячних батарей. Оскільки вітроенергетика почала з досить малої бази і оскільки нагальність стабілізації клімату стрімко зростає, вітроенергетика повинна щороку зростати не на десятки, а на сотні відсотків. Якщо коралові рифи вимирають і якщо крижана шапка Антарктиди почала руйнуватися через те, що температура на поверхні Землі підвищується, мабуть, потужності вітроенергетики повинні щороку подвоюватися.

Тоді як збереження клімату є головним чином питанням інвестицій у нові джерела енергії, стабілізація населення є питанням зміни репродуктивної поведінки. Фактично вся промислова Європа від Великобританії до Росії, плюс Японія та Канада, всього 32 країни, досягли стабілізації чисельності свого населення. Народжуваність і смертність істотно збалансовані, як те й має бути у сталому суспільстві. Ця група країн має близько 15 % світового населення. Інша, значно більша група країн досягла рівня народжуваності 2,1 дитини на сім'ю, але це не перетвориться негайно на стабілізацію чисельності населення, бо непропорційно велика кількість молодих людей досягає нині репродуктивного віку. Ця група, на яку припадає 40 % світового населення, включає дві з числа найбільш населених країн: Китай і США. У кожній з них населення зростає щороку трохи менш ніж на 1 %.

Ключем до потрібних змін у репродуктивній поведінці є інформація, що допоможе людям зрозуміти наслідки, які настануть, якщо не буде швидкого переходу до менших родин. Мало хто свідомо хоче, щоб його дітей чи онуків було позбавлено належного водопостачання чи освіти тому, що він сам мав забагато дітей. Отже, інформація – життєво важлива. Уряди можуть поширювати цю інформацію через оцінку національних природних ресурсів та існуючих можливостей – дослідження, що визначають, скільки людей можуть утримати наявні посівні площі, ресурси води, пасовищ і лісів. Це також включає вибір між чисельністю населення і рівнем споживання. Розрахунок природних можливостей та припустимого навантаження забезпечить інформацію, потрібну для цього вибору.

У стабілізації клімату й населення важливо зайняти чільну позицію. Прикладів цього багато в обох ініціативах. Наприклад, Данія просто заборонила будівництво вугільних електростанцій. Тимчасом вона ухвалила кілька економічних стимулів для інвестування у вітроенергетику, що забезпечило створення найбільшої у світі промисловості з виробництва вітротурбін. Як наслідок, у

1998 році вітротурбіни датської конструкції склали половину всіх встановлених у світі вітряків. Хоча її навряд чи можна назвати провідною промисловою країною, Данія вже захопила чільну позицію у цій новій швидко зростаючій галузі.

**Природоохоронні конвенції.** Діяльність природоохоронних конвенцій спрямована на покращення стану природного середовища, зміцнення інституціональних можливостей систем управління у цій сфері, запровадження ефективною системи контролю за використанням природних ресурсів та охорони навколишнього середовища, збільшення ефективності фінансування природоохоронних програм, а також забезпечення фінансування систем моніторингу стану довкілля.

По лінії *Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП)* у м. Женеві розташовані Секретаріати наступних природоохоронних конвенцій:

- Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням від 22 березня 1989р.;

- Роттердамська конвенція про процедуру попередньої обґрунтованої згоди відносно окремих небезпечних хімічних речовин та пестицидів у міжнародній торгівлі від 10 вересня 1998р.;

- Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі від 22 травня 2001р.;

- Вашингтонська конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення 3 березня 1973р.

По лінії *Управління з питань навколишнього середовища, житла та землекористування Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН* у м. Женеві розташовані Секретаріати таких природоохоронних конвенцій:

- Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті від 25 лютого 1991 р.;

- Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані від 9 листопада 1979 р.;

- Конвенція з охорони та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер від 17 березня 1992 р.;

- Конвенція про транскордонний вплив промислових аварій від 17 березня 1992 р.;

- Орхуська конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля від 25 червня 1998 р.

**Першочергові екологічні проблеми в документах міжнародних організацій.** Зусилля Комітету з екологічної політики (КЕП) ЄЕК ООН зосереджуються на питаннях моніторингу довкілля країнами-членами, підтримці законодавчого забезпечення екологічної політики, розвитку міжсекторіального співробітництва та забезпечення врахування екологічних пріоритетів у діяльності ключових галузей економіки країн.

Пріоритетними напрямками діяльності КЕП ЄЕК ООН є наступні:

- участь у процесі “Навколишнє середовище для Європи”;

- розробка та здійснення обзорів результативності екологічної діяльності в країнах Центральної та Східної Європи;

- підвищення ефективності природоохоронних конвенцій та обмін досвідом з питань імплементації їх положень у національне законодавство.

Вагомою подією 14-го засідання КЕП ЄЕК ООН стало ознайомлення з Другим оглядом результативності екологічної діяльності в Україні, яким визначаються рекомендації компетентним органам виконавчої влади з питань охорони довкілля, раціонального використання, відтворення та охорони природних ресурсів.

Практичним завданням дипломатичної установи по лінії природоохоронних конвенцій, які розташовуються у м. Женеві, є забезпечення дипломатичного супроводження українського проекту відновлення глибоководного суднового ходу (ГСХ) р. Дунай-Чорне море та внесення на розгляд керівництва держави конкретних пропозицій щодо реагування на звіт Міжнародної комісії із запиту (МКЗ), створеної відповідно до положень Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті від 25 лютого 1991р.

Головним підсумком 15-го засідання Комітету з впровадження Конвенції Еспоо у жовтні 2008 р. стало прийняття Комітетом остаточного рішення щодо зняття попередження Уряду України у рамках реалізації проекту ГСХ р. Дунай-Чорне море. Прийняттю зазначеного рішення передувало комплексне виконання Україною вимог Рішення IV/2 та послідовне проведення Постпредством роз'яснювальної роботи серед причетних секретаріатів природоохоронних конвенцій.

Серед найбільш важливих і першочергових проблем сучасності ООН виділила наступні: проблеми народонаселення й здоров'я; проблеми життя й харчування; проблеми води; проблеми повітря; проблеми землекористування й лісів; проблеми промисловості, енергетики й відходів; проблеми транспорту й туризму; проблеми повеней, ураганів, посух, антропогенних аварій; проблеми війни й миру; проблеми озону й зміни клімату; проблеми кислотних дощів і ін.

Як бачимо, практично всі проблеми, висунуті ООН, є проблемами не традиційної екології, а неоекології. Це не означає, що чисто екологічні проблеми не порушені на порядку денному ООН. Вони є (наприклад, збереження біорізноманіття й інші).

#### Питання для самоконтролю:

1. Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП).
2. Управління з питань навколишнього середовища, житла та землекористування Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН.
3. На яких питаннях зосереджується Комітет з екологічної політики (КЕП) ЄЕК ООН.
4. 90-ті роки: проблеми народонаселення і здоров'я; проблеми води; проблеми повітря; проблеми землекористування й лісів.
5. 2000-ні роки: як стабілізувати клімат?

### **1.17 Пріоритетні проблеми, висунуті на V Всеєвропейській конференції міністрів охорони природи Європи в 2003 р. в м. Києві**

Україна бере активну участь у міжнародному співробітництві в галузі охорони довкілля, наприклад, шляхом підготовки та проведення в м. Києві у травні 2003 р. 5-ї Всеєвропейської конференції міністрів охорони навколишнього середовища “Довкілля для Європи”. Цей форум мав особливе значення для розвитку міжнародного співробітництва та розв'язання актуальних екологічних проблем в Україні. До нього наша країна спеціально підготувала “Національну доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства в навколишньому природному середовищі”.

Україна здійснює міжнародне співробітництво з охорони спеціальних природних об'єктів:

- Світового океану;
- навколишнього середовища від радіоактивного забруднення;
- навколишнього середовища у космосі;
- тваринного світу;
- рослинного світу;
- біологічного різноманіття;
- природних ресурсів Антарктики .

Міжнародне співробітництво у сфері охорони довкілля диференціюють і таким чином:

- загальні питання;
- охорона атмосферного повітря, озонового шару та зміна клімату;
- охорона вод;
- охорона біорізноманіття;
- ядерна та радіаційна безпека.

Об'єктом міжнародного співробітництва у сфері екології є не навколишнє природне середовище, що перебуває під національною юрисдикцією, а міжнародно-правовий природний простір, що оточує природне середовище Землі в цілому, глобальна екологічна рівновага.

Міжнародна правова охорона навколишнього природного середовища ґрунтується на певних принципах, вироблених спільними зусиллями держав, міжнародних організацій і конференцій. Вони сформульовані в окремих рішеннях міжнародних організацій, документах конференцій, а також обов'язково викладені в національному законодавстві. В узагальненому вигляді до цих принципів належать: пріоритетність екологічних прав людини; суверенні права держави на природні ресурси в межах її території; вільний обмін міжнародною екологічною інформацією; взаємодопомога держав при надзвичайних обставинах (екологічних катастрофах тощо); неприпустимість екологічного благополуччя однієї держави внаслідок заподіяння екологічної шкоди іншій таїн.

Співробітництво в галузі охорони довкілля здійснюється на міжурядовому рівні або на рівні міністерств, відомств.



У міжнародному співробітництві з охорони навколишнього середовища наша держава посідає одне з вагомих місць. Будучи членом ООН, Україна є суверенною стороною 18 міжнародних угод з питань екології, бере участь у 20 міжнародних конвенціях, а також понад 10 двосторонніх угодах, виконує міжнародні зобов'язання з охорони навколишнього середовища. Українська держава з перших днів незалежності активно співпрацює у міжнародних природоохоронних заходах та реалізації екологічних програм і проектів.

Міжнародне співробітництво у галузі охорони навколишнього природного середовища посідає одне з важливих місць у зовнішньополітичному курсі України. Україна підписала 44 двосторонні міжнародні угоди і договори, насамперед із сусідами Білоруссю, Грузією, Молдовою, Росією, Словаччиною та Польщею. Меморандуми про взаємопорозуміння щодо співробітництва в галузі охорони довкілля підписані з Австрією і Фінляндією. Угода про співробітництво в галузі охорони довкілля укладена урядом України з урядом Ізраїлю; про співробітництво в галузі ядерної безпеки і захисту від радіації – з урядами Фінляндії, Австрії та Росії. Динамічно розвивається співробітництво в галузі охорони довкілля, національних парків і біорізноманіття, раціонального використання природних ресурсів, управління водними ресурсами, токсичними відходами, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи – з Данією, Нідерландами, США.

Міжнародне співробітництво в галузі ядерної та радіаційної безпеки здійснюється Україною з МАГАТЕ і Європейським Союзом у рамках програми TACIS, а також на двосторонній основі – з США, ФРН, Канадою, Швецією та Японією.

Україна підписала Меморандум про співробітництво урядів України та Канади з питань зміни клімату, а також Протокол про співробітництво з питань зміни клімату з Нідерландами і почала впровадження трьох спільних проектів.

Україна є суверенною стороною 26 багатосторонніх міжнародних договорів та 3 протоколів у галузі охорони довкілля. Готується підписання, ратифікації та приєднання ще до 20 міжнародних конвенцій, протоколів і угод. Україна (в особі Міністерства охорони навколишнього природного середовища України) брала активну участь у розробці Орхунської конвенції, Картахенського протоколу про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття 1992 р., Протоколу про воду і здоров'я до Конвенції про охорону і використання транскордонних водотоків і міжнародних озер 1992 р., Протоколу про скорочення викидів азоту, легких органічних сполук, Протоколу про важкі метали до Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані.

Україна є членом провідних міжнародних організацій, діяльність яких пов'язана із вирішенням глобальних чи регіональних проблем, охорони довкілля (ЮНЕП, ЮНЕСКО, ВООЗ та ін.). Україна бере активну участь у діяльності Європейської Економічної Комісії, насамперед, її Комітету з екологічної політики.

З 1995 року Україна, як відомо, є членом Ради Європи – однієї з найвпливовіших організацій, в діяльності яких питання охорони навколишнього сере-

довища займають важливе місце. Вхідження України до європейських політичних і економічних структур є одним із пріоритетних напрямів зовнішньої політики України на сучасному етапі. Програма міжнародного співробітництва з ЄС у галузі охорони довкілля передбачає гармонізацію національного законодавства із законодавством ЄС і, зокрема, підходів до створення системи національних екологічних стандартів, впровадження екологічно чистих технологій, ресурсо- та енергозаощадження, гармонізацію системи аналітичних вимірів і оцінку стану навколишнього середовища.

Україна була активним учасником Всесвітньої зустрічі глав держав та урядів в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) та Йоганнесбурзі (2002 р.), підписала прийняті там програмні документи та реалізує їх на національному рівні.

Важливою подією, що стимулювала розвиток міжнародного права навколишнього середовища на європейському рівні, стало прийняття Програми дій з охорони навколишнього середовища для Центральної і Східної Європи на Конференції міністрів охорони навколишнього середовища (Люцерн, Швейцарія, 28 – 30 квітня 1993 р.). Такі конференції стали традиційними. Вони відбувалися у 1995 році в Софії (Болгарія), у 1998 році – в Орхусі (Данія). У 2003 році в Києві працювала конференція “Довкілля для Європи”, що свідчить про високий міжнародний авторитет України в галузі охорони довкілля.

Україна як член ООН є суверенною стороною багатьох міжнародних природоохоронних угод і разом з іншими країнами світу продовжує активно працювати над завданнями щодо врятування нашої планети від екологічного лиха.

Світовий банк і його складовий Інститут Міжнародний банк реконструкції і розвитку (МБРР) звернувся до фінансування природоохоронних заходів в 1969 р. Тоді ж був створений спеціальний відділ з охорони природи. З того часу банк відіграв важливу роль у цій сфері, а до середини 1990-х років він уже фінансував багато проектів, які мають природоохоронну компоненту з суто природоохоронними цілями: відновлення лісових масивів, управління водними ресурсами, боротьбу з забрудненням.

На верхньому рівні формування інвестиційної політики МБРР визначає пріоритетні проблеми в галузі охорони навколишнього середовища. До них належать: руйнування природного середовища проживання; деградація земель; деградація і вичерпання ресурсів свіжої води; міське, промислове і сільськогосподарське забруднення; глобальні проблеми (скорочення різноманіття біологічних видів, виснаження озонового шару, інші форми змін в атмосфері, які створюють умови для глобального потепління та ін.).

Інтеграція України в систему світового господарства дозволяє сподіватися, що вона попадає в орбіту діяльності МБРР.

**Всесвітній економічний форум (ВЕФ)** – швейцарська неурядова організація, найбільш відома організацією щорічних зустрічей в Давосі. На зустрічі запрошуються провідні керівники бізнесу, політичні лідери, провідні мислителі і журналісти. Предметом обговорення є найбільш гострі світові проблеми, включаючи охорону здоров'я та охорону навколишнього середовища. Так, у 2001 році Україна за сумарними показниками зайняла 69 місце з 80 у рейтингу

конкурентоспроможності світових економік, що публікує Всесвітній економічний форум у рамках щорічного Докладу про конкурентоспроможність.

Індекс екологічної ефективності (ЕРІ від англійського Environmental Performance Index) – це метод кількісної оцінки та порівняльного аналізу показників екологічної політики держав світу. ЕРІ ранжирує країни за результативністю в декількох категоріях, які об'єднуються в дві групи: життєздатність екосистеми і екологічне здоров'я. Індекс публікується раз на два роки.

Центр екологічної політики та права при Єльському університеті спільно з Колумбійським університетом і Всесвітнім економічним форумом розробляв міжнародні індекси екологічної стійкості більше десятиліття. У 2000 році спільними зусиллями був опублікований попередник ЕРІ – Індекс екологічної стійкості. У той час уряди по всьому світу намагалися скоригувати свої політичні курси з урахуванням концепції сталого розвитку. Декларація тисячоліття, прийнята раніше в 2000 році, сформулювала всеосяжне бачення поліпшення якості життя в країнах, що розвиваються.

Індекс екологічної стійкості був першою спробою оцінити країни за кількома критеріями екологічної стійкості, в тому числі запасах природних ресурсів, рівнем забруднення в минулому і сьогодні, заходах захисту навколишнього середовища. Проте дуже велика кількість показників оцінювання і нечітке визначення екологічної стійкості не дозволили індексу екологічної стійкості стати прагматичним інструментом для визначення пріоритетів у політиці. Враховуючи це, команда з Єльського і Колумбійського університетів в 2006 році розробила індекс екологічної ефективності, в якому припинилися спроби виміряти стійкість, а замість цього оцінюється ефективність. ЕРІ зосереджується на поточній політиці та її наслідках. Звіти виходили кожні два роки (у 2008, 2010, 2012).

Методологія індексу була розроблена так, щоб держави могли порівнювати власні успіхи і недоліки з іншими країнами. Порівняння проводилося за 16 показниками (в індексі екологічної стійкості було 76) з шести категорій політики, об'єднаних у дві всеосяжні екологічні групи: 1) зниження навантаження навколишнього середовища на здоров'я людини; 2) забезпечення життєздатності екосистем і розумного використання природних ресурсів.

Питання для самоконтролю:

1. Які напрями міжнародного співробітництва з охорони спеціальних природних об'єктів здійснює Україна?
2. Що є об'єктом міжнародного співробітництва у сфері екології?
3. На якому рівні здійснюється співробітництво в галузі охорони довкілля?
4. Індекс екологічної стійкості.

## 1.18 Основні закони та закономірності в екології та неоекології

**Теоретичні основи сучасної екології.** Головна проблема будь-якої науки полягає в пошуку шляхів переходу від результатів конкретних спостережень, експериментів до узагальнень, законів, закономірностей та ін. При цьому слід розмежовувати приватні і загальні закономірності. Всі системи проходять однакові стадії розвитку (виникнення, становлення, зрілість і перетворення), тому надто важливо знання законів диференціації й інтеграції просторового розширення й кількісного росту, стадійності, ритмічності розвитку й т.д.

Особлива проблема – дія законів, закономірностей при створенні людиною нових систем, при якому неминуче змінюються існуючі системи й значення цих змін може бути непередбачене. Таким чином, ніякі закони й закономірності не є абсолютними. Відкриті сьогодні закони, закономірності та інше не вичерпують усієї розмаїтості реальності, звідси конструктивний пошук, збагачення новими відкриттями, новими поданнями.

Відкриття законів і закономірностей матеріального світу – найважливіше завдання не тільки екології й неоекології, але й науки в цілому. Це один із шаблів пізнання людиною єдності й зв'язків, взаємозалежності й цілісності світового процесу, у тому числі біосфери й антропосфери. Ці поняття становлять особливу групу відносин, визначають розвиток і функціонування об'єктивного матеріального світу. Ці необхідні, стійкі й істотні відносини називають закономірностями. Іноді їх іменують законами, початками, правилами.

*Гіпотезою* називається припущення, зроблене через недолік знань законів природи з метою дедукції з нього наслідків, узгоджених з реальними фактами, здатними служити йому доказом.

*Приблизні узагальнення* – це припущення, що містять твердження або заперечення по відношенню до більшості випадків відомого класу.

*Аналогією* називається висновок про будь-яку властивість речі за подібністю її з декількома властивостями іншої речі, коли між цими властивостями невідомий ніякий зв'язок або причинність.

До законів природи відносять: загальні реальні положення, у яких виражені стійкі, сталі відносини або зв'язки між фактами. Але індуктивне знання законів природи, тобто перехід від приватних спостережень, експериментів до загального, незважаючи на успіхи науки, залишається обмеженим. Щоб перебороти цю обмеженість, доводиться прибігати до інших методів, гіпотез, методів приблизних узагальнень і аналогій.

*Закон* – це внутрішній і необхідний, загальний і істотний зв'язок предметів і явищ об'єктивної дійсності: міцне, що залишається, повторюване, дуже рідко мінливе, ідентичне у визначеному явищі. Закони мислення відбивають закони матеріального буття. Пізнати закон – це значить розкрити ту або іншу сторону сутності досліджуваного предмета, явища.

Закони бувають загальні й приватні. Загальні закони розвитку, руху, властиві природі, суспільству й мисленню, вивчаються діалектичним матеріалізмом; приватні, специфічні закони – приватними науками.

Без розуміння загальних законів важко зрозуміти спеціальні закони. Так логічні закони являють собою відображення в людському мозку об'єктивної закономірності, що існує поза нею і незалежно від її свідомості. Логічні закони зазвичай є вторинними, похідними. Науці відомі чотири логічних закони. Аристотель відкрив три з них: закон тотожності, закон протиріччя, закон виключення третього. Через кілька століть Лейбніц відкрив четвертий закон – закон достатньої підстави.

Якщо в тому або іншому міркуванні не дотриманий один із цих законів, то неможливо правильно побудувати думку, прийти в результаті міркування до вірного висновку. Саме тому виникає необхідність дослідження закономірностей – менш потужних за силою дії проявів об'єктивної реальності, але тих, які формують внутрішню рушійну силу законів.

Основні риси законів та закономірностей наступні:

1. Об'єктивність (відносини проявляються незалежно від волі й свідомості людей).

2. Необхідність (наявність причинно-наслідкових зв'язків, детермінування одних явищ іншими. У результаті причина й наслідок часто міняються місцями).

3. Обов'язковість прояву у історичному аспекті (якщо зберігаються необхідні для закономірності умови: зникають умови – зникає закономірність).

4. Деякі закономірності, що відповідають якості істотності (важливості для науки або практики), іменують законами.

5. Автономність законів і закономірностей, тобто відносна незалежність їх один від іншого. Жоден закон не скасовує інший. Важливо пам'ятати про необхідність точного формулювання змісту закону. Боротьба за точність і конструктивність формулювань законів, так само як і понять, є досить актуальною.

Дослідники відзначають точність, “фундаментальність” формулювань законів і розпливчастість формулювань закономірностей.

На основі пізнання закономірностей розробляються принципи, кожний з яких повинен відбивати об'єктивні сторони дійсності. Ф. Енгельс відзначав: “Принцип – не вихідний пункт дослідження, а його заключний результат... не природа й людство співвідносяться з принципами, а навпаки, принципи вірні лише настільки, наскільки вони відповідають природі й історії”.

Таким чином, формулювання принципу повинне включати й конструктивну частину – указувати шлях його реалізації. Отже принцип (Principium) – головна першооснова, основне положення, вихідний пункт, передумова – будь-якої теорії, концепції

### **Основні закони та закономірності в екології та неоекології.**

*Закони розвитку екосистем.* Історично першим для екології є закон, що встановлює залежність живих систем від факторів, котрі обмежують їхній розвиток (так званих лімітуючих факторів).

*Закон мінімуму Ю. Лібиха:* «речовиною, що є в мінімумі, регулюється врожай і визначається величина та стійкість його в часі». Інше тлумачення згаданого закону: стійкість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі

його екологічних потреб. Згодом до закону Лібіха було внесено уточнення.

Важливим виправленням і доповненням є *закон неоднозначної (селективної) дії фактора на різні функції організму*: будь-який екологічний фактор однаково впливає на функції організму, оптимум для одних процесів, наприклад дихання, не є оптимумом для інших, наприклад травлення, і навпаки. Якщо кількість та якість екологічних факторів близькі до мінімуму, необхідного для організму, він виживає, якщо менші за цей мінімум, організм гине, екосистема руйнується.

Е. Рюбелем у 1930 р. було встановлено *закон (ефект) компенсації (взаємозамінності) факторів*: відсутність або нестача деяких екологічних факторів може бути компенсована іншим близьким (аналогічним) фактором. Наприклад, нестача світла для рослини може бути компенсована надлишком діоксиду вуглецю. Однак подібні можливості надзвичайно обмежені.

У 1949 р. В.Р. Вільямс сформулював *закон незамінності фундаментальних факторів*: повна відсутність у середовищі фундаментальних екологічних факторів (світла, води, біогенів тощо) не може бути замінена іншими факторами. До цієї групи уточнень закону Лібіха належить трохи відмінне від інших правило фазових реакцій “користь – шкода”: малі концентрації токсиканта діють на організм у напрямку посилення його функцій (їхнього стимулювання), тоді як більш високі концентрації пригнічують або навіть призводять до його смерті.

*Закон лімітуючих факторів Шелфорда*. Уперше припущення про лімітуючий (обмежувальний) вплив максимального значення фактора нарівні з мінімальним значенням було висловлено в 1913 р. американським зоологом В. Шелфордом, котрий встановив *фундаментальний біологічний закон толерантності*: будь-який живий організм має певні, еволюційно успадковані верхню та нижню межі стійкості (толерантності) до будь-якого екологічного фактора. Інше формулювання закону В. Шелфорда пояснює, чому закон толерантності одночасно називають законом лімітуючих факторів: навіть єдиний фактор за межами зони свого оптимуму призводить до стресового стану організму і врешті-решт – до його загибелі. Тому екологічний фактор, рівень якого наближається до будь-якої межі діапазону витривалості організму і заходить за цю межу, називають лімітуючим фактором.

Закон толерантності доповнюють положення американського еколога Ю. Одума:

- організми можуть мати широкий діапазон толерантності відносно одного екологічного фактора і низький діапазон стосовно іншого;
- організми із широким діапазоном толерантності стосовно всіх екологічних факторів зазвичай найбільш поширені;
- діапазон толерантності може звужитися й щодо інших екологічних факторів, якщо умови стосовно одного екологічного фактора не оптимальні для організму;
- багато факторів середовища стають обмежувачами (лімітуючими) в найбільш важливі (критичні) періоди життя організмів, особливо в період розмно-

ження.

До цих положень також примикає закон Мітчелліха-Бауле, названий А. Тінеманом законом сукупної дії: сукупність факторів впливає сильніше всього на ті фази розвитку організмів, які мають найменшу пластичність – мінімальну здатність до пристосування.

Екологічна специфічність видів підкреслюється аксіомою екологічній адаптованості: кожен вид адаптований до суворо визначеної, специфічної для нього сукупності умов існування – екологічної ніші. Усі види організмів екологічно індивідуальні, тому вони мають і специфічні екологічні ніші. Організми, що ведуть подібний спосіб життя, як правило, не живуть в одних і тих самих місцях через міжвидову конкуренцію. Відповідно до встановленого в 1934 р. радянським біологом Г. Ф. Гаузе (1910 – 1986) принципу конкурентного взаємовиключення: два види не займають одну й ту саму екологічну нішу. У природі також діє правило обов'язковості заповнення екологічних ніш: порожня екологічна ніша завжди й обов'язково буде заповнена.

Закон конкурентного виключення формулюється таким чином: два види, що займають одну екологічну нішу, не можуть співіснувати в одному місці нескінченно довго. Те, який з видів перемагає, залежить від зовнішніх умов. За цих умов перемогти може кожен. Важливою для перемоги обставиною є швидкість зростання популяції. Нездатність виду до біотичної конкуренції призводить до його витіснення та необхідності пристосування до більш складних умов та факторів.

У 1991 – 1993 рр. відомий американський еколог Д. Чірас дійшов висновку, що Природа існує вічно (з точки зору людини) і чинить опір деградації завдяки дії чотирьох екологічних законів:

- рециклічності або повторного багаторазового використання найважливіших речовин;
- постійного відновлення ресурсів;
- консервативного споживання (коли живі істоти споживають лише те і у тій кількості, що їм необхідно, не більше і не менше);
- популяційного контролю (природа не допускає “вибухового” росту популяцій, регулюючи кількісний склад того чи іншого виду шляхом створення відповідних умов для його існування та розмноження).

Серед законів природи зустрічаються звичні в науці закони детерміністського типу, котрі жорстко регулюють взаємини між компонентами екосистеми, але більшість є законами-тенденціями, котрі діють не у всіх випадках. У деякому сенсі вони нагадують юридичні закони, що не перешкоджають розвитку суспільства, якщо зрідка порушуються незначною кількістю людей, але заважають нормальному розвитку, якщо порушення стають масовими. Є і закони-афоризми, котрі можна віднести до типу законів як обмеження різноманітності.

*Закон емерджентності:* ціле завжди має особливі властивості, відсутні у його частин.

*Закон необхідної різноманітності:* система не може складатися з абсолю-

тно ідентичних елементів, але може мати ієрархічну організацію та інтегративні рівні.

*Закон незворотності еволюції*: організм (популяція, вид) не може повернутися до попереднього стану, реалізованого його предками.

*Закон ускладнення організації*: історичний розвиток живих організмів призводить до ускладнення їх організації шляхом диференціації органів та функцій.

*Біогенний закон (Е. Геккель)*: онтогенез організму є коротким повторенням філогенезу даного виду, тобто розвиток індивіда скорочено повторює історичний розвиток свого виду.

*Закон нерівномірності розвитку частин системи*: система одного виду розвивається не строго синхронно – в той час, коли один досягає більш високої стадії розвитку, інші залишаються в менш розвиненому стани Цей закон безпосередньо пов'язаний з законом необхідної різноманітності.

*Закон збереження життя*: життя може існувати тільки в процесі руху через живе тіло потоку речовин, енергії, інформації. Принцип збереження впорядкованості (І. Пригожин): у відкритих системах ентропія не зростає, а зменшується, доки не досягається мінімальна постійна величина.

*Закон максимізації енергії та інформації*: найкращі шанси самозбереження має система, що найбільшою мірою сприяє надходженню, виробленню та ефективному використанню енергії та інформації; максимальне надходження речовини не гарантує системі успіху в конкурентній боротьбі.

*Періодичний закон географічної зональності А.А.Григор'єва – М. М. Будико*: зі зміною фізико-географічних поясів Землі аналогічні ландшафтні зони та деякі загальні властивості періодично повторюються, тобто в кожному поясі – субарктичному, помірному, субтропічному, тропічному та екваторіальному – відбувається зміна зон за схемою: ліси – степи – пустелі.

*Закон розвитку системи за рахунок навколишнього середовища*: будь-яка система може розвиватися лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей оточуючого середовища; абсолютно ізолюваний саморозвиток неможливий.

До числа найбільш важливих та поширених біогенних елементів належать кисень, вуглець, азот та фосфор.

1. *Закон біогенної міграції атомів (закон Вернадського)*. Основою міграції є переважний вплив живої речовини організмів. Жива речовина або бере участь у біохімічних процесах безпосередньо, або створює відповідне середовище, збагачене киснем, вуглекислим газом, воднем, азотом, фосфором і іншими речовинами. Закон має велике теоретичне й практичне значення. Розуміння всіх хімічних процесів неможливо без урахування дії біогенних факторів, зокрема еволюційних. Зараз людина впливає на функціонування всього. Негативний вплив її стає глобальним, некерованим (зпустелювання, деградація, вимирання). Цей закон дозволяє «свідомо й активно попереджати розвиток негативних явищ, управляти біохімічними процесами, використовуючи м'які екологічні методи».



2. *Закон внутрішньої динамічної рівноваги.* Речовина, енергія, інформація тісно зв'язані між собою. Зміна одного викликає зміна всіх, але при цьому зберігаються загальні якості системи: матеріально-енергетичні, інформаційні й динамічні. Наслідок чинності закону – після будь-яких змін обов'язково розвиваються ланцюгові реакції, які прагнуть нейтралізувати ці зміни. Необхідно пам'ятати, що незначна зміна одного показника може викликати сильне відхилення в інших і у всій екосистемі. Вони можуть бути незворотними, перейти в глобальні. Зміни викликають відповідні реакції, які спричиняються відносно сталість еколого-економічного потенціалу. Штучний ріст еколого-економічного потенціалу обмежений термодинамічною стійкістю природних систем. Це відповідь на питання, чи є кінцевим ріст еколого-економічного потенціалу, і один із самих головних законів у природокористуванні. Інакше кажучи, при дотриманні закону екологічного імперативу відбувається саморегулювання, відновлення. Перевищення вимог екологічного імперативу спричиняє непередбачені зміни на локальному, регіональному й глобальному рівнях.

3. *Закон генетичної розмаїтості.* Все живе генетично відрізняється й має стійку тенденцію до збільшення біологічної розмаїтості. Це важливо в сфері біотехнології (генна інженерія, біопрепарати) тому, що, завдяки цьому закону, завжди можна передбачати результат нововведень під час вирощування нових мікрокультур через виникаючі мутації або поширення дії на ті види організмів, на які вони були розраховані.

4. *Закон історичної необхідності.* Розвиток біосфери й людства як цілого – процес односпрямований і походить від початкових фаз до більше пізніх, загальний процес розвитку односпрямований. Повторюються лише окремі елементи соціальних відносин (рабство) або типи господарювання. Цей закон найімовірніше соціальний, а не екологічний.

5. *Закон константності (сформульований В. Вернадським).* Кількість живої речовини біосфери (за певний біологічний час) є величиною постійною. Цей закон тісно пов'язаний із законом внутрішньої рівноваги. За законом константності будь-яка зміна кількості живої речовини в одному з регіонів біосфери неминуче приводить до таких же по обсягом змін речовини в іншому регіоні, але із протилежним знаком. Наслідком чинності закону є правило обов'язкового заповнення екологічних ніш.

6. *Закон кореляції (сформульований Ж. Кюв'є).* В організмі, як у цілісній системі, всі частини відповідають одна іншій як за будовою, так і за функціями. Зміни в одній частині неминуче викликають зміни в інших.

7. *Закон максимізації енергії (сформульований Ю. Одумом і доповнений Н. Ф. Реймерсом).* У змаганні систем зберігається та, яка найбільше сприяє надходженню енергії й інформації, і найбільше ефективно використовує максимальну їхню кількість. Максимізація – це підвищення шансів на виживання. За цим законом система створює сховища (накопичувачі) високоякісної енергії, що повинна:

- а) забезпечити надходження нової енергії;
- б) нормальний круговорот;

- в) стійкість системи і її здатність пристосовуватися до змін;
- г) налагодження обміну з іншими системами;
- д) створює механізм регулювання, підтримки.

8. *Закон максимуму біогенної енергії (закон Вернадського-Бауера)*. Будь-яка біологічна й “біонедосконала” система з біотою, що перебуває в стані “стійкої нерівноваги” (динамічно рухливої рівноваги з навколишнім середовищем), збільшує, розвиваючись, свій вплив на середовище. За Вернадським, виживають ті, які збільшують біогенну геохімічну енергію. На думку Бауера, всі живі системи ніколи не бувають у стані рівноваги й виконують за рахунок своєї вільної енергії корисну роботу проти рівноваги, якої вимагають закони фізики й хімії при існуючих зовнішніх умовах. Цей закон є основою для розробки стратегії природокористування.

9. *Закон мінімуму (сформульований Ю. Лібихом)*. Стійкість організму визначається найбільш слабкою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб. При задоволенні мінімуму кількості і якості екологічних факторів організм виживає, якщо мінімуму немає, то система руйнується, тому завжди потрібно шукати найбільш слабку ланку.

10. *Закон необмеженості прогресу*. Визначається необмеженим розвитком від простого до складного в межах біологічної форми руху матерії. Суть закону полягає в тому, що все живе у своєму вічному безперервному й абсолютному русі прагне до відносної незалежності від умов середовища перебування. Але при цьому ніщо не може звільнитися від цього середовища.

11. *Закон обмеженості природних ресурсів*. Всі ресурси вичерпні. Планета є природно-обмеженим тілом і на ній не можуть існувати нескінченні складові частини.

12. *Закон односпрямованості потоку енергії*. Енергія, яку одержує екосистема і яка засвоюється продуцентами, розсіюється або з біомасою незворотно передається консументам I, II й III порядків, а потім редуцентам. На кожному трофічному рівні відбуваються великі втрати (приблизно 0,25 % початкової енергії вертається у зворотний потік). Саме тому термін “круговорот енергії” є досить умовним.

13. *Закон оптимальності*. Жодна система не може звужуватися або розширюватися нескінченно. Жоден організм не може перевищувати певні розміри, які забезпечують підтримування його енергетики. Розміри залежать від умов харчування й факторів існування. У природокористуванні – це розміри ділянок полів, вирощуваних тварин, рослин. Недотримання закону приводить до неприродної одноманітності на великих територіях (монокультурність), викликає порушення функціонування екосистем, екологічні кризи.

14. *Закон піраміди енергії (сформульований Р. Ліндеманом)*. З одного трофічного рівня екологічної піраміди на іншій переходить переважно не більше 10 % енергії. Цей закон – основа планування забезпечення населення продовольчими й іншими ресурсами.

15. *Закон ґрунтовоми (зменшення родючості)*. Поступове зниження природної родючості ґрунтів відбувається через тривале їхнє використання й

порушення природних процесів ґрунтоутворення, а також тривалого вирощування монокультур (накопичуються токсичні речовини, виділювані рослинами, залишки пестицидів і мінеральних добрив).

16. *Закон рівнозначності умов життя.* Всі необхідні для життя природні умови середовища грають рівнозначні ролі. Із цього виходить інший закон – закон спільної дії екологічних факторів, що часто ігнорується.

17. *Закон розвитку навколишнього середовища.* Будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних і інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий – такий висновок із закону термодинаміки. Наслідки закону:

а) абсолютно безвідходне виробництво неможливе;

б) більш високоорганізована біотична система є постійною загрозою для менш організованих, тому в біосфері неможливе повторне зародження життя – воно буде знищене вже існуючими організмами;

в) біосфера Землі як система розвивається за рахунок внутрішніх і космічних ресурсів.

18. *Закон спільної дії природних факторів (закон Митчерліха-Тінемана-Бауле).* Обсяг урожаю залежить не від окремого, навіть лімітуючого фактора, а від всієї сукупності екологічних факторів одночасно. Закон має силу за певних умов – коли вплив монотонно й максимально, проявляється кожний фактор при незмінності інших у тій сукупності, яка розглядається.

19. *Закон зменшення енерговіддачі в природокористуванні.* У процесі одержання від природної системи корисної продукції згодом (в історичному аспекті на її виготовлення в середньому витрачається усе більше енергії) збільшуються енергетичні витрати на одну людину. Зараз за добу витрачається енергії в 60 разів більше, ніж у часи наших далеких предків, тобто кілька тисяч років тому. Це варто враховувати, плануючи свої відносини із природою з метою їхньої гармонізації.

20. *Закон толерантності (закон Шелфорда).* Лімітуючим фактором процвітання організму може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначає ступінь стійкості (толерантності) організму до даного фактора. За цим законом будь-яка надмірна кількість речовини або енергії в екосистемі стає її ворогом, забруднювачем.

21. *Закон фізико-хімічної єдності живої речовини (сформульований В. Вернадським).* Все живе на Землі має єдину фізико-хімічну природу, тому, що шкідливо для однієї живої речовини шкідливо й для іншої, але в різному ступені. Тут проявляється стійкість видів до дії того або іншого агента. Стійкість до фізико-хімічного впливу, швидкість відбору по стійкості популяції до шкідливого агента прямо пропорційна швидкості розмноження організму й чередування поколінь. Це означає, що тривале вживання пестицидів недоцільне, оскільки шкідники швидко пристосовуються й виникає необхідність збільшувати дозу.

22. *Закон екологічної кореляції.* В екосистемі, як і в будь-якій іншій системі, всі види живої речовини й абіотичні екологічні компоненти функціонально відпові-

дають один іншому. Випадання однієї частини системи (виду) неминуче приводить до виключення іншої частини й до функціональних змін.

23. *Закон збільшення розмірів (зросту) та ваги (маси) організмів у філогенетичній гілці (В. І. Вернадський)*: в ході геологічного часу форми, що виживають, збільшують свої розміри (а відтак — вагу), а потім вимирають. Відбувається це тому, що чим менші особини, тим важче їм протистояти процесам ентропії (котрі призводять до рівномірного розподілу енергії), організовувати енергетичні потоки для здійснення життєвих функцій. Отже, в процесі еволюції розмір особин збільшується.

Організми в процесі еволюції та природного добору виробляють генетично закріплені особливості, які забезпечують нормальну життєдіяльність в екологічних умовах, що змінилися, тобто відбувається адаптація. Якщо зміни умов малопомітні чи відбуваються поступово, то більшість видів може пристосуватися і вижити. Чим різкіша зміна, тим більша розмаїтість генофонду необхідна для виживання. Найважливіший екологічний принцип говорить: виживання виду забезпечується його генетичною розмаїтістю і слабкими коливаннями екологічних факторів.

Адаптивні ознаки розвиваються завдяки спадкоємній розмаїтості, що вже існує в генофонді виду. Мають значення і розміри організмів.

Пристосованість до одного фактора середовища не дає організму такої ж пристосованості до інших умов середовища. Ця закономірність називається *законом відносної незалежності адаптації*: висока адаптованість до одного з екологічних факторів не дає такого ж ступеня пристосування до інших умов життя.

24. *Закон відносної незалежності адаптації*: висока адаптивність до одного з екологічних факторів не дає такого ж ступеня пристосовуваності до інших умов життя (навпаки, вона може обмежувати ці можливості через фізіолого-морфологічні властивості організмів).

*Закон єдності «організм – середовище»*: життя розвивається внаслідок постійного обміну речовиною та інформацією на базі потоку енергії в сукупній єдності середовища та організмів, що його населяють.

25. *Закон обмеженого росту (Ч. Дарвін)*: існують обмеження, котрі перешкоджають тому, щоб нащадки однієї пари особин, розмножуючись за геометричною прогресією, заповнили всю земну кулю.

26. *Закон збіднення живої речовини в його згушеннях (Г. Ф. Хільмі)*: індивідуальна система, котра працює в середовищі з рівнем організації більш низьким, ніж рівень самої системи, приречена: постійно втрачаючи структуру, система через деякий час розчиняється в навколишньому середовищі. Звідси випливає важливий висновок для природоохоронної діяльності: штучне збереження екосистем малого розміру (на обмеженій території, наприклад, заповідника) призводить до їх поступової деструкції і не забезпечує збереження видів та спільнот.

Крім перелічених відомі більш узагальнені закони, виведені американським ученим Б. Коммонером:

1) усе зв'язано з усім;

- 2) все повинне куди-небудь подітися;
- 3) природа краще “знає”;
- 4) ніщо не проходить безслідно (за все потрібно платити).

Н. Ф. Реймерс указує, що перший закон Б. Коммонера близький по суті до закону внутрішньої динамічної рівноваги; другий – до цього ж закону й до закону розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища; третій застерігає нас від самовпевненості; проблему четвертого розглядає закон внутрішньої динамічної рівноваги, закони константності й розвитку природної системи. По четвертому закону Коммонера ми повинні повертати природі те, що беремо від неї, інакше катастрофа неминуча.

Таким чином, за останні 30-40 років екологія (неоекологія) стала багатогранною комплексною наукою, головною метою якої є розробка наукових основ порятунку людства й середовища його існування – біосфери планети, раціонального природокористування й охорони природи. Зараз, коли екологічним вихованням охоплені всі маси населення на планеті, знання законів екології допоможе людству знайти правильні шляхи до виходу з екологічної кризи, дозволить виважено, обдуманно передбачати далеку перспективу.

Все сказане свідчить про те, що одні з наведених вище законів є типовими для традиційної (геккелівської) екології й служать фундаментом для неоекології, інші, безсумнівно, є неоекологічними й, нарешті, треті актуальні й для традиційної екології, і для неоекології.

Питання для самоконтролю:

1. Проблеми науки неоекології.
2. Загальні і приватні закони, описати їх основні риси.
3. Сформулювати закон біогенної міграції атомів.
4. Закони Б. Коммонера.

## **1.19 Основні правила та принципи в екології та неоекології**

**Правила і принципи екології та неоекології.** Правила в загальному виді можна трактувати як емпіричні наслідки з різних екологічних законів.

У функціонуванні всіх екосистем є загальні аспекти, пов'язані з принциповою подібністю енергетичних процесів, що відбуваються у них. Одним із фундаментальних правил, якому підпорядковуються всі екологічні системи, є принцип Ле Шательє - Брауна.

*Принцип Ле Шательє - Брауна* полягає в тому, що при зовнішньому впливі, який виводить систему зі стану стійкої рівноваги, рівновага зміщується в тому напрямку, де ефект впливу слабшає. Розглянутий принцип у числі інших значною мірою пояснює причини чинності закону зниження енергетичної ефективності природокористування: чим більше відхилення від стану екологічної

рівноваги, тим значніше повинні бути енергетичні витрати для ослаблення протидії природних систем цьому відхиленню.

*Принцип економії енергії (Л. Онсагер):* при ймовірності розвитку процесу в деякій множині напрямків, що допускаються початками термодинаміки, реалізується той, котрий забезпечує мінімум розсіювання енергії.

*Правило затухання процесів:* зі зростанням ступеня зрівноваженості з навколишнім середовищем або внутрішнього гомеостазу (у випадку ізольованості системи) динамічні процеси в системі затухають.

Речовини в екосистемах здійснюють практично повний кругообіг, потрапляючи спочатку в живі організми, потім в абіотичне середовище і знову повертаючись у живе. Тут діє один з основних *принципів функціонування екосистем*: одержання ресурсів і переробка відходів відбуваються у процесі кругообігу всіх елементів.

*Термодинамічне правило Вант-Гоффа – Арреніуса:* зростання температури на 10 °С призводить до 2 – 3-кратного прискорення хімічних процесів. Звідси впливає небезпека підвищення температури внаслідок господарської діяльності людини.

*Еколого-термодинамічне правило Ю. Одума* сформульоване в 1967 р. Автор спирався на концепції А. Лотки (1925) і Е. Шредингера (1945) щодо взаємин між термодинамікою й екологією – у будь-якій складній системі реально існуючого світу першорядну важливість має підтримка процесів, що йдуть проти температурного градієнта (по І. І. Дедю, 1990).

*Правило Шредингера “про живлення” організму негативною ентропією:* при впорядкованості організму краще за навколишнє середовище він віддає в це середовище більше неупорядкованості, ніж отримує. Це правило погоджується з принципом збереження впорядкованості Пригожина.

*Правило прискорення еволюції:* зі зростанням складності організації біосистем тривалість існування виду в середньому скорочується, а темпи еволюції зростають. Середня тривалість існування виду птахів – 2 млн. років, виду ссавців – 800 тис. років. Число вимерлих видів птахів та ссавців порівняно зі всією їхньою кількістю велике.

*Правило неминучості ланцюгових реакцій* – наслідок із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

*Правило нелінійності внутрішніх взаємодій* – другий наслідок із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

*Правило необоротності порушень* – третій наслідок із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

*Правило сталості еколого-економічного потенціалу* – четвертий наслідок із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

*Правило походження нових видів від неспеціалізованих предків:* нові великі групи організмів беруть початок не від спеціалізованих представників предків, а від їхніх порівняно неспеціалізованих груп.

*Правило більш високих шансів вимирання глибоко спеціалізованих форм (О. Марш):* швидше вимирають більш спеціалізовані форми, генетичні резерви

котрих для подальшої адаптації знижені.

*Правило 10 %* впливає із закону Ліндемана, або закону піраміди енергій.

*Правило “м'якого” керування* можна назвати правилом доцільного перетворення природи. М'яке, значить – опосередковане, те, що спрямовує, що відновлює природний баланс, (на відміну від твердого – технологічного). Це відновлення колишньої природної продуктивності або її підвищення на основі об'єктивних законів.

*Правило 1 % - зміна енергетики природних систем* у межах 1% – виводить природні системи з рівноважного (квазістаціонарного) стану. Коли відбувається перехід величини сумарної енергії за 1 % енергії сонячного випромінювання, це приводить до істотних змін – різких кліматичних аномалій (потужні циклони, виверження вулканів і т.д. ), змін у характері рослинності, великим пожежам і т.д.

*Принципи спрямованості еволюції (Л. Онсагера)* впливають із закону мінімальної дисипації (розсіювання) енергії й інших еволюційних теорем екології. Еволюція завжди спрямована на зниження розсіювання енергії, на її нерівномірний розподіл. Цей принцип серед інших принципів екології й природокористування служить для розшифрування закону оптимальності.

*Принцип катастрофічного поштовху* проголошує, що різкі зміни середовища спочатку ведуть до зниження розмаїтості, а потім до вибуху формоутворення.

*Принцип суцесійного заміщення.* Біотичні співтовариства формують закономірний ряд екосистем, який веде (ряд) до найбільш стійкої у даних умовах природної системи. Це наслідок із систематичного закону.

*Принцип оманливого благополуччя* підтверджує: перші успіхи (або невдачі) у природокористуванні по перетворенню природи або керуванню нею об'єктивно оцінюються лише після виявлення ходу й результатів природних ланцюгових реакцій (10-30 років) у межах природного циклу (молодий ліс спочатку висушує землю, а потім викликає підвищене зволоження території).

*Принцип Реді* – живе походить тільки від живого, між живою й неживою речовиною існує непереборна границя. Принцип був заново сформульований В.І.Вернадським у 1924 р.

*Принцип генетичної передадаптації:* здатність до пристосування у організмів закладена споконвічно і обумовлена практичною невичерпністю генетичного коду. У генетичній різноманітності завжди знаходяться необхідні для адаптації варіанти.

*Принцип дивергенції Ч. Дарвіна:* філогенез будь-якої групи супроводжується поділом її на ряд філогенетичних гілок, котрі розходяться в різних адаптивних напрямках від середнього вихідного стану.

*Принцип прогресуючої спеціалізації:* група, що ступає на шлях спеціалізації, в подальшому розвитку буде йти шляхом все більш глибокої спеціалізації.

Кожен вид організмів у вічно мінливому середовищі життя по-своєму адаптований. Це виражається сформульованим Л. Г. Раменським у 1924 р. *правилом екологічної індивідуальності:* кожен вид специфічний за екологічними

можливостями адаптації; двох ідентичних видів не існує.

*Правило відповідності умов середовища перебування генетичній зумовленості організму* говорить: вид організмів може існувати доти й остільки, оскільки оточуюче його середовище відповідає генетичним можливостям пристосування до його коливань і змін.

Добір – це процес зміни генофонду вже існуючого виду. Ні людина, ні сучасна природа не можуть створити новий генофонд або новий вид з нічого. Змінюється лише те, що вже є.

Екологічне *правило С. С. Шварца*: кожна зміна умов існування прямо або опосередковано викликає відповідні зміни способів реалізації енергетичного балансу організму.

*Правило відповідності умов середовища генетичній обумовленості організму*: вид може існувати лише тоді, коли оточуюче середовище відповідає генетичним можливостям пристосування цього виду до його коливань та змін.

*Принцип мінімального розміру популяцій*: існує мінімальний розмір популяції, нижче котрого її чисельність не може опускатися.

Чисельність популяції не довільна, навіть за постійної тривалості життя, а змінюється в межах певного діапазону. Згідно з *правилом максимуму розміру коливань щільності популяційного населення Ю. Одума*, визначаються верхні і нижні межі для розмірів щільності (чисельності) популяції, що дотримуються в природі, які теоретично могли б існувати протягом як завгодно тривалого відрізка часу в умовах стабільності середовища існування.

К. Фридерихсом (1927) була сформульована теорія *біоценотичної регуляції чисельності популяції*: регулювання чисельності популяції є результатом комплексу впливів абіотичного і біотичного середовищ в місцеперебуванні виду.

Розміри популяції зростають у результаті імміграції із сусідніх популяцій і (чи) за рахунок розмноження особин. Загальна чисельність і щільність населення популяцій регулюється правилом максимальної народжуваності (відтворення): у популяції спостерігається тенденція до утворення теоретично максимально можливої кількості нових особин. Максимальна народжуваність досягається за ідеальних умов, коли відсутні лімітуючі екологічні фактори, і розмноження обмежене лише фізіологічними особливостями виду. Зазвичай існує екологічна, або реалізована, народжуваність, що виникає у звичайних чи специфічних умовах середовища.

*Правило Л. Уоллеса*: в міру просування з півночі на південь видова різноманітність зростає. Причина полягає в тому, що північні біоценози історично молодші і знаходяться в умовах меншого надходження енергії від Сонця.

*Правило біологічного підсилення*: при переході на більш високий рівень екологічної піраміди накопичення ряду речовин, у тому числі токсичних та радіоактивних, зростає приблизно в такій самій пропорції.

*Правила екологічного дублювання*: зниклий або знищений вид в рамках одного рівня екологічної піраміди замінює інший, аналогічний за схемою: дрібний замінює великого, нижче організований – більш високо організованого,



більш генетично лабільний та мутабельний – менш генетично мінливого. Особини стають дрібнішими, але загальна кількість біомаси збільшується.

*Правило обов'язковості заповнення екологічних ніш*: порожня екологічна ніша завжди і обов'язково заповнюється.

*Правило екотопу або крайового ефекту*: на межі біоценозів зростає число видів та особин в них, оскільки зростає число екологічних ніш внаслідок виникнення на межі нових системних властивостей.

*Правило взаємоприспосованості організмів в біоценозі К. Мебіуса – Г. Ф. Морозова*: види в біоценозі пристосовані один до одного настільки, що їхня спільнота складає внутрішньо суперечливе, але єдине і взаємопов'язане ціле.

*Принцип формування екосистеми*: тривале існування організмів можливе лише в рамках екологічних систем, де їхні компоненти та елементи доповнюють один одного та взаємно пристосовані.

Динаміка екосистеми характеризується послідовною зміною серії співтовариств. Цей процес називається сукцесією (від лат. *successio* – спадковість, послідовність). Протягом сукцесійного заміщення або біологічного розвитку в межах однієї території (біотопу) відбувається послідовна зміна одного біоценозу іншим у напрямку підвищення стійкості екосистеми.

Важливе практичне значення має *правило сукцесійного моніторингу (індикації стану середовища)*: чим глибша порушеність середовища будь-якого простору, тим на більш ранніх фазах закінчується сукцесія.

*Правило максимуму енергії підтримання зрілої системи*: сукцесія йде в напрямку фундаментального зміщення потоку енергії в бік зростання її кількості з метою підтримки системи.

*Правило константності числа видів в біосфері*: число видів, що з'являються, в середньому відповідає числу вимерлих, і загальна видова різноманітність в біосфері є постійною. Це правило стосується сформованої біосфери.

*Правило множинності екосистем*: множинність конкурентно-взаємодіючих екосистем є обов'язковою для підтримання надійності біосфери.

Питання про те, наскільки закони екології можна переносити на взаємовідносини людини з навколишнім середовищем залишається відкритим, оскільки людина відрізняється від всіх інших видів. Наприклад, у більшості видів швидкість зростання популяції зменшується зі зростанням її щільності; у людини, навпаки, зростання чисельності населення в цьому випадку прискорюється. Таким чином, деякі регулюючі механізми природи відсутні у людини. І це може бути додатковою підставою для технологічного оптимізму, а для екологічних песимістів — свідченням небезпеки такої катастрофи, котра не можлива для жодного іншого виду.

**Гіпотеза ГЕІ (біологічна регуляція геохімічного середовища)**. Незважаючи на значні успіхи природознавства у 19-20 століттях учені аж до середини 60-х років майже нічого не знали точно про те, як Земля підтримує свій гомеостаз, зокрема, відносно постійний клімат і концентрацію кисню в атмосфері. Гіпотеза Геї про те, що Земля – жива, саморегулююча система, є більше ймові-

рним поясненням цього гомеостазу, порівняно з гіпотезою мільярду років ве- зіння.

Наукове уявлення про Землю, як про цілісну живу систему, живий супе- рорганізм розвивалося вченими-натуралістами й мислителями починаючи з 18- го століття (Дж. Геттон (1726-1797), Ж.-Б. Ламарк (1744-1829), О. Гумбольдт (1769-1859). У двадцятому столітті ця ідейна лінія одержала гідне втілення у вигляді науково обґрунтованої концепції “Біосфери” видатного вітчизняного вченого й мислителя В. І. Вернадського.

Гіпотеза “Геї”, висунута англійським ученим, інженером і мислителем Джеймсом Лавлоком у сімдесятих роках з’явилася імпульсом для розробки су- часного варіанта системної організмової науки про Землю – геофізіології (тео- рії Геї). Але значення гіпотези Геї не зводиться лише до формування якоїсь од- нієї конкретної наукової теорії. Її метафоричність, множинність формулювань надають їй метафізичний зміст. Сама метафора давньогрецької богині впливає на глибинну свідомість людей, викликає широкі асоціації, у тому числі й релі- гійні, і тим самим сприяє її широкій популярності аж ніяк не тільки серед уче- них, екологів і “зелених”.

За словами Дж. Лавлока, образ Геї виникає при уявному погляді на нашу планету з космосу, коли вона розглядається як багаторівнева, багат шарова жи- ва організація. Можна уявити собі подорож від макрорівня до мікрорівня (біос- фера в цілому – біоценоз – організми – органи – клітини). Проте, у своїй науко- вій частині концепція Геї подібна з “Біосферою” В.І.Вернадського, особливо в сучасному її трактуванні. Якоюсь мірою справедливе твердження, що Дж. Лав- лок через півстоліття перевідкрив “Біосферу”. Але він не тільки перевідкрив, але й розвив її, довів до логічного кінця, у значно більш явній формі використо- вуючи метафору організму.

Незважаючи на помітну загальну подібність, між концепцією біосфери (судячи з пізніх опублікованих робіт В. І. Вернадського) і Геєю є розходження в розміщенні певних акцентів, як у науковому, так і у філософському плані. По- перше, Гея – це, власне кажучи, Земля в цілому, а не біосфера. Тому Дж. Лав- лок не торкається питання про просторові границі Геї, залишаючи це питання відкритим. По-друге, концепція Геї висунута набагато пізніше концепції біос- фери, в іншому соціально-історичному контексті, у період швидкого розвитку екологічної кризи, викликаного в чималому ступені бурхливим науково- технічним прогресом.

Коротко формулюючи сутність гіпотези Геї, можна сказати, що це біо- логічна регуляція геохімічного середовища. Але усвідомити це можна за умови знань першого й другого законів термодинаміки.

*Перший закон термодинаміки*, або закон збереження енергії, говорить, що енергія може переходити з однієї форми в іншу, але вона не зникає й не створюється заново.

*Другий закон термодинаміки*, або закон ентропії, формулюються по- різному, зокрема: процеси, пов’язані з перетворенням енергії, можуть відбува- тися довільно тільки за умови, якщо енергія переходить із концентрованої фор-

ми в розсіяну (деградує). Наприклад, тепло гарячого предмета доволіно прагне розсіятися в більше холодному середовищі. Другий закон термодинаміки можна сформулювати й так: оскільки деяка частина енергії завжди розсіюється у вигляді недоступної для використання теплової енергії, ефективність доволіного перетворення кінетичної енергії (наприклад, світла) у потенційну (наприклад, енергію хімічних сполук протоплазми) завжди менше 100%. Ентропія (від грецьк. *entropite* – поворот, перетворення) – міра кількості зв'язаної енергії, що стає недоступної для використання. Цей термін використовується як міра виміру впорядкованості, що відбувається при деградації енергії.

Найважливіша термодинамічна особливість організмів, екосистем і біосфери в цілому – здатність створювати й підтримувати високий ступінь внутрішньої впорядкованості, тобто стан з низькою ентропією. Низька ентропія досягається постійним і ефективним розсіюванням легко використовуваної енергії (наприклад, енергії світла або їжі) і перетворенням її в енергію, використовувану із працею (наприклад, у теплову). Упорядкованість підтримується за рахунок дихання всього співтовариства, що постійно “відсмоктує” зі співтовариства невпорядкованість, тому екосистеми – термодинамічні системи, що постійно обмінюються з навколишнім середовищем енергією й речовиною, зменшуючи цим ентропію усередині себе, але збільшуючи ентропію зовні, відповідно до законів термодинаміки.

**Геофізіологічні гіпотези і їхнє підтвердження.** В 1971 р. була висловлена гіпотеза, що живі організми здатні виробляти речовини, які можуть переносити істотні елементи з океанів на сушу (Lovelock, 1972,1989). Її підтвердження відбулося в 1973 р., коли була виявлена емісія диметил-сульфіда (ДМС) і метиліода із відмерлих планктонних організмів океану. Виявляється, це – єдине відоме джерело переносу сірки і йоду з океану на сушу. Крім того, крапельки ДМС служать ядрами конденсації водяної пари, сприяючи утворенню хмар. Хмари локально впливають на мікроклімат (послабляють інтенсивність ультрафіолету, що згубно впливає на живі організми, сприяють утворенню вітру і як наслідок – вітровому перемішуванню біогенів, що у свою чергу сприяє збільшенню продукції водоростей). Сірчисті з'єднання, потрапляючи на сушу, сприяють росту рослин, які прискорюють вилуговування гірських порід. Біогени, що утворюються в результаті цього процесу, змиваються в струмки, ріки й, зрештою – у море, сприяючи росту продукції водоростей. Виявлення подібних, на перший погляд, несподіваних циклічно замкнутих причинних ланцюжків є характерною рисою геофізіології.

В 1981 р. було висловлене припущення, що глобальний клімат, можливо, стабілізується шляхом саморегуляції циклу двоокису вуглецю через біогенне посилення процесу вивітрювання гірських порід (Lovelock, Watson, 1982). У термінах геофізіології, двоокис вуглецю є ключовим метаболічним газом Геї, що впливає на клімат, продукцію рослин і виробництво вільного атмосферного кисню. Джерелом двоокису вуглецю в біосфері є вулканічна діяльність. Розчинений у дощовій воді, вуглекислий газ взаємодіє з вулканічними гірськими породами, багатими карбонатами й силікатами (хімічне вивітрювання).

Результати досліджень Т. Фолька й Д. В. Шварцмана, представлені в журналі “Nature” в 1989 р. підтвердили, що мікроорганізми разом з рослинами в тисячі разів прискорюють вивітрювання гірських порід (В. І. Вернадський звертав увагу на роль біогенного вивітрювання ще в 30-х роках). Рослини всмоктують вуглекислий газ із повітря в ґрунт, підвищуючи його локальну концентрацію в 10 – 40 разів. Крім того, основна маса загиблих рослин піддається бактеріальному окислюванню й перетворюється у двоокис вуглецю в місцях контакту із сполуками кальцію, силікатами й водою. Продукти вивітрювання переносяться річковим стоком в океан, де також підключаються живі організми. Діатомові водорості використовують кремнієву кислоту, а інші – бікарбонат кальцію для побудови своїх кістяків. До того ж, океанічні водорості всмоктують вуглекислий газ прямо з повітря. Відмерлі водорості формують крейдові вапнякові й кремнієві осадові відкладення. Атмосферний вуглекислий газ створює парниковий ефект. Біота, беручи участь у регуляції його концентрації, тим самим регулює середню температуру атмосфери.

Дуже важлива гіпотеза стосується регуляції клімату шляхом контролю величини хмарного покриву за рахунок емісії водоростями сірчистих з'єднань. Так, виділювані одноклітинними водоростями сірчисті з'єднання служать ядрами конденсації водяної пари й сприяють утворенню хмар. В 1990 р. показано, що хмарність над океанами корелює з розподілом планктону. Альbedo планети, її здатність відбивати сонячну радіацію істотно залежить від щільності й площі хмарного покриву.

Цикл іншого метаболічного газу – кисню прямо пов'язаний із циклом вуглецю. Чим більше захоплюється вуглецю, тим більше звільняється атмосферного кисню. По припущенню Дж. Лавлока, один з важливих механізмів підтримки концентрації кисню в атмосфері на рівні 21 % пов'язаний з тим фактом, що при концентрації кисню нижче 15 % займання деревини неможливе, а при концентрації вище 25 %, займання відбувається досить легко, і лісові пожежі просто знищують всі ліси.

У процесі перевірки знаходиться гіпотеза про те, що відсоток кисню в атмосфері Землі залишався на рівні  $21 \pm 5$  % останні 200 мільйонів років, а також те, що в атмосфері Архейської ери переважав метан, що тимчасово замістив вуглекислий газ і підтримав парниковий ефект, необхідний для підтримки сприятливої температури на поверхні Землі.

В більшості випадків при обговоренні гіпотези Геї погоджуються з тим, що вона є метафорою. Головна суть гіпотези полягає у інтуїтивному твердженні, відповідно до якого біота підтримує на Землі умови, сприятливі для власного існування (Lovelock, 1988). Згідно з цим, вся біосфера подібна до живої клітини й поділ її на біоту й неживу матерію в цій динамічній, циклічно організованій й самопродукованій системі досить умовний.

З погляду традиційної науки Гея є дуже складною системою з багатьма невивченими контурами зворотних зв'язків, що робить традиційний аналіз і навіть імітаційне моделювання поки що неефективними інструментами. Все це й

змушує Дж. Лавлока продовжувати називати Гею гіпотезою й навіть вважати її “способом життя для агностиків” (Lovelock, 1999).

Критика гіпотези Геї з боку біолога, відомого еволюціоніста й при цьому досить одіозного соціобіолога Ричарда Докінза виявилася більше істотною й стимулювала використання Дж. Лавлоком математичного моделювання. У своїй широко відомій книзі “Розширений фенотип” (Dawkins, 1982) Ричард Докінз говорить про те, що еволюція за Дарвіном з її генетичним “егоїзмом” ніколи не зможе привести до “альтруїзму” планетарного масштабу, необхідного для саморегуляції процесів на планеті. На його думку, Гея неможлива, оскільки планета не здатна відтворюватися, а без відтворення не може бути природного популяційного відбору на найбільш пристосованій із планет.

Форд Дуліттл (Ford Doolittle) з Канади відкидає Гею на тих же підставах. Він говорить, що планетарна саморегуляція можлива тільки при наявності у біоти здатності проорокувати й планувати майбутнє й що не існує шляхів еволюції глобального альтруїзму шляхом природного добору.

Американський біолог Лінн Маргуліс, що є ідейним союзником, соратницею й фактично співавтором концепції Геї надає великого значення таким недарвінівським механізмам макроеволюції, як симбіогенез (Margulis, 1987).

Дуліттл цілком визнає існування симбіогенезу, але затверджує, що подібні процеси відбуваються тільки між тісно зв'язаними субстанціями, а Гея зажадала б існування комітету біологічних видів, що щорічно збирається для того, щоб домовитися щодо клімату й хімічного складу планети на наступний рік.

Ще однією відповіддю Дж. Лавлока і його колег на зазначену критику була розробка почасти емпіричної, але більшою мірою – гіпотетичної моделі Архею, коли Гея, що народилася з появою життя на планеті вперше «заявила про себе». По-перше, вона зіграла Землю парниковим газом – метаном відразу після зменшення, завдяки фотосинтезу концентрації вуглекислого газу в атмосфері. Утворення кисневої атмосфери стало причиною глобальної кризи, що також був успішно переборений появою форм життя, що активно споживає кисень. Еволюція біосфери в рамках концепції Геї інтерпретується як її індивідуальний розвиток, епігенез. Дж. Лавлок простежує, як у процесі історичного розвитку проявлялися й удосконалювалися саморегуляторні властивості Геї. Після чергових глобальних криз, викликаних зовнішніми причинами або внутрішньою логікою розвитку, Гея успішно справлялася з відновленням контролю над середовищем шляхом часткової адаптивної зміни своєї структури, але зберігаючи при цьому принципи самопродукованої організації (аутопоезіса), тобто безупинно підтримуючи свою ідентичність і самоконтроль.

На думку Дж. Лавлока, найнебезпечніші плоди цивілізації в наш час умовно виражаються трьома англійськими «с» – chain saw, car and cattle (мотопила, автомобіль і скотарство). Ці три досягнення цивілізації сприяють обезліснюванню й посиленню парникового ефекту, тим самим послабляючи саморегуляторні здатності Геї. Зелений покрив – це щось подібне до шкіри, а хмари – піт планети і її захисний екран. З погляду “слабкої” і “традиційної” Геї сучасне людство

в цілому – це хвороба біосфери. Хотілося б, щоб людина порозумнішала і перестала бути планетарною хворобою.

Питання для самоконтролю:

1. Сформулювати Правило 1% і Принцип Ле Шательє-Брауна.
2. Гіпотеза Геї.
3. Чому Гіпотеза Геї була розкритикована і ким?
4. Які геофізіологічні гіпотези ви знаєте?

## 1.20 Головні причини надзвичайних ситуацій

**Головні причини надзвичайних ситуацій.** Наростаюче антропогенне навантаження на природне середовище обумовлює різке загострення екологічної ситуації в глобальному масштабі, наближає світове співтовариство до критичної межі у його стосунках з природою та ставить питання про можливість виживання вже прийдешніх поколінь. Збитки світовій економіці внаслідок НС природного і техногенного походження становлять близько 4 відсотків сумарного ВВП. Лише найбільші природні катаклізми за останні десять років ХХ століття завдали збитків на суму понад 400 млрд. доларів США, у порівнянні з попередніми десятиліттями обсяги економічних втрат зросли більше ніж у вісім разів.

Україна, площа якої в загальносвітовій площі суші становить лише 0,4 відсотки, видобуває, переробляє й використовує в технологічних процесах майже 4 % світового обсягу залучених до господарського обороту мінерально-сировинних ресурсів. Зокрема, землемісткість одиниці ВВП в 3–5 разів, водомісткість у 5 – 7, а енергомісткість у 7 – 9 разів вища, ніж у розвинутих європейських країнах. Внаслідок диспропорцій в розміщенні продуктивних сил, які допускалися протягом десятиліть, територія України зазнала значних техногенних навантажень. Ці навантаження ускладнюють функціонування об'єктів техносфери і супроводжуються посиленням антропогенної дії на довкілля. Крім того, значну загрозу для господарського комплексу країни становлять природні небезпечні явища.

**Надзвичайна ситуація (НС)** – порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, яка призвела (може призвести) до загибелі людей та (або) значних матеріальних втрат.

У більш вузькому значенні, НС – це практично майже неконтрольована подія природного чи техногенного характеру, яка призводить до значних екологічних та економічних втрат, пов'язаних із руйнуванням природних та створених людиною об'єктів, забруднення навколишнього природного середовища, загибелі або травмування людей та інших негативних соціальних наслідків.

За характером виникнення надзвичайні ситуації розподіляються на: техногенні, природні, соціально-політичні та воєнні.

- *надзвичайні ситуації техногенного характеру* – транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах;

- *надзвичайні ситуації природного характеру* – небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери;

- *надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру*, пов'язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок, і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікації, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення зброї;

- *надзвичайні ситуації воєнного характеру*, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок руйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій.

*Класифікація надзвичайних ситуацій.* В залежності від кількості потерпілих (уражених) людей, виділяються такі основні категорії НС:

- малі – кількість потерпілих від 25 до 100 чоловік, із яких 10-15 потребують госпіталізації;

- середні – потерпілих від 100 до 1000 чоловік, підлягають госпіталізації від 25 до 250 чоловік;

- великі – потерпілих понад 1000 чоловік, госпіталізації підлягають більше 250 чоловік.

*Шкала теоретичних втрат* така:

- глобальна катастрофа із зруйнуванням умов життя на землі: сума втрат при цьому прямує до нескінченності, тобто економічно безглузда, оскільки економіка має справу лише з кінцевими величинами;

- найбільша соціально-політична катастрофа з глобальними наслідками (типу світової війни), втрати від якої оцінюються приблизно в  $10^{17}$  доларів США;

- найбільша техногенна катастрофа (типу Чорнобильської) – до  $5 \cdot 10^{12}$  доларів США (аварія на АЕС «Трі Майл Айленд» в США – до  $2 \cdot 10^{11}$  доларів

США). Аварії на АЕС за їх тяжкістю мають градації від 1 до 7 балів (Чорнобильська – 7 балів, на «Трі Майл Айленд» – 5 балів);

- великомасштабна природно-антропогенна катастрофа типу Аральської – до  $5 \cdot 10^{12}$  доларів США;

- найбільша природна катастрофа типу потужного землетрусу (м. Спітак, Вірменія) – до  $10^{12}$  доларів США;

- локальна соціально-політична катастрофа з екологічними наслідками – до  $10^{12}$  доларів США;

- крупна техногенна або природна катастрофа (аварія) – до  $10^9$  доларів США;

- велика техногенна аварія – до  $10^7$  доларів США;

- середня (“пересічна”) техногенна аварія або стихійне лихо – до  $10^6$  доларів США;

- мала (“дрібна”) техногенна аварія або стихійне лихо – до  $10^5$  доларів США.

Головною метою створення єдиної системи класифікації надзвичайних ситуацій і визначення їх рівнів є забезпечення оперативного і адекватного реагування на такі ситуації. В Україні розроблене Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій, затверджене постановою Кабінету Міністрів України “Порядок класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями” від 24 березня 2004 р. №368.

Надзвичайні ситуації на території України поділяються за такими основними ознаками :

- у сфері виникнення;

- за галузевою ознакою;

- за масштабами можливих наслідків.

**Проблеми екологічної безпеки.** Під *екологічною безпекою* розуміється такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей (стаття 50 Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища”).

**Екологічна безпека** – складова національної безпеки, процес управління системою національної безпеки, за якого державними і недержавними інституціями забезпечується екологічна рівновага і гарантується захист середовища проживання населення країни і біосфери в цілому, атмосфери, гідросфери, літосфери і космосфери, видового складу тваринного і рослинного світу, природних ресурсів, збереження здоров'я і життєдіяльності людей і виключаються віддалені наслідки цього впливу для теперішнього і майбутніх поколінь.

**Об'єктами екологічної безпеки** є все, що має життєво важливе значення для суб'єктів безпеки: духовні потреби, цінності та інтереси особи, суспільства і держави, природні ресурси та довкілля як матеріальної основи державного та суспільного розвитку.

**Суб'єктами екологічної безпеки** є індивідуум, суспільство, біосфера, держава.



При розгляді проблем екологічної безпеки, В. Ю. Некос (2001) пропонує розглядати **чотири основних рівня екологічної безпеки**:

- екологічна безпека індивідуума;
- екологічна безпека регіональна;
- екологічна безпека національна (загальнодержавна);
- екологічна безпека глобальна.

На різних рівнях екологічної безпеки існують різні пріоритети, а від так, і різні підходи до оцінки екологічного стану об'єктів довкілля.

Екологічна безпека може бути розглянута в глобальних, регіональних, локальних і умовно точкових межах, у тому числі в межах держав і будь-яких їхніх підрозділів. Фактично вона характеризує геосистеми (екосистеми) різного ієрархічного рангу – від біогеоценозів (агро-, урбоценозів) до біосфери загалом.

Більшість екологічних криз мають комплексний характер, тобто зумовлені і природними, і антропогенними факторами. Як правило, антропогенна діяльність є спусковим механізмом, який викликає ланцюгові реакції в навколишньому середовищі, що і є причиною змін в довкіллі. Ізольовано, внесок того чи іншого фактору і його значимість в зміну умов навколишнього середовища оцінити важко, але слід враховувати наступне:

- природні стихійні лиха викликають відхилення від природних процесів, що нормально протікають, але тільки на рівні функціонування локальних або регіональних систем. На рівні біосфери в цілому, за рахунок компенсаційних її можливостей, ці відхилення практично не проявляються. В той же час, вони для людини являють небезпеку, загрожуючи її здоров'ю або завдаючи економічних збитків;

- техногенні види екологічної небезпеки часто викликають процеси, які непритаманні природним системам, порушують їх біохімічні цикли і тому формують стійкі відхилення стану екосистем від норми. Це стосується і забруднення навколишнього природного середовища речовинами, які мають здатність до біокумуляції.

- природні і техногенні процеси часто перетинаються між собою, що призводить як до посилення їх негативного впливу на довкілля, так і до послаблення цього впливу. Тому, причинами навіть сучасної екологічної кризи не можна вважати тільки антропогенні фактори.

Під екологічною безпекою розуміють стан захищеності людини і природи від впливу несприятливих екологічних факторів. Це можливо тоді, коли в довкіллі формується нова система, що гармонійно поєднує природні, виробничі та соціальні системи і яка відповідає ряду вимог:

- санітарно-гігієнічним, естетичним і матеріальним потребам людини;
- збереженню природно-ресурсного і екологічного потенціалу природних екосистем;
- підтриманню здатності біосфери в цілому до саморегуляції.

Критерії безпечного стану навколишнього природного середовища визначаються системою екологічних нормативів, технічних, санітарно-гігієнічних, будівельних та інших норм і правил, що містять вимоги щодо охорони довкіл-

ля. Відповідно до них здійснюються: розміщення, проектування, будівництво, реконструкція, введення в дію та експлуатація підприємств, споруд та інших об'єктів, застосування засобів захисту рослин, мінеральних добрив, токсичних хімічних речовин, вирішення питань охорони довкілля від акустичного, іонізуючого й іншого шкідливого впливу фізичних чинників, від забруднення радіоактивними, виробничими, побутовими відходами тощо.

Техносфера – частина біосфери, докорінно перетворена людьми за допомогою прямого або опосередкованого впливу технічних і техногенних об'єктів (будинки, дороги, механізми, підприємства тощо) з метою найповнішої відповідності соціально-економічним (але не екологічним) потребам людства.

Дотримання *нормативів і правил екологічної безпеки* забезпечується державою за допомогою:

- створення системи екологічного законодавства, яка, з одного боку, спрямована на охорону сфер, де виявляються негативні наслідки антропогенної діяльності (земля, вода, тваринний і рослинний світ, надра, атмосферне повітря, природне середовище у цілому), а з іншого - на сфери, де виникають екологічні проблеми (промисловість, енергетика, сільське господарство, транспорт тощо);
- формування системи управління охороною навколишнього природного середовища, яка включає до себе як органи загальної компетенції, так і спеціально уповноважені органи виконавчої влади, на які покладається здійснення екологічного контролю та інших управлінських функцій у галузі охорони довкілля;
- впровадження економічного механізму природокористування (плати за забруднення довкілля, спеціальне природокористування, фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів бюджетів та інших джерел тощо);
- сприяння участі громадськості у вирішенні екологічних проблем (забезпечення вільного доступу до екологічної інформації, визначення правових засад здійснення громадської екологічної експертизи, формування об'єднань громадян, що мають за мету охорону довкілля, надання права на подання до суду позовів про відшкодування шкоди внаслідок негативного впливу на довкілля діяльності підприємств, установ, громадян та окремих громадян тощо).

**Під екологічною ситуацією розуміють** стан навколишнього середовища, або окремих його факторів, які мають емоціональну, кількісну або якісну оцінку. З позиції людини, розуміння екологічної ситуації, яка потребує покращення або запобігання, зветься екологічною проблемою. При **оцінці екологічних ситуацій** враховують ряд параметрів, зокрема вид і характер екологічної небезпеки, сформований характер екологічної ситуації, територіальні і часові масштаби їх прояву, динаміку екологічно небезпечних явищ, фактори екологічного ризику тощо.

Питання екологічної небезпеки та екологічного ризику залишається відкритим. При зовнішньому впливі на екосистеми або за умови складених несприятливих умов, в них можуть розвиватись різноманітні екологічно небезпечні явища, прояв яких залежить і від сили зовнішнього впливу з врахуванням просторово-часових масштабів цих явищ, і від властивостей системи, і від типу ор-

ганізації систем тощо. Прийнято розрізняти **три групи екологічних небезпек**, які мають різний прояв і тому являють різну загрозу:

- соціально-екологічна небезпека, яка пов'язана із загрозою погіршення умов існування людини, зокрема, погіршення показників стану їх здоров'я та благополуччя, підвищення ризику загрози здоров'ю і життю людей тощо;

- біосферно-екологічна небезпека, яка пов'язана із загрозою порушення природної рівноваги, деградацією екосистем, зникненню видів рослин і тварин тощо;

- ресурсно-екологічна небезпека, яка пов'язана із загрозою погіршення природно-ресурсного потенціалу, деградацією природних ресурсів, втратою ресурсами властивостей відновлення, їх забрудненням тощо.

Отже, всі види екологічних небезпек є взаємопов'язаними, а пріоритет тим чи іншим, при оцінці екологічних ситуацій, віддають в залежності від типу організації систем. В цілому, з точки зору збереження біосфери, основну увагу слід приділяти біосферно-екологічним небезпекам, проте принцип антропоцентризму є, як правило, домінуючим.

Для характеристики цих екологічних небезпек вводять поняття екологічного ризику. **Під екологічним ризиком розуміють імовірність виникнення несприятливих екологічних ситуацій.**

Екологічний ризик вимірюється різними величинами:

- можливими натуральними показниками збитку, тобто кількість жертв та зруйнованих об'єктів, величина втраченого врожаю тощо;

- можливими розмірами погіршення якості природних ресурсів, деградації екосистем тощо;

- можливим рівнем забруднення природних середовищ тощо.

Оцінка екологічного ризику, яка носить прогностичний характер, проводиться трьома основними методами:

- методом аналогії, тобто порівняння з іншими подібними об'єктами, причому порівняння проводиться за одними параметрами;

- за статистичними даними на основі подібних явищ, які вже трапились тощо;

- теоретичним шляхом, тобто математичним моделюванням.

При аналізі показників еколого-геологічного ризику виділяють дві основні групи критеріїв:

- генетичні, які характеризують фактори-умови довкілля, що визначаються особливостями формування екосистем;

- енергетичні, які визначають можливості зміни балансу енергії і пов'язані з ними несприятливими змінами.

Отже, можливість виникнення несприятливих екологічних ситуацій можна оцінити через величину екологічного ризику.

Регулювання екологічних ситуацій проводиться шляхом екологічного менеджменту з врахуванням інформації про стан об'єктів, що підкреслює роль моніторингу довкілля.

**Дії по регулюванню екологічних ситуацій можуть бути адаптивними,**

**нормативними та активними.**

**Адаптивні дії** спрямовані на оптимізацію господарської діяльності людини до умов навколишнього природного середовища. В цьому випадку особливої ролі відіграє екологічна експертиза проектів, з врахуванням всіх можливих методів захисту довкілля, природоохоронне інспектування і екологічна паспортизація територій, тощо. Адаптивні дії реалізуються, як правило, на локальному і регіональному рівнях. Вони передбачають і систему нормативних дій.

**Нормативні дії** спрямовані на реалізацію вимог екологічних стандартів та екологічних законодавчих актів при організації господарської діяльності людини, в процесах екологічного інспектування та проведення екологічної експертизи тощо. Нормативні дії реалізуються на всіх рівнях - від локального до глобального - на державному рівні.

**Активні дії** передбачають цілеспрямовану зміну навколишнього середовища, наприклад, меліоративні роботи, з метою попередження несприятливих екологічних ситуацій або покращення умов довкілля. Ці дії реалізуються на локальному рівні і передбачають врахування нормативної екологічної бази та принципів адаптивних дій.

Питання для самоконтролю:

1. Які ситуації називають надзвичайними?
2. Як поділяють надзвичайні ситуації за характером виникнення?
3. Під екологічною безпекою розуміється...
4. Що розуміють під екологічною ситуацією?
5. Які параметри враховують при оцінці екологічних ситуацій?
6. Скільки груп екологічних небезпек розрізняють?
7. Під екологічним ризиком розуміють...
8. Якими можуть бути дії по регулюванню екологічних ситуацій?
9. В залежності від кількості потерпілих людей які основні категорії НС виділяють?

### **1.21 Проблеми сільськогосподарського забруднення, проблеми шумових забруднень, проблеми забруднення побутовими відходами, проблеми пилового (аерозольного) забруднення**

Основні техногенні забруднювачі природного середовища – це різні гази, газоподібні речовини, аерозолі, пил, які викидаються в атмосферу об'єктами енергетики, промисловості й, радіоактивні, електромагнітні, магнітні й теплові випромінювання та поля, шуми й вібрації, “збагачені” шкідливими хімічними сполуками промислові стоки, комунальні й побутові відходи, хімічні речовини (передусім пестициди й мінеральні добрива), що у величезній кількості використовуються в сільському господарстві, нафтопродукти.

Сьогодні довкілля забруднюють більше ніж 7 тис. хімічних сполук, що

виділяються в процесі промислового виробництва, багато з яких – токсичні, мутагенні й канцерогенні.

До найпоширеніших і найнебезпечніших забруднювачів повітря належать діоксид азоту, бензол, води – пестициди, нітрати (солі азотної кислоти), ґрунту — поліхлоровані дифеніли, соляна кислота. Кількість техногенних забруднювачів зараз величезна й, на жаль, продовжує зростати. Особливу небезпеку становлять важкі метали, які дедалі в більшій кількості нагромаджуються в ґрунті, воді й продуктах харчування.

Щорічно: в результаті згорання палива в атмосфері планети викидається приблизно 22 млрд. т діоксиду вуглецю й 150 млн. т сірчистих сполук; світова промисловість скидає в річки понад 160 км<sup>3</sup> шкідливих стоків; у ґрунти вноситься близько 500 млн. т мінеральних добрив і 4 млн. т пестицидів. За останні 50 років використання мінеральних добрив збільшилося в 45 разів, а отрутохімікатів – у 10 разів, і хоча врожайність при цьому підвищилася тільки на 15 – 20 %, проте в багато разів зросла забрудненість природних вод, ґрунтів і продуктів харчування.

“Нові” забруднювачі, винайдені людиною, яких природа раніше не знала й немала часу підготувати до них екосистеми, за своєю фізико-хімічною структурою чужі всьому живому й не можуть перероблятися, втягуватися в обмінні процеси. До таких небезпечних забруднювачів належать поліхлорбіфеніли (ПХБ), полібромні біфеніли (ПББ), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) – їх виробляють понад 600 видів, нітрозозаміни, вінілхлориди (містяться в різних плівках, поліетиленових упаковках, пакетах, трубах), майже всі синтетичні пральні порошки. Більшість із цих речовин є канцерогенними, вони впливають на генетичний апарат людей. Прихований період хвороб (а це дуже небезпечно!) від отруєння такими речовинами становить 10 – 15 років.

**Проблеми сільськогосподарського забруднення.** Ніяка інша галузь суспільного виробництва не пов'язана так з використанням природних ресурсів, як сільське господарство. У сучасних умовах розвитку сільського господарства його негативний вплив на природу в багатьох випадках стає більш серйозним, ніж вплив інших галузей суспільного виробництва. Саме з розвитком сільського господарства пов'язані зростання дефіцитності водних ресурсів на великих територіях, зменшення видового різноманіття рослинного і тваринного світу, засолення, заболочування і виснаження ґрунтів, накопичення у ґрунті і воді низки особливо стійких і небезпечних забруднювачів природного середовища.

Традиційно вважалося, що основними порушниками природної рівноваги є промисловість і транспорт. Проте ще в 60-х роках на перше місце по забрудненню висунулося сільське господарство. Це пов'язано з двома обставинами. Перше – це будівництво тваринницьких ферм і комплексів та відсутність на них повного циклу очищення гнійних відходів, що утворюються; друге – порушення норм і правил застосування мінеральних добрив і отрутохімікатів, які разом з дощовими потоками і підземними водами потрапляють в річки і озера, завдаючи серйозний збиток басейнам великих річок, їх рибним запасам і рослинності. Тому у сфері суспільного виробництва значним джерелом забруднення на-

вколишнього середовища, поряд з промисловістю і транспортом, є і сільське господарство.

Агропромисловий комплекс в сучасних умовах продовжує бути основним забруднювачем земель та інших елементів навколишнього середовища: відходи та стічні води тваринницьких комплексів і ферм та птахофабрик, використання отрутохімікатів і пестицидів, переробна промисловість, ослаблення виробничої і технологічної дисципліни, труднощі здійснення контролю на сільськогосподарських об'єктах, розкиданих на великих територіях, – все це призводить до того, що стан землі і всієї навколишнього середовища в сільській місцевості, відповідно до державних доповідей про охорону навколишнього середовища, залишається тривожним, ряд регіонів мають ознаки зон надзвичайної екологічної ситуації або екологічного лиха.

Хімічне і біологічне забруднення атмосферного повітря в значній мірі сприяють також недостатньо відпрацьовані технології на промисловотваринницьких комплексах і птахофабриках. Джерелами забруднення атмосфери є приміщення для утримання худоби, відгодівельні майданчики, гноєсховища, біологічні ставки, ставки-накопичувачі стічних вод, поля фільтрації, поля зрошення. У зоні тваринницьких комплексів та птахофабрик атмосферне повітря забруднене мікроорганізмами, пилом, аміаком та іншими продуктами життєдіяльності тварин, часто володіють неприємними запахами (понад 45 різних речовин). Ці запахи можуть поширюватися на значній відстані (до 10 км), особливо від свинокомплексів.

Значне місце в забрудненні навколишнього середовища в сільському господарстві в даний час належить хімічних сполук і препаратів, які використовуються для боротьби з різними шкідниками, хворобами і бур'янами в сільському господарстві. Застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин з метою підвищення врожайності сільськогосподарських культур загострили екологічну проблему. Агрохімізації, на відміну від забруднення природи відходами промислового виробництва, є цілеспрямованою діяльністю. Добрива та пестициди через ґрунт забруднюють продукти харчування, що позначається на здоров'я людини. Це в кінцевому підсумку позначається на стані навколишнього середовища в цілому і становить потенційну небезпеку для здоров'я людей.

**Проблеми шумових забруднень.** Шум – одна з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки чи їхню сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати інформаційні звукові сигнали, відпочивати. Він виникає внаслідок стиснення і розрідження повітряних мас, тобто коливних змін тиску повітря. Розрізняють шум постійний, непостійний, коливний, переривчастий, імпульсний. Загалом шум – це хаотичне нагромадження звуків різної частоти, сили, висоти, тривалості, які виходять за межі звукового комфорту. Нині добре відомо, що шуми шкідливо впливають на здоров'я людей, знижують їхню працездатність, викликають захворювання органів слуху (глухоту), ендокринної, нервової, серцево-судинної систем (гіпертонія). Фізіолого-біологічна адаптація

людини до шуму практично неможлива, тому регулювання і обмеження шумового забруднення довкілля – важливий і обов'язковий захід.

Одиницею вимірювання шуму є Бел – відношення діючого значення звукового тиску до мінімального значення, котре сприймається вухом людини. На практиці використовується десята частина цієї фізичної одиниці – **децибел (дБ)**.

Рівень шуму навколишнього природного середовища складає 30 – 60 дБА. До цього природного фону за сучасних умов додаються виробничі й транспортні шуми, рівень яких нерідко перевищує 100 дБА. Джерелами шумів є всі види транспорту, промислові об'єкти, гучномовні пристрої, ліфти, телевізори, радіоприймачі, музичні інструменти, юрби людей і окремі особи.

Здавна відомий благодійний вплив на організм людини шумів природного середовища (шум листя, дощу, річки та ін.). Статистика свідчить, що люди, які працюють у лісі, поблизу річки, на морі, рідше, ніж мешканці міст, хворіють нервовими і серцево-судинними хворобами. Доведено, що шелест листя, спів птахів, дзюрчання струмка, звуки дощу оздоровче впливають на нервову систему. Під впливом звукових хвиль водоспаду посилюється робота м'язів.

Шум шкідливий не лише для людини. Встановлено, що рослини під впливом шуму повільніше ростуть, у них спостерігається надмірне (навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливі порушення клітин. Гинуть листя і квіти рослин, що розміщені біля гучномовця.

Аналогічно діє шум на тварин. Від шуму реактивного літака гинуть личинки бджіл, самі вони втрачають здатність орієнтуватися, в пташиних гніздах дає тріщини шкаралупа яєць. Від шуму знижуються надої, приріст у вазі свиней, несучість курей. Хворобливо переносять шум риби, особливо у період нересту.

За сучасних умов боротьба з шумом є технічно складною, комплексною, дорогою. Важливо знижувати шум у джерелі його виникнення, створювати безшумні або малошумні машини і технологічні процеси, транспортне і промислове устаткування, починаючи ще зі стадії проектування.

При цьому розраховується очікувана величина шуму, розробляються заходи щодо зниження шуму до допустимого рівня. Гігієністи вважають верхньою межею шуму для лікарень і санаторіїв 35 дБА, для квартир і навчальних приміщень – 40 дБА, стадіонів і вокзалів – 60 дБА.

Розрізняють два види нормування виробничого шуму: санітарно-гігієнічне і технічне. Перше регулює рівень шуму з огляду його дії на організм людини. Норматив житлово-побутового шуму – 40 дБА вдень, 30 дБА – вночі. Технічне нормування стандартизує існуючі або очікувані шумові характеристики устаткування об'єкта. Друге повинне забезпечити вимоги першого. Вухом людини звукові хвилі частотою нижче 16 Гц сприймає не як звук, а як вібрацію. **Вібрації** – це тремтіння або струси всього тіла чи окремих його частин під час різних робіт (бетоноукладання, пневматичне дрібнення порід чи шляхового покриття, роботи в шахтах з відбійним молотком, розпилування матеріалів тощо). Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю – від сильної втоми й не дуже значних змін багатьох функцій організму до струсу мозку, розриву тканин,

порушення серцевої діяльності, нервової системи, деформації м'язів і клітин, порушення чутливості шкіри, кровообігу тощо.

Шум – це звукові коливання у повітряному середовищі, які викликають звуковий тиск. Звуковий тиск вимірюється в Паскалях. Найслабкіший звук, який здатне сприймати людське вухо з нормальним слухом відповідає звуковому тиску в  $2 \cdot 10^{-5}$  Па. Найвищий показник звукового тиску, який може сприймати людина без больових відчуттів перевищує мінімальний поріг сприйняття звуку в 1013 разів і називається больовим порогом. Встановлено гранично допустимі величини вібрації. Вони визначені із розрахунку, що, систематично діючи протягом 8-годинного робочого дня, вібрація не викликає у робітника захворювань або відхилень у стані здоров'я протягом усього періоду його виробничої діяльності.

Соціальний характер проблеми забруднення середовища шумом і визначає те, що боротьба з ним – завдання не тільки технічне, а й суспільне. У проблемі взаємодії людського суспільства і природи важливе місце посідає свідомо й активна боротьба з шумовим забрудненням довкілля.

**Проблеми забруднення побутовими відходами.** Проблема смітників стоїть перед людством, мабуть, з того самого часу, як воно з'явилося на землі, і чимдалі, тим вона стає серйознішою. На сьогодні в Україні проблема смітників – одна з найважливіших і найактуальніших серед проблем забруднення навколишнього середовища. Ця проблема настільки нагальна не тільки в Україні, а й у всьому світі, що навіть з'явився такий вислів "відходи беруть нас за горло".

У кожному людському помешканні утворюється величезна кількість непотрібних матеріалів та виробів, починаючи від старих газет та журналів, порожніх консервних банок, пляшок, харчових відходів, обгортки та упаковок, закінчуючи битим посудом, зношеним одягом та поламаною побутовою чи офісною технікою. Кожного дня ми змушені стикатися з відходами: вдома, на вулиці, біля торгових точок. Всюди нас оточують папірці, обгортки з пластика, скло, целофан і т. ін. Із зростанням кількості міст та промислових підприємств постійно збільшується кількість відходів. Промислові і побутові відходи створюють безліч проблем, таких як транспортування, зберігання, утилізація та ліквідація. Сміття утворюється і накопичується не лише у житлових приміщеннях, а й у офісах, адміністративних спорудах, кінотеатрах і театрах, магазинах, кафе й ресторанах, дитячих садках, школах, інститутах, поліклініках та лікарнях, готелях, на вокзалах, ринках чи й просто на вулицях.

Викидаючи сміття, люди порушують один з основних екологічних законів кругообіг – речовин у природі. Адже, вилучаючи з природи чимало речовин, людина змінює їх до невпізнанності повертає у природу у вигляді сміття, яке не розкладається на вихідні речовини природнім шляхом.

Коли більшість із нас виходить із під'їздів багатоповерхових будинків, перше, що бачимо, – це смітники. Таке значне зростання кількості відходів – результат, передусім, зміни способу життя людей та надзвичайного поширення предметів одноразового використання. Нерегулярне вивезення побутових відходів, накопичування їх в міських кварталах викликає неприємний запах та



сприяє розмноженню мух – переносників різних інфекційних захворювань.

Якщо не за рівнем життя, то принаймні за кількістю побутових відходів Україна не відстає від середньоевропейського показника. Поступово наша країна перетворюється на смітник Європи. Щороку накопичується близько 10 млн. тонн сміття, близько 160 тисяч гектарів землі в Україні зайнято під смітники (це близько 700 смітників, що існують в кожному місті або селі). Замість того, щоб приносити прибуток і без того небагатій країні, мільйони тонн відходів отруюють землю, воду, повітря. За прогнозами як закордонних, так і вітчизняних фахівців, екологічна ситуація в Україні, без перебільшення, наближається до критичної, адже переробкою відходів у нас займаються на дуже низькому рівні.

Кількість відходів та їх склад залежить від багатьох чинників і можуть значно відрізнятись навіть на сусідніх вулицях міста. Структура відходів визначається рівнем розвитку країни, специфікою і розміщенням промислових та господарських об'єктів тощо. Приблизний склад міських твердих відходів, %: папір – 41; харчові відходи – 21; скло – 12; залізо та його сплави – 10; пластмаса – 5; деревина – 5; гума та шкіра – 3; текстиль – 2; алюміній – 1; інші матеріали – 0,3.

**Утилізація (застосування з користю) сміття у великих містах і міських агломераціях – надзвичайно важлива екологічна проблема.** Найбільш широко застосовуються компостування, спалення і піроліз твердих побутових відходів. Найбільш простим способом знешкодження і переробки твердих побутових відходів є компостування. Це аеробний біологічний процес із виділенням тепла під впливом термофільних мікроорганізмів, які окислюють органічну речовину. Із 30 т компосту, вивезеного на 1 га сільськогосподарських угідь, можна отримати до 0,5 т азоту, фосфору і калію, а також 1 т вапняку.

Захоронення (могильники) використовуються як альтернатива відкритих звалищ. При цьому сміття просто закопують у землю або висипають на поверхню і зверху присипають шаром ґрунту. Оскільки відходи в такому випадку не горять і вкриті ґрунтом, вдається уникнути забруднення повітря і розмноження небажаних тварин. Не враховувалося те, як відбувається кругообіг води, які речовини можуть утворитися в процесі розкладу сміття, як запобігти іншим небажаним явищам. Будь-яке зручне пониження рельєфу ставало місцем захоронення сміття. Із захороненням сміття пов'язані супутні екологічні проблеми:

- вимивання речовин і забруднення ґрунтових вод;
- утворення метану;
- просідання ґрунту.

Найсерйозніша проблема – забруднення ґрунтових вод. Вода – універсальний розчинник. Просочуючись крізь шари похованих відходів, дощова (тала) вода “збагачується” різними хімічними речовинами, які утворюються у процесі розкладання сміття. Така вода з розчиненими у ній забрудниками називається фільтратом.

**Проблеми пилового (аерозольного) забруднення.** Аерозолі – це тверді або рідкі частинки, що перебувають у повітрі. Тверді компоненти аерозолів у ряді випадків особливо небезпечні для організмів, а в людей викликають специфічні захворювання. В атмосфері аерозольні забруднення сприймаються у

вигляді диму, туману, імлі або серпанку.

Значна частина аерозолів утворюється в атмосфері при взаємодії твердих і рідких частинок між собою або з водяною парою. Середній розмір аерозольних частинок становить 1 – 5 мкм. Аерозолі вміщують на лише тверді, а й рідкі частинки, утворені при конденсації парів чи при взаємодії газів. Рідкі краплини можуть вміщувати і розчинені в них речовини. Звичайно до аерозолів відносять і краплини діаметром 0,1 – 1 мкм, тоді як тверді частинки того ж діаметру відносять до аерозолів рідше, часто характеризуючи їх як тонкий пил. У фізіологічному плані особливу увагу слід приділяти частинкам розміром менш 5 мкм, тому як при зменшенні розміру їх поведінка стає все більш схожою з газоподібним станом, тобто вони затримуються в легенях при диханні (не відфільтровуються від повітря), а також не вимиваються з повітря дощами. Це збільшує час їхнього перебування в атмосфері в порівнянні з більшими частинками – обставина, що грає особливо важливу роль при розподілі аерозолів в атмосфері. Також склад речовин аерозолів містить органічні, неорганічні сполуки та радіоактивні ізотопи (радіонукліди).

Тверді компоненти аерозолів техногенного походження – це продукти діяльності теплових електростанцій, збагачувальних фабрик, металургійних, магнезитових, цементних, сажових заводів. Промислові відвали також є постійним джерелом аерозольного забруднення. Вони відрізняються великою різноманітністю хімічного складу.

Розрізняють пасивні та активні аерозолі в залежності від їх дії на організм людини. Пасивні аерозолі акумулюються на стінках органів дихання і можуть викликати ряд захворювань при певних концентраціях. Активні аерозолі залучаються до процесу кровообігу і є більш небезпечними для людського організму, тому що можуть викликати різноманітні захворювання, потрапляючи в клітини організму людини.

Велика кількість пилових частинок утворюється також в ході діяльності людей. Основними джерелами штучних аерозольних забруднень повітря є ТЕС, які споживають вугілля високої зольності, збагачувальні фабрики, металургійні, цементні, магнезитові і сажа затону. Аерозольні частинки від цих джерел відрізняються великою різноманітністю хімічного складу. Частіше всього в їх складі виявляються з'єднання кремнію, кальцію і вуглецю, рідше – оксиди металів: заліза магнію, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, сурми, вісмуту, селену, миш'яку, берилію, кадмію, хрому, кобальту, молібдену, а також азбест. Ще більша різноманітність властива органічному пилу, який включає ароматичні вуглеводи, солі кислот. Він утворюється при спалюванні остаточних нафтопродуктів, в процесі піролізу на нафтопереробних, нафтохімічних і інших подібних підприємствах.

Джерелом пилу і ядовитих газів служать масові вибухові роботи. Так, в результаті одного середнього по масі вибуху (1250-300 тонн вибухових речовин) в атмосферу викидається близько 12 тис. куб. м. умовного оксиду вуглецю і більше 1150 т. пилу. Виробництво цементу і інших будівельних матеріалів також є джерелом забруднення атмосфери пилом. Основні технологічні процеси

цих виробництв є одержування продуктів в потоках гарячих газів, які завжди призводять до викиду пилу і інших шкідливих речовин в атмосферу. Вони піддаються різним перетворенням, окисненню, полімеризації, взаємодіючи з іншими атмосферними забруднювачами після збудження сонячною радіацією. В результаті цих реакцій утворюються перекісні з'єднання, вуглеводнів з оксидами азоту і сірі часто у вигляді аерозольних частинок. При деяких погодних умовах можуть утворюватися особливо великі скупчення шкідливих газоподібних і аерозольних домішок в приземному шарі повітря.

Звичайно це відбувається тоді, коли в шарі повітря безпосередньо над джерелами газопилової емісії існує інверсія – розташування шару більш холодного повітря під теплим, що затримує перенесення домішок вгору. В результаті шкідливі викиди зосереджуються під шаром інверсії, вміст їх у атмосфері різко зростає, що стає однією з причин фотохімічного туману.

**Фотохімічний туман (смог).** Фотохімічний туман є багатоконпонентною сумішшю газів і аерозольних частинок первинного і вторинного викиду. До складу основних компонентів змогу входять озон оксиди азоту і сірки, численні органічні сполуки окисленої природи, звана в сукупності фотооксидантами. Фотохімічний смог виникає в результаті фотохімічних реакцій за певних умов: наявності в атмосфері високої концентрації оксидів азоту, вуглеводнів і інших забруднювачів, інтенсивної сонячної радіації і безвітря або дуже слабого обміну повітря в приземному шарі при могутній і в течія не менше діб підвищеної інверсії. Стійка безвітряна погода, звичайно що супроводжується інверсіями, необхідними для створення високої концентрації реагуючих речовин.

Основний внесок в забруднення атмосфери вносять автомобілі, що працюють на бензині (в США на їх частку доводиться близько 75 %), потім літаки (приблизно 5 %), автомобілі з дизельними двигунами (близько 4 %), трактори і інші сільськогосподарські машини (близько 4 %), залізничний і водний транспорт (приблизно 2 %). До основних забруднюючим атмосферу речовин, які викидають рухомі джерела (загальне число таких речовин перевищує 40), відносяться оксид вуглецю (в США його частка в загальній масі складає близько 70 %), вуглеводні (приблизно 19 %) і оксиди азоту (близько 9 %). Оксид вуглецю (СО) і оксиди азоту поступають в атмосферу тільки з вихлопними газами, тоді як не повністю згорілі вуглеводні поступають як разом з вихлопними газами, так і з картера, паливного бака і карбюратора, тверді домішки поступають в основному з вихлопними газами і з картера.

Питання для самоконтролю:

1. За якими видами забруднень можна згрупувати забруднення середовища?
2. Як впливає розвиток сільського господарства на екологічний стан довкілля?
3. Скільки та які види нормування виробничого шуму розрізняють?
4. Які способи знешкодження і переробки твердих побутових відходів Ви можете назвати?
5. Які існують джерела пилу?

6. Поясніть виникнення такого явища, як фотохімічний туман.

## **1.22 Проблеми фізичного забруднення (електромагнітне, радіаційне, світлове, теплове)**

**Фізичні забруднення** – це зміни теплових, електричних, електромагнітних, гравітаційних, світлових, радіаційних полів у природному середовищі, шуми, вібрації, які створює людина.

Інтенсивний розвиток електроніки й радіотехніки призвів до забруднення природного середовища **електромагнітними випромінюваннями**. Головне їхнє джерело – радіо-, телевізійні й радіолокаційні станції та центри, високовольтні лінії електропередач і підстанції, електротранспорт, телевізори й комп'ютери (особливо – телевізійні зали, студії, комп'ютерні центри, де зосереджено багато цієї техніки).

Останніми роками в країнах, де дуже широко використовується теле- й комп'ютерна техніка, помітно зросла захворюваність осіб, які протягом тривалого часу працювали з нею. Тому переглядаються й стають жорсткішими нормативи режиму роботи, застосовуються спеціальні захисні екрани, сітки тощо. Та, незважаючи на це, виявляється дедалі більше даних про різні негативні дії комп'ютерів на здоров'я людини, які необхідно вивчати, нормувати і обов'язково враховувати в майбутньому. Зокрема, персональні ЕОМ і відеотермінали – це джерела м'якого рентгенівського, ультрафіолетового, інфрачервоного, електромагнітного випромінювань. Крім того, ЕОМ – джерело утворення магнітних полів і, в разі тривалої роботи, – значної іонізації повітря.

**Радіоактивне забруднення.** Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини особливо небезпечний. За результатами експериментів на тваринах та вивчення наслідків опромінення людей під час атомних вибухів у Хіросімі та Нагасакі, а пізніше в Чорнобилі, було виявлено, що гостра біологічна дія радіації проявляється у вигляді променевої хвороби, здатна призвести до смерті, до локальних уражень шкіри, кришталика ока, кісткового мозку. Нині захист організму людини та живої складової біосфери від радіоактивного опромінення в зв'язку зі зростаючим радіоактивним забрудненням планети - одна з найактуальніших проблем екології.

Усі види флори та фауни Землі протягом мільйонів років виникали та розвивалися під постійним впливом природного радіоактивного фону й пристосувалися до нього. Але штучно створені радіоактивні речовини, ядерні реактори, устаткування сконцентрували невідомі раніше в природі обсяги іонізуючого випромінювання, до чого природа виявилася непристосованою.

**Світлове забруднення.** Проблеми забруднення довкілля настільки розрослись і урізноманітнилися, що зачепили навіть і світлотехнічну галузь. Ще порівняно недавно, принаймні десять років тому, питання про забруднення світлом навколишнього середовища. Проте ця проблема аж ніяк не нова. Причина такого явища – світлове забруднення атмосфери, результатом якого є феномен

«світіння» неба. Штучне світло освітлених міст, спрямоване вгору, розсіюється часточками атмосфери (молекулами й аерозолями) і викликає її світіння. Світіння неба створює так звану світлову вуаль, яка знижує його видимість і створює труднощі, в першу чергу, астрономам при спостереженні зірок. Основна причина цього явища - використання неекранованих світлових приладів, що спрямовують частину світлового потоку прямо в небо. Надлишкове світіння небесного склепіння також викликане прямими формами забруднення навколишнього середовища, які пов'язані з видобутком, транспортуванням та спалюванням вугілля, нафти, газу. При цьому безглузда витрата електроенергії складає у всьому світі мільярди доларів на рік.

Надлишок нічного освітлення не лише викликає збільшення яскравості неба, але й негативно впливає на навколишнє середовище, втручаючись у природні ритми біосфери. Вчені прогнозують, що штучна зміна природного світлення неба загрожує людству не меншими проблемами, ніж парниковий ефект. Такі зміни торкнуться як навколишнього середовища, так і самої людини, на яку звуження діапазону видимого Всесвіту спричинить негативний психологічний ефект. При цьому страждають і численні тварини, що ведуть нічний спосіб життя. Зайве світло погано діє практично на всі нічні види. Якись з них не можуть полювати, якись – розмножуватися, а інші – просто жити. Наприклад, зменшення кількості комах знижує площу запилення рослин. Як відомо, випадання з “харчового ланцюжка” хоча б однієї ланки призводить до дуже серйозних наслідків для всіх інших ланок. Особливо страждають птахи. Світлове забруднення впливає, в першу чергу, на маршрути їхньої міграції. Наприклад, для рослин збільшення періоду фотосинтезу, викликане застосуванням штучного світла, веде до надприродного росту рослин, зсуву фази цвітіння та зміни в інших фазах онтогенезу.

**Теплове забруднення.** Унаслідок згоряння органічного палива вміст вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) у повітрі підвищений. Тим самим порушений природний колообіг вуглекислого газу в природі. Саме це, на думку багатьох учених, і спричинило так званий парниковий ефект і, як наслідок, загальне потепління клімату. За оцінками, подвоєння вмісту  $\text{CO}_2$  у повітрі може призвести до підвищення середньої температури на планеті на 2 – 4 °С.

Сприяє потеплінню клімату і безпосереднє теплове забруднення повітря, зумовлене низьким коефіцієнтом корисної дії більшості машин і механізмів. Це вже яскраво помітно над великими агломераціями, мікроклімат яких значно тепліший, ніж на навколишніх територіях.

Зміни клімату впливатимуть, зокрема, на стан здоров'я людей. Потепління вже призвело до збільшення показника смертності в країнах з низьким рівнем доходу на 150 тис. осіб на рік. Вважається, що показники виживання та відтворення бактерій, що заражають харчові продукти і джерела води, під впливом підвищення температури збільшаться, посилюючи тим самим негативний вплив на стан здоров'я населення.

**Проблема руйнації озонового шару.** У 70-80-х роках ХХ ст. учені все частіше стали фіксувати зменшення концентрації озону ( $\text{O}_3$ ) у стратосфері, особ-

ливо над полярними і приполярними районами. Це явище отримало назву озонних дір. Вони небезпечні тим, що зменшення вмісту  $O_3$  дає змогу вільно проникати на поверхню Землі ультрафіолетовим променям. Тим часом надмірна кількість ультрафіолетової радіації є шкідливою для живих організмів, зокрема збільшує ризик ракових захворювань населення.

Питання для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте вплив радіоактивного випромінювання на довкілля.
2. В чому причина виникнення такого явища, як світлове забруднення атмосфери?
3. Унаслідок чого виникає теплове забруднення навколишнього середовища?
4. Чим обумовлена проблема руйнації озонного шару?

### **1.23 Елементи вчення про забруднення - центральне питання неоекології**

#### **Елементи вчення про забруднення – центральне питання неоекології.**

В умовах науково-технічного прогресу значно ускладнились взаємовідносини суспільства з природою. Людина отримала можливість впливати на хід природних процесів, підкорила сили природи, почала опановувати майже всі доступні відновні і невідновні природні ресурси, але разом з тим забруднювати і руйнувати довкілля. За оцінкою Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), із більш ніж 6 млн. відомих хімічних сполук практично використовується до 500 тис. сполук; із них біля 40 тис. мають шкідливі для людини властивості, а 12 тис. є токсичними.

До кінця ХХ ст. забруднення навколишнього середовища відходами, викидами, стічними водами всіх видів промислового виробництва, сільського господарства, комунального господарства міст набуло глобального характеру і поставило людство на грань екологічної катастрофи.

Втручання людини у природні процеси різко зростає і може спричинити зміну режиму ґрунтових і підземних вод у цілих регіонах, поверхневого стоку, структури ґрунтів, інтенсифікацію ерозійних процесів, активізацію геохімічних та хімічних процесів у атмосфері, гідросфері та літосфері, зміни мікроклімату тощо. В історичному плані виділяють декілька етапів зміни біосфери людством, які увінчались екологічними кризами та революціями, а саме:

- вплив людства на біосферу як звичайного біологічного виду;
- надінтенсивне полювання без змін екосистем у період становлення людства;
- зміни екосистем внаслідок процесів, що відбуваються природнім шляхом: випасання, посилення росту трав шляхом випалювання тощо;
- інтенсифікація впливу на природу шляхом розорювання ґрунтів та вирубування лісів;

- глобальні зміни всіх екологічних компонентів біосфери в цілому.

Вплив людини на біосферу зводиться до чотирьох головних форм:

1) зміна структури земної поверхні (розорювання степів, вирубування лісів, меліорація, створення штучних водойм та інші зміни режиму поверхневих вод тощо);

2) зміна складу біосфери, кругообігу і балансу тих речовин, які її складають (добування корисних копалин, створення відвалів, викиди різних речовин у атмосферу та водойми);

3) зміна енергетичного, зокрема теплового, балансу окремих регіонів земної кулі і всієї планети;

4) зміни, які вносяться у біоту (сукупність живих організмів) внаслідок знищення деяких видів, руйнування їх природних місць існування, створення нових порід тварин та сортів рослин, переміщення їх на нові місця існування тощо.

Джерела забруднення дуже різноманітні: серед них не тільки промислові підприємства і паливно-енергетичний комплекс, але і побутові відходи, відходи тваринництва, транспорту, а також хімічні речовини, які людина цілеспрямовано вводить до екосистеми для захисту корисних продуцентів і консументів від шкідників, хвороб і бур'янів.

**Класифікації забруднення.** Під забрудненням *навколишнього середовища* розуміють надходження в біосферу будь-яких твердих, рідких і газоподібних речовин або видів енергії (теплоти, звуку, радіоактивності і т.п.) у кількостях, що шкідливо впливають на людину, тварин і рослини як безпосередньо, так і непрямим шляхом. Безпосередньо об'єктами забруднення (акцепторами забруднених речовин) є основні компоненти екотопу (місце існування біотичного угруповання): атмосфера, вода, ґрунти. Опосередкованими об'єктами забруднення (жертвами забруднення) є складові біогеоценозу: рослини, тварини, гриби, мікроорганізми. Втручання людини в природні процеси в біосфері, котре викликає небажані для екосистем антропогенні зміни, можна згрупувати за наступними видами забруднень (рис. 1.23.1):

- *інгредієнтне забруднення* – забруднення сукупністю речовин, кількісно або якісно ворожих природним біогеоценозам (інгредієнт – складова частина складної сполуки або суміші);

- *параметричне забруднення* пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища (параметр навколишнього середовища – одна з його властивостей, наприклад, рівень шуму, радіації, освітленості);

- *біоценотичне забруднення* полягає у впливі на склад та структуру популяції живих організмів;

- *стаціонально-деструкційне забруднення* (стація – місце існування популяції, деструкція – руйнування) викликає зміну ландшафтів та екологічних систем в процесі природокористування.

Фахівці по різному класифікують забруднення природного середовища, в залежності від того, який принцип беруть за основу класифікації, зокрема – за типом походження, за часом взаємодії з довкіллям, за способом впливу.



Рисунок 1.23.1 – Класифікація забруднення екологічних систем (за Г.В.Стадницьким та А. І. Родіоновим)

За просторовим поширенням (розміру охоплюваних територій) забруднення поділяють на:

1. *Локальні забруднення* характерні для міст, значних промислових підприємств, районів видобутку тих або інших корисних копалин, значних тваринницьких комплексів.

2. *Регіональні забруднення* охоплюють значні території й акваторії, що підлягають впливу значних промислових районів.

3. *Глобальні забруднення* частіше всього викликаються атмосферними викидами, поширюються на великі відстані від місця свого виникнення і створюють несприятливий вплив на крупні регіони, а іноді і на всю планету.

За силою та характером дії на навколишнє середовище забруднення бувають: фонові; імпульсні (від англ. імпульс – удар; синонім – залпові); постійні (перманентні); катастрофічні.

За джерелами виникнення забруднення поділяють на: промислові (наприклад, SO<sub>2</sub>); транспортні (наприклад, альдегіди вихлопів автотранспорту); сільськогосподарські (наприклад, пестициди); побутові (наприклад, синтетичні мийних засобів). За типом походження (рис. 1.23.2):

1. *Фізичні забруднення* – це зміни теплових, електричних, радіаційних, світлових полів у природному середовищі, шуми, вібрації, гравітаційні сили, спричинені людиною.

2. *Механічні забруднення* – це різні тверді частки та предмети (викинуті як непридатні, спрацьовані, вилучені з вжитку).



3. Хімічні забруднення – тверді, газоподібні й рідкі речовини, хімічні елементи й сполуки штучного походження, які надходять – у біосферу, порушуючи встановлені природою процеси кругообігу речовин і енергії.

4. Біологічні забруднення – різні організми, що з'явилися завдяки життєдіяльності людства – бактеріологічна зброя, нові віруси (збудники СНІДу, хвороби легіонерів, епідемій, інших хвороб, а також катастрофічне розмноження рослин чи тварин, переселених з одного середовища в інше людиною чи випадково).

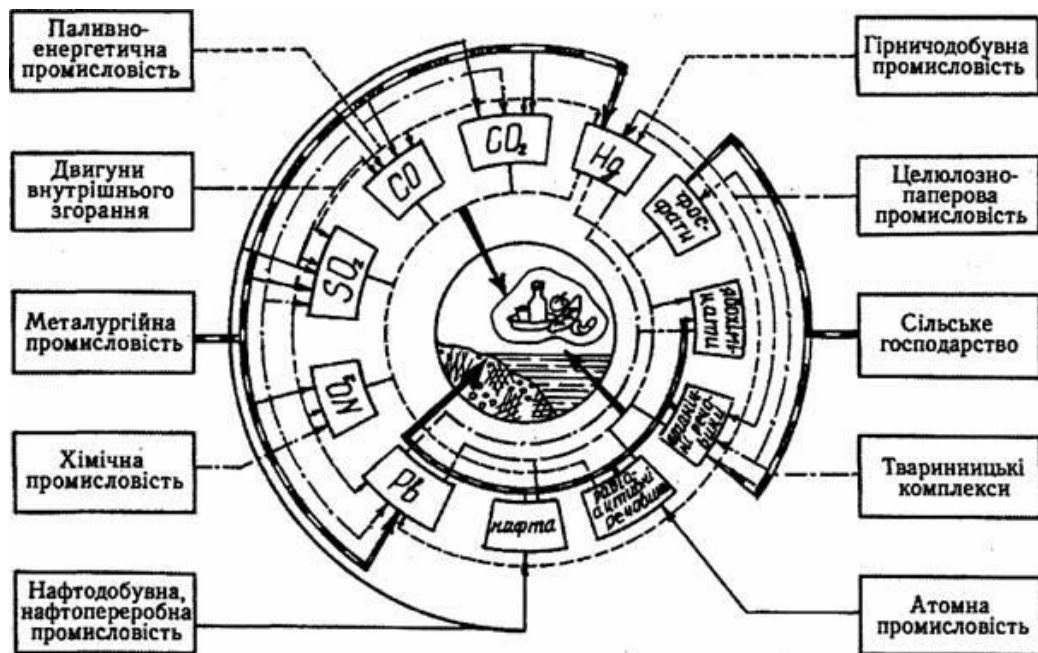


Рисунок 1.23.2 - Джерела забруднення та основні забруднювачі довкілля.

Біосфера забруднюється твердими відходами, газовими викидами і стічними водами металургійних, металообробних і машинобудівних заводів. Величезної шкоди завдають водяним ресурсам стічні води целюлозно-паперової, харчової, деревообробної, нафтохімічної промисловості (табл. 1.23.1).

Розвиток автомобільного транспорту призвів до забруднення атмосфери міст і транспортних комунікацій важкими металами і токсичними вуглеводнями, а постійне зростання масштабів морських перевезень викликало майже повсюдне забруднення морів і океанів нафтою і нафтопродуктами. Масове застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин призвело до появи отрутохімікатів в атмосфері, ґрунтах і природних водах, забрудненню біогенними елементами водойм, водотоків і сільськогосподарської продукції (нітрати, пестициди і т.п.). При гірських розробках на поверхню землі витягаються мільйони тонн різноманітних, найчастіше фітотоксичних гірських порід, що утворюють терикони і відвали, що пилять і горять. В процесі експлуатації хімічних заводів і теплових електростанцій також утворюються величезні кількості твердих відходів (недогарок, шлаки, золи і т.п.), що складаються на великих площах, вчиняючи негативний вплив на атмосферу, поверхневі і підземні води,

грунтовий покрив (пилювання, виділення газів і т.п.).

Таблиця 1.23.1 - Джерела викидів у довкілля

Галузь промисловості	Вид викидів	Вплив на довкілля
Вугільна, металообробна, паперова	Викиди, які містять частки піску, породи та інші механічні домішки	Можуть порушувати природні екосистеми, санітарний режим, замулювати дно та берег
Машинобудівні заводи, підприємства хімічної промисловості	Викиди, що утворюються внаслідок нейтралізації та очищення стічних вод	Довкілля забруднюється солями важких металів, ціанідами, кислотами, токсичними органічними та неорганічними сполуками
Рудозбагачення, вуглезна збагачення, шкіряні заводи	Забруднення, які містять мікро- та макроелементи	Забруднення довкілля надмірною кількістю мікро- та макроелементів, в окремих випадках збудниками захворювань; (шкіряні заводи)
Спиртові, цукрові, крохмале-патокові та інші заводи	Забруднення, які містять органічні сполуки рослинного та тваринного походження	Забруднення довкілля органічними сполуками, які легко загнивають, можуть викликати інфекційні захворювання

Питання для самоконтролю:

1. Які наслідки може спричинити втручання людини у природні процеси?
2. На що впливає втручання людини у природні процеси?
3. Які етапи зміни біосфери людством можна виділити?
4. Які джерела викидів у довкілля ви можете назвати?
5. Як поділяють забруднення за джерелами виникнення?
6. Як згруповують забруднення за видами?
7. За просторовим поширенням (розміру охоплених територій) забруднення поділяють...

## 1.24 Наслідки забруднення природного середовища

Проблема забруднення природного середовища стає гострою як через зростання обсягів промислового і сільськогосподарського виробництва, так і в зв'язку з якісними змінами виробництва під впливом науково-технічного прогресу. Слід зазначити, що тільки 1-2 % використаного природного ресурсу залишається в кінцевому продукті, а більшість йде у відходи, що не засвоюються природою. Відходи виробничої діяльності усе більше забруднюють літосферу, гідросферу й атмосферу Землі. Адаптаційні механізми біосфери не можуть справитися з нейтралізацією значної кількості шкідливих речовин, і природні екосистеми починають руйнуватися.

**Двоокис вуглецю** (вуглекислий газ) – один з компонентів газового складу атмосфери, що відіграє важливу роль не тільки в життєдіяльності людини,

рослин і тварин, але й у виконанні атмосферою функції запобігання перегріву чи переохолодження поверхні Землі. Господарська діяльність порушила природний баланс виділення й асиміляції CO<sub>2</sub>, у природі, в результаті чого його концентрація в атмосфері збільшується. З 1959 по 2000 рік кількість вуглекислого газу збільшилася на 10 %. Деякі важливі елементи кругообігу CO<sub>2</sub> ще не до кінця вивчені. Не встановлені взаємозалежності між концентрацією його в атмосфері і здатністю затримувати зайве тепло, яке надходить від Сонця. Проте зростання концентрації CO<sub>2</sub> свідчить про глибоке порушення глобальної рівноваги в біосфері, що в сполученні з іншими порушеннями може мати дуже серйозні наслідки.

Забруднення, що надходять у Світовий океан, порушили в першу чергу природну рівновагу морського середовища в прибережній зоні континентального шельфу, де зосереджено 99 % усіх морських біологічних ресурсів, що добуваються людиною. Антропогенні забруднення цієї зони послужили причиною того, що її біологічна продуктивність знизилася на 20 %, а світовий рибний промисел не дорахувався 15-20 мільйонів тонн улову. За даними ООН, щорічно у Світовий океан потрапляє 50 тис. т пестицидів, 5000 тонн ртуті, 10 млн. т нафти і безліч інших забруднювачів.

Кількість речовин, які щорічно потрапляють з антропогенних джерел зі стоком річок у води морів і океанів – заліза, марганцю, міді, цинку, свинцю, олова, миш'яку, нафти перевищує обсяг цих речовин, що надходять у результаті геологічних процесів. Дно Світового океану, у тому числі і глибоководні западини, усе ширше використовуються для захоронення особливо небезпечних токсичних речовин (включаючи "морально застарілі" бойові отруйні речовини), а також радіоактивних матеріалів. Так, з 1946 по 1970 рік США поховали на Атлантичному узбережжі країни близько 90'000 контейнерів з відходами загальною радіоактивністю приблизно 100'000 кюрі, а європейські країни скинули в океан відходів загальною радіоактивністю 500'000 кюрі. У результаті розгерметизації контейнерів спостерігаються випадки небезпечного зараження вод і природного середовища в місцях цих поховань.

У морі **нафтове забруднення** має різні форми. Воно може тонкою плівкою покривати поверхню води, а під час розливів шар нафтової плівки спочатку може складати кілька сантиметрів. З часом утвориться емульсія нафти в воді чи води в нафті. Пізніше виникають грудочки важкої фракції нафти, нафтові агрегати, що здатні довго плавати на поверхні моря. До грудочок мазуту, що плавають, прикріплюються різні дрібні тварини, якими охоче харчуються риби і вусаті кити. Разом з ними вони заковтують і нафту. Одні риби від цього гинуть, інші наскрізь просочуються нафтою і стають не придатними для вживання в їжу через неприємний запах і смак.

Усі компоненти нафти – токсини для морських організмів. Нафта впливає на структуру співтовариства морських тварин. При нафтовому забрудненні змінюється співвідношення видів і зменшується їхня різноманітність. Так, рясно розвиваються мікроорганізми, що харчуються нафтовими вуглеводнями, а біомаса цих мікроорганізмів отрутна для багатьох морських мешканців. Доведено,

що дуже небезпечний тривалий хронічний вплив навіть невеликих концентрацій нафти. При цьому поступово падає первинна біологічна продуктивність моря. У нафти є ще одна неприємна побічна властивість. Її вуглеводні здатні розчинити в собі ряд інших забруднюючих речовин, таких, як пестициди, важкі метали, що разом з нафтою концентруються в приповерхньому шарі і ще більше отруюють його. Ароматична фракція нафти містить речовини мутагенної і канцерогенної природи.

Найбільша кількість нафти зосереджена в тонкому приповерхневому шарі морської води. В ньому зосереджена безліч організмів, цей шар відіграє роль “дитячого садка” для багатьох популяцій. Поверхневі нафтові плівки порушують газообмін між атмосферою і океаном. Змінюються процеси розчинення і виділення кисню, вуглекислого газу, теплообміну, знижується відбивна здатність (альbedo) морської води.

Хлоровані вуглеводні, які широко застосовуються для боротьби зі шкідниками сільського і лісового господарства, з переносниками інфекційних хвороб, уже багато десятиліть разом зі стоком річок і через атмосферу надходять у Світовий океан. ДДТ і його похідні зустрічаються всюди у Світовому океані, включаючи Арктику й Антарктику.

Вони легко розчиняються в жирах і тому накопичуються в органах риб, ссавців, морських птахів. Як ксенобіотики, тобто речовини цілком штучного походження, вони не мають серед мікроорганізмів своїх “споживачів” і тому майже не розкладаються в природних умовах, а тільки накопичуються у Світовому океані. Разом з тим вони гостро токсичні, впливають на кровотворну систему, придушують ферментативну активність, сильно впливають на спадковість.

Разом з річковим стоком в океан надходять і важкі метали, багато з яких мають токсичні властивості. Загальний обсяг річкового стоку складає 46 тис. м<sup>3</sup> води на рік. Разом з ним у Світовий океан надходить до 2 млн. т свинцю, до 20 тис. т кадмію, до 10 тис. т ртуті. Найбільш високі рівні забруднення мають прибережні води і внутрішні моря. Чималу роль у забрудненні Світового океану відіграє й атмосфера. Так, наприклад, до 30 % усієї ртуті і 50 % свинцю, що надходять в океан, щорічно переноситься через атмосферу.

За своєю токсичністю дії в морському середовищі особливу небезпеку становить ртуть. Під впливом мікробіологічних процесів токсична неорганічна ртуть перетворюється на набагато більш токсичні органічні форми ртуті. Накопичені завдяки біоаккумуляції в рибі чи молюсках сполуки метилованої ртуті являють пряму загрозу життю і здоров'ю людей.

Ртуть, кадмій, свинець, мідь, цинк, хром, миш'як і інші важкі метали не тільки накопичуються в морських організмах, отруюючи тим самим морські продукти харчування, але і найнегативнішим чином впливають на мешканців моря. Коефіцієнти накопичення токсичних металів, тобто концентрація їх на одиницю ваги в морських організмах стосовно морської води, змінюються в широких межах – від сотень до сотень тисяч, в залежності від природи металів і видів організмів. Ці коефіцієнти показують, як накопичуються шкідливі речовини в рибі, молюсках, ракоподібних і інших організмах.

Початок космічної ери породив проблему збереження цілісності ще однієї земної оболонки – **космосфери** (навколоземного космічного простору). Проникнення людини в космос не просто героїчна епопея, це ще і цілеспрямована довгострокова політика оволодіння новими ресурсами природи і природного середовища.

Космічна оболонка Землі виконує ряд важливих для життя планети і для життя на планеті функцій, пов'язаних з підтримкою її радіаційного - теплового балансу, протіканням деяких геофізичних процесів. Тому збереження природних рівноваг і споконвічних властивостей космосфери Землі в процесі проникнення в неї людини – велике, життєво важливе загально планетарне завдання.

Космічна діяльність охоплює широке коло прикладних напрямків: дослідження природних ресурсів Землі, контроль за станом навколишнього середовища, зв'язок, навігацію, метеорологію, геодезію, картографію, телемовлення, порятунок суден і літаків, що терплять лихо; технологічні, біологічні й інші наукові експерименти, що готують ґрунт для ще більш інтенсивного, зокрема індустріального використання космосу.

Космос усе більше стає ареною для різноманітного і плідного мирного співробітництва. Зараз у космосі ведуться інтенсивні дослідження й експерименти цивільного призначення. Усе це припускає запуск великої кількості космічних об'єктів. На початку 80-х років у космос виводилося більш ніж 100 об'єктів на рік. В даний час на орбіті Землі знаходиться близько 10-15 тисяч великих штучних об'єктів і 40 000 дрібних (приблизно 2,5 сантиметра в діаметрі).

Деякі з сучасних і намічуваних на майбутнє видів космічної діяльності повинні стати об'єктом регламентації, щоб виключити забруднення й інші форми порушення природної рівноваги в космічному просторі. В даний час на міжнародних форумах триває обговорення, крім питання про немілітаризацію космосу, таких аспектів регулювання як: скорочення числа супутників, що вичерпали свій резерв (так званих космічних відходів), скидання в космос різного роду небезпечних “земних” відходів, запуск великих ракетних прискорювачів на твердому паливі.

Одна з найгостріших глобальних проблем сучасності – це проблема зростаючої **кислотності атмосферних опадів і ґрунтового покриву**. Кислотні дощі викликають не тільки підкислення ґрунтових воді верхніх шарів фунтів. Кислотність із опадами поширюється на весь ґрунтовий профіль і викликає значне підкислення ґрунтових вод. Кислотні дощі виникають у результаті господарської діяльності людини, що супроводжується емісією окислів сірки, азоту, вуглецю. Ці окисли, надходячи в атмосферу, переносяться на великі відстані, взаємодіють з водою і перетворюються на розчини суміші сірчистої, сірчаної, азотистої, азотної і вугільної кислот, що випадають у вигляді “кислих дощів“ на сушу, взаємодіючи з рослинами, ґрунтами, водами. Головними джерелами накопичення окислів в атмосфері є спалювання сланців, нафти, вугілля, газу в промисловості, сільському господарстві, побуті. Господарська діяльність людини майже вдвічі збільшила надходження в атмосферу окислів сірки, азоту, сірководню й оксиду вуглецю. Природно, що це позначилося на підвищенні кис-

лотності атмосферних опадів, поверхневих і ґрунтових вод.

**Аерозольне забруднення атмосфери.** Аерозолі – це тверді чи рідкі частки, що знаходяться в зваженому стані в повітрі. Тверді компоненти аерозолей у ряді випадків небезпечні для організмів, а в людей викликають специфічні захворювання. В атмосфері аерозольні забруднення сприймаються у вигляді диму, туману, чи смогу. Середній розмір аерозольних часток складає 1-5 мкм.

Основними джерелами штучних аерозольних забруднень повітря є ТЕС, що споживають вугілля високої зольності збагачувальні фабрики, металургійні, цементні, магнезитові сажеві заводи. Аерозольні частки від цих джерел відрізняються великим розмаїттям хімічного складу. Найчастіше в їхньому складі виявляються сполуки кремнію, кальцію і вуглецю, рідше оксиди металів: заліза, магнію, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, сурми, вісмуту, селену, миш'яку, берилію, кадмію, хрому, кобальту, молібдену, а також азбесту. Ще більша розмаїтість властива органічному пилу, що включає аліфатичні й ароматичні вуглеводні, солі кислот. Бона утворюється при спалюванні залишкових нафтопродуктів, у процесі піролізу на нафтопереробних, нафтохімічних і інших подібних підприємствах. Постійними джерелами аерозольного забруднення є промислові відвали – штучні насипи з розкритих порід, утворені під час видобутку корисних копалин чи ж з відходів підприємств переробної промисловості, ТЕС. Джерелом пилу й отрутих газів слугують масові підривні роботи. Так, у результаті одного середнього по масі вибуху (250 - 300 тонн вибухових речовин) в атмосферу викидається близько 2 тис. м<sup>3</sup>, умовного оксиду вуглецю і більш як 150 тонн пилу. Виробництво цементу й інших будівельних матеріалів також є джерелом забруднення атмосфери пилом.

**Порушення озонового шару.** **Озон** – одна з форм існування хімічного елемента кисню в земній атмосфері – його молекула складається з трьох атомів кисню, для утворення озону необхідно попереднє утворення вільних атомів кисню.

Зі збільшенням кількості атомарного кисню зростає і вміст озону в атмосфері. Однак з висотою збільшується й ультрафіолетова радіація, що руйнує озон швидше, ніж йде його утворення, тому концентрація озону в атмосфері починає зменшуватися. Виміри показують, що озон в атмосфері має шарувату структуру і його основна маса зосереджена в шарі на висоті 20 - 25 км, а починаючи з висоти 55 км, його концентрація активно зменшується, отже, озон присутній у тропосфері, стратосфері, мезосфері.

**“Озонова дірка”** – це явище зменшення загальної кількості озону. Відмічено систематичне зменшення концентрації O<sub>3</sub> навесні приблизно в 1,5 - 2 рази. Хлор- і фторвуглероди (ФХВ) вже більш ніж 60 років використовуються як холодоагенти в холодильниках і кондиціонерах, пропеленти для аерозольних сумішей, піноутворюючі агенти у вогнегасниках, очисники для електронних приладів, у хімічному чищенні одягу, при виробництві пенопластів. Інертність цих сполук робить їх небезпечними для атмосферного озону. ФХВ не розпадаються швидко в тропосфері (нижньому шарі атмосфери, що простирається від поверхні Землі до висоти 10 км), як це відбувається, наприклад, із більшістю окислів азоту, і зрештою проникають у стратосферу, верхня межа якої розташовується

на висоті близько 50 км. Коли молекули ХФВ піднімаються до висоти 25 км, де концентрація озону максимальна, вони піддаються інтенсивному впливу ультрафіолетового випромінювання, що не проникає на менші висоти через дію озону, який екранує. Ультрафіолет руйнує стійкі в звичайних умовах молекули ХФВ, що розпадаються на компоненти, які мають високу реакційну здатність, зокрема атомний хлор. Таким чином, ХФВ переносить хлор з поверхні Землі через тропосферу і нижні шари атмосфери, де менш інертні сполуки хлору руйнуються, у стратосфері, до шару з найбільшою концентрацією озону. Дуже важливо, що хлор при руйнуванні озону діє подібно каталізатору: у ході хімічного процесу його кількість не зменшується. Внаслідок цього один атом хлору може зруйнувати до 10'000 молекул озону, перш ніж буде дезактивований чи повернеться в тропосферу. Зараз викиди ХФВ в атмосферу обчислюються мільйонами тонн, а дія тих, що вже потрапили в атмосферу, буде продовжуватися кілька десятиліть.

Багато країн почали вживати заходи, спрямовані на скорочення виробництва і використання ХФВ. З 1978 р. у США було заборонено використання ХФВ в аерозолях. На жаль, використання ХФВ в інших галузях обмежено не було. У вересні 1987 р. 23 провідні країни світу підписали в Монреалі конвенцію, що зобов'язує їх знизити споживання ХФВ. Для використання в якості пронелента в аерозолях уже знайдений замітник – пропан – бутанова суміш. За фізичними параметрами вона практично не поступається фреонам, але, на відміну від них, вогненебезпечна. Складніші справи з холодильним обладнанням – другим за розміром споживачем фреонів. Справа в тім, що через полярність молекули ХФВ мають високу теплоту випару, що дуже важливо для робочого тіла в холодильниках і кондиціонерах. Кращим, відомим на сьогодні заміником фреонів, є аміак, але він токсичний і все-таки поступається ХФВ за фізичними параметрами.

Використання фреонів продовжується, і поки далеко навіть до стабілізації рівня ХФВ в атмосфері. Так, за даними мережі Глобального моніторингу змін клімату, у фонових умовах – на берегах Тихого й Атлантичного океанів і на островах, далеко від промислових і густонаселених районів – концентрація фреонів у даний час зростає зі швидкістю 5 – 9 % на рік. Вміст у стратосфері фотохімічно активних сполук хлору в даний час у 2-3 рази вищий в порівнянні з рівнем 50-х років, до початку прискореного виробництва фреонів.

Найбільша озONOва дірка виявлена над Антарктидою і багато в чому є наслідком метеорологічних процесів. Утворення озону можливо тільки при наявності ультрафіолету, а під час Полярної ночі він не продукується. Взимку над Антарктикою утворюється стійкий вихор, що перешкоджає припливу багатого озonom повітря із середніх широт. Тому до весни навіть невелика кількість активного хлору здатна завдати серйозної шкоди озonomому шару. Такий вихор практично відсутній над Арктикою, тому в північній півкулі падіння концентрації озону значно менше. Багато дослідників вважають, що на процес руйнування озону впливають полярні стратосферні хмари. Ці висотні хмари набагато частіше спостерігаються над Антарктикою, ніж над Арктикою, утворюються взимку, коли при відсутності

сонячного світла й в умовах метеорологічної ізоляції Антарктиди, температура в стратосфері падає нижче – 80°C.

Могутнім джерелом знищення озону є азотні добрива. Потрапляючи в ґрунт, такі добрива розпорошуються, при цьому деяка кількість молекул потрапляє в приземне повітря. Далі відбувається цілий ланцюжок процесів: турбулентність у приземному шарі повітря, перенос збагаченого азотними окислами газу в низькі шпрати, зворотній горизонтальний перенос газу в більш високі шпрати вже в стратосфері.

Окисли азоту надходять в атмосферу також при спалюванні промислового палива. За наявними оцінками, кількість закису азоту, що потрапляє в повітря з димом працюючих на звичайному (не ядерному) пальному електростанцій, сама по собі досить велика і складає 3-4 мегатонни на рік, хоча вона і не настільки небезпечна в порівнянні з азотистими добривами.

У водневому циклі бере участь безліч водородовмісних сполук. Водень надходить в атмосферу у вигляді води. Людська діяльність також привносить воду у верхні шари атмосфери. При підйомах великих ракет в атмосферу викидається велика кількість молекул  $H_2O$ ; відбувається викид води і при польотах стратосферної авіації. Водень потрапляє в атмосферу й у вигляді метану  $CH_4$ . Природне джерело метану – вологі ліси, болота і рисові поля, де він утворюється як результат діяльності анаеробних бактерій.

Американські вчені винайшли, що саме хлорний цикл руйнування озону становить найбільшу реальну небезпеку для існування озонового шару. Розвиток цивілізації призводить до усе більших викидів хлорних сполук в атмосферу, і одну з провідних ролей у цьому процесі відіграють фреони (хлорфторвуглеродовмісні сполуки, такі як  $CFC1_3CF_2Cl_2$ ). Зростання виробництва фреонів триває величезними темпами (це виробництво холодильної техніки, аерозолів, пінопласті в і т.д.). Їхнє надходження в атмосферу пов'язано з технологічними втратами.

Визначено два шляхи відновлення озонового шару: видалення з атмосфери озоноруйнуючих речовин і продукування озону. Найбільш реальним є проєкт, що передбачає створення електричних розрядів у стратосфері за допомогою радіохвиль надвисокої частоти. Механізм утворення озону в процесі розряду - плазмохімічний і тепловий. При плазмохімічному механізмі молекули кисню руйнуються електронами, що утворюються в електричному розряді.

Тепловий механізм відновлення озону може істотно вплинути на скорочення витрат енергії. Існує припущення про виникнення озонової “дірки” тільки при  $t - 80^\circ C$ . Якщо це так і, припускаючи, що така температура існує тільки в окремих місцях “діри”, з'являється можливість компенсувати дефіцит озону тільки в цих місцях. Таким чином, теоретична можливість відновлення озонового шару існує.

Питання для самоконтролю:

1. Які форми має нафтове забруднення гідросфери?



2. Що являється основними джерелами штучних аерозольних забруднень повітря?

3. Яке явище називають “озонова дірка” та в чому воно проявляється?

### **1.25 Особливий механізм урахування екологічних факторів у процесі проектування та після нього**

**План характеристики об’єкту впливу на НПС.** Характеристика території (майданчика) розміщення об’єкту має містити картографічні матеріали та пояснювальну записку. До картографічного матеріалу додається викопіювання з плану населеного пункту з нанесенням території розміщення певного об’єкту та меж можливого негативного впливу на навколишнє середовище.

Пояснювальна записка повинна містити наступні дані:

- стислий опис фізико-географічних умов;
- ландшафтну основу з даними щодо рельєфу місцевості, гідрографічної сітки, природних джерел, типа ґрунту, місць проявлення небезпечних геологічних процесів;
- опис водних об’єктів – водозаборів, контрольних створів, притоків, випусків стічних вод тощо;
- водозбірну площу з визначенням типу водозбору, типу поверхні, уклонів тощо;
- озеленення території та структура насаджень, сільськогосподарські території та вид їх використання;
- зони санітарної охорони курортів, місця розміщення санаторіїв, будинків відпочинку, рекреаційні зони;
- дані про наявність об’єктів природно-заповідного фонду – заповідники, заповідники, пам’ятники, території, що мають важливе природоохоронне значення, території охоронних зон вод та ґрунтів, культурно-історичні пам’ятники тощо;
- узагальнену характеристику флори і фауни;
- метеорологічні умови та кліматичну характеристику району з даними щодо рози вітрів (8-румбової), з врахуванням швидкості та повторюваності, середньої температури самого теплого та самого холодного місяців, абсолютного мінімуму та максимуму температури, середньорічної суми опадів, стислої характеристики типу клімату, середнього барометричного тиску, радіаційного фону;
- інформацію про межі території об’єкту та його санітарно-захисної зони;
- інформацію про межі зони житлової забудови;
- відомості щодо чинних або потенційних об’єктів забруднення навколишнього середовища (промислових підприємств тощо), розташованих в зоні впливу об’єкту з характеристикою забруднень;
- схеми транспортних магістралей, адміністративних будівель та інших об’єктів, що можуть бути розташовані в межах санітарно-захисної зони.

На ділянці території, або об'єкту повинні бути виконані комплексні інженерні вишукування, які включають топо-геодезичну зйомку, геологічні, гідро-геологічні, гідрологічні, екологічні та санітарно-гігієнічні дослідження тощо, згідно з чинними державними будівельними, санітарними та екологічними нормами.

Можуть бути надані гідрогеологічна карта розташування об'єкту, гідро-геологічний розріз, інженерно-геологічний розріз зі стислою характеристикою основних типів порід (грунтів).

До характеристики об'єкта належать:

- дані про розміри майданчиків розташування об'єктів, площі земельних угідь;

- основні технологічні цикли об'єкту та клас його небезпеки;

- дані про сировинні, земельні, водні, енергетичні та інші використовувані ресурси;

- опис технологічних процесів, що застосовуються на об'єкті з зазначенням усіх чинників впливу на навколишнє середовище і технічних рішень, спрямованих на усунення чи зменшення шкідливих викидів, скидів, витоків, у природне середовище;

- опис інженерних мереж і комунікацій, схем збирання, очищення і видалення шкідливих речовин;

- проектні дані про розрахункові обсяги усіх видів забруднювачів;

- технології або джерела утворення забруднень, їх характеристики, напрямки їх дій на навколишнє середовище (в т.ч. водне, повітряне, геологічне середовище, ґрунти), хімічний склад газоподібних, рідких, твердих забруднювачів;

- проектні рішення щодо використання на об'єкті устаткування для знешкодження чи деструкції забруднювачів, що утворюються в процесі діяльності, з описом його технологічних характеристик;

- оцінку можливості виникнення та розвитку аварійних ситуацій;

- перелік потенційних джерел впливів і можливі межі зони впливу на періоди будівництва та експлуатації об'єкта планованої діяльності.

Ситуаційний план об'єкту містить місця розташування технологічних об'єктів, адміністративних, транспортних, соціально-культурних об'єктів, джерел викидів в атмосферне повітря та скидів стічних вод, місць зберігання продукції, що можуть негативно впливати на природне середовище.

На план наносять межі санітарно-захисних зон об'єкту з зазначенням класу небезпеки об'єкту у відповідності до санітарної класифікації.

Під час оцінки впливів на навколишнє природне середовище об'єкту виділяються такі його компоненти:

- повітряне середовище;

- водне середовище;

- геологічне середовище та ґрунти;

- рослинний і тваринний світ.

**Можливі напрямки впливу господарських об'єктів на навколишнє природне середовище.** Оцінюються по окремих компонентах географічної оболонки.

Повітряне середовище. До складу матеріалів підрозділу включаються:

- схема розміщення джерел викидів на об'єкті;
- характеристика джерел викидів забруднюючих речовин від об'єкту в атмосферу (стаціонарні, пересувні, площинні, точкові тощо) та їх габаритні розміри;
- характеристика викидів (організовані та неорганізовані, хімічний склад, фізичні властивості та концентрація забруднюючих речовин, класи небезпеки забруднювачів, потужність викиду, температура тощо);
- показники роботи газоочисних та пиловловлюючих установок (тип установки, розрахункова та фактична ступінь очистки тощо);
- сумарні викиди шкідливих речовин (перелік та кількість забруднюючих речовин, що надходять від різних джерел в атмосферу з урахуванням очищених на очисних установках, та таких, що не пройшли очистку);
- шкідливі фізичні впливи (дані існуючого фонового рівня шуму, розрахункові рівні шуму від об'єкта поводження з відходами, обґрунтування заходів щодо зменшення шуму). Інформація може бути подана у вигляді таблиць або у графічному вигляді. Джерелами забруднення повітряного середовища може бути як технологічне обладнання, так і допоміжні споруди.

Водне середовище. Господарські об'єкти можуть бути джерелами надходження забруднюючих речовин у поверхневі та підземні води. Основними чинниками впливу на поверхневі водні об'єкти є організовані скиди забруднюючих речовин та поверхневий стік з території підприємств.

До складу матеріалів щодо джерел організованих скидів надаються:

- кількість випусків та лінійна схема їх розміщення;
- перелік нормованих речовин, що скидаються в водний об'єкт;
- максимальна середньогодинна витрата стічних вод;
- тип випуску;
- середні та максимальні концентрації нормованих речовин в стічних водах.

До складу матеріалів щодо поверхневого стоку від об'єкту надаються:

- площа та довжина території вдовж поверхневого водного об'єкту, на якій формується поверхневий стік;
- схема розміщення різних функціональних зон території з визначенням їх площі;
- середньорічний рівень опадів;
- перелік та середні концентрації нормованих речовин, що містить поверхневий стік.

До джерел впливу об'єкту на підземні води належать можливі джерела підтоплення території, а також джерела забруднення ґрунтових вод.

До складу матеріалів щодо джерел впливу на підземні води надаються:

- перелік та місце розташування об'єктів з підвищеною додатковою інфі-

льтрацією (резервуари, очисні споруди, накопичувачі стічних вод, водорозподільні комунікації тощо).

Геологічне середовище та ґрунти. Наводяться прогнози дані щодо:

- можливості розвитку небезпечних геологічних процесів за рахунок зміни тривкості, водонасиченості ґрунтів, а також при зміні гідродинамічного режиму підземних вод;

- механічного порушення ґрунту внаслідок будівельних робіт;

- хімічного забруднення за рахунок надходження токсичних речовин зі стічними водами, твердими відходами тощо.

У розділі необхідно навести дані щодо відповідності об'єкту, що проектується, діючим будівельним нормам з урахуванням особливостей землекористування, наявності площ цінних сільськогосподарських угідь, хімічного, біологічного та радіоактивного забруднення, вібрації, виникнення небезпечних інженерно-геологічних процесів і явищ та інших чинників.

Рослинний і тваринний світ. У розділі можуть бути наведені дані щодо порушення існуючого стану рослинного та тваринного світу за рахунок забруднюючих речовин, що надходять до навколишнього середовища в результаті будівництва та експлуатації об'єктів поводження з ТПВ.

Питання для самоконтролю:

1. Які характеристики території (майданчика) розміщення об'єкту має містити пояснювальна записка до проекту?
2. Як оцінюються можливі напрямки впливу господарських об'єктів на навколишнє природне середовище?
3. Як визначають санітарно-захисні зони об'єкту, що проектують?

## **1.26 Механізм контролю та управління якістю середовища. Поняття про якість, контроль та управління якістю середовища**

*Природне середовище* – природна складова частина середовища мешкання та виробничої діяльності людей. Включає всю сукупність об'єктів живої та неживої природи (природні ресурси), що оточують людину, антропогенно змінених і тих, які не зазнали впливу людської діяльності.

*Якість природного середовища* – стан природних і змінених людиною екологічних систем, який зберігає їх здатність до постійного обміну речовин і енергії та відтворення життя. Управління якістю НПС – система державних заходів для забезпечення якості природного середовища на основі правильного поєднання і узгодженого задоволення економічних та екологічних інтересів.

Важливою ланкою в забезпеченні якості природного середовища є *система екологічного контролю* за його станом, яка включає:

- спостереження за станом навколишнього середовища і прогнозування змін;

- виявлення та оцінка джерел забруднення;
- попередження появи підвищених забруднень;
- дотримання діючих природоохоронних правил, вимог і норм на всіх етапах діяльності людини, яка пов'язана з змінами стану навколишнього середовища.

*Загальна ціль екологічного аналізу та контролю ПС* може бути визначена як забезпечення виконання діючих природоохоронних і ресурсозберігаючих правил, вимог і норм на всіх етапах діяльності людини, яка пов'язана з активною чи побічною зміною стану навколишнього середовища (або компонентів, включаючи саму людину). Цей процес повинен бути багатограним, не виключати ні однієї сфери діяльності людини, яка так чи інакше впливає на зміну стану природного середовища.

Основні завдання екологічного контролю:

- формування інформаційної бази стану та змін навколишнього середовища;
- отримання необхідної повної достовірної інформації про вплив і стан природного середовища;
- виявлення випадків шкідливих впливів на окремі компоненти чи природне середовище в цілому;

- профілактика понаднормативної екологічної шкоди і ін.

Завдання еколога при здійсненні *екологічного аналізу та контролю*:

- на основі отриманих цілісних уявлень про методи аналізу та контролю природного середовища вміти самостійно оцінити конкретну екологічну ситуацію об'єктів навколишнього середовища;
- правильно застосовувати методи попередження їх забруднення;
- отримання практичних навиків по відбору проб з об'єктів навколишнього середовища та проведення експрес-аналізів;
- формування інформаційної бази стану і змін природного середовища;
- отримання необхідної і достатньої за критерієм повноти, точності і достовірності інформації про зміни і стан природного середовища;
- виявлення випадків шкідливого впливу на окремі компоненти або природне середовище в цілому;
- профілактика понаднормативної екологічної шкоди і ін.

*Методи аналізу та контролю природного середовища* – система прийомів і методів вивчення закономірностей формування, еволюції, просторової диференціації, динаміки та охорони природного середовища за умов всезростаючого негативного антропогенного впливу.

*Контроль за природним середовищем* здійснюють державні органи та громадські організації. Державний контроль – це надвідомча контрольна діяльність компетентних органів держави, яка здійснюється ними по відношенню до всіх міністерств і відомств, підприємств і організацій незалежно від їх належності.

Основні напрямки екологічного аналізу та контролю:

- аналіз зворотних і незворотних деградаційних процесів;

- кількісна оцінка загальних і локальних втрат природного середовища;
- розробка і класифікація об'єктивних критеріїв стану рівноваги екосистем;
- нормування способів і засобів отримання екологічної інформації;
- розробка локальних і регіональних екологічних шкал;
- розробка методів профілактики, відновлення і комплексної реконструкції природного середовища.

Перераховані напрямки за своїм характером є комплексними, які спираються на дослідження, що відповідають специфіці конкретної екосистеми. Однак, не дивлячись на можливі відмінності методичних підходів реалізації того чи іншого напрямку, основна ціль – боротьба з екологічним антагонізмом в системі “людини – природа”.

### **Екологічна стандартизація та нормування**

*Екологічна стандартизація та нормування* являє собою одне з найбільш ефективних засобів охорони природного середовища і раціонального використання природних ресурсів. З його допомогою регулюється допустиме навантаження на екологічні системи і встановлюються межі впливу господарської діяльності на природне середовище.

*Стандарти якості* – це єдині вимоги, правила, нормативи, які визначаються Державними органами до оцінки стану природного середовища і його окремих компонентів, до діяльності підприємств з метою охорони природи, раціонального використання її ресурсів, забезпечення оптимальної якості навколишнього природного середовища на основі поєднання екологічних та економічних інтересів суспільства. Стандарти поділяються:

- державні;
- галузеві;
- регіональні.

Норми, правила і вимоги – носять правовий характер. Органами Держстандарту визначаються основні напрями стандартизації навколишнього природного середовища:

- визначаються терміни;
- визначаються забруднюючі речовини;
- класифікація забруднюючих речовин;
- визначаються показники якості середовища;
- формулюються правила охорони природи;
- окреслюють шляхи раціонального використання природних ресурсів.

Стандарти якості навколишнього природного середовища виконують функції: попередження; заборони; відновлення; покарання; стимулювання.

Основою екологічного нормування є розробка гранично допустимих концентрацій (ГДК), гранично допустимих викидів (ГДВ), тимчасово узгоджених викидів (ТУВ) і орієнтовно нешкідливих рівнів впливу (ОНРВ) забруднюючих речовин. Ці нормативи та норми регламентують якість навколишнього середо-

вища і мають велике значення в організації охорони природи.

Систему стандартів поділяють на систему основних і допоміжних стандартів.

Основні – встановлюють вимоги, які відносяться до параметрів якості природних об'єктів в цілому.

1) ГДК (*гранично допустимі концентрації*) шкідливих впливів встановлюють порогові величини пилового, газового, теплового, радіоактивного та шумового забруднення навколишнього природного середовища зі шкідливими для здоров'я людини, рослинного та тваринного світу домішками, викидами та відходами виробничих чи господарських процесів.

а) ГДК – максимальна кількість шкідливих речовин в одиниці об'єму чи маси водного, повітряного чи ґрунтового середовища, яка практично не впливає на здоров'я людини. В Україні близько 100 нормативів, регламентуючих ГДК, які затверджені Держстандартом Мінекобезпеки.

б) ГДН (*гранично допустимі навантаження*) це граничні значення господарського або рекреаційного навантаження на природне середовище, встановлюється з урахуванням ємкості навколишнього природного середовища, його рекреаційного потенціалу, здатності до відновлення з метою охорони навколишнього середовища від забруднення чи руйнування.

в) ГДЗК (*гранично допустимі залишкові кількості*) – кількість шкідливих речовин в харчових продуктах та живих організмах, які мають здатність акумулюватись в ланках та ланцюгах харчування.

2) Санітарно захисні нормативи використовуються для організації санітарних зон і джерел водопостачання, зелених зон міст, промислових підприємств, курортів і т. д. У всіх випадках, коли потрібно достатньо надійно розділити територіальні ділянки з різними (несумісними) функціями, між ними створюють буферні полоси. Такими виступають захисні зони. При формуванні вони обов'язково повинні відповідати певним нормативам. Наприклад: в містах з населенням менше 10 тис. люд. на 1000 жителів виділяється 50 га лісової площі; в містах з населенням більше 500 тис. люд. – 130 га на тисячу жителів.

3) Вплив на конкретне джерело забруднення регулюється виробничо-господарськими стандартами, які обмежують (лімітують) параметри господарської діяльності конкретного об'єкту з метою екологічної безпеки. Ця група стандартів встановлює нормативи ГДВ (*гранично допустимі викиди*) в атмосфері, ґрунт, водойми.

а) ГДВ – це об'єм або кількість забруднюючих чи інших речовин, які надходять за одиницю часу в атмосферу, повітря, водойми, ґрунти і перевищення яких призводить до негативних наслідків для середовища.

б) ГДР (*гранично допустимі рівні*) – вплив на людину факторів навколишнього природного середовища – шуму, вібрації, забрудників, які діють періодично, чи на протязі всього життя і не викликають захворювання і змін стану здоров'я.

в) ГДД (*гранично допустимі дози*) кількість шкідливих речовин, дія яких не викликає згубних наслідків в організмі.

г) ГДН (гранично допустимі надходження) кількість речовин забрудника, яка надходить на певну площу біоценозу за одиницю часу в кількостях, що не перевищують ГДК.

д) ГДС (гранично допустимі скиди) – нормативна маса забруднюючих речовин, яку дозволяється скидати в водний об'єкт з стічними водами і надалі виводити з нього за одиниці часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті.

Допоміжні стандарти – встановлюють організаційні, правові, термінологічні передумови для розробки та функціонування основних стандартів. Вони є: стандарти екологічної технології; екологічно-організаційні; еколого-правові.

Екологічні норми і правила орієнтовані на досягнення таких основних цілей:

- збереження і забезпечення нормального розвитку довкілля, тобто забезпечення природним об'єктам можливості відтворення середовища для життя людей і всього живого;

- збереження та відновлення ресурсів – захист якості і кількості природних ресурсів, або можливості їх відтворення;

- збереження генофонду і умов для його існування.

Параметри і показники нормування охорони навколишнього середовища встановлюються системою державних стандартів по охороні природи. В даний час діє більш 100 різноманітних стандартів, які регламентують норми охорони атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, геологічного середовища, лісових і інших угідь, водної і наземної флори, всіх видів фауни. Ряд норм екологічного контролю визначенні державним законодавством.

**Екологічний менеджмент** – це підсистема загальної системи управління будь-яким об'єктом, діяльністю, виробництвом, яка гармонізує роботу й розвиток підприємства, галузі в навколишньому середовищі й екологічному правовому полі. Екологічний менеджмент – ініціативна і результативна діяльність економічних суб'єктів, направлена на досягнення їх власної екологічної мети, проектів і програм, розроблених на основі принципів екоефективності і екосправедливості. Основна мета і відповідні критерії оцінки їх досягнення в екологічному менеджменті пов'язана з процесами постійного поліпшення.

Система екологічного менеджменту в нашій країні регламентується законом України “Про охорону навколишнього природного середовища” (1991). В даний час до нього вже зроблені виправлення, що передані уряду України. Ці виправлення враховують законодавчі закріплення екологічного аудита. Відповідно до цього Закону, з метою державного управління в області охорони навколишнього природного середовища є реалізація законодавства, контроль дотримання вимог екологічної безпеки, забезпеченням проведення ефективних і комплексних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, досягнення погодженості між державними природоохоронними органами і громадськістю в області охорони навколишнього природного середовища.

Державний екоменеджмент має чотири цільові основні функції. Це, на-



самперед, здійснення природоохоронного законодавства, контроль екологічної безпеки, забезпечення проведення природоохоронних заходів і досягнення погодженості дій державних і громадських органів. З них найбільш розвинуті перші дві цільові функції: реалізація і контроль.

**Екологічний аудит** – це екологічне обстеження підприємства, постановка “діагнозу” його “здоров'я”, перевірка здатності виробничих систем до самоочищення й випуску екологічно чистої продукції. Характерні особливості екологічного аудиту – його незалежність, конфіденційність, об'єктивність, компетентність та відповідність цілям, що визначаються замовником під час укладання договору на проведення екологічного аудиту. Екологічний аудит є обов'язковим у разі приватизації чи страхування підприємства, розробки природоохоронних заходів, надання підприємству фінансової допомоги з екологічних фондів.

**Екологічний маркетинг** – це управлінська функціональна діяльність у складі загальної системи менеджменту підприємства, спрямована на визначення, прогнозування та задоволення споживацьких потреб таким чином, щоб не порушувати екологічної рівноваги в довкіллі й не завдавати шкоди здоров'ю людей. У завдання екологічного маркетингу входить вивчення попиту на екологічно безпечну продукцію, технології створення нових очисних об'єктів, освоєння природних ресурсів, установлення цін на товари та послуги екологічного призначення. Вивчається також конкурентоспроможність екологічно безпечної продукції тощо.

**Нормування антропогенного навантаження.** Система екологічного нормування спирається на існуючий міжнародний досвід у галузі охорони навколишнього природного середовища й охорони природи, законодавчу базу України у галузі екології та враховувати розробки наукових колективів і певних фахівців. Метою екологічного нормування є забезпечення екологічно безпечного, сталого економічного та соціального розвитку країни.

Цілі екологічного нормування впливають із загальних стратегічних цілей Державної програми охорони навколишнього природного середовища України, що розглядає екологічну безпеку як складову частину національної безпеки країни.

Згідно з Законом України “Про охорону навколишнього середовища”, екологічне нормування повинне проводитися з метою встановлення обов'язкових нормативів, правил, регламентів, вимог до охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки.

Екологічному нормуванню підлягають як стан природних об'єктів, їх компонентів та природних ресурсів, так і характер їх використання, а також вплив на них антропогенних джерел. На відміну від санітарно-гігієнічного нормування, біологічним об'єктом якого є організм, екологічне нормування передбачає розгляд надорганізмального рівня організації живого - популяцій, сукупностей, різних рангів екосистем до біосфери в цілому.

Екологічні норми мусять бути орієнтовані на вирішення трьох основних

завдань:

- забезпечення екологічного благополуччя екосистем, у тому числі збереження генофонду й умов його існування;
- збереження середовища, тобто збереження природними об'єктами умов відтворення життєвого середовища, сприятливого для людини та всього живого;
- збереження природних ресурсів за кількісними і якісними параметрами та, по можливості, їх відновлення.

Найбільш пріоритетним завданням у галузі екологічного нормування в наш час є виявлення та нормування тих видів антропогенних навантажень, які в першу чергу можуть призвести до подальшого загострення екологічної ситуації у країні, її регіонах, зонах екологічного лиха та відбитися на стані здоров'я людей.

Другим за терміновістю завданням, ураховуючи нові товарно-ринкові відношення, кризові явища у функціонуванні господарства та децентралізовану систему управління у країні, є виявлення тих можливих видів антропогенного впливу, які можуть виникнути в нових умовах, породити нову динаміку та викликати нові територіальні зрушення навантажень, з тим щоб забезпечити необхідні превентивні заходи щодо їх регламентації.

До числа основних принципів, якими необхідно керуватись при екологічному нормуванні, можуть бути віднесені:

- принцип надійності – екологічні нормативи повинні бути науково обґрунтованими, максимально об'єктивними, легко контролюватися;
- принцип ієрархічності – екологічні норми мусять розроблятися для екосистем різних ієрархічних рівнів і для різних рівнів управління природокористуванням (місцевого, регіонального, національного, глобального);
- принцип диференціації та інтеграції – екологічні нормативи повинні розроблятися диференційовано для різних типів екосистем, різних регіонів, ситуацій, з урахуванням зонування території, для різних термінових періодів та ін.; у той же час повинні бути розроблені й інтегральні нормативи, наприклад, міжсередові екологічні норми;
- принцип реалістичності – поточні екологічні нормативи мають бути такими, щоб їх можна було досягти (стимулом для розвитку техніки та технологій повинні бути перспективні екологічні нормативи);
- принцип оптимальності – орієнтація на досягнення максимального соціально-екологічного ефекту від упровадження екологічних норм при мінімізації екологічних витрат;
- принцип “слабкої ланки” – екологічні норми повинні розроблятися з урахуванням найбільш уразливих компонентів, зв'язків у системі або самих систем;
- принцип цілі – пріоритет урахування довгострокових наслідків для суспільства та природи в цілому над короткотерміновими економічними інтересами окремих природокористувачів; регіональних інтересів над локальними;
- принцип компромісу між поколіннями;

- принцип ненульового (прийнятного) ризику і принцип зменшення питомого ризику та деякі інші принципи.

Критерії оцінки впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище чисельні та різноманітні. Виділяють критерії оцінки антропогенного впливу на національному, регіональному та місцевому рівнях. Запропоновано підрозділяти їх на тематичні (врахування характеру та сили впливу: ботанічні, зоологічні, ґрунтові та ін.), просторові (врахування площі вилливу), динамічні (врахування швидкості збільшення впливу) й інтегральні (врахування соціально-екологічної, біосферно-екологічної та ресурсно-екологічної значущості змін, що спостерігаються в системах).

При визначенні допустимого антропогенного навантаження необхідно за основу брати ретроспективні дані та значення стану тих районів біосфери, які в наш час є фоновими, тобто такими, що не підпадають під локальні впливи.

Для формування в цілісному вигляді єдиної системи екологічних критеріїв оцінки впливу господарчої діяльності, а також підвищення екологічної обґрунтованості господарчих рішень, необхідно створити у країні державний кадастр стану великих природно-територіальних комплексів із виділенням кадастру особливо цінних, рідкісних та особливо чутливих екосистем.

Потрібно також розробити методика еколого-географічного районування території країни за рівнем екологічного ризику та методика ранжування основних джерел антропогенного впливу на ПТК.

Розробка методичного забезпечення системи екологічного нормування - одне з найбільш складних завдань у галузі регламентації екологічного стану природних екосистем і рівня антропогенного навантаження на них.

Особливості біологічних систем надорганізмального рангу не дозволяють перенести методичні підходи, які використовуються при розробці санітарно-гігієнічних нормативів (за виключенням деяких методичних заходів), у практику екологічного нормування. Це зумовило необхідність розробки самостійної методичної основи даного виду діяльності.

На теперішній час запропоновано різні методичні підходи до визначення екологічних нормативів. До них можуть бути віднесені:

- проведення експериментів у лабораторних і натурних умовах на спеціальних спорудах-мікрокосмах;
- проведення досліджень на ізольованих ділянках природних екосистем;
- виконання робіт на експериментальних еталонних полігонах;
- проведення стаціонарних ландшафтних геохімічних і геофізичних досліджень;
- використання теоретичних і розрахунково-аналітичних методів;
- використання методів математичного моделювання;
- використання експертних процедур;
- узагальнення даних, здобутих у процесі спостереження за станом екосистем: в умовах надзвичайних ситуацій, у зонах екологічного лиха, з екстремально високим рівнем антропогенного навантаження та виявленими деградаційними процесами, а також за етапами відновлення порушених екосистем;

- використання результатів глобального, фонового й імпактного моніторингу.

Кожен із наведених підходів має свої переваги та свої недоліки. Вибір того чи іншого підходу залежить від поставлених завдань та об'єкта досліджень.

У практиці екологічного нормування особливе значення повинні мати методи біоіндикації та біотестування, тому що екологічні нормативи мають бути орієнтовані не стільки на рівень забруднення середовища під впливом антропогенного навантаження, скільки на реакцію на нього біологічних систем.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке якість природного середовища?
2. Назвати основні напрямки екологічного аналізу та контролю.
3. Розповісти про стандарти якості і які є основні напрямки стандартизації?
4. Екологічний менеджмент.
5. Які є екологічні норми антропогенного навантаження?
6. Методичні підходи до визначення екологічних нормативів.

### **1.27 Правила і принципи управління якістю в Україні та за кордоном**

**Зміст та мета оцінки впливу на якість навколишнього природного середовища.** Оцінка впливу на навколишнє середовище (англ. Environmental Impact Assessment, EIA) – процедура системного дослідження можливих наслідків впливу будівництва та реконструкції різних об'єктів на довкілля на стадії проектування, – зазначається у відповідній статті тритомної “Екологічної енциклопедії”. Термін вперше було вжито у доктрині «Національної екологічної політики США» ( 1969 р.).

Процедуру оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) введено в багатьох країнах. Широкому пропагуванню необхідності оцінки впливу на довкілля сприяє Програма ООН з навколишнього середовища (UN Environmental Programme, UNEP, ЮНЕП). Оцінка впливу має бути інтегрована в системи сучасного екологічного управління. З огляду на глобалізацію світової економіки, ООН активно працює в напрямі обов'язкового запровадження оцінки впливу на довкілля для транскордонних проектів. Важливим кроком було прийняття у 1991 році Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище в транскордонному контексті. На європейському рівні згідно з Директивою щодо оцінки впливу окремих державних та приватних проектів на довкілля від 3 березня 1997 р., яка доповнила та замінила Директиву 1985, оцінка впливу на довкілля є обов'язковою (термін введення в дію доповненої Директиви для країн – членів Європейського Союзу – 14 березня 1999 р.). Вона також розширила коло проектів, що підлягають оцінці впливу на рівні держав – членів ЄС. Нині оцінка впливу на довкілля гарантує, що всі наслідки від реалізації проектів визначають та оцінюють до видачі дозволу на реалізацію проекту. Громадськість може ви-

словити своє ставлення до проекту, яке має бути враховане в процесі видачі дозволу, вона також має бути поінформована про прийняте рішення.

Метою ОВНС є визначення доцільності й прийнятності планованої діяльності та обґрунтування економічних, технічних, організаційних, санітарних, державно-правових та інших заходів щодо гарантування безпеки навколишнього середовища. Матеріали ОВНС надають окремим розділом у складі проектної документації уповноваженим державним органам для експертної оцінки. Вони мають всебічно характеризувати результати оцінки впливів на природне, соціальне, включаючи життєдіяльність населення, і техногенне середовище та обґрунтовувати допустимість планованої діяльності. У такій постановці оцінка впливу на навколишнє природне середовище є складовою ОВНС. Виконання ОВНС та підготовку її матеріалів доручають організаціям, які мають відповідну державну ліцензію. Матеріали ОВНС повинні містити такі розділи: фізико-географічні особливості району і майданчика (траси) будівництва об'єкта проектування; загальна характеристика об'єкта проектування; оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище; оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє соціальне середовище; оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище; комплексні заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища і його безпеки; оцінка впливів на навколишнє середовище під час будівництва; заява про екологічні наслідки діяльності. При оцінці впливів на навколишнє природне середовище виділяють такі його компоненти: клімат і мікроклімат; повітряне середовище; геологічне середовище; водне середовище; ґрунти; рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти.

На основі висновків остаточного звіту ОВНС його замовник і виконавець складають текст Заяви про екологічні наслідки планованої діяльності і забезпечують її розповсюдження через засоби масової інформації. Остаточний звіт ОВНС (з урахуванням громадських інтересів) у складі проектної документації замовник або генпроектувальник подає на узгодження і проходження державних експертиз. Врахування громадських інтересів здійснюється відповідно до Закону України “Про планування і забудову територій” та законодавчих документів. Основний обсяг робіт з ОВНС, як правило, здійснюють на стадії техніко-економічного обґрунтування інвестицій (ТЕО інвестицій) або ескізного проекту (ЕП). Післяпроектний аналіз ОВНС виконують з ініціативи адміністрації об'єкта експлуатації або органів державного нагляду. Потенційно сфера дії системи з ОВНС може бути дуже широкою та включати оцінку політики, планів, програм і специфічних проектів з можливим впливом на довкілля.

**Оцінка ВНС в Україні. Екологічна експертиза.** Оцінка впливу на навколишнє природне середовище передбачена Законом України “Про екологічну експертизу” та іншими нормативно-правовими документами (Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”, Водний кодекс України, Земельний кодекс України тощо). У матеріалах ОВНС запланованої чи здійснюваної діяльності мають бути: обґрунтування її доцільності та способів реалізації, можливі альтернативні варіанти рішень, характеристика стану навколишнього природного середовища території, види та рівні впливу на нього в

нормальних і екстремальних умовах, можливі зміни його якісного стану, еколого-економічні наслідки діяльності, заходи щодо зменшення рівнів ризиків та забезпечення вимог екологічної безпеки.

Міністерство охорони навколишнього природного середовища України здійснює державну екологічну експертизу генеральних схем розвитку і розміщення продуктивних сил країни і галузей народного господарства, контроль за екологічними нормами при розробці нової техніки, технології, матеріалів, проектів на будівництво (реконструкцію) підприємств, що впливають на навколишнє середовище і природні ресурси.

Екологічна експертиза – це вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян. Ґрунтується екологічна експертиза на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей.

Спрямована екологічна експертиза на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам та вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Завдання екологічної експертизи полягають у регулюванні суспільних відносин в галузі екологічної експертизи для забезпечення екологічної безпеки, охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян держави.

**Мета екологічної експертизи** – запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.

**Об'єктами екологічної експертизи** можуть бути:

Проекти законодавчих та інших нормативно-правових актів.

Передпроектні, проектні матеріали.

Документація із впровадження нової технології, техніки, матеріалів.

Екологічні ситуації, що склалися в окремих пунктах та регіонах.

Діючі об'єкти та комплекси.

Військові, оборонні та інші об'єкти.

Вимоги до проведення екологічної експертизи такі:

Дотримання пріоритету права суспільства на сприятливе екологічне середовище.

Гармонійне поєднання екологічних та економічних інтересів.

Екологічна сумісність об'єктів з вимогами охорони довкілля.

Комплексна еколого-економічна оцінка існуючого чи передбачуваного впливу на навколишнє середовище.

Альтернативні варіанти зменшення негативних впливів об'єктів експертизи на оточуюче середовище.

Суворе дотримання законодавства та державних норм природокористування.

Суб'єкти екологічної експертизи:

Міністерство охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки.

Органи та установи Міністерства охорони здоров'я

Місцеві ради народних депутатів і органи виконавчої влади.

Громадські організації екологічного спрямування.

Інші установи та організації, які залучаються до проведення екологічної експертизи.

Окремі громадяни.

Форми екологічної експертизи в Україні: державна, громадська та інші.

Висновки державної екологічної експертизи обов'язкові для виконання, а громадської та інших видів екологічної експертизи мають рекомендаційний характер, вони враховуються при проведенні державної екологічної експертизи.

Порядок проведення екологічної експертизи включає:

- Перевірку наявності та повноти матеріалів та реквізитів на об'єкти екологічної експертизи.
- Аналітичне опрацювання матеріалів екологічної експертизи.
- Узагальнення окремих експертних досліджень та наслідків діяльності об'єктів експертизи.
- Підготовку висновків.

Під час експертизи детально і всебічно вивчають екологічний зміст проєктів шляхом аналізу, синтезу, порівняння, спостереження, описування, абстрагування при суворому дотриманні вимог діючого законодавства. Критеріями оцінки вимог правових норм є: принципи охорони природи, природоохоронні пріоритети, екологічні імперативи, стандарти по охороні природи, раціональному використанні природних ресурсів, будівельні норми і правила, санітарно-гігієнічні нормативи, а також основні показники затвердженої передпланової, проєктної і проєктно-кошторисної документації. Оціночними критеріями є також ненормативні показники – узагальнені показники природних особливостей місцевості, напрямки вітрів, туманів, штилів, повітряних інверсій, рельєфу тощо, використовуючи які, експерти можуть давати об'єктивну оцінку робіт.

Правовою основою екологічної експертизи є законодавство України; нормативною базою – увесь комплекс наявних природоохоронних і технічних стандартів, гостів, будівельних норм і правил, санітарно-гігієнічні й екологічні нормативи. Проведення екологічної експертизи передбачено Законами України “Про охорону навколишнього природного середовища” (від 25.06.1991 р.), та “Про екологічну експертизу” (від 09.02.1995р.).

**Поняття про екологічну мережу.** Ідея про екологічну мережу як природоохоронну технологію виникла у 80-х роках минулого століття. У 1993 році на міжнародній конференції з питань охорони довкілля в Маастрихті голландськими спеціалістами було запропоновано створити Європейську екологічну мережу (ЄЕМ). Програма створення ЄЕМ стала складовою частиною Всеєвропейської стратегії збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, прийнятій на

Конференції міністрів з охорони навколишнього середовища європейських країн, яка відбулася у 1995 році в Софії. Структурними елементами ЄЕМ повинні стати так звані екологічні ядра, екологічні коридори та буферні зони. Екологічні ядра являють собою малозмінені, екологічно цінні та значні за розмірами території, які як правило мають природно - охоронний статус. Основним їх завданням є збереження біологічного та ландшафтного різноманіття на еталонних природних ділянках, сприяння підтримання екологічного балансу в регіоні. Екологічні ядра повинні з'єднуватись між собою екологічними коридорами – смугами чи масивами відносно малозмінних, відновлених чи штучно створених природних ландшафтів. Це можуть бути долини річок, озера, болота, балки, лісові масиви та смуги, меліоративні канали, тощо. З метою запобігання негативному впливу господарської діяльності людини на природні комплекси створюються буферні зони з регульованим обмеженим господарюванням. Таким чином, із вказаних вище трьох структурних компонентів формується своєрідна мережа, яка більш-менш рівномірно вкриває регіон. При достатньому представництві і площі така екологічна мережа створює прийнятні умови для збереження біологічного та ландшафтного різноманіття певного природно – територіального комплексу. Останнє, поряд з іншими природоохоронними заходами, в значній мірі сприяє підтриманню сталості регіональної екосистеми. Складовою частиною Європейської екологічної мережі є екологічні мережі окремих держав, зокрема Національна екологічна мережа України. Її створення передбачене Законом України “Про загальнодержавну програму формування екологічної мережі України на 2000 – 2015 роки”.

У 1992 році Конференція ООН з навколишнього природного середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро прийняла Конвенцію про біорізноманіття як основу еволюції і функціонування систем біосфери і сталого забезпечення потреб населення Землі. Нею проголошено збереження не окремих ланок природи, а всіх систем біосфери в глобальному масштабі. В цьому ж році Рада Європи прийняла Конвенцію Європейської Екомережі (European Ecological Network) як ідеєю загальноєвропейської системи охорони природної спадщини Європи. Україна ратифікувала міжнародні угоди, а 21 вересня 2000 року Верховна Рада прийняла Закон України “Про загальнодержавну Програму формування національної екологічної мережі України на 2002 – 2015р”. У процесі реалізації Програми передбачено поєднання національної екологічної мережі з екологічними мережами сусідніх країн. В Україні правові основи формування екологічної мережі регульовані Законами України “Про охорону навколишнього природного середовища” (1991), “Про природно-заповідний фонд України” (1993), “Про рослинний світ” (1999), “Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону” (2002), “Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 рр.” (2000), “Про екологічну мережу України”, а також Рамковою конвенцією про охорону довкілля та сталий розвиток Карпат (2003).



Питання для самоконтролю:

1. Що таке оцінка впливу на навколишнє середовище?
2. Що є метою оцінки впливу на навколишнє середовище?
3. Що є об'єктами екологічної експертизи?
4. Що таке екологічна мережа?
5. Що може бути об'єктами екологічної експертизи?
6. Як впливають господарські об'єкти на стан довкілля в Україні?

### 1.28 Поняття “екологічна ситуація”. Групи екологічних небезпек

**Під екологічною ситуацією розуміють** стан навколишнього середовища, або окремих його факторів, які мають емоціональну, кількісну або якісну оцінку. З позиції людини, розуміння екологічної ситуації, яка потребує покращення або запобігання, зветься екологічною проблемою. При **оцінці екологічних ситуацій** враховують ряд параметрів, зокрема вид і характер екологічної небезпеки, сформований характер екологічної ситуації, територіальні і часові масштаби їх прояву, динаміку екологічно небезпечних явищ, фактори екологічного ризику тощо.

Питання екологічної небезпеки та **екологічного ризику** залишається відкритим. При зовнішньому впливі на екосистеми або за умови складених несприятливих умов, в них можуть розвиватись різноманітні екологічно небезпечні явища, прояв яких залежить і від сили зовнішнього впливу з врахуванням просторово-часових масштабів цих явищ, і від властивостей системи, і від типу організації систем тощо. Прийнято розрізняти **три групи екологічних небезпек**, які мають різний прояв і тому являють різну загрозу:

- *соціально-екологічна небезпека*, яка пов'язана із загрозою погіршення умов існування людини, зокрема, погіршення показників стану їх здоров'я та благополуччя, підвищення ризику загрози здоров'ю і життю людей тощо;

- *біосферно-екологічна небезпека*, яка пов'язана із загрозою порушення природної рівноваги, деградацією екосистем, зникненню видів рослин і тварин тощо;

- *ресурсно-екологічна небезпека*, яка пов'язана із загрозою погіршення природно-ресурсного потенціалу, деградацією природних ресурсів, втратою ресурсами властивостей відновлення, їх забрудненням тощо.

Отже, всі види екологічних небезпек є взаємопов'язаними, а пріоритет тим чи іншим, при оцінці екологічних ситуацій, віддають в залежності від типу організації систем. В цілому, з точки зору збереження біосфери, основну увагу слід приділяти біосферно-екологічним небезпекам, проте принцип антропоцентризму є, як правило, домінуючим.

## Екологічний ризик. Вимірювання екологічного ризику

Для характеристики цих екологічних небезпек вводять поняття екологічного ризику. Під **екологічним ризиком** розуміють імовірність виникнення несприятливих екологічних ситуацій.

Екологічний ризик вимірюється різними величинами:

- можливими натуральними показниками збитку, тобто кількість жертв та зруйнованих об'єктів, величина втраченого врожаю тощо;
- можливими розмірами погіршення якості природних ресурсів, деградації екосистем тощо;
- можливим рівнем забруднення природних середовищ тощо.

Оцінка екологічного ризику, яка носить прогнозний характер, проводиться трьома основними методами:

- *методом аналогії*, тобто порівняння з іншими подібними об'єктами, причому порівняння проводиться за одними параметрами;
- *за статистичними даними* на основі подібних явищ, які вже трапились тощо;
- *теоретичним шляхом*, тобто математичним моделюванням.

При аналізі показників еколого-геологічного ризику виділяють дві основні групи критеріїв:

- генетичні, які характеризують фактори-умови довкілля, що визначаються особливостями формування екосистем;
- енергетичні, які визначають можливості зміни балансу енергії і пов'язані з ними несприятливими змінами.

Отже, можливість виникнення несприятливих екологічних ситуацій можна оцінити через величину екологічного ризику.

## Дії по регулюванню екологічних ситуацій

Регулювання екологічних ситуацій проводиться шляхом екологічного менеджменту з врахуванням інформації про стан об'єктів, що підкреслює роль моніторингу довкілля.

Дії по регулюванню екологічних ситуацій можуть бути адаптивними, нормативними та активними.

**Адаптивні дії** спрямовані на оптимізацію господарської діяльності людини до умов навколишнього природного середовища. В цьому випадку особливої ролі відіграє екологічна експертиза проектів, з врахуванням всіх можливих методів захисту довкілля, природоохоронне інспектування і екологічна паспортизація територій, тощо. Адаптивні дії реалізуються, як правило, на локальному і регіональному рівнях. Вони передбачають і систему нормативних дій.

**Нормативні дії** спрямовані на реалізацію вимог екологічних стандартів та екологічних законодавчих актів при організації господарської діяльності людини, в процесах екологічного інспектування та проведення екологічної експертизи тощо. Нормативні дії реалізуються на всіх рівнях - від локального до гло-

бального - на державному рівні.

**Активні дії** передбачають цілеспрямовану зміну навколишнього середовища, наприклад, меліоративні роботи, з метою попередження несприятливих екологічних ситуацій або покращення умов довкілля. Ці дії реалізуються на локальному рівні і передбачають врахування нормативної екологічної бази та принципів адаптивних дій.

### **Шляхи управління якістю окремих компонентів навколишнього природного середовища в цілому**

Головним завданням системи управління станом навколишнього середовища є прогнозування наслідків зміни його якості. Невід'ємна складова цього завдання – оцінка можливих наслідків впливу змін стану компонентів навколишнього середовища на санітарно-побутові умови життя, санітарні умови водокористування й землекористування, на системи й технічні споруди санітарного благоустрою населених пунктів тощо. Одним з найбільш актуальних напрямків (шляхів) є розроблення методів опису багатofакторного впливу навколишнього середовища на стан біосистем різного рівня ієрархії, дослідження сумісної чи комбінованої дії на реципієнти багатокomпонентного впливу антропогенного навантаження, одержання результатів, що дозволяють на даному етапі хоча б орієнтовно оцінити й описати модель такої залежності. Розроблення методів моделювання залежності рівня здоров'я населення від змін навколишнього середовища і його окремих компонентів є одним з найважливіших стратегічних завдань цього напрямку.

Управління якістю навколишнього природного середовища полягає у здійсненні в цій галузі функцій: спостереження; екологічної експертизи; контролю, прогнозування, програмування; інформування населення та іншої виконавчо-розпорядної діяльності.

Контроль за якістю окремих компонентів біосфери здійснюється з допомогою екологічного моніторингу. Державний моніторинг навколишнього природного середовища – це система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього середовища. Система контролю включає основні види діяльності: систематичні спостереження за станом навколишнього середовища; визначення ступеня антропогенного впливу на нього; з'ясування факторів і джерел такого впливу.

В основу принципу управління станом навколишнього середовища нині покладено вимогу забезпечення гігієнічних нормативів забруднюючих речовин у природних компонентах (повітрі, воді, ґрунті) й гранично допустимих рівнів фізичних параметрів (шум, вібрація тощо). Тому відповідно до природоохоронної методології оцінка ступеня забруднення середовища проводиться шляхом порівняння концентрації забруднюючої домішки з її ГДК.

Критерії безпечного стану навколишнього природного середовища визначаються системою екологічних нормативів, технічних, санітарно-гігієнічних, будівельних та інших норм і правил, що містять вимоги щодо охорони довкіл-

ля. Відповідно до них здійснюються: розміщення, проектування, будівництво, реконструкція, введення в дію та експлуатація підприємств, споруд та інших об'єктів, застосування засобів захисту рослин, мінеральних добрив, токсичних хімічних речовин, вирішення питань охорони довкілля від акустичного, іонізуючого й іншого шкідливого впливу фізичних чинників, від забруднення радіоактивними, виробничими, побутовими відходами тощо.

**Техносфера** – частина біосфери, докорінно перетворена людьми за допомогою прямого або опосередкованого впливу технічних і техногенних об'єктів (будинки, дороги, механізми, підприємства тощо) з метою найповнішої відповідності соціально-економічним (але не екологічним) потребам людства.

### **Схема управління екологією міста і регіону**

Екологічна безпека міста чи регіону охоплює питання безпеки природного середовища міста і регіону, безпеки людини та безпеки антропогенного середовища міста і регіону в процесі його розвитку та функціонування.

Основні принципи схеми забезпечення екологічної безпеки міста чи регіону зводяться до такого:

- дотримання встановлених державою та її суб'єктами допустимих рівнів впливу на навколишнє природне середовище і людину;
- здійснення раціонального природокористування, за якого ресурсне забезпечення однаковою мірою задовольняє інтереси теперішніх та майбутніх поколінь;
- обов'язковість компенсації нанесених здоров'ю людини і природи втрат і взаємна відповідальність адміністративно-територіальних утворень за стан навколишнього природного середовища і транскордонне перенесення забруднювачів;
- своєчасне виявлення та відновлення ушкодженої території, екосистеми і природніх комплексів;
- збереження біологічної різноманітності;
- дотримання розумної достатності і допустимості ризику, тобто будь-які дії людини не повинні приводити до соціально-економічних і екологічних катастроф.

Дотримання *нормативів і правил екологічної безпеки* забезпечується державою за допомогою:

- створення системи екологічного законодавства, яка, з одного боку, спрямована на охорону сфер, де виявляються негативні наслідки антропогенної діяльності (земля, вода, тваринний і рослинний світ, надра, атмосферне повітря, природне середовище у цілому), а з іншого – на сфери, де виникають екологічні проблеми (промисловість, енергетика, сільське господарство, транспорт тощо);
- формування системи управління охороною навколишнього природного середовища, яка включає до себе як органи загальної компетенції, так і спеціально уповноважені органи виконавчої влади, на які покладається здійс-

нення екологічного контролю та інших управлінських функцій у галузі охорони довкілля;

- впровадження економічного механізму природокористування (плати за забруднення довкілля, спеціальне природокористування, фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів бюджетів та інших джерел тощо);
- сприяння участі громадськості у вирішенні екологічних проблем (забезпечення вільного доступу до екологічної інформації, визначення правових засад здійснення громадської екологічної експертизи, формування об'єднань громадян, що мають за мету охорону довкілля, надання права на подання до суду позовів про відшкодування шкоди внаслідок негативного впливу на довкілля діяльності підприємств, установ, громадян та окремих громадян тощо).

### **Проблема поведінки поллютантів у біологічному та абіотичному середовищах**

У результаті антропогенної діяльності, у навколишнє середовище надходить величезна кількість забруднюючих речовин, що негативно впливають не тільки на окремі організми, а й на всі біоценози навколишнього природного середовища **поллютанти (забруднювачі)**.

За сучасних умов атмосферне повітря, води, ґрунти водночас забруднюються кількома шкідливими речовинами. Кожна з них, узята окремо, може мати концентрацію, меншу за ГДК (тобто не становить небезпеку для здоров'я), але сукупна дія всіх забруднювачів дає сильний негативний ефект, як і в разі, коли набагато перевищується ГДК якого-небудь поллютанта. Це явище називають ефектом підсумовування дії шкідливих речовин, або синергічним ефектом. Прикладом може бути сукупна сильна негативна дія діоксиду сірки й сірководню, ацетону й фенолу і т. ін..

У трофічному ланцюзі поллютанти переходять від однієї ланки до іншої, в результаті чого відбувається значне їх накопичення і збільшення (в тисячі і навіть десятки тисяч разів) концентрації цих поллютантів на вершині екологічної піраміди, де знаходиться людина. Деякі шкідливі поллютанти мають кумулятивний характер, коли при постійній дії невеликих доз їх негативний вплив на живі організми поступово збільшується і, в кінцевому підсумку, призводить до різних негативних наслідків.

До стійких поллютантів належать забруднювачі, які довго зберігаються в природі (пластмаси, поліетилени, деякі метали, скло, радіоактивні речовини з великим періодом напіврозпаду тощо).

Нестійкі поллютанти розкладаються, розчиняються, нейтралізуються в природному середовищі під впливом різних факторів і процесів.

Для з'ясування, ступеня забруднення довкілля та впливу того чи іншого забруднювача (поллютанта, токсиканта) на біоту й здоров'я людини, оцінки шкідливості забруднювачів і міри їхньої небезпечності, застосовується проведення екологічних експертиз довкілля в межах районів, регіонів чи окремих об'єктів. Сьогодні в усьому світі використовують такі поняття, як гранично до-

пустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин, гранично допустимі викиди (ГДВ) і скиди (ГДС), гранично допустимі екологічні навантаження (ГДЕН), ступінь екологічної витривалості ландшафту (СЕВЛ), максимально допустимий рівень забруднення (МДРЗ), кризова екологічна ситуація (КЕС), санітарно-захисні зони (СЗЗ) та ін.

Питання для самоконтролю:

1. Якими величинами вимірюється екологічний ризик?
2. Які дії по регулюванню екологічних ситуацій, Ви можете назвати?
3. Яким є головне завдання системи управління станом навколишнього середовища?
4. Які основні принципи схеми забезпечення екологічної безпеки міста чи регіону?
5. Охарактеризуйте проблеми поведінки поллютантів у біологічному та абіотичному середовищах.

## 1.29 Загальна екологічна ситуація в Україні

**Проблеми екологічної безпеки України.** За останні роки найбільше в нашій країні трапилось метеорологічних небезпечних ситуацій – 37,9 % (від загальної чисельності таких ситуацій природного походження). 18 % склали отруєння людей, 17,8 % – пожежі в екосистемах, 10,8 % – гідрологічні, інфекційні захворювання людей – 9,5 %, геологічні – 8,7 %, інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин та ураження сільськогосподарських рослин шкідниками та хворобами – 3,2%.

Найбільш небезпечні щодо можливості виникнення гострих екологічних ситуацій є Львівська, Донецька, Луганська, Дніпропетровська та Одеська області. Високий рівень виникнення таких ситуацій також у Київській, Полтавській області, АР Крим та усіх областей, які мають вихід до морів.

Виділяються три регіони з найвищим рівнем ризику прояву природно-техногенних небезпечних ситуацій в майбутньому. Перший – Східний, у складі Луганської та Донецької (40 найбільш небезпечних об'єктів та джерел природного і техногенного походження) областей, в якому зосереджено 20,5 % досліджуваних об'єктів та джерел – переважно хімічно-, вибухо-, пожежонебезпечні, небезпечні об'єкти гідродинамічного комплексу. Другий Придніпровський, у складі Кіровоградської, Черкаської, Полтавської (43 найбільш небезпечних об'єктів та джерел природного і техногенного походження), Дніпропетровської (40), де сконцентровано 19,6 % небезпечних об'єктів та джерел – переважно хімічно-, пожежонебезпечні, небезпечні об'єкти магістральних трубопроводів, транспортних комунікацій, комунального господарства. Таке положення на цій території обумовлено надмірною індустріалізацією прилеглих до Дніпра територій, непродуманою зарегульованістю його стоку. Прояв тут небезпечних си-

туацій, більшість з яких можуть мати ланцюговий характер, ведуть до загибелі Дніпра, величезних промислових потужностей, найцінніших сільськогосподарських угідь. Останній, Прикарпатський, у складі Львівської та Івано-Франківської областей, де сконцентровано 17 % зазначених об'єктів та джерел – переважно хімічно-, пожежонебезпечні, небезпечні об'єкти магістральних трубопроводів, транспортних комунікацій, комунального господарства. Таке положення речей обумовлено концентрацією тут видобувної, хімічної галузей промисловості, наявністю джерел виникнення небезпечних геологічних та гідрологічних явищ, які можуть викликати природно-техногенні небезпечні ситуації без налагодження усього комплексу їх попередження та мінімізації збитків від них.

Отже в трьох регіонах, восьми областях України сконцентровано 57,6% усіх об'єктів і джерел підвищеної небезпеки природного та техногенного походження, з найбільшим ризиком виникнення небезпечних ситуацій на них. Серед них: 36,8 % зазначених радіоактивних об'єктів, 57,9 % хімічно небезпечних, 80,8 % пожежо- і вибухонебезпечних, 59,7 % таких об'єктів гідродинамічного комплексу, 62,2 % таких об'єктів енергетики, 70,2 % таких об'єктів на магістральних трубопроводах та транспортних комунікаціях, 37,9 % таких об'єктів в комунальному господарстві, 52,6 % небезпечних об'єктів в природі внаслідок метеорологічних явищ 47,1 % таких об'єктів внаслідок гідрологічних явищ.

Існують досить серйозні відмінності у рівні природно-техногенних загроз та готовності до попередження та протидії небезпечним ситуаціям. Лише у Вінницькій, Волинській, Івано-Франківській, Миколаївській, Рівненській, Харківській, Хмельницькій, Черкаській, Чернівецькій та Чернігівській областях при порівняно невисокому рівні природно-техногенних загроз досить потужною є система протидії їх прояву та мінімізації негативних наслідків. З поміж інших регіонів України вони належать до відносно сприятливих щодо природно-техногенних загроз.

Місто Київ, Закарпатська, Кіровоградська, Львівська, Одеська, Полтавська та Тернопільська області входять у групу низького рівня розвитку системи попередження небезпечних ситуацій та мінімізації їх наслідків при низькому порівняно із іншими регіонами країнами показнику індивідуального ризику загинути внаслідок небезпечних ситуацій природно-техногенного походження. Вкрай незадовільний стан розбудови системи протидії небезпечним ситуаціям та мінімізації їх наслідків є тривожним сигналом щодо перспективності подальшого суспільного розвитку регіонів, особливо зважаючи на підвищення рівня вірогідності прояву масштабних небезпечних ситуацій природного походження у Закарпатській, Львівській, та Одеській областях та техногенних загроз у м. Києві та Львівській та Одеській областях.

Вкрай загрозливий стан природно-техногенної безпеки в Україні характеризує той факт, що третина регіонів країни, для яких визначався рівень рівня природно-техногенної безпеки життєдіяльності населення та рівня готовності до запобігання небезпечним ситуаціям та мінімізації їх негативних наслідків потрапили до групи міст небезпечних для життєдіяльності населення – АР

Крим, Дніпропетровська, Донецька, **Запорізька**, Київська, Луганська, Сумська області та м. Севастополь. До цієї групи загрозово близькі за своїми показниками також Кіровоградська, Полтавська, Рівненська та Одеська області. Достатньо високий рівень розвитку системи запобігання прояву небезпечним ситуаціям та мінімізації їх наслідків визначив їх місце на межі між цією групою та групою регіонів з високою загрозою виникнення масштабних небезпечних ситуацій та готовності протидії їм. Отже, якщо врахувати і ці регіони, то половина 44,4 % регіонів України потребують термінового запровадження ефективної стратегії подолання гострої загрози виникнення масштабних природно-техногенних катастроф. Існує гостра потреба у розробці та впровадженні цільової комплексної програми заходів спрямованих на зниження ризику небезпечних ситуацій у цих регіонах.

**Екологічна ситуація в Україні.** За розрахунками незалежних експертів України, на вирішення екологічних проблем доведеться витратити 1,0 – 1,5 трлн. дол. США, і роботи повинні тривати 8 – 10 років. Вчені України попереджають, що в недалекому майбутньому проблеми екології затьмарять усі інші, хоч якими б великими й важливими вони не були

Особливо відчутним в умовах кризових явищ в економіці стало загострення екологічної ситуації. Унаслідок нераціонального й неконтрольованого використання природних ресурсів дедалі чіткіше вимальовуються прикмети екологічної катастрофи.

Характерними рисами погіршення екологічного стану є радіоактивне, хімічне та фізичне забруднення повітряного басейну, поверхневих і підземних вод, руйнування та забруднення землі. Великомасштабні осушувальні роботи на Поліссі призвели до падіння рівня ґрунтових вод і ерозії ґрунтів. У результаті катастрофи на Чорнобильській АЕС та радіоактивного забруднення ускладнилося використання ґрунтів та лісу, склалися загрозові умови для проживання населення.

Потужним народногосподарським комплексом з високо розвинутою промисловістю, інтенсивним багатогалузевим сільським господарством, широко розгалуженою транспортною системою є Донбас. Розвиток промисловості відбувався там переважно екстенсивним шляхом, без здійснення комплексу заходів з охорони навколишнього природного середовища.

Довгострокове поєднання вуглевидобутку з роботою металургійних, нафтохімічних і машинобудівних підприємств призвело до того, що Донбас став найбільш забрудненим регіоном не тільки в Україні, а й у світі. Це вимагає суттєво змінити структуру територіально-виробничого комплексу Донбасу, перейти на маловідходні ресурсозберігаючі технології з метою зменшення токсичності відходів, утилізації або ліквідації їх скупчень.

Другим регіоном з розвинутою промисловістю є Придніпров'я, яке характеризується високою концентрацією гірничорудної, чорної та кольорової металургії, будівельної індустрії, важкого машинобудування. Орієнтація на використання місцевої сировини обумовила виснаження запасів природних ресурсів. Для цього регіону характерні високий рівень забруднення повітря та води, ме-



ханічне порушення земель, критичні екологічні умови життя населення.

У Криму екологічна ситуація характеризується активізацією суффузійно-просаджувальних явищ (суффузія – дослівно “підкопування”).

Незадовільна якість земель, води й повітря фіксується навколо автомобільних доріг у великих містах. Така складна ситуація погіршує умови життя населення, ускладнює використання природних ресурсів.

Прогнозування перспектив у галузі екології не викликає реальних сподівань на раціональне природокористування. Насиченість території України промисловими комплексами шкідливо впливає на екологічну ситуацію в країні.

Пріоритетний розвиток важкої індустрії призвів до екстенсивного використання природних ресурсів і їх прискореного вичерпання. Так, дефіцит енергетичних ресурсів поставив Україну в залежність від інших країн, зокрема від Росії. Однак і вона вже вичерпує їх і скорочує видобування палива.

На межі повного використання й інші природні ресурси. І вичерпуються вони не тому, що їх мало, а тому, що нераціонально використовуються. Упродовж останніх років річний обсяг видобутку мінеральної сировини в Україні становить 1 млрд. т, а гірничої маси – близько 3 млрд. т, тобто в розрахунку на кожен тонну мінеральної сировини видобувається ще 2 тонни породи. Тільки 5 – 8 % компонентів мінеральної сировини використовується для виробництва готової продукції, а решта йде у відвали.

На поверхні землі накопичилося понад 20 млрд. т твердих промислових відходів, що в розрахунку на 1 кв. км перевищує 30 тис. т. Під цими відходами знаходиться 200 тис. га родючих земель.

Щорічно кількість відходів збільшується на 1 – 1,5 млрд. т. До цього слід додати ще 4,1 млрд. куб. м різних забруднених стоків і 4,8 млн. т викидів забруднюючих речовин в атмосферу. У Донбасі й Придніпров'ї практично вичерпані можливості розміщення відходів. У Донецькій області, яка займає 4,4 % площі України, сконцентрована четверта частина всіх накопичених відходів. Достатньо раз проїхати по Донецькій області, щоб без будь-якої статистики зрозуміти, яких “успіхів” ми досягли в перетворенні природи.

Відходами промисловості й розкривних порід засмічується природне середовище – земельні угіддя, водні джерела та повітряний простір.

Сучасний етап розвитку й розміщення продуктивних сил характеризується погіршенням екологічного стану в багатьох регіонах країни, у зв'язку з чим загострюються екологічні проблеми.

Варто нагадати про забруднення атмосфери в Донбасі та Придніпров'ї, дефіцит водних ресурсів у більшості міст. Охорона навколишнього середовища, забезпечення здорових гігієнічних умов життя й праці є важливим фактором розміщення продуктивних сил, що має насамперед соціальну спрямованість. І тому не менш необхідним є обмеження надмірного зосередження промисловості в містах.

Відомо, що економічна ефективність розміщення виробництва досягається переважно його концентрацією, що дає змогу зменшувати капітальні вкладення в інфраструктуру, а отже, і знижувати собівартість продукції. Водночас

концентрація промисловості призводить до зростання кількості населення в містах і спричиняє проблеми демографічного характеру. Обмеження концентрації промисловості можна досягти створенням середніх і малих спеціалізованих підприємств і розосередженням їх у малих містах і великих селах.

Гострою проблемою є накопичення твердих побутових відходів. Кількість побутового сміття продовжує збільшуватись. За даними Національного проекту «Чисте місто», в Україні щорічно утворюється від 12 до 14 мільйонів тонн ТПВ (твердих побутових відходів), з яких переробляють лише 2-3%, сортують як вторсировину 7-8% і більше 90% відправляють на полігони та звалища. За експертними оцінками, тільки 5% функціонуючих сьогодні українських полігонів відповідають вимогам Директиви про поховання ТПВ (2014 р.).

Теплові електричні станції (ТЕС) і виробництва з випуску металу й іншої промислової продукції також є джерелами забруднення екологічної системи. Загальні обсяги утворення золошлакових відходів ТЕС в Україні становлять близько 15 млн. т. Сьогодні в Україні найбільш забруднена серед усіх країн СНД атмосфера. На 40 % нашої території рівень забрудненості в 2 – 3 рази вищий, ніж в Європі. На кожного жителя припадає понад 90 кг усіх викидів у атмосферу.

Серед природно-економічних формувань України виділяється Поділля. Це найбільш густонаселений регіон, який характеризується розвиненим сільським господарством і харчовою промисловістю. Цей регіон найменше забруднений, і пріоритет у його розвитку повинен надаватися АПК. На Поділлі необхідно заборонити розміщення всіх виробництв, які забруднюють навколишнє середовище. Сільське господарство цього регіону має спеціалізуватися на виробництві екологічно чистої продукції.

Тут слід повністю перейти на біологічні системи землекористування, обмежити використання мінеральних добрив. Це необхідно ще й тому, що, за підрахунками вчених і спеціалістів, за останні десятиріччя площі сільськогосподарських угідь в Україні зменшились на 3 млн. га, а ріллі – на 1,8 млн. га. В Україні в результаті ерозії ґрунтів щорічно змивається та втрачається залежно від кліматичних умов від 50 до 80 млн. т гумусу.

Щось подібне відбувається в галузі водоспоживання. Розвиток промисловості й процеси урбанізації, пов'язані зі збільшенням міст, прискорюють темпи та розширюють масштаби водоспоживання. Якщо в 1960 році споживалося 15,9 куб. км води, то в 1995 р. – уже 20,3 куб. км, тобто водоспоживання зросло в 1,3 рази, у тому числі безповоротне споживання води становило відповідно 5 куб. км і 21 куб. км, тобто зросло в 4,2 рази. Понад 80% водних ресурсів радіоактивно забруднені.

Одна з величезних екологічних проблем, яка з'явилася в останні десятиріччя, – проблема прісної (питної) води. На одного жителя України в засушливий рік припадає в середньому 1 тис. кубометрів води. А за нормами ООН країна, де на одну людину припадає менше 15 тис. кубометрів у рік, вважається водонебезпеченою. Статистика свідчить про те, що в Україні задіяні вже всі водні ресурси.

Як відомо, основним джерелом прісної води є басейн р. Дніпро. Але його екологічний стан викликає особливу тривогу. Щорічно в Дніпро скидається 1,5 куб. км забруднених стоків. Аналогічне становище з водним басейном р. Десна. У цих річках у десятки разів зросли (порівняно з нормами) концентрації органічних речовин, солей алюмінію та важких металів, підвищилася бактеріальна забрудненість.

Наскільки значна проблема питної води, можна простежити на прикладі того ж Дніпра. За даними Мінекобезпеки України та Фонду відродження Дніпра, уже в 1994 р. в ньому знаходилося 2,8 тис. т нафтопродуктів, 13,4 тис. т амонійного азоту, 1,7 тис. т фосфору, 6,9 тис. т фенолів, і це не враховуючи інших шкідливих речовин і домішок. На думку американського еколога Р. Рендофа, р. Дніпро у недалекому майбутньому перетвориться на смердючу стічну каналу, якщо не здійснювати комплексної програми його оздоровлення.

У життєзабезпеченні регіонів країни важливу роль відіграє ліс. Україна займає одне з останніх місць в Європі за площею лісів, при середньоєвропейському показнику 27%, лісистість України становить усього 15,7%. При цьому, якщо прибрати з статистичної звітності різні лісосмуги і соснові монокультури, то площа природних і "біля природних" лісів складе всього близько 10%. Частина заповідних лісів в Україні близько 2%, при цьому заповідні території в Україні займають — 5,4%, а в Європі — 15%. Склад деревних порід у лісах змінюється під впливом господарської діяльності людини. Насадження цінних порід (дуба (*Quercus*), бука (*Fagus*)) збільшуються, а менш цінних (граба (*Carpinus betulus*), осики (*Populus tremula*)) — зменшуються. Близько половини загального запасу деревини України припадає на хвойні породи дерев — сосну (*Pinus*), ялину (смереку) (*Picea abies*), ялицю (*Abies*).

Великі рекреаційні й бальнеологічні ресурси є на Причорноморсько-Азовському узбережжі. Їх освоєння та раціональне використання здатне перетворити цю місцевість на великий курортний комплекс.

Досить великим регіоном України, в якому сформувалось сприятливе екологічне середовище, є Полісся. На його території розташовано 40 % площ лісів, тут беруть початок більшість річок України. Лісо-озерно-болотні комплекси являють собою унікальні ландшафти, які не мають аналогів у світі.

Однак необдумане розміщення на Поліссі атомної електростанції зробило неможливим використання цього регіону для ведення інтенсивного сільського господарства, розвитку харчової, легкої, електротехнічної й електронної промисловості та приладобудування.

У результаті катастрофи на ЧАЕС з ефективного економічного використання виведено забруднену територію площею 2712 кв. км. У 30-кілометровій зоні знаходиться понад 800 радіоактивних могильників, багато з яких побудовані наспіх, а тому радіоактивні відходи "розповзаються" в підземних шарах, розносяться ґрунтовими водами.

При цьому слід пам'ятати, що період розпаду деяких ізотопів становить 130 років. Загальновідомо, що без атомної енергетики не обійтись. Але зрозуміло й те, що Україна ризикує стати заручником власних ядерних блоків, яких на

території нашої держави 14.

Головним у розвитку продуктивних сил Полісся є ліквідація наслідків катастрофи на Чорнобильській АЕС, збереження та розширене відтворення природних багатств.

Відносно благополучним регіоном щодо екології є Карпати, які характеризуються гірським рельєфом, високою лісистістю, чистим повітрям, наявністю термальних і мінеральних вод і тому виконують рекреаційну функцію. З цієї причини тут слід заборонити будівництво промислових підприємств, які забруднюють природне середовище. Формування Карпат як великого оздоровчого й курортного комплексу передбачає створення соціальної інфраструктури, будівництво доріг, кемпінгів, санаторіїв і лікарень, організацію природних пам'яток і парків.

Щодо екології дуже складним є Чорне море. Через забруднення його відходами людської діяльності з середини 80-х років закриваються пляжі Одеси, Сочі, Євпаторії, оскільки в забрудненому середовищі швидко розмножується кишкова паличка.

Екологічна шкода, яка заподіюється Україні Чорноморським флотом, оцінюється майже в 20 млн. дол. США. Міжнародна екологічна організація "Грінпіс" відзначає, що Чорне море забруднене в десятки, а в деяких місцях і в сотні разів більше, ніж центральні частини Світового океану. До всіх проблем Чорного моря в останні десятиріччя додалася ще одна – ерозія берегів.

За розрахунками незалежних експертів України, на вирішення екологічних проблем доведеться витратити 1 – 1,5 трлн. дол. США, і роботи повинні тривати 8 – 10 років. Вчені України попереджають, що в недалекому майбутньому проблеми екології затьмарять усі інші, хоч якими б великими й важливими вони не були.

### **Екологічні проблеми сільського господарства України**

Сільське господарство України – найбільш природомістка галузь, що має могутній природно-ресурсний потенціал, який включає 41,84 млн. га сільськогосподарських угідь (69,3 % території України. На території України рілля займає 34,1 млн. га (без садіб; з садібами 36 млн. га), тобто 53,3 (57,6)% всієї площі і 80,3 % всіх сільськогосподарських угідь. Сьогодні орна земля становить понад  $\frac{2}{3}$  всієї площі лісостепу й степу,  $\frac{1}{3}$  у лісовій смузі, лише 14 % у Карпатах. Понад 70 % площі ріллі становить в областях: Кіровоградській, Миколаївській, Запорізькій і Вінницькій, найменший у Закарпатській (14 %), Рівенській (31 %) і Волинській (34 %).

У сільськогосподарському виробництві щороку використовується понад 10,9 млрд.м<sup>3</sup> води, або 36,4% її загального споживання. В розрахунку на одного мешканця припадає 0,82 га сільськогосподарських угідь, у тому числі 0,65 га ріллі, тоді як у середньому по Європі ці показники становлять відповідно 0,44 і 0,25 га. Розораність сільськогосподарських угідь досягла 72 %, а в ряді регіонів перевищує 88 %, тоді як в країнах Європи 20 – 35 %, США – 20 %.

До обробітку залучені малопродуктивні угіддя, включаючи прируслові луки і пасовища та схилі землі. Якщо Україна в Європі займає 5,7 % території, то її сільськогосподарські угіддя – 18,9 %, а рілля – 26,9%. Нині 14,8 % загальної площі поливних земель України піддаються еродуванню, 1,5 % – перезволоженню, понад 4 % є солонцюваті та засолені. Використання у великій кількості мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних препаратів разом з промисловим і радіаційним забрудненням може ще більше ускладнити екологічну ситуацію в Україні, знизити відтворювальну здатність біосфери та екологічну стійкість агроландшафтів. Перелік типових порушень стану земель:

1. Виснаження родючості ґрунтів внаслідок багаторічного вирощування однієї й тієї ж культури (монокультури) і вичерпання в цьому зв'язку запасів гумусу; нагромадження в ґрунтах біотоксичних речовин у результаті порушення біохімічного балансу й неоптимального застосування мінеральних добрив і інших стимуляторів росту рослин. Зниження вмісту гумусу відбувається в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, за останні 10 років гумусний фонд України зменшився на 10 – 14 %. Нині в ґрунті не вистачає азоту, в орному шарі дедалі знижується вміст рухомих форм фосфору і калію, збільшуються площі підкислених і засолених ґрунтів.

2. Втрата ґрунтом оптимальної зернисто-дрібнокмкуватої структури з її заміщенням пилом, утворенням вторинної кірки, ущільнення підорного шару з різким зниженням його водопроникності в результаті обробки ґрунту важкою технікою, що обумовлює водну і вітрову ерозію. Ерозійний винос зваженого матеріалу (ґрунтової маси) в моря й океани виріс за останні 50 років у країнах світу щонайменше в 10 разів, з 3 до 24 млрд. т/рік (з 20-х по 50-і роки); вже наприкінці ХХ століття він сягнув 58 млрд. т/рік. За даними Л. Я. Новаковського (1990), у Вінницькій, Тернопільській і Чернівецькій областях уже нині змив ґрунту в 6,5 – 8 разів перевищує допустимі розміри. Це можна порівняти з втратами в середньому з 1 га ріллі близько 300 т ґрунту, тобто стільки, скільки природа створює за 65 років.

3. Зараження ґрунтів, ґрунтових та поверхневих вод небезпечними вірусами, гельмінтами, патогенними мікробами і їхніми переносниками, як наслідок екологічно-небезпечних технологій у тваринництві, пов'язаних з відходами ферм, застосуванням біодобавок, ГМО та ін. Свинокомплекс потужністю 100 тис. голів щодоби виділяє в атмосферу 36 млрд. мікробних тіл, 3600 кг аміаку, 350 кг сірководню і 620 кг пилу. Тваринницькі комплекси використовують досить значний обсяг водних ресурсів, а їх стічні води є великим забруднювачем навколишнього середовища тому, що патогенні мікроорганізми це збудники інфекційних хвороб і людей. Один свинокомплекс на 108 тис. голів чи комплекс по відгодівлі великої рогатої худоби на 35 тис. голів дає таку кількість стічних вод, яка еквівалентна відходам великого міста з населенням 400 – 500 тис. чоловік.

В останні десять років на тлі перманентної економічної кризи ситуація погіршилася ще й внаслідок проведення земельної реформи. Четвертий переділ земельної власності в Україні за останні 100 років жодним чином не сприяє

стабілізації ерозійних процесів у країні.

В основу виділення приватних ділянок у користування покладені лише економічні критерії, тоді як екологічні, ґрунтоохоронні чинники повністю ігноруються. Земельна реформа не супроводжується новою протиерозійною і меліоративною організацією території, упровадженням ґрунтозахисного землеробства. Реформа не базується на повному урахуванні стану земельних ресурсів, зокрема, попередньо не проведене ретельне великомасштабне ґрунтове картування земельних угідь. Відбувається поділ землі в межах існуючої організації території і структури сільськогосподарських угідь, а тим часом українськими вченими вже давно доведена необхідність вилучення з ріллі приблизно 8 – 10 млн. га земель, головним чином, еродованих. Таким чином, пропонується зменшити розораність території країни до 40%, збільшити площу лісів, лісосмуг, пасовищ, луґів, зон рекреації тощо.

Спроба вирівняти вихідну родючість ґрунтів для нових власників призвела до того, що ділянки, особливо в умовах малоземелля (наприклад, у Західній Україні), нарізаються шириною в кілька десятків метрів уздовж схилу. Руйнування ґрунтової родючості відбувається через загальний перехід на сівозміни з короткою ротацією, збільшенням насиченості однотипних сільськогосподарських культур, часто просапних (наприклад, соняшника та ріпака), з метою одержання швидкого прибутку. Хронічна нестача фінансово-матеріальних ресурсів у колективних господарствах, у фермерів та орендарів зумовила перевагу тільки економічних критеріїв їхньої господарської діяльності, а, отже, залишається нереалізованим головне завдання систем землеробства - підвищення родючості ґрунтів. Результатом такої реорганізації земельної власності буде тільки повна деградація ґрунтової родючості, у тому числі, через інтенсифікацію ерозійних процесів. Невизначеність питання про власність на землю не дає змоги впроваджувати новітні екологічно-толерантні технології у землеробство, зокрема No-Till, LISA (Low input system of agriculture), PF (Precision Farming) а також не сприяє залученню іноземних інвестицій.

Тому в умовах ринкових, перетворень і подальшої інтенсифікації та вдосконалення територіальної організації агропромислового виробництва співпадання економічних та екологічних інтересів і вимог має велике значення для екологічно збалансованого, пропорційного розвитку сільського господарства, яке повинно орієнтуватися на екологічні норми та правила, що будуть сприяти виробництву екологічно-безпечної продукції та збереженню навколишнього середовища. Такий підхід дасть змогу обмежити негативний вплив антропогенних факторів на довкілля, посилити екологізабезпеченість функціонування та підвищення економічної ефективності і конкурентоспроможності усього аграрного сектору як на внутрішньому, так і на зовнішньому продовольчому ринку. Економіко-екологічне спрямування повинно бути направлено на стабілізацію сталого розвитку сільськогосподарського виробництва, яке має відтворювальну особливість і екологічну здатність. Завдяки цій особливості можна щорічно отримувати доброякісну сільськогосподарську продукцію в умовах оптимального агроресурсного та агротехнічного забезпечення.

Питання для самоконтролю:

1. Яка зараз екологічна ситуація в Україні?
2. В яких регіонах України екологічна ситуація найгірша?
3. Назвати перелік типових порушень стану земель в Україні.
4. У якому регіоні України сформувалось досить сприятливе екологічне середовище?
5. Як ліси впливають на природну рівновагу в Україні?
6. Що може впливати на погіршення стану довкілля в нашій країні?
7. Охарактеризуйте природно-ресурсний потенціал України.
8. Охарактеризуйте сучасний стан з орною землею в Україні.
9. Надайте перелік типових порушень стану земель в Україні?
10. Які заходи необхідно впровадити для екологічно збалансованого, пропорційного розвитку сільського господарства в Україні?

## РОЗДІЛ II ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

### 2.1 Дослідження залежностей між популяціями та екологічними факторами

**Мета роботи:** на основі оцінки місцезростань окремих популяцій (отриманої за допомогою методики фітоіндикації) обрахувати на ЕОМ екологічні показники і встановити характер залежності між ними.

#### Градiєнтний аналіз

Градiєнтний аналіз використовують для оцінки екологічної амплітуди, наявності зв'язку (кореляції) між факторами. Для цього побудуйте графіки екологічних амплітуд для кожного окремого фактора, користуючись даними табл. 2.1.1 та 2.1.2, де наводяться такі показники: *Rc* – кислотність ґрунту (13-бальна шкала); *Tr* – сольовий режим (19 балів); *Nt* – мінеральний азот (11 балів); *Hd* – вологість ґрунту (23 бали), *Ca* – карбонатність ґрунту (13 балів); *Tm* – терморезим (17 балів); *Om* – омброрезим, як співвідношення опадів до випаровування (15 балів); *Cr* – кріорезим, найнижчі зимові температури (15 балів). На осі X відкладіть номери описів (ділянок), а на осі Y – значення фактора для відповідного опису.

Розгляньте отриманий графік. Знайдіть мах, мін та розрахуйте середні значення. Зазначте фактори, між якими спостерігається кореляція. Оцініть співвідношення амплітуди даного виду до відповідної шкали за формулою

$$A = \frac{\max - \min}{n},$$

де *n* – бальна шкала фактора.

#### Ординаційний аналіз

Ординаційний аналіз дає можливість оцінити характер закономірностей між зміною двох факторів, порівняти амплітуди їх значень. Для цього побудуйте ординаційну матрицю. На осі X відкладіть значення одного, а на осі Y – значення іншого фактора. Обведіть лінією крайні значення. Порівняйте показники для популяцій.



Таблиця 2.1.1 – Екологічні характеристики популяцій *Stipa pontica* L.

№	<i>Rc</i>	<i>Tr</i>	<i>Nt</i>	<i>Hd</i>	<i>Tm</i>	<i>Rn</i>	<i>Om</i>	<i>Cr</i>	<i>Ca</i>
1	9,351	8,672	4,332	8,192	7,6	7,6	5,6	7,05	9,772
2	9,321	8,472	4,322	8,377	8,125	8,25	5,625	7,25	10,043
3	9,325	8,49	4,189	7,833	8,563	8,844	5,844	7,313	9,709
4	9,255	8,76	4,213	8,374	8,5	8,188	6,375	7,75	9,323
5	9,262	8,622	4,331	8,172	9,688	9,25	6,423	8,625	9,75
6	9,205	8,546	4,566	8,162	8,846	8,192	5,7	8,308	9,565
7	9,097	8,681	4,766	8,225	7,95	7,85	5,591	7,45	9,647
8	9,197	8,372	4,583	8,071	8,409	8,3	5,542	6,955	9,726
9	9,15	8,462	4,409	7,989	8,75	9	6,868	7,333	9,674
10	9,28	8,248	4,459	8,304	8,364	7,909	6,454	7,955	9,737
11	9,257	8,421	4,354	8,375	8,583	8,792	7,125	7,917	9,682
12	9,099	8,341	4,299	8,496	8,6	8,2	6,45	8,1	9,77
13	9,206	8,025	4,176	8,856	8,825	8,5	7,075	7,9	10,334
14	9,319	8,008	4,341	8,988	9,227	9,045	7,455	8	10,359
15	9,444	8,206	4,229	9086	8,75	8,375	6,792	7,583	10,796
16	9,51	8,419	4,381	8,75	9,5	8,25	7,25	9,75	10,863
17	9,234	8,281	4,543	8,813	9,625	8,625	7,375	9,25	10,52
18	9,332	7,945	4,539	9,051	9	8,656	7,531	8,188	10,523
19	9,51	8,197	4,65	9,045	9,179	9	7,536	8,179	10,623
20	9,359	8,1	4,024	9,023	9,125	8,698	7,469	8,25	111,029
21	9,527	8,109	4,666	9,049	9,433	8,633	7,567	8,567	10,522
22	9,227	8,326	4,488	9,16	8,972	9,889	6,889	7,75	10,548
23	9,242	8,069	4,305	8,745	9,567	9,033	7,367	8,433	10,842
24	9,178	8,056	4,262	8,554	9,9	9,625	6,925	7,775	10,702
25	8,981	8,505	4,793	8,202	9,133	9,544	6,733	7,711	9,332
26	8,86	8,448	5,073	8,352	9	9,907	6,315	7,037	8,873
27	8,956	8,247	4,925	8,645	8,535	8,75	6,442	7,32	9,071
28	8,818	8,367	4,993	8,538	9,02	8,725	6,873	7,784	9,074
29	8,922	8,461	5,354	8,662	8,929	9,595	7,036	7,857	9,937
30	8,821	8,182	5,027	8,664	8,743	9,157	7,071	7,414	9,075
31	8,968	88,31	5,176	8,657	8,827	9,5	7,064	7,36	8,919
32	8,992	8,321	5,074	8,417	8,844	9,552	6,948	7,635	9,044
33	8,953	8,212	4,956	8,542	9,104	9,83	6,625	7,5	9,102
34	8,82	8,213	4,998	8,444	9,033	9,658	6,675	7,633	9,285
35	8,987	8,331	5,128	8,727	8,991	9,726	6,83	7,613	9,093
36	9,004	8,385	5,138	8,664	8,918	9,377	6,856	7,733	9,1
37	8,093	8,26	4,877	8,411	8,929	9,302	6,973	7,722	9,22
38	8,913	8,534	5,008	8,382	9,053	9,543	6,894	7,915	9,078
39	8,952	8,369	5,024	8,451	8,871	9,509	6,897	7,681	9,13

Таблиця 2.1.2 – Екологічні характеристики популяції *Stipa tirsia* L.

№	<i>Rc</i>	<i>Ca</i>	<i>Tr</i>	<i>Rn</i>	<i>Om</i>	<i>Cr</i>	<i>Tm</i>	<i>Nt</i>
1	8,967	8,457	9,9	8,5	6,893	7,179	7,946	7,179
2	8,978	9,22	7,946	8,348	6,727	6,879	7,697	6,878
3	8,924	9,098	7,697	8,46	6,88	7,12	7,86	7,12
4	8,911	8,898	7,86	8,7	6,95	7,5	8,075	7,5
5	9,033	9,189	8,075	8,393	6,546	7,131	7,893	7,131
6	8,99	9,085	7,893	8,795	6,897	7,423	8,244	7,428
7	8,79	8,965	8,224	8,694	6,903	7,222	8,028	7,222
8	8,929	8,966	8,028	8,345	7,462	7,692	7,792	7,692
9	9,037	9,076	7,792	8,192	5,769	7,038	8,115	7,038
10	9,027	9,112	8,115	8,25	5,625	7,25	8,125	7,25
11	8,839	8,953	8,125	8,462	5,231	7,077	8,115	7,077
12	8,852	8,944	8,115	8,844	5,844	7,313	8,568	7,313
13	8,99	8,992	8,563	6,405	4,091	5,591	8,182	5,591
14	8,882	9,054	6,182	8	5,273	7,182	7,956	7,182
15	9,073	9,014	7,955	9,25	7,125	8,625	9,688	8,625
16	8,958	8,954	9,688	8,3	6,033	7,4	8,167	7,4
17	8,937	9,068	8,167	9,654	6,769	8,885	9,692	8,385
18	8,702	8,99	9,692	8,935	6,788	8	8,696	8,0
19	9,003	9,08	8,696	9,091	6,909	8,091	8,727	8,091
20	8,563	9,144	8,727	9,202	7,274	8,286	9,048	8,286
21	9,037	9,286	9,044	8,833	7,292	8,354	9	8,354
22	8,805	9,023	9	5,256	6,933	8,044	9,044	8,044
23	9,098	9,202	9,044	9,157	7,412	8,324	8,863	8,324
24	8,813	8,917	8,863	9,192	7,308	8,192	9,019	8,192
25	8,738	8,534	9,019	9,026	7,342	8,184	9,132	8,184
26	8,973	9,122	9,132	8,964	7,056	8,111	8,861	8,111
27	8,881	8,918	8,861	8,745	6,725	7,824	8,608	7,824
28	8,993	9,114	8,608	8,553	6,763	8,132	9,026	8,132
29	8,937	9,075	9,026	9,079	7,645	7,974	8,829	7,974
30	8,974	9,078	8,825	8,81	7,397	8,224	8,897	8,224
31	8,942	9,189	8,887	9,092	7,105	8	8,737	8,000
32	8,968	9,101	8,757	9,654	6,795	7,807	8,231	7,807
33	8,873	9,222	9,231	9,585	6,329	7,939	9,11	7,938
34	8,894	9,205	9,11	9,544	6,734	7,813	8,75	7,813
35	8,833	9,215	8,75	9,479	6,926	7,884	8,702	7,694
36	8,758	9,005	8,702	9,296	6,417	7,676	8,759	7,676
37	9,178	9,332	8,759	9,767	6,867	7,883	9	7,883
38	8,860	9,072	8,922	9,828	6,828	7,734	8,922	7,734

№	<i>Rc</i>	<i>Ca</i>	<i>Tr</i>	<i>Rn</i>	<i>Om</i>	<i>Cr</i>	<i>Tm</i>	<i>Nt</i>
39	8,62	8,544	8,772	9,217	6,902	7,902	8,772	7,902
40	8,949	9,007	8,64	8,067	6,58	7,66	8,64	7,600
41	9,028	9,292	9,057	9,872	6,965	7,965	9,058	7,965
42	8,837	8,954	8,543	9,244	6,957	7,304	8,543	7,304
43	8,847	9,076	9,057	9,739	6,771	8,143	9,057	8,143
44	8,956	9,074	8,88	9,326	6,739	7,728	8,88	7,728
45	8,818	8,973	8,967	9,871	6,924	7,717	8,967	7,717
46	8,922	9,075	8,523	10,043	6,686	7,558	8,528	7,558
47	8,604	8,822	8,814	9,465	6,942	7,849	8,814	7,849
48	8,835	9,022	8,038	9,5	6,904	7,188	8,038	7,183

### Контрольні питання:

1. Які фактори характеризуються максимальними і мінімальними змінами показників?
2. Які фактори є провідними та лімітуючими?
3. Яка залежність спостерігається між зміною факторів?

## 2.2 Оцінка чисельності, щільності, демографії популяцій рослин та тварин

**Мета роботи:** з'ясувати поняття чисельності, щільності, демографічної структури популяції та методи їх дослідження; побудувати демографічні таблиці і на конкретних прикладах обрахувати чисельність, щільність, ріст популяції певного виду; порівняти отримані дані.

### 2.2.1 Основні теоретичні відомості

Динаміка чисельності популяції характеризується комплексом ознак (народжуваністю, смертністю), швидкістю їх змін, які поєднані між собою складними взаємозв'язками:

#### 1. Народжуваність (*b*). Виділяють:

*a*) *максимальну* – абсолютна, фізіологічна, теоретична, в ідеальних умовах при відсутності лімітуючих факторів;

*b*) *екологічну* – в реальних умовах;

*c*) *питому*.

Питому народжуваність розраховують за формулою

$$b = \frac{\Delta N_n}{N_0 \cdot \Delta t} 100 \%,$$

де  $\Delta N_n$  – число особин, що народились за певний період часу  $\Delta t$ ;

$N_0$  – число особин в початковий момент відліку.

2. **Смертність ( $d$ ).** Виділяють.

a) *мінімальну* теоретична, в ідеальних умовах, без впливу лімітуючих факторів, спричинену старістю;

b) *екологічну* – в реальних умовах;

c) *питома смертність* дорівнює

$$d = \frac{\Delta N}{N_0 \cdot \Delta t} 100 \%,$$

де  $\Delta N$  – число особин, що загинули за певний період часу  $\Delta t$ .

*Рівновага між народжуваністю і смертністю* (швидкість відновлення та виживання популяції) що характеризуються основним рівнянням динаміки чисельності популяції:  $r = b - d$ . Це зумовлено потенційними можливостями популяції (репродуктивним пристосуванням – експоненційний ріст –  $r$ ), що залежить від щільності популяції та розмноження; зовнішніми факторами, конкуренцією (логістичний ріст популяції  $k$ ), статевою і віковою структурами популяції (демографічна структура популяції).

Для оцінки демографічної популяції будують демографічні таблиці (табл. 2.2.1), в які заносять показники, розраховані за відповідними формулами.

Таблиця 2.2.1 – Демографічна таблиця

Клас віку	Число особин в момент обліку	Питоме виживання	Число особин, що загинули від $x$ до $x+1$	Питома смертність	Число нащадків, народжених однією самкою	Питома народжуваність
$x$	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$m_x$	$m_x \cdot l_x$
0	20	1	4	0,20	0	0
1	16	0,80	4	0,20	0	0
2	12	0,60	4	0,20	2	1,20
3	10	0,50	2	0,10	4	2,00
Σа						Σ $m_x \cdot l_x$

Всі організми умовно розподіляють на класи. Питоме виживання для  $x = 0$  становить  $l$  ( $l_x = 1$ ), всі наступні дані обраховують, виходячи з числа особин в момент обліку.

Наприклад:  $n_x = 20$   $l_x = 1$

$$n_x = 16; \quad l_{x1} = \frac{16 \cdot 1}{20} = 0,80; \quad l_{x2} = \frac{12 \cdot 1}{20} = 0,60; \quad l_{x3} = \frac{10 \cdot 1}{20} = 0,50.$$

Аналогічно розраховують питому смертність  $q_x$ .

Наприклад:  $n_x = 20$   $l_x = 1$

$$d_x = 4; \quad q_{x1} = \frac{4 \cdot 1}{20} = 0,20; \quad d_{x2} = \frac{4 \cdot 1}{20} = 0,20; \quad d_{x3} = \frac{2 \cdot 1}{20} = 0,10.$$

$R_o$  – чиста швидкість розмноження.

$R_o = \sum m_x \cdot l_x$  – (число нащадків на кожну самку – питома народжуваність) – 3,2.

Щоб побудувати демографічні таблиці, потрібно знати:

- вік, коли вид вступає в генеративну фазу,
- плодючість жіночої статі,
- середній час генерації ( $T$ ), який відповідає середньому віку самки, що народжує дітей (сума добутків, що отримують в результаті множення відповідного віку на число нащадків, а потім суму ділять на питому народжуваність)

$$T = \sum x \cdot m_x \cdot l_x / \sum m_x \cdot l_x;$$

– швидкість росту популяції ( $\lambda$ ) за одиницю часу  $\lambda = l_x \cdot R_o / T$ .

Оцінити вікову структуру популяції ( $C_x$ ) можна за формулою

$$C_x = \lambda_x \cdot l_x / \sum \lambda_x \cdot l_x.$$

Правило стабільності статеві-вікової структури (А Лотка, 1925). Для стабілізації популяції має витримуватись певне співвідношення статевих і вікових груп:

- за щільністю (популяція повинна мати врівноважену щільність);
- за поведінкою.

## 2.2.2 Завдання для самостійної роботи

### Задача № 2.1

Протягом трьох сезонів в морі виловлювали дельфінів різного віку (табл. 2.1.1).

Розрахуйте число нащадків на кожну самку ( $R_o$ ), середній час генерації ( $T$ ), швидкість росту ( $\lambda$ ) та оцініть вікову структуру ( $C_x$ ).

Таблиця 2.1.1 – Вікова структура популяції дельфінів

№п/п	$x$	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$m_x$	$m_x \cdot l_x$	$x \cdot m_x \cdot l_x$	$\lambda$	$C_x$
1	0	115	1	90	0,78	0				
2	1	25	0,217	6	0,24	3				

3	2	19	0,165	7	0,37	2				
4	3	12	0,104	10	0,83	3				
5	4	2	0,017	1	0,5	1				
6	5	1	0,009	1	1	-				
7	6	0	0	-	-	-				
							$\Sigma m_x \cdot l_x$	$\Sigma x \cdot m_x \cdot l_x$		

### Задача № 2.2

Визначте час, протягом якого подвоїться чисельність людської популяції (дані 1991 р.) в наведених вище країнах (табл. 2.2.1).

$$N_t/t = r \cdot N_0; \quad 2 N_0/t = r N_0; \quad 2 N_0 = r \cdot t \cdot N_0; \quad t = 2/r.$$

Таблиця 2.2.1 – Темпи росту людської популяції в деяких країнах

Країна	Темп росту популяції
Гана	0,031
Півд. Африка	0,024
Канада	0,006
Аргентина	0,012
Англія	0,002
Ірландія	0,005
Угорщина	-0,002

### Задача № 2.3

Згідно з публікацією в газеті "Факти і коментарі" за 06.03.1999 р на 01.01.1999 р. чисельність населення України становила 50,1 млн. чол.

Який темп росту популяції, якщо за рік чисельність скоротилась на 400 тис. чол.? Даними якого року оперує програма ТВ "1 + 1", коли вказує чисельність 52 млн., якщо вважати темп росту популяції стабільним? Через скільки років населення України може скоротитися вдвічі? Які при цьому можливі демографічні процеси?

Контрольні питання:

1. Що таке питома народжуваність ( $m_x \cdot l_x$ )?
2. Що таке чиста швидкість розмноження ( $R_0$ )?
3. Що таке середній час генерації ( $T$ )?
4. Що таке швидкість росту популяції ( $\lambda$ )?

## 2.3 Структура екосистем

### 2.3.1 Основні теоретичні відомості

**Екосистема** – це будь-яка сукупність взаємодіючих живих організмів і умов середовища. Екосистемами є, наприклад, мурашник, ділянка лісу, географічний ландшафт або навіть вся земна куля.

Екосистеми складаються з живого і неживого компонентів, званих відповідно біотичними та абіотичними. Біотичний компонент за **типом живлення** підрозділяють на автотрофні і гетеротрофні організми.

**Автотрофи** синтезують необхідні їм органічні речовини з неорганічних. По джерелу енергії для синтезу вони розділяються на два типи: фотоавтотрофи і хемоавтотрофи

**Фотоавтотрофи** для синтезу органічних речовин використовують сонячну енергію. Це зелені рослини, що мають хлорофіл (і інші пігменти) і що засвоюють сонячне світло. Процес, при якому відбувається його засвоєння, називається фотосинтезом.

**Хемоавтотрофи** для синтезу органічних речовин використовують хімічну енергію. Це сіркобактерії і залізобактерії, одержуючі енергію при окисненні з'єднань заліза і сірки. Хемоавтотрофи грають значну роль тільки в екосистемах підземних вод. Їх роль в наземних екосистемах порівняно невелика.

**Гетеротрофи** використовують органічні речовини, які синтезовані автотрофами, і разом з цими речовинами отримують енергію. Гетеротрофи, таким чином, залежать в своєму існуванні від автотрофів і розуміння цієї залежності необхідно для розуміння екосистем.

Гетеротрофами є **хижаки, паразити**. До гетеротрофних організмів відносяться також група **сапрофітів**, які використовують для живлення органічні сполуки мертвих тіл або виділення тварин. Беручи участь в мінералізації органічних сполук, сапрофіти складають важливу ланку в біологічному круговороті. Сапрофітами є гриби, бактерії, серед тварин - деякі комахи (жуки-гноїовики), дощові черв'яки, деякі ссавці (гієни) і птахи (грифи).

Неживий, або абіотичний, компонент екосистеми в основному включає, по-перше, ґрунт або воду, по-друге, клімат.

Всередині екосистеми органічні речовини, що містять енергію, створюються автотрофними організмами і служать їжею (джерелом речовини і енергії) для гетеротрофів. Типовий приклад: тварину поїдає рослина. Це тварина у свою чергу може бути з'їдена іншою твариною, і таким шляхом може відбуватися перенесення енергії через ряд організмів – кожен подальший харчується попереднім, поставляючи йому сировину і енергію. Така послідовність називається **харчовим ланцюгом**, а кожна його ланка – **трофічним рівнем**. При кожному черговому перенесенні велика частина (80 – 90 %) потенційної енергії втрачається, переходячи в тепло. Тому, чим коротше харчовий ланцюг, тим більша кількість енергії доступна для популяції. З втратами енергії при перенесенні зв'язано обмеження кількості ланок в трофічному ланцюзі, яке зазвичай не пере-

вищує 4 – 5, оскільки чим довше харчовий ланцюг, тим менше продукція її останньої ланки по відношенню до продукції початкового.

Перший трофічний рівень займають **продуценти**, що є автотрофами, – це в основному зелені рослини. Деякі прокаріоти, а саме синьо-зелені водорості і нечисленні види бактерій, теж фотосинтезують, але їх внесок відносно невеликий. Фотосинтетички перетворюють сонячну енергію на хімічну, увязнену в органічних молекулах, з яких побудовані їх тканини. Невеликий внесок в продукцію органічної речовини вносять і хемосинтезуючі бактерії.

Організми другого трофічного рівня називаються **первинними консументами**, третього – **вторинними консументами**. Всі консументи відносяться до гетеротрофів.

Первинні консументи харчуються продуцентами, тобто це травоядні тварини. На суші типовими травоядними є багато комах, рептилії, птахи і ссавці. У водних екосистемах травоядні форми представлені зазвичай моллюсками і дрібними ракоподібними. До первинних консументів відносяться також паразити рослин (гриби, рослини і тварини).

Вторинні консументи харчуються травоядними, – таким чином, це вже м'ясоїдні тварини, так само як і третинні консументи, поїдаючі консументів другого порядку. Консументи другого і третього порядку можуть бути хижаками, можуть харчуватися падаллю або бути паразитами.

Існує два головні типи харчових ланцюгів – пасовищні і детритні. У **пасовищних харчових** ланцюгах перший трофічний рівень займають зелені рослини, другий – пасовищні тварини і третій – хижаки.

Проте, тіла загиблих тварин і рослин ще містять енергію, так само як і прижиттєві виділення, наприклад, сеча і фекалії. Ці органічні матеріали розкладаються **редуцентами**. Таким чином, **детритний харчовий** ланцюг починається з відмерлих органічних залишків і йде далі до організмів що ними харчується. Наприклад, мертва тварина → → личинка падальних мух → трав'яна жаба.

У схемах харчових ланцюгів кожен організм буває представлений як той, що харчується іншими організмами одного типу. Проте реальні харчові зв'язки в екосистемі набагато складніші, оскільки тварини можуть харчуватися організмами різних типів з однієї і тієї ж або з різних харчових ланцюгів. Тому харчові ланцюги не ізольовані один від одного, вони тісно переплітаються і утворюють **харчові мережі**.

Екологічні піраміди виражають трофічну структуру екосистеми в геометричній формі. Вони будуються суперпозицією прямокутників однакової ширини, але довжина прямокутників повинна бути пропорційна значенню вимірюваного параметра. Таким чином, можна отримати піраміди чисел, біомаси, і енергії.

Ці піраміди відображають дві фундаментальні характеристики будь-якого біоценозу, коли вони показують його трофічну структуру:

– їх висота пропорційна довжині даного харчового ланцюга, тобто числу трофічних рівнів, що містяться в ній;



– їх форма більш менш відображає ефективність перетворень енергії при переході з одного рівня на іншій.

**Піраміди чисел** є найбільш простим наближенням до вивчення трофічної структури екосистеми. Встановлено основне правило, згідно якому в будь-якому середовищі при переході з одного трофічного рівня на інший чисельність особин зменшується, а їх розмір збільшується (рис. 2.3.1).

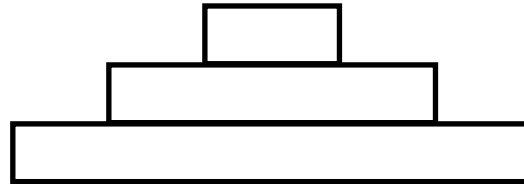


Рисунок 2.3.1 – Екологічна піраміда чисел

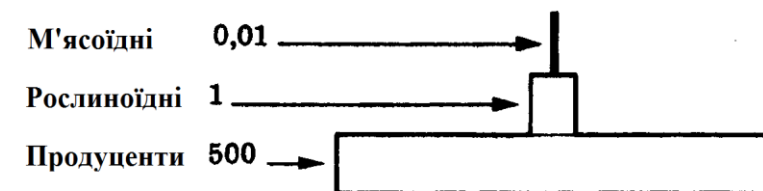
Проте в побудові різних пірамід чисел спостерігається велика різноманітність: іноді вони можуть бути перевернутими. Так, в лісі налічується значно менше дерев (первинні продуценти), чим комах. Така ж картина спостерігається і в харчових ланцюгах паразитів.

На закінчення відзначимо, що піраміда чисел зовсім не ідеально відображає трофічні зв'язки в співтоваристві, оскільки вона абсолютно не враховує ні розміри, ні масу індивіда.

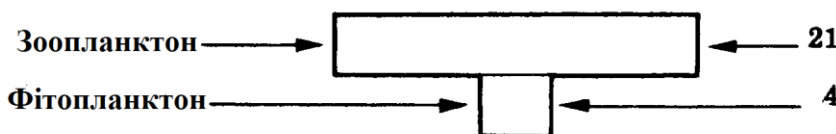
**Піраміда біомаси** більш повно відображає харчові взаємини в екосистемі, оскільки вона показує біомасу (суха маса) в даний момент на кожному рівні харчового ланцюга (рис. 2.3.2).

Важливо розуміти, що величина біомаси не містить ніякої інформації про швидкість її освіти або споживання.

Продуцентам невеликих розмірів, таким, як водорості, властива висока швидкість розмноження, яка врівноважується інтенсивним споживанням їх в їжу іншими видами і природною загибеллю. Таким чином, хоча біомаса їх може бути малою в порівнянні з крупними продуцентами (дерева), продуктивність при цьому може бути не менше, оскільки дерева накопичують біомасу протягом тривалого часу. Одне з можливих наслідків цього – перевернута піраміда біомаси, показана на рис. 2.3.2, що описує співтовариство Ла-Маншу. Зоопланктон володіє більшою біомасою, чим фітопланктон, яким він харчується.



А. Занедбане поле (Джорджія, США)



Б. Ла-Манш

Рисунок 2.3.2 – Піраміди біомаси

Подібних незручностей можна уникнути, застосовуючи піраміди енергії. **Піраміди енергії** найбільш фундаментальним способом відображають зв'язки між організмами на різних трофічних рівнях. Кожна сходинка піраміди енергії відображає кількість енергії (на одиницю площі або об'єму), що пройшла через певний трофічний рівень за певний період (рис. 2.3.3).

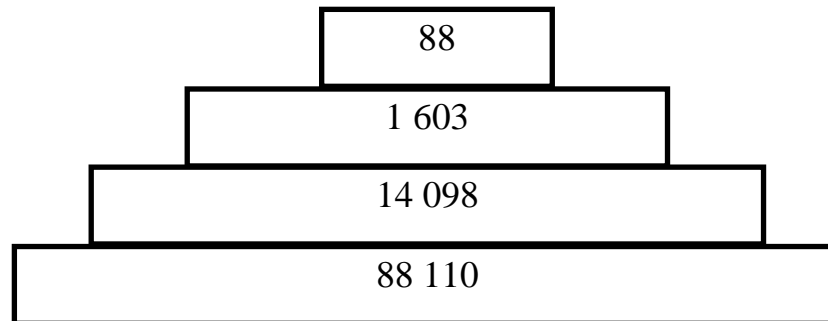


Рисунок 2.3.3 – Піраміда енергії. Цифрами позначена кількість енергії на кожному трофічному рівні в кДж/м<sup>2</sup> рік

Піраміди енергії дозволяють порівнювати не тільки різні екосистеми, але і відносну значущість популяцій усередині однієї екосистеми, не отримуючи при цьому перевернутих пірамід.

Будь-яка екосистема характеризується певною біомасою. Під **біомасою** мають на увазі загальну масу всієї живої речовини, рослинної і тваринної, такої, що є в даний конкретний момент в екосистемі або якій-небудь її частині. Біомаса зазвичай виражається в одиницях маси в перерахунку на суху речовину або енергії, увязненій в даній масі (Дж, кал). Біомаса, накопичена за певний проміжок часу (зазвичай за рік) називається **біологічною продуктивністю**. Іншими словами, продуктивність – це швидкість накопичення органічної речовини (у неї включений важ приріст рослинної тканини, тобто коріння, листя і інше, а також збільшення маси тваринних тканин за даний період часу).

Продуктивність екосистеми розділяють на первинну і вторинну. **Первинна продуктивність**, або первинна продукція, – це швидкість накопичення органічної речовини автотрофними організмами.

Первинна продуктивність підрозділяється у свою чергу на валову і чисту. **Валова первинна продукція** – це загальна маса органічної речовини, синтезованої продуцентами за певний період часу.

Частину синтезованої органічної речовини рослини або інші продуценти використовують для підтримки власної життєдіяльності, тобто витрачають в процесі дихання. Якщо з валової первинної продукції відняти органічну речовину, витрачену на дихання продуцентів, то отримуємо **чисту первинну продукцію**. Вона доступна гетеротрофам (консументам і редуцентам), які, поїдаючи органічну речовину синтезовану автотрофами, створюють **вторинну продукцію**.

Оскільки консументи лише використовують раніше створені органічні речовини, вторинну продукцію на валову і чисту не розділяють. Але її кількість

також залежить від витрат на дихання, які тим більше, чим більше енергії витрачає організм. При інтенсивному фізичному навантаженні (наприклад, у птахів під час міграції) вторинна продукція зменшується.

**Чиста продуктивність співтовариства** має на увазі швидкість накопичення органічної речовини в екосистемі, тобто якщо з чистої первинної продукції відняти витрати на дихання гетеротрофів, ми отримуємо продуктивність співтовариства. Продуктивність екосистеми – це важлива характеристика співтовариства, і вона є показником його стабільності. Системи з швидким зростанням, наприклад, поле люцерни, зазвичай характеризуються високою чистою первинною продукцією і, якщо вони захищені від консументів, то і високою продуктивністю співтовариства. У співтовариствах в стаціонарному стані вся валова первинна продукція зазвичай витрачається на дихання автотрофів і гетеротрофів так, що до кінця річного циклу чиста продуктивність співтовариства дуже невелика або її не залишається зовсім.

Модель потоку енергії, представлена на рис. 2.3.4, можна назвати універсальною, оскільки вона прикладена до будь-якого живого компоненту системи, будь то рослина, тварина, популяція або трофічний рівень. Сполучені між собою такі графічні моделі можуть відобразити біоенергетику харчового ланцюга або екосистеми в цілому.

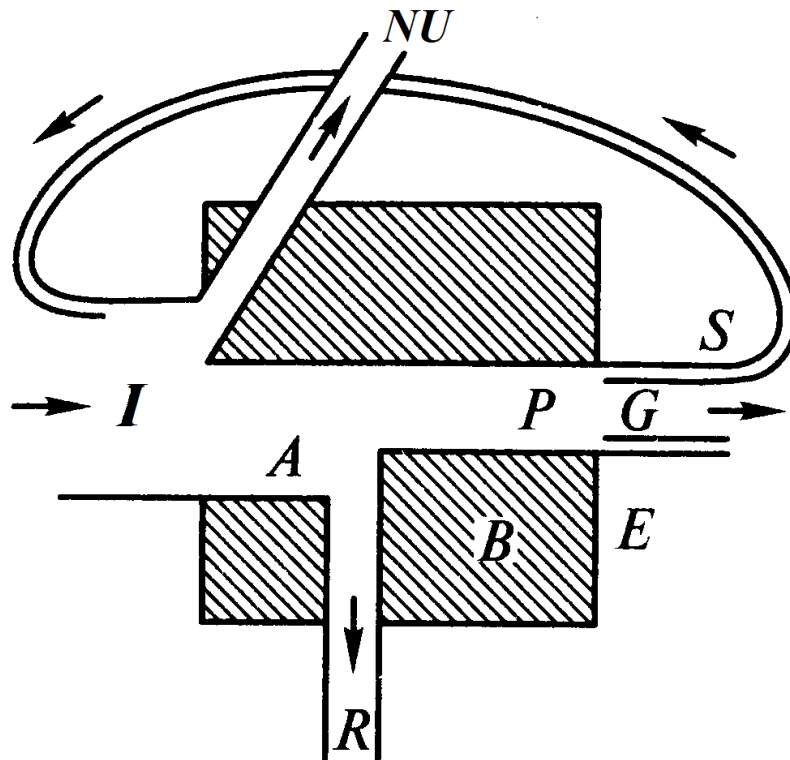


Рисунок 2.3.4 – Універсальна модель потоку енергії

Прямокутник позначає живу структуру або біомасу основного компоненту моделі. Загальне надходження енергії позначене буквою *I*. Для облігатних автотрофів – це світло, для облігатних гетеротрофів – це органічна їжа.

Не вся енергія, що поступила в біомасу, піддається перетворенню: частина її може пройти через травний тракт, не включаючись в метаболізм, і виділитися з екскрементами або, якщо йдеться про автотрофи, частина світу проходить через рослину не засвоюючись. Ця частина енергії  $NU$ . Використана, або частина енергії, що асимілює, на схемі позначена буквою  $A$ . Відношення  $A$  і  $I$ , тобто ефективність асиміляції, широко варіює. Воно може бути дуже мале, як у разі засвоєння світла рослинами або їжі у тварин, або ж дуже велике, як у разі асиміляції тваринами або бактеріями висококалорійних продуктів, наприклад, цукру або амінокислот. У автотрофів  $A$  – це валова первинна продукція.

Ключова особливість цієї моделі – це розділення енергії, що асимілює, на компоненти  $P$  і  $R$ . Та частина фіксованої енергії, яка окислюється і втрачається у формі тепла, називається диханням, а та частина, яка перетворюється на нове або таке, що належить іншому вигляду органічна речовина називається продукцією ( $P$ ). У рослин – це чиста продукція, у тварин – вторинна продукція. Компонент  $P$  – це енергія, доступна наступному трофічному рівню, в протилежність компоненту  $NU$ , який доступний на даному трофічному рівні.

Відносини  $P/R$  і біомаса/ $P$  широко варіюють. Вони мають важливе екологічне значення. В цілому частина енергії, що йде на дихання, тобто на підтримку структури організму, велика в популяціях крупних організмів і в співтовариствах з великою біомасою на корені. При стресових діях на біологічну систему витрати на дихання зростають. Величина продукції порівняно велика в активних популяціях дрібних організмів, наприклад, бактерій або водоростей, в молодих співтовариствах, що швидко ростуть, в системах, одержуючих енергетичні дотації. Продукція може приймати різні форми. Три її типи вказані на рисунку:  $G$  – зростання і збільшення біомаси,  $E$  – органічна речовина, що асимілює, виділяється з секретами,  $S$  – запас, наприклад жирові накопичення, які можуть бути використані пізніше (хижак використовує енергію запасних речовин, щоб знайти нову жертву).

### 2.3.2 Завдання для самостійної роботи

#### Задача № 2.3.1

Скласти схему харчового ланцюга з перерахованих організмів, позначити трофічні рівні і дати їм визначення, вказати, до якого типу відноситься харчовий ланцюг:

- а) личинки падальних мух, мертва тварина, жаба, звичайний вуж;
- б) лисиця, трава, кролик;
- в) листові підстилки, дощовий черв'як, яструб-перепелятник, чорний дрізд;
- г) сонечко, тля, сосна, комахоїдний птах, павук.

### Задача № 2.3.2

На рис. 2.3.5 показані потоки енергії, що проходять через невелику частину лугової екосистеми:

- а) яка валова первинна продукція злаків і різнотрав'я;
- б) яка ефективність фотосинтезу, тобто перетворення сонячної енергії, що поступає, у валову продукцію;
- г) чому рівна продукція павукоподібних;
- д) чому рівна продукція саранових;
- е) скільки енергії втрачається при диханні і виділенні фекалій у польових мишей;
- ж) які організми є продуцентами;
- з) які організми є первинними консументами;
- и) які організми є вторинними консументами;
- к) які організми відносяться до автотрофів, гетеротрофів?

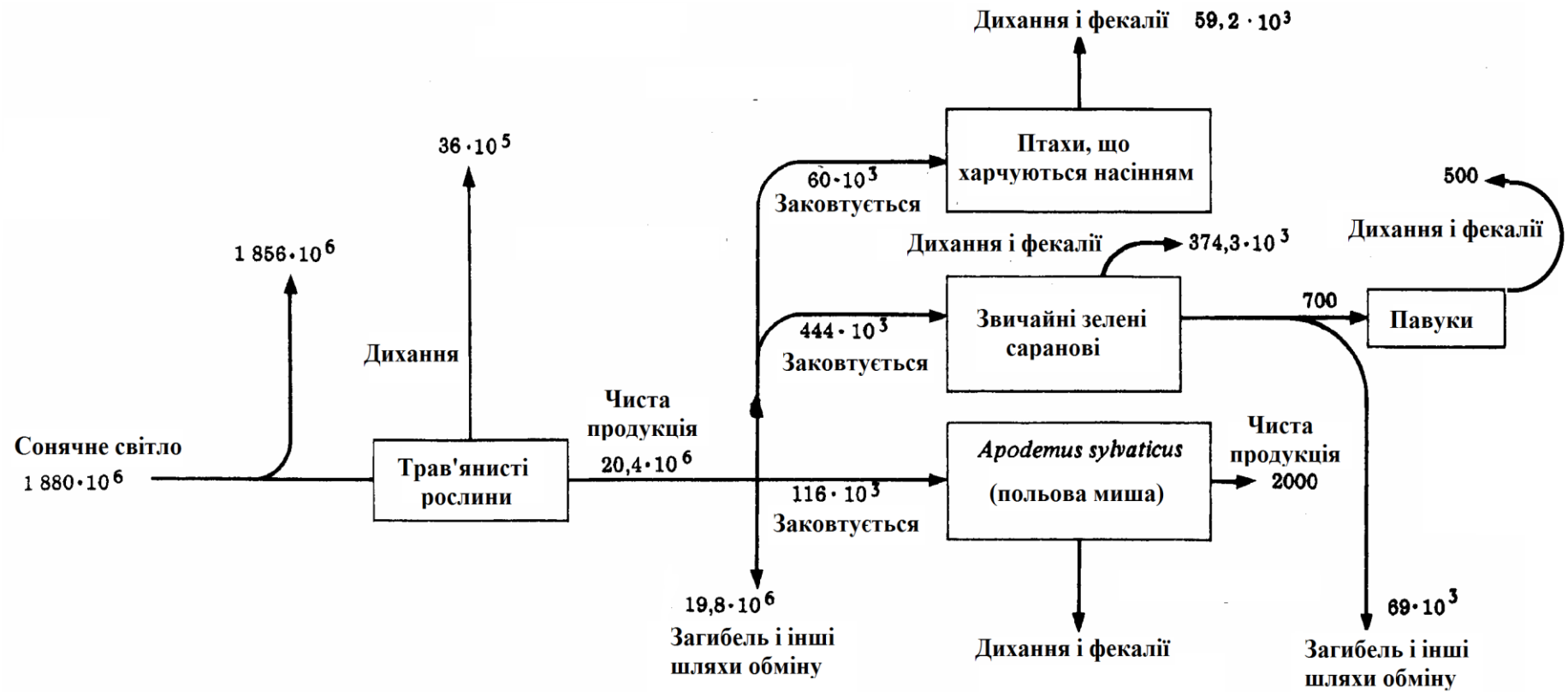


Рисунок 2.3.5 – Потіки енергії частини лугової екосистеми

### Задача № 2.3.3

Для екосистем, вказаних в табл. 2.3.1 розрахувати чисту первинну продукцію, продуктивність співтовариства і визначити ефективність їх освіти. Порівняти екосистеми. Які співтовариства є стабільними?

Таблиця 2.3.1 – Річна продукція в екосистемах, ккал/ м<sup>2</sup> в рік

Показники потоку енергії в екосистемах	Екосистеми					
	Поле люцерни	Посадки сосни	Сосновий ліс	Великий струмок	Дощовий ліс	Прибережний пролив
Валова первинна продукція	24400	12200	11500	20800	45000	5700
Дихання автотрофів	9200	4700	6500	12000	32000	3200
Дихання гетеротрофів	800	4600	3000	6800	13000	2500

### Задача № 2.3.4

За допомогою рис. 2.3.6 виконати наступні завдання.

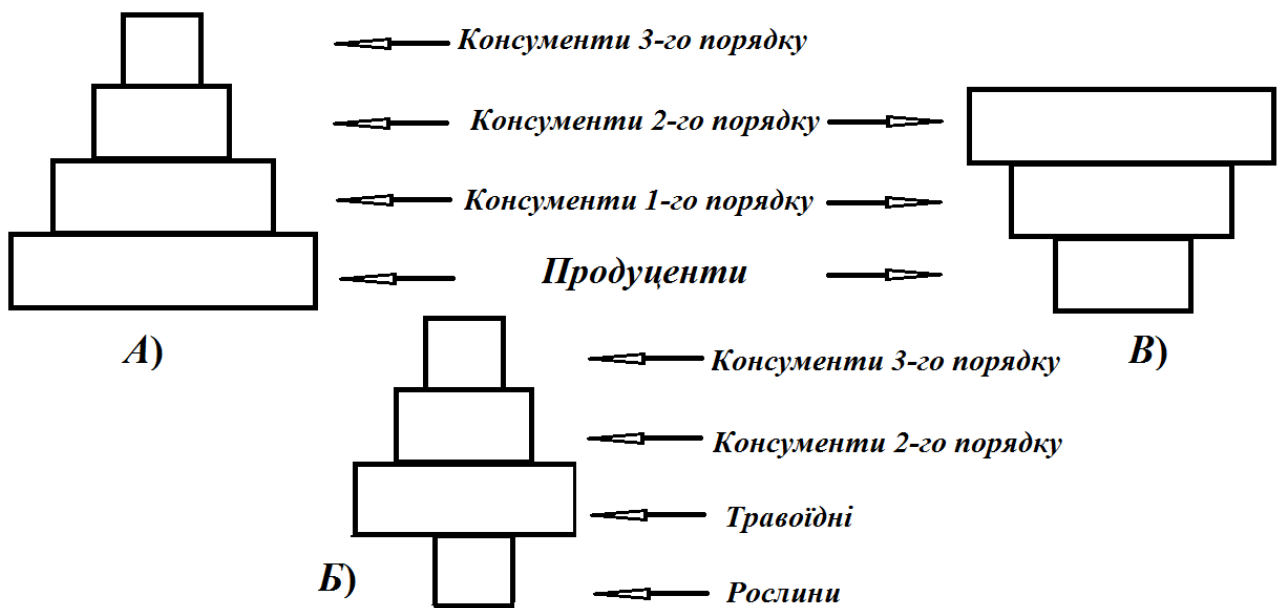


Рисунок 2.3.6 – Екологічні піраміди чисельності

а) У піраміді А первинні продуценти (рослини) – організми малих розмірів, а чисельність їх вище за чисельність травоїдних тварин. Опишіть і поясніть відмінності між пірамідами А і Б.

б) Жгутикові прості *Leptomonas* паразитують на дрібних комах, тисячі їх можуть бути знайдені в одній блосі. Побудуйте піраміду чисельності на ос

нові наступного харчового ланцюга: трава – травоядний ссавець – блоха – *Leptomonas*.

в) Дайте пояснення відмінності між пірамідами *A* і *B*.

### Задача № 2.3.5

Користуючись правилом екологічної піраміди, підрахуйте, яка площа відповідного біогеоценозу може вигодувати одну особину останньої ланки в ланцюзі живлення:

- а) планктон – нехижа риба – щука 10 кг;
- б) планктон – нехижа риба – скопа 5 кг;
- в) планктон – нехижа риба – орлан-білохвіст 6 кг;
- г) рослини – безхребетні – короп 3 кг

Біологічна продуктивність планктону 600, донній рослинності 1000 г/м<sup>2</sup> в рік.

### Задача № 2.3.6

По даним, приведеним в табл. 2.3.2 визначити, який із видів ефективніше використовує енергію їжі на зростання і накопичення жирових запасів.

Таблиця 2.3.2 – Продукція, тис. кал/ га

Вигляд	Корм		Вторинна продукція
	спожитий	засвоєний	
Малий ховрах	535	427	40
Степовий ховрах	278	206	54

### Задача № 2.3.7

За даними табл. 2.3.3 розрахувати кількість засвоєної їжі і ту частину засвоєної їжі, яка йде на метаболізм і на приріст біомаси. На що витрачається велика частина енергії їжі?

Таблиця 2.3.3 – Показники трофічної діяльності ховрахів в напівпустелі Прикаспія, кг/га сухої маси

Рік	Урожай рослин	Вилучено ховрахи	Кормові залишки	Екскременти	Приріст біомаси популяції
1971	1150	240	121	24	4,2
1972	590	180	101	16	3,0
1973	1940	340	247	13	2,0



## 2. 4 Оцінка забруднення атмосферного повітря населених пунктів

### 2.4.1 Основні теоретичні відомості

Основою оцінки забруднення атмосферного повітря населених пунктів є гігієнічні нормативи допустимого вмісту в них хімічних, біологічних речовин і допустимої дії фізичних чинників. Допустимим і безпечним для здоров'я людей приймається рівень забруднення, при якому концентрації окремих забруднюючих речовин, а також сумарні показники забруднення не перевищують встановлені гігієнічні нормативи допустимого вмісту.

До гігієнічних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених пунктів відносяться: гранично допустимі концентрації (*ГДК*), орієнтовні безпечні рівні дії (*ОБРД*), коефіцієнти комбінованої дії (*Ккд*) спільно присутніх речовин і встановлені на їх основі показники гранично допустимого забруднення (*ГДЗ*).

*ГДК – це норматив – кількість шкідливої речовини в довкіллі, віднесена до маси або об'єму її конкретного компонента, яке при постійному контакті або при дії в певний проміжок часу практично не робить впливу на здоров'ї людини і не викликає несприятливих наслідків в його потомства.*

*Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючої речовини в атмосферному повітрі населених пунктів – це максимальна концентрація, при дії якої впродовж всього життя людини не виникає прямої або опосередкованої несприятливої дії на нинішнє і майбутнє покоління, не знижується працездатність людини, не погіршується його самопочуття і санітарно-побутові умови життя.*

*ГДК встановлюється на основі тривалих досліджень і затверджується Головним державним санітарним лікарем України.*

З позицій екології *ГДК* шкідливих речовин мають сенс верхньої межі стійкості організму, при перевищенні якого та або інша речовина (тобто чинник) стає лімітуючим.

Всі забруднюючі шкідливі речовини в токсикології прийнято оцінювати по їх дії на організм. Найбільш характерними є власне токсичні (резорбтивні) і рефлекторні (органолептичні) дії.

Рефлекторні реакції можуть виявлятися у формі відчуття запаху, світлової чутливості і тому подібне Резорбтивне (резорбція від латинського слова *resorbeo* – поглинаю) дія може бути загальнотоксичною, канцерогенною, мутагенною і ін.

Ці обставини викликали необхідність встановлювати для речовин, що забруднюють повітря, два види гранично допустимих концентрацій: максимальну разову і середньодобову. Перша вводиться з метою попередження негативних рефлекторних реакцій при короткочасній дії і позначається *ГДК<sub>м.р.</sub>*, а друга – для попередження токсичної дії (*ГДК<sub>с.с.</sub>*).

Слово «разова» має певний кількісний сенс: короткочасною рефлекторною дією речовини вважається 20 хвилин і тому при контролі забрудненості

повітря такими речовинами проби беруться однократно протягом двадцяти або тридцяти хвилин.

З  $ГДК_{с.с}$  порівнюють концентрації, що вимірюються кілька разів протягом доби (звичайно 4 рази, інколи – кожну годину). При цьому враховуються наступні обставини.

По-перше, із-за нестійкості напрямів вітру домішки можуть бути присутніми або бути відсутніми в населеному пункті: вітер може бути направлений від джерела викиду до населеного пункту або убік від нього. Тому концентрації можуть бути вище або нижче  $ГДК_{с.с}$  протягом того або іншого відрізка часу.

По-друге, шкідливі речовини можуть володіти як рефлекторною, так і резорбтивною дією на організм. Наприклад, то або інша речовина може надати рефлекторну дію при значно нижчій концентрації, ніж резорбтивне. Такі леткі речовини, що володіють різким запахом або дратівливою дією, наприклад, добре відомий метил-меркаптан. Інші речовини, не володіючи дратівливою дією (не маючи запаху, кольору), отруйні при низьких концентраціях, тобто отруєння починається раніше, ніж людина здатна відчутти присутність цих речовин. Прикладом може служити оксид вуглецю (II).

Тому існує таке правило: якщо рефлекторна (дратівлива) дія токсиканта починається при нижчій концентрації, тобто раніше, ніж резорбтивне, то  $ГДК_{м.р} = ГДК_{с.с}$ . Якщо ж при нижчій концентрації починається токсична (що отрує) дія,  $ГДК_{м.р}$  перевищує  $ГДК_{с.с}$  в 2...10 разів. Для речовин, поріг токсичності дії яких на організм доки не відомий, а також для особливо небезпечних речовин існують лише максимальні разові  $ГДК$ . Для умов виробничих приміщень встановлюються для всіх нормованих речовин лише максимальні разові  $ГДК$ .

Ми знаємо, що екологічна ніша людини (як сукупність його вимог до режимів чинників) незмінна, де б він не знаходився. Це означає, що умова  $c \leq ПДК$  повинно дотримуватися в будь-яких місцях перебування людини. Вочевидь, що вміст домішок в повітрі робочого приміщення неминуче більше, ніж на майданчику підприємства і, тим більше (за її межами, тобто в населених пунктах, куди домішки доходять в тій чи іншій мірі розсіяними). У цих обставинах нереально мати єдину  $ГДК$  для тієї або іншої забруднюючої речовини. Тому розроблені так звані принципи роздільного нормування забруднюючих речовин. Це означає, що для кожної шкідливої речовини встановлюється декілька максимальних разових гранично допустимих концентрацій в повітряному середовищі: як мінімум дві. Зокрема, одне значення  $ГДК$  встановлюється в повітрі робочої зони ( $ГДК_{р.з.}$ ), під якою розуміють простір в двох метрах від підлоги, де знаходяться місця постійного або тимчасового перебування що працюють, інше (у атмосферному повітрі населеного пункту ( $ГДК_{а.п.}$ )).

***ГДК<sub>р.з.</sub> – це концентрація, яка при щоденній, окрім вихідних днів роботі протягом 8 годин або при іншій тривалості робочого дня, але не більше 41 годин в тиждень протягом всього робочого стажу, не може викликати захворювань або відхилень в стані здоров'я, що виявляються сучасними методами дослідження, в процесі роботи або у віддалені терміни життя сьогодення і подальших поколінь.***

Як бачимо, при нормуванні забруднюючих речовин враховується експозиція, тобто час перебування людей в зоні забруднення, що пов'язане з можливістю хронічних і гострих отруень. На території підприємства вміст домішок приймається рівним 0,3 від  $ГДК_{p.з.}$ . Зниження норми вмісту домішок на території підприємства втричі в порівнянні з  $ГДК_{p.з.}$  викликається тим, що повітря території підприємства використовується для вентиляції виробничих приміщень, де концентрація домішок періодично може бути вельми високою, тобто перевищувати  $ГДК_{p.з.}$ . Тому припливне повітря, використовуване для провітрювання робочих приміщень, має бути значно менш забрудненим.

***ГДК<sub>а.в.</sub> – це максимальна концентрація домішок, віднесена до певного часу усереднювання, яка при періодичній дії або впродовж всього життя людини не робить на нього шкідливого впливу, включаючи віддалені наслідки, і на довкілля в цілому.***

Як бачимо, різниця у визначеннях істотна:  $ГДК_{p.з.}$  нешкідлива лише для обмеженого перебування людини в забрудненій зоні (8 годин і лише протягом робочого стажу), тоді як  $ГДК_{а.н.}$  – не повинна лімітувати стан організму протягом всього життя людини при необмеженому за часом вдиханні забруднюючої речовини.

Таким чином, необхідність роздільного нормування забруднюючих речовин визначається вже відомим нам законом толерантності: на підприємстві протягом робочого дня забрудненим повітрям дихають практично здорові, які пройшли необхідний медичний огляд люди, а в населених пунктах – цілодобово знаходяться не лише дорослі, але і діти, літні люди, вагітні і жінки які годують малят, люди страждаючі, захворюваннями серцево-судинної, дихальної системи. Тому  $ГДК_{p.з.} > ГДК_{а.н.}$ . Наприклад, для діоксиду сірки  $ГДК_{p.з.} = 10 \text{ мг/м}^3$ , а  $ГДК_{а.н.} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ . Для метилмеркаптану ці показники відповідно складають  $0,8 \text{ мг/м}^3$  і  $9 \cdot 10^{-6} \text{ мг/м}^3$ .

Гранично допустимі концентрації встановлюються на підставі експериментів на піддослідних тваринах, що вимагає досить довгого часу. На першому етапі, встановлення  $ГДК$  визначаються основні токсикометричні характеристики досліджуваних речовин, але фактично встановлені в результаті експериментів нормативи вважаються тимчасово допустимими концентраціями. На другому етапі ці дослідження продовжуються і носять перевірочний характер, а на третьому здійснюються клінічно-статистичні дослідження тих, що працюють протягом трьох років для перевірки правильності отриманих в експериментах на тваринах значень. Лише після другого етапу отримані нормативи можуть бути затверджені як  $ГДК$ .

Проте в сучасних умовах незрідка виникає необхідність прискореного визначення  $ГДК$  нових речовин. Для цього використовуються розрахункові методи. У основі розрахунків знаходиться встановлення фізіологічних порогів дії речовин на організм.

Можна, наприклад, встановити поріг нюхового відчуття, поріг світлової чутливості ока і тому подібне і далі використовувати для розрахунку формули лінійної регресії для визначення орієнтовних значень  $ГДК$ .

Отримані розрахунковим шляхом значення ГДК досить близько збігаються з отриманими експериментально, але подальші перевірки необхідні. Тому в даний час вважається, що встановлені розрахунковим шляхом нормативи повинні розглядатися як тимчасово допустимі концентрації (ТДК), інакше званих орієнтовно безпечними рівнями дії (ОБРД).

**Орієнтовний безпечний рівень дії (ОБРД) – це максимальна концентрація забруднюючої речовини, яка визнається орієнтовно безпечною при дії на людину і приймається як тимчасовий норматив. ОБРД встановлюється на підставі короткочасних досліджень.**

**Коефіцієнт комбінованої дії (Ккд) відображає характер спільної біологічної дії одночасно присутніх в атмосферному повітрі забруднюючих речовин. При цьому виділяють:**

- ефект повної сумачії дії забруднюючих речовин;
- ефект неповної сумачії (послаблення дії);
- ефект потенціювання (посилення дії);
- ефект незалежної дії.

Числове значення Ккд встановлюється експериментальним або розрахунковим шляхом і виражається в долях від індивідуальних ГДК забруднюючих речовин.

**Показник гранично допустимого забруднення (ГДЗ) атмосферного повітря – відносний інтегральний критерій оцінки забруднення атмосферного повітря населених пунктів, яке характеризує інтенсивність і характер спільної дії всієї сукупності присутніх в ньому шкідливих домішок.**

ГДЗ розраховується для кожного випадку на підставі затверджених коефіцієнтів комбінованої дії з формули, %

$$ГДЗ = Ккд \cdot 100 \%. \quad (2.4.1)$$

У випадках, коли значення Ккд відсутні, їх визначення виробляється по формулі

$$Ккд = \sqrt{n}, \quad (2.4.2)$$

де  $n$  – число речовин, присутніх в атмосферному повітрі, для яких офіційно не встановлений характер комбінованої дії.

У випадках, коли присутні, в атмосферному повітрі забруднюючі речовини є складною сумішшю зі встановленими і невстановленими коефіцієнтами комбінованої дії, для розрахунку ГДЗ значення коефіцієнта комбінованої дії цієї складної суміші ( $Ккд_{cc}$ ) визначається по формулі

$$Ккд_{cc} = \sqrt{Ккд_1^2 + Ккд_2^2 + \dots + Ккд_i^2 + n} + К_m, \quad (2.4.3)$$

де  $Ккд_1, Ккд_2, \dots, Ккд_i$  – коефіцієнти комбінованої дії спільно присутніх речовин;

$n$  – число речовин в суміші, для яких значення  $K_{kd}$  відсутні в офіційних списках;

$K_m$  – числове значення коефіцієнта комбінованої дії для речовин з незалежним характером дії.

Оцінка забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом зіставлення **показника забруднення однією речовиною (ПЗ)** або сумарного **показника забруднення сумішшю речовин ( $\Sigma ПЗ$ )** з показником граничного допустимого забруднення ( $ГДЗ$ ). Допустимим визнається рівень, який не перевищує  $ГДЗ$ , тобто виконується умова

$$ПЗ \leq ГДЗ; \quad \Sigma ПЗ \leq ГДЗ \quad (2.4.4)$$

Показник забруднення атмосферного повітря однією речовиною визначається по формулі

$$ПЗ = \frac{c}{ГДК} \cdot 100\%. \quad (2.4.5)$$

Сумарний показник забруднення сумішшю речовин розраховується по формулі

$$\Sigma ПЗ = \left( \frac{c_1}{a_1 \cdot ГДК_1} + \frac{c_2}{a_2 \cdot ГДК_2} + \dots + \frac{c_n}{a_n \cdot ГДК_n} \right) \cdot 100\% \quad (2.4.6)$$

де  $c_1, c_2, c_n$  – значення концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі в заданій точці місцевості, мг/м<sup>3</sup>;

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$  – відповідні максимальні разові гранично допустимі концентрації  $ГДК_{м.р.}$ , мг/м<sup>3</sup>;

$a_1, a_2, a_n$  – значення коефіцієнтів, що враховують клас небезпеки відповідних забруднюючих речовин.

Значення коефіцієнтів  $a_i$ , що враховують клас небезпеки відповідних забруднюючих речовин, приведені в таблиці. 2.4.1.

Таблиця 2.4.1 – Значення безрозмірної константи  $a_i$ , відповідно до класу небезпеки речовини

Клас небезпеки речовини	1	2	3	4
Значення коефіцієнта $a_i$	0,8	0,9	1,0	1,1

Якщо для речовин встановлені лише середньодобові гранично допустимі концентрації, використовується наближене співвідношення між значеннями максимальних разових і середньодобових концентрацій [16]

$$ГДК_{м.р.} = 10 \cdot ГДК_{с.с.} \quad (2.4.7)$$

За відсутності нормативів ГДК замість них використовуються значення ОБРД без врахування значень коефіцієнтів  $a_i$ .

Оцінка забруднення атмосферного повітря проводиться з врахуванням кратності перевищення показника забруднення  $ПЗ$  їх нормативного значення  $ГДЗ$  і включає визначення рівня забруднення (допустимий, недопустимий) і міри його небезпеки (безпечна, слабо небезпечна, помірно небезпечна, дуже небезпечна) відповідно до таблиці 2.4.2.

Таблиця 2.4.2 – Кількісні показники забруднення атмосферного повітря

Рівень забруднення	Міра небезпеки забруднення	Кратність перевищення $ГДЗ$	Відсоток випадків перевищення $ГДЗ$
Допустимий	Безпечна	менше 1	0
Недопустимий	Слабо небезпечна	$1 < \frac{ПЗ}{ГДЗ} \leq 2$	0...4
Недопустимий	Помірно небезпечна	$2 < \frac{ПЗ}{ГДЗ} \leq 4,4$	4...10
Недопустимий	Небезпечна	$4,4 < \frac{ПЗ}{ГДЗ} \leq 8$	10...25
Недопустимий	Дуже небезпечна	більше 8	25

У випадках перевищення  $ГДЗ$  визначаються основні компоненти суміші, індивідуальні значення яких перевищують допустимі рівні.

#### 2.4.2 Приклади розв'язання задач

**Приклад 2.4.1.** Визначите, чи буде небезпечною сумарна дія акрилової і метакрилової кислот, бутилового ефіру акрилової кислоти і бутилметакрилата, якщо їх концентрації в суміші рівні,  $мг/м^3$ :  $c$ (акрилова кислота) – 0,04,  $c$ (метакрилова кислота) – 0,006,  $c$ (бутиловий ефір акрилової кислоти - бутилакрилат) – 0,003,  $c$ (бутилметакрилат) – 0,01. Для суміші акрилової і метакрилової кислот, бутилового ефіру акрилової кислоти і бутилметакрилата при спільній присутності в атмосферному повітрі встановлений ефект повної сумації біологічної дії з коефіцієнтом комбінованої дії  $K_{kd}$  рівним одиниці ( $K_{kd} = 1$ ).

#### Рішення

Кожній забруднюючій речовині для зручності привласнюємо порядковий номер. По додатку А визначаємо максимальні разові  $ГДК_{м.р.}$  і клас небезпеки для забруднюючих речовин. Всі дані заносимо в таблицю 2.4.3.

Таблиця 2.4.3 – Вихідні дані

Забруднююча речовина	Номер речовини	Концентрація речовини $c_i$ , мг/м <sup>3</sup>	$ГДК_{м.р.}$ , мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки речовини	Значення коефіцієнта $a_i$
Акрилова кислота	1	0,04	0,1	3	1,0
Метакрилова кислота	2	0,006	0,03	3	1,0
Бутиловий ефір акрилової кислоти	3	0,003	0,0075	2	0,9
Бутілметакрілат	4	0,01	0,04	2	0,9

По формулі (2.4.1) визначуваний показник гранично допустимого забруднення ( $ГДЗ$ ) атмосферного повітря. Для даної суміші затверджений коефіцієнт комбінованої дії  $K_{кд} = 1$ . Тоді

$$ГДЗ = K_{кд} \cdot 100 \% = 1 \cdot 100 \% = 100 \%.$$

По формулі (2.4.6) визначуваний сумарний показник забруднення ( $\Sigma ПЗ$ ) для даної суміші. Значення коефіцієнтів  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  і  $a_4$ , що враховують клас небезпеки шкідливих речовин, приймаємо відповідно до таблиці 2.4.1. Значення заносимо в таблицю 2.4.3.

$$\begin{aligned} \Sigma ПЗ &= \left( \frac{c_1}{a_1 \cdot ГДК_1} + \frac{c_2}{a_2 \cdot ГДК_2} + \frac{c_3}{a_3 \cdot ГДК_3} + \frac{c_4}{a_4 \cdot ГДК_4} \right) \cdot 100\% = \\ &= \left( \frac{0,04}{1,0 \cdot 0,1} + \frac{0,006}{1,0 \cdot 0,03} + \frac{0,003}{0,9 \cdot 0,0075} + \frac{0,01}{0,9 \cdot 0,04} \right) \cdot 100\% = 132,2 \%. \end{aligned}$$

Сумарний показник забруднення  $\Sigma ПЗ$  для даної суміші перевищує показник гранично допустимого забруднення  $ГДЗ$  ( $\Sigma ПЗ > ГДЗ$ ), отже, рівень забруднення атмосферного повітря недопустимий (таблиця. 2.4.2).

Визначаємо кратність перевищення  $ГДЗ$ :

$$\frac{\Sigma ПЗ}{ГДЗ} = \frac{132,2}{100} = 1,322.$$

Кратність перевищення більше 1, але менше 2. Отже, міра небезпеки забруднення – слабо небезпечна (таблиця. 2.4.2).

### 2.4.3 Завдання для самостійної роботи

#### Задача № 2.4.1

У атмосферному повітрі населеного пункту одночасно присутні декілька забруднюючих речовин (табл. 2.4.4). Для їх суміші при спільній присутності в атмосферному повітрі встановлений ефект повної сумачії біологічної дії з коефіцієнтом комбінований дії  $K_{kd} = 1$ . За вихідними даними для Вашого варіанту оцініть рівень і міру небезпеки забруднення атмосферного повітря.

Таблиця 2.4.4 – Концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Номер варіанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{kd} = 1$ )					
	Аміак	Зола ма- зутна ТЕС	Оксид азоту (II) $NO$	Оксид азоту (IV) $NO_2$	Оксид сірки (IV) $SO_2$	Оксид сірки (VI) $SO_3$
1	2	3	4	5	6	7
1		0,0007	0,12	0,019	0,123	
2		0,02	0,5	0,085	0,55	
3		0,0005	0,25	0,07	0,125	
4		0,0004	0,36	0,075	0,32	
5	0,05		0,3		0,4	0,27
6	0,04		0,07		0,126	0,25
7	0,03			0,022	0,125	0,12
8	0,06			0,021	0,124	0,19
9	0,07		0,15	0,02	0,123	
10	0,18		0,39	0,15		0,47

Продовження табл. 2.4.4.

Номер варіанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{kd} = 1$ )						
	Аміак	Гексан	Гексен	Оксид вуглецю (II) $CO$	Оксид сірки (IV) $SO_2$	Фенол	Формальдегід
1	2	3	4	5	6	7	8
11	0,09		0,07	1,0	0,25		
12	0,08		0,32	3,5	0,3		
13	0,17		0,6	4,4	0,75		
14	0,06		0,07	1,2	0,1		
15	0,05	10,0		1,25			0,01



Продовження табл. 2.4.4.

Номер варіанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{kd} = 1$ )						
	Аміак	Гексан	Гексен	Оксид вуглецю (II) CO	Оксид сірки (IV) SO <sub>2</sub>	Фенол	Формальдегід
1	2	3	4	5	6	7	8
16	0,07	12,0		1,3			0,02
17	0,12	15,0		4,0			0,03
18	0,02			1,5	0,14	0,003	
19	0,01			2,0	0,15	0,005	
20	0,19			4,8	0,6	0,015	

Продовження табл. 2.4.4.

Номер варіанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{kd} = 1$ )						
	Аміак	Ацетон	Сірководень	Трикрезол	Фенол	Формальдегід	Фурфурол
1	2	3	4	5	6	7	8
21		0,1			0,001	0,006	0,017
22		0,09			0,008	0,025	0,019
23		0,08			0,003	0,008	0,021
24		0,34			0,015	0,035	0,05
25		0,13		0,003	0,003		
26		0,12		0,0008	0,004		
27		0,11		0,01	0,018		
28	0,08		0,001			0,01	
29	0,07		0,016			0,012	
30	0,06		0,005			0,015	

## 2.5 Оцінка дії суміші забруднюючих речовин на організм людини

### 2.5.1 Основні теоретичні відомості

У реальних умовах виробництва у викидах і скиданнях підприємств (а значить, в повітрі і воді) присутнє не одне, а декілька різних забруднюючих речовин. В повітрі населеного пункту, наприклад, можуть міститися речовини від різних підприємств, теплових станцій, транспорту. Багато хто з цих речовин володіє схожою токсичною дією на організм людини, а значить, в подібних випадках сумарна концентрація таких речовин може перевищувати гранично допустиму для кожного окремо. Крім того, ряд речовин володіють синергетичним ефектом, тобто токсичність одного у присутності іншого посилюється.

Це явище називають ефектом сумачії шкідливої дії, і його необхідно враховувати при нормуванні як вмісту, так і вступу забруднюючих речовин в довкілля.

Ефект сумачії проявляють, зокрема: фенол і ацетон; валеріанова, капронова і масляна кислоти; озон, діоксид азоту і формальдегід.

Розглянемо наступний простий приклад. Допустимо, що в повітрі одночасно присутні фенол і ацетон в концентраціях відповідно 0,009 і 0,345 мг/м<sup>3</sup>. Відповідні їм *ГДК* складають 0,01 і 0,35 мг/м<sup>3</sup>. Таким чином, кожна з цих речовин присутня в повітрі в безпечній концентрації ( меншою, ніж його *ГДК*. Але їх сумарна концентрація складає 0,009+0,345 = 0,354 мг/м<sup>3</sup>, тобто перевищує *ГДК* для кожного з них окремо, а отже, і рівень забруднення повітря перевищує допустимий.

Відому нам формулу  $c \leq ГДК$  можна записати в іншій формі:  $c/ГДК \leq 1$ . Зрозуміло, що, скільки б шкідливих речовин не було присутні в повітрі одночасно, остання умова повинна дотримуватися.

Таким чином, якість повітря відповідатиме встановленим нормативам, якщо

$$\frac{c_1}{ГДК_1} + \frac{c_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (2.5.1)$$

де  $c_1, c_2, \dots, c_n$  – концентрації шкідливих речовин, що володіють ефектом сумачії;  $ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$  – відповідні їм гранично допустимі концентрації.

Формула (2.5.1) означає, що сума стосунків концентрацій шкідливих речовин, що володіють ефектом сумачії, до відповідних їм *ГДК* не повинна перевищувати одиниці.

Це ж правило діє для водних об'єктів, але якщо в повітрі враховується схожа токсична дія різних речовин, то у воді (схожий показник, що лімітує шкідливості. Наприклад, органолептичними властивостями володіють інсектицидний препарат антио (*ГДК* = 0,04 мг/л), дибутиламін (*ГДК* = 1,0 мг/л), неоіногенні поверхнево-активні речовини (*ГДК* = 0,1 мг/л). При їх одночасній присутності у воді сумарна концентрація може виявитися вище, ніж будь-яка з трьох названих *ГДК*, хоча для кожного окремо  $c_i < ГДК_i$ . У цих випадках використовують ту ж формулу (2.5.1), але значення  $c_1, c_2, \dots, c_n$  і відповідні їм *ГДК* характеризують речовини, що володіють однаковим показником, що лімітує шкідливості.

Ефект сумачії шкідливої дії речовин в ґрунті не визначається, але оскільки присутні в ній речовини можуть проникати в повітряний басейн і у воду, він враховується, виходячи із значень *ГДК* для води і повітря.

Відповідно до [16, п. 1.4] для оцінки дії шкідливих речовин однонаправленої дії на організм людини для кожної групи таких речовин розраховується **безрозмірна сумарна концентрація  $q$**  по формулі

$$q = \frac{c_1}{ГДК_1} + \frac{c_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ГДК_n}; \quad (2.5.2)$$

де  $c_1, c_2, c_n$  – концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі в заданій точці місцевості,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2, \text{ГДК}_n$  – відповідні максимальні разові гранично допустимі концентрації  $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$ ,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

Значення концентрації шкідливих речовин однонаправленої дії на організм людини (сумацією шкідливої дії, що володіють), також можуть наводитися умовно до значення концентрації одного з них. **Приведена концентрація  $c_{\text{пр}}$**  розраховується по формулі,  $\text{мг}/\text{м}^3$

$$c_{\text{пр}} = c_1 + c_2 \cdot \frac{\text{ГДК}_1}{\text{ГДК}_2} + \dots + c_n \cdot \frac{\text{ГДК}_1}{\text{ГДК}_n}, \quad (2.5.3)$$

де  $c_1$  і  $\text{ГДК}_1$  ( концентрація і гранично допустима концентрація речовини, до якої здійснюється приведення,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

Сумарна дія шкідливих речовин однонаправленої дії не буде небезпечною для здоров'я людини, якщо безрозмірна концентрація  $q$  не перевищуватиме 1, а приведена концентрація  $c_{\text{пр}}$  не перевищуватиме  $\text{ГДК}$  компонента, до якого умовно приведені значення концентрацій шкідливих речовин, тобто дотримуватимуться умови

$$q \leq 1; \quad c_{\text{пр}} \leq \text{ГДК}. \quad (2.5.4)$$

## 2.5.2 Приклади розв'язання задач

**Приклад 2.5.1.** Визначите, чи буде небезпечною сумарна дія акрилової і метакрилової кислот, бутилового ефіру акрилової кислоти (бутилакрилат) і бутилметакрилата, якщо їх концентрації в суміші рівні,  $\text{мг}/\text{м}^3$ :  $c$ (акрилова кислота) – 0,04,  $c$ (метакрилова кислота) – 0,006,  $c$ (бутиловий ефір акрилової кислоти) – 0,003,  $c$ (бутилметакрилат) – 0,01.

### Рішення

Кожній забруднюючій речовині для зручності привласнюємо порядковий номер. По додатку А визначаємо максимальні разові  $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$  для забруднюючих речовин. Всі дані заносимо в таблицю 2.5.1.

Таблиця 2.5.1 – Вихідні дані

Забруднююча речовина	Номер речовини	Концентрація речовини $c_i$ , $\text{мг}/\text{м}^3$	$\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$ , $\text{мг}/\text{м}^3$
Акрилова кислота	1	0,04	0,1
Метакрилова кислота	2	0,006	0,03
Бутиловий ефір акрилової кислоти	3	0,003	0,0075
Бутилметакрилат	4	0,01	0,04

Визначаємо безрозмірну сумарну концентрацію  $q$  і приведену концентрацію  $c_{np}$  по формулах (2.5.2) і (2.5.3). Приведення концентрацій шкідливих речовин здійснимо до гранично допустимої концентрації акрилової кислоти –  $ГДК_1$ .

$$q = \frac{c_1}{ГДК_1} + \frac{c_2}{ПДК_2} + \frac{c_3}{ГДК_3} + \frac{c_4}{ГДК_4} = \frac{0,04}{0,1} + \frac{0,006}{0,03} + \frac{0,003}{0,0075} + \frac{0,01}{0,04} = 1,25;$$

$$c_{np} = c_1 + c_2 \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + c_3 \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_3} + c_4 \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_4} =$$

$$= 0,04 + 0,006 \cdot \frac{0,1}{0,03} + 0,003 \cdot \frac{0,1}{0,0075} + 0,01 \cdot \frac{0,1}{0,04} = 0,125 \text{ мг/м}^3.$$

Оскільки безрозмірна сумарна концентрація  $q = 1,25$  більше 1 ( $q > 1$ ), а приведена концентрація  $c_{np} = 0,125 \text{ мг/м}^3$  більше максимальної разової гранично допустимої концентрації акрилової кислоти  $ГДК_1 = 0,1$  ( $c_{np} > ГДК_1$ ), то сумарна дія даних речовин однонаправленого небезпечно для здоров'я людини.

**Приклад 2.5.2.** Визначите, при якій максимальній концентрації акрилової кислоти суміш шкідливих речовин однонаправленої дії (акрилової і метакрилової кислот, бутилового ефіру акрилової кислоти і бутилметакрилату) буде безпечна для здоров'я людини. Концентрації шкідливих речовин в суміші рівні,  $\text{мг/м}^3$ :  $c$ (метакриловова кислота) – 0,006,  $c$ (бутиловий ефір акрилової кислоти) – 0,003,  $c$ (бутилметакрилат) – 0,01.

#### Рішення

Кожній забруднюючій речовині для зручності привласнюємо порядковий номер. По додатку А визначаємо максимальні разові  $ГДК_{м.р.}$  для забруднюючих речовин. Всі дані заносимо в таблицю 2.5.2.

Таблиця 2.5.2 – Вихідні дані

Забруднююча речовина	Номер речовини	Концентрація речовини $c_i$ , $\text{мг/м}^3$	$ГДК_{м.р.}$ , $\text{мг/м}^3$
Акрилова кислота	1	<b>x</b>	0,1
Метакрилова кислота	2	0,0021	0,03
Бутиловий ефір акрилової кислоти (бутилакрилат)	3	0,0054	0,0075
Бутилметакрилат	4	0,0018	0,04

З рівняння (2.5.2) для безрозмірної сумарної концентрації  $q$  визначаємо концентрацію акрилової кислоти  $c_1$ . Оскільки сумарна дія суміші шкідливих речовин однонаправленої дії має бути безпечним для здоров'я людини, повинні виконуватися умови (2.5.4)  $q \leq 1$ ;  $c_{np} \leq ГДК$ . Тому набуваємо значення безрозмірної сумарної концентрації рівним одиниці ( $q = 1$ ).

$$q = \frac{c_1}{ГДК_1} + \frac{c_2}{ГДК_2} + \frac{c_3}{ГДК_3} + \frac{c_4}{ГДК_4} = 1.$$

Звідси максимальна концентрації акрилової кислоти  $c_1$ , при якій суміш шкідливих речовин однонаправленої дії буде безпечна для здоров'я людини, дорівнює

$$c_1 = \left[ 1 - \left( \frac{c_2}{ГДК_2} + \frac{c_3}{ГДК_3} + \frac{c_4}{ГДК_4} \right) \right] \cdot ГДК_1.$$

$$c_1 = \left[ 1 - \left( \frac{0,0021}{0,03} + \frac{0,0054}{0,0075} + \frac{0,0018}{0,04} \right) \right] \cdot 0,1 = 0,0165 \text{ мг/м}^3.$$

Висновок: суміш шкідливих речовин однонаправленої дії буде безпечна для здоров'я людини коли концентрації акрилової кислоти не перевищуватиме  $0,0165 \text{ мг/м}^3$ .

### 2.5.3 Завдання для самостійної роботи

#### Задача № 2.5.1

У атмосферному повітрі населеного пункту одночасно присутньо декілька шкідливих речовин однонаправленої дії. Для суміші цих речовин встановлений ефект повної сумації біологічної дії з коефіцієнтом комбінованої дії, рівним 1 ( $K_{\kappa\delta} = 1$ ). За вихідними даними для Вашого варіанту (таблиця 2.4.4) визначите, чи буде небезпечною сумарна дія цих речовин для здоров'я людини?

#### Задача № 2.5.2

Визначите для вашого варіанту, при якій максимальній концентрації забруднювача суміш шкідливих речовин однонаправленої дії буде безпечна для здоров'я людини. Концентрації шкідливих речовин в суміші наведені в табл. 2.5.3. Треба визначити концентрацію:

- для варіантів 1 – 6 – оксиду азоту (II)  $NO$ ;
- для варіантів 7 – 15 – оксиду вуглецю (II)  $CO$ ;
- для варіантів 16 – 18 – ацетону;
- для варіантів 19 – 21 – оксиду сірки (IV)  $SO_2$ ;
- для варіантів 22 – 24 – бутилену.

Таблиця 2.5.3 – Вихідні дані

Номер варіанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{кд} = 1$ )					
	Аміак	Зола ма- зутна ТЕС	Оксид азоту (IV) $NO_2$	Оксид сі- рки (IV) $SO_2$	Оксид сі- рки (VI) $SO_3$	Оксид азоту (II) $NO$
1	2	3	4	5	6	7
1		0,0004	0,0255	0,255		визначити
2		0,001	0,017	0,1		визначити
3		0,0006	0,034	0,15		визначити
4	0,08		0,012	0,086	0,068	визначити
5	0,06		0,008	0,126	0,026	визначити
6	0,04		0,011	0,082	0,04	визначити

Продовження табл. 2.5.3.

Номер варіанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{кд} = 1$ )						
	Оксид азоту (IV) $NO_2$	Гексан	Гексен	Оксид сірки (IV) $SO_2$	Фенол	Формаль- дегід	Оксид вуглецю (II) $CO$
1	2	3	4	5	6	7	8
7	0,07		0,02	0,01			визначити
8	0,006		0,04	0,04			визначити
9	0,02		0,05	0,05			визначити
10	0,03	15				0,007	визначити
11	0,04	6				0,012	визначити
12	0,01	10				0,002	визначити
13	0,02			0,16	0,004		визначити
14	0,004			0,01	0,005		визначити
15	0,02			0,05	0,003		визначити

Продовження табл. 2.5.3.

Номер ва- ріанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{кд} = 1$ )			
	Фенол	Формальдегід	Фурфурол	Ацетон
1	2	3	4	5
16	0,001	0,005	0,012	визначити
17	0,003	0,008	0,022	визначити
18	0,004	0,009	0,013	визначити

Продовження табл. 2.5.3.

Номер ва-ріанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{kd} = 1$ )			
	Кобальт сірча-нокислий $CoSO_4$	Мідь сірчано-кисла $CuSO_4$	Нікель сірча-нокислий $NiSO_4$	Оксид сірки (IV) $SO_2$
1	2	3	4	5
19	0,0002	0,0006	0,0006	визначити
20	0,0005	0,0005	0,0005	визначити
21	0,0001	0,0003	0,0002	визначити

Продовження табл. 2.5.3.

Номер ва-ріанту	Концентрації забруднюючих речовин $c$ , мг/м <sup>3</sup> ( $K_{kd} = 1$ )			
	Амілени	Пропілен	Етилен	Бутилен
1	2	3	4	5
22	0,05	0,06	0,09	визначити
23	0,9	0,24	0,27	визначити
24	1,1	0,3	0,4	визначити

## 2.6 Розрахунок необхідної міри очищення стічних вод по вмісту зважених речовин

### 2.6.1 Основні теоретичні відомості

При випуску стічних вод у водні об'єкти необхідно, аби вода водного об'єкту в розрахунковому створі задовольняла санітарним вимогам.

Для досягнення даної умови необхідно заздалегідь розрахувати граничні концентрації забруднюючих речовин в стічних водах, з якими ця вода може бути скинута у водний об'єкт.

Основні методи розрахунку граничних концентрацій очищених стічних вод приведені нижче.

Концентрацію зважених речовин в очищеній стічній воді, дозволених до скидання у водний об'єкт, визначають з вираження

$$c_{оч.} = p \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + c_{\phi}, \quad (2.6.1)$$

де  $p$  – дозволене санітарними нормами збільшення вмісту зважених речовин у воді водного об'єкту в розрахунковому створі (табл. 2.6.1);

$\gamma$  – коефіцієнт змішення;  
 $Q$  – витрата водотока, м<sup>3</sup>/с;

$q$  – витрата стоків, м<sup>3</sup>/с;

$c_{\phi}$  – концентрація зважених речовин у воді водного об'єкту до скидання стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 2.6.1 – Загальні вимоги до складу і властивостей води водотоков і водоймищ в місцях господарсько-питного, комунально-побутового і рибогосподарського водокористування.

Показники	Цілі водокористування			
	господарсько-питні потреби населення	комунально-побутові потреби населення	потреби рибного господарства	
			вища і перша категорія	друга категорія
Зважені речовини	При скиданні поворотних (стічних) вод конкретним водокористувачем, виробництві робіт на водному об'єкті і прибережній зоні вміст зважених речовин в конкретному створі (пункті) не повинен збільшуватися в порівнянні з природними умовами більш ніж на: 0,25 мг/дм <sup>3</sup>   0,75 мг/дм <sup>3</sup>   0,25 мг/дм <sup>3</sup>   0,75 мг/дм <sup>3</sup> Для водотоков, що містять в межах більше 30 мг/м <sup>3</sup> природних зважених речовин, допускається збільшення їх вмісту у воді в межах 5 %. Поворотні /(стічні) води, що містять зважені речовини швидкістю осадження більше 0,2 мм/с, забороняється скидати у водоймища, а більше 0,4 – у водотоки.			

Розрахувавши необхідну концентрацію зважених речовин в очищеній стічній воді ( $c_{оч.}$ ) і знаючи концентрацію зважених речовин в стічній воді, що поступила на очищення ( $c_{ст.}$ ) визначаємо необхідну ефективність очищення стічних вод по зважених речовинах по формулі

$$\eta_{взв.} = \frac{c_{ст.} - c_{оч.}}{c_{ст.}} \cdot 100\% . \quad (6.2)$$

## 2.6.2 Приклад розв'язання задач

**Приклад 6.1.** У водоток з витратою  $Q$  рівним 35 м<sup>3</sup>/с після очисних споруд скидаються очищені стічні води з витратою  $q$  рівним 0,6 м<sup>3</sup>/с. Концентрація зважених речовин в стічній воді, що поступає на очисні спорудження сст. складає 250 мг/л. Концентрація зважених речовин у воді водного об'єкту до місця скидання  $c_{\phi}$  складає 3 мг/л.



Ділянка водного об'єкту, куди скидаються стічні води, відноситься до другої категорії рибогосподарського водокористування. Коефіцієнт змішення  $\gamma$  для даного випадку рівний 0,71.

### Рішення

По умові водний об'єкт, у води якого підприємство скидає стічні води, відноситься до другої категорії рибогосподарського водокористування. Отже, відповідно до «Правил охорони поверхневих вод» (табл. 2.6.1) допустиме збільшення вміст зважених речовин у водному об'єкті після скидання стічних вод  $p = 0,25 \text{ мг/дм}^3 = 0,25 \text{ мг/л}$ .

По формулі (2.6.1) визначаємо концентрацію зважених речовин в стічній воді, що скидається в даний водний об'єкт. Вона не повинна перевищувати значення, мг/л

$$c_{оч.} = p \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + c_{ф.} = 0,25 \left( \frac{0,71 \cdot 35}{0,6} + 1 \right) + 3 = 13,6.$$

Використовуючи формулу (2.6.2) визначаємо міру очищення стічних вод, яке повинні забезпечити очисні споруди для досягнення такої концентрації в стічних водах, що скидаються

$$\eta_{взв.} = \frac{c_{ст.} - c_{оч.}}{c_{ст.}} \cdot 100\% = \frac{250,0 - 13,6}{250,0} \cdot 100\% = 94,56 \%$$

### 2.6.3 Завдання для самостійної роботи

#### Задача № 2.6.1

Очищені стічні води з витратою  $q$  скидаються у водоток з витратою  $Q$ . Концентрація зважених речовин в стічній воді, що поступає на очисні спорудження  $c_{ст.}$ , концентрація зважених речовин у воді водного об'єкту до місця скидання  $c_{ф.}$ , коефіцієнт змішення  $\gamma$ .

Визначити концентрацію зважених речовин в стічній воді, дозволеній до скидання у водоток після очисних споруд і необхідну ефективність очищення стічної води по варіантах (таблиця. 2.6.2).

Таблиця 2.6.2 – Параметри, що характеризують водний об'єкт і стічні води

№ ва-рі-анта	Об'ємна ви-трата		Концентра-ція зважених речовин		Коеффі-цієнт змішення $\gamma$	Категорія водокорис-тування водного об'єк-ту
	$Q$ , м3/с	$q$ , м3/с	$c_{ф.}$ , мг/	$c_{ст.}$ , мг/л		
1	15	0,50	2	200	0,39	Господарсько-питні потреби населення
2	25	0,75	3	70	0,43	
3	35	1,00	4	450	0,58	
4	40	1,50	5	35	0,67	
5	45	2,00	6	150	0,76	
6	15	0,50	2	200	0,39	Комунально-побутові потреби населення
7	25	0,75	3	70	0,43	
8	35	1,00	4	450	0,58	
9	40	1,50	5	35	0,67	
10	45	2,00	6	150	0,76	
11	15	0,30	2	100	0,39	Рибогосподарська пер-шій категорії
12	25	0,45	3	75	0,43	
13	35	0,75	4	50	0,58	
14	40	0,90	5	35	0,67	
15	45	1,25	6	60	0,76	
16	15	0,30	2	100	0,39	Рибогосподарська дру-гій категорії
17	25	0,45	3	75	0,43	
18	35	0,75	4	50	0,58	
19	40	0,90	5	35	0,67	
20	45	1,25	6	60	0,76	
21	15	0,25	7	30	0,39	Господарсько-питні потреби населення
22	25	0,50	6	50	0,43	
23	35	1,00	5	75	0,58	
24	40	2,50	4	100	0,67	
25	45	4,00	3	125	0,76	
26	15	0,25	7	30	0,39	Рибогосподарська дру-гій категорії
27	25	0,50	6	50	0,43	
28	35	1,00	5	75	0,58	
29	40	2,50	4	100	0,67	
30	45	4,00	3	125	0,76	

## 2.7 Визначення концентрацій забруднюючих речовин в ґрунті

### 2.7.1 Основні теоретичні відомості

На території України найбільшою мірою хімічно забруднені ґрунти південних областей, де багато років невміло використовується полив з внесенням великої кількості мінеральних добрив і хімічних речовин захисту рослин.

Нормування хімічно забруднених ґрунтів здійснюється по гранично допустимих концентраціях (ГДК(Г)). Вони по величині значно відрізняються від допустимих концентрацій для води і повітря.

*ГДК(Г) – це концентрація хімічної речовини в мг/кг ґрунту орного шару, яка не надасть прямої або опосередкованої негативної дії на середовище, дотичне з ґрунтом, а також на здоров'ї людину і здатність ґрунту до самоочищення.*

Розрахувати кількість добрив, які необхідно внести під різні сільськогосподарські культури, можна знаючи середню норму живильних елементів під культуру, можна знаючи середню норму живильних елементів під культуру (таблиця 2.7.1) і вміст основних живильних елементів в найбільш поширених мінеральних добривах (таблиця 2.7.2). Слід мати на увазі, що у вигляді основного добрива вносять 75 % річної норми добрив, для підгодівлі – 50.60 %, при посіві – 40 %.

Таблиця 2.7.1 – Середня норма живильних елементів під культуру

№	Культура	Живильні речовини, кг/га		
		$N_2$	$P_2O_5$	$K_2O$
1	Горох	20	40	60
2	Суниця	30	60	60
3	Капуста	90	90	90
4	Картопля	45	42	60
5	Конюшина	–	45	45
6	Лук	40	60	60
7	Овес	30	45	45
8	Огірки	60	60	60
9	Помідори	60	60	60
10	Жито	30	45	45
11	Квасоля	20	40	60
12	Ягідні чагарники	60	60	60
13	Ячмінь	30	45	45

Таблиця 2.7.2 – Вміст основних живильних елементів в найбільш поширених мінеральних добривах

Мінеральні добрива		Вміст, % по масі		
Номер	Назва	$N_2$	$P_2O_5$	$K_2O$
1	Рідкий аміак ( $NH_4OH$ )	80,2	–	–
2	Аміачна селітра ( $NH_4NO_3$ )	34,0...34,5*	–	–
3	Кальцієва селітра $Ca(NO_3)_2$	17,5	–	–
4	Сульфат амонія $(NH_4)_2SO_4$	21,0	–	–
5	Карбамід (сечовина) $CO(NH_2)_2$	46,0	–	–
6	Фосфоритная мука – тонко розмолотий фосфорит $Ca_3(PO_4)_2$	–	19,0...30,0*	–
7	Суперфосфат простий (суміш первинного фосфату і сульфату кальцію: $CaH_2PO_4$ і $CaSO_4$ )	–	20,0	–
8	Суперфосфат подвійний $CaH_2PO_4$	–	49,0	–
9	Фосфат – шлак мартенівський	–	10,0...12,0*	–
10	Хлорид калія	–	–	58,0...62,0*
11	Калійна сіль	–	–	30,0...50,0*
12	Сульфат калія	–	–	45,0...50,0*
13	Амофос – суміш $NH_4H_2PO_4$ і $(NH_4)_2HPO_4$	10,0...12,0*	42,0...52,0*	–
14	Діаммофос	19,0	52,0	–
15	Нітроаммофоська	17,0	17,0	17,0
16	Нітрофоска – суміш амофоса з $KNO_3$	11,0	10,0	11,0
17	Рідкі комплексні	10,0	34,0	–

Примітка. Для приведених даних, помічених зірочкою \* в розрахунок брати середнє значення.

### 2.7.2 Приклади розв'язання задач

**Приклад 7.1.** Розрахувати кількість сечовини, фосфат – шлаку мартенівського і сульфату калія, які необхідно внести восени у вигляді основних під картоплю на площі 0,1 га.

## Рішення

Кількість добрив  $m_i$ , які необхідно внести під певну сільськогосподарську культуру, розраховуємо по формулі, кг

$$m_i = \frac{p_i}{s_i} \cdot 100,$$

де  $p_i$  – потреба сільськогосподарської культури в живильних елементах, кг;  
 $s_i$  – вміст основних живильних елементів в мінеральних добривах %.

Потребу сільськогосподарської культури в живильних елементах  $p_i$  визначаємо з вираження, кг

$$p_i = K \cdot g_i \cdot \omega,$$

де  $K$  – коефіцієнт, залежний від режиму внесення добрива, в долях одиниці;  
 $g_i$  – середня норма живильних елементів під культуру, кг/га (таблиця 2.7.1);  
 $\omega$  – площа посіву, га.

Добриво вноситься у вигляді основного в кількості 75 % річної норми.

Отже, коефіцієнт  $K$ , залежний від режиму внесення добрива рівний  $\frac{75}{100} = 0,75$ .

Вміст основних живильних елементів в мінеральних добривах визначаємо по таблиці 2.7.2, а середню норму живильних елементів під культуру по таблиці 2.7.1.

Основні дані, необхідні для розрахунку, зводимо в таблицю 2.7.3.

Таблиця 2.7.3 – Вихідні дані

Культура	Середня норма живильних елементів під культуру, кг/га			Мінеральні добрива	Вміст живильних елементів в мінеральних добривах %		
	$N_2$	$P_2O_5$	$K_2O$		$N_2$	$P_2O_5$	$K_2O$
Картопля	45	42	60	Сечовина	46		
				Фосфат – шлак мартенівський		10...12	
				Калія сульфат			45...50
Основний							

При розрахунках набуваємо середніх значень вмісту живильних елементів в мінеральних добривах. Вміст  $P_2O_5$  у фосфат – шлаку мартенівському рівно  $0,5 \cdot (10 + 12) = 11$  %, а вміст  $K_2O$  в сульфаті калія  $0,5 \cdot (45 + 50) = 47,5$  %,

Визначаємо потребу картоплі в живильних елементах, кг

$$p(N_2) = K \cdot g_i \cdot \omega = 0,75 \cdot 45 \cdot 0,1 = 3,38;$$

$$p(P_2O_5) = K \cdot g_i \cdot \omega = 0,75 \cdot 42 \cdot 0,1 = 3,15;$$

$$p(K_2O) = K \cdot g_i \cdot \omega = 0,75 \cdot 60 \cdot 0,1 = 4,50.$$

Знаючи вміст живильних в добривах, визначаємо по пропорції необхідну кількість мінеральних добрив, кг

$$m(\text{сечовина}) = \frac{P_i}{s_i} \cdot 100 = \frac{3,38 \cdot 100}{46} = 7,34;$$

$$m(\text{ф.-ш. март.}) = \frac{P_i}{s_i} \cdot 100 = \frac{3,15 \cdot 100}{11} = 28,64;$$

$$m(\text{калія сульфат}) = \frac{P_i}{s_i} \cdot 100 = \frac{4,50 \cdot 100}{47,5} = 9,47.$$

*Вивід.* Для забезпечення картоплі живильними елементами на площі 0,1 га восени, у вигляді основного добрива, необхідно внести до ґрунту 7,34 кг сечовини, 28,64 кг фосфат – шлаку мартенівського і 9,47 кг сульфату калія.

### 2.7.3 Завдання для самостійної роботи

#### **Задача № 7.1**

Відповідно до Вашого варіанту (таблиця 2.7.4) визначите, яку кількість мінеральних добрив необхідно внести під сільськогосподарську культуру.

Таблиця 2.7.4 – Вихідні дані задачі № 2.7.1

Ва- ріант	Культура	Режим вне- сення доб- рив	Площа, га	Мінеральні добрива, но- мер по таблиці. 2.7.2		
				<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
1	Картопля	Основний	0,02	1	6	10
2	Картопля	При посіві	2,0	2	7	11
3	Картопля	Підгодівля	1,2	3	8	12
4	Капуста	Основний	2,0	15	15	15
5	Капуста	При посіві	0,2	16	16, 6	16
6	Капуста	Підгодівля	0,02	4	9	10
7	Огірки	Основний	0,01	13, 1	13	11
8	Огірки	При посіві	0,5	14, 2	14	12
9	Помідори	Підгодівля	0,1	17, 3	17	10
10	Помідори	При посіві	0,05	15	15	15
11	Агрис	Основний	0,1	13, 1	13	12
12	Агрис	Підгодівля	0,05	14, 1	14	11
13	Лук	Основний	0,02	16	16, 6	16, 10
14	Лук	При посіві	0,2	17, 1	17	10
15	Лук	Підгодівля	1,2	4	7	12
16	Квасоля	Основний	0,1	5	8	10
17	Квасоля	При посіві	0,05	2	9	11
18	Квасоля	Підгодівля	0,005	3	7	12
19	Горох	Основний	0,02	4	8	10
20	Горох	При посіві	0,04	5	9	11
21	Горох	Підгодівля	0,08	15	15, 7	15, 11
22	Суниця	Основний	0,01	17, 1	17	11
23	Суниця	При посіві	0,05	13, 2	13	12
24	Суниця	Підгодівля	0,1	14, 3	14	10
25	Жито	Основний	15,0	2	9	12
26	Жито	При посіві	50,0	16	16, 8	16, 12
27	Овес	Підгодівля	40,0	3	6	10
28	Овес	Основний	10,0	4	7	11
29	Ячмінь	При посіві	20,0	5	8	12
30	Ячмінь	Підгодівля	60,0	15	15, 9	15, 11

## РОЗДІЛ ІІІ ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

### 3.1 Сучасні методи дослідження стану довкілля

**Мета роботи:** лабораторна робота виконується з метою ознайомлення та вивчення сучасних методів дослідження стану довкілля. На прикладі дослідження екологічного стану повітря оцінити запиленість повітря декількома методами.

#### 3.1.1 Короткі теоретичні відомості

Для вирішення задач, котрі стоять перед екологією, цією наукою використовуються як свої особисті методи, так й методи інших наук. Особисті методи екології умовно поділяють на три групи: 1) польові; 2) лабораторні; 3) експериментальні. Для проведення особистих методів екологія використовує методи таких наук, як біохімія, математика, фізика, хімія та ін.

Під час дослідження стану довкілля відокремлюють якісні та кількісні методи дослідження. Кількісному визначенню часто передує якісний аналіз на наявність того чи іншого хімічного елемента, йона, сполуки.

Реакції, які використовуються в **якісному аналізі**, мають супроводжуватися візуальним ефектом: появою чи зникненням осаду; появою, зникненням чи зміною кольору розчину; виділенням газів; утворенням кристалів характерного кольору і форми; появою забарвлених перлів; забарвленням полум'я; появою світіння; виникненням характерного забарвлення при розтиранні речовин.

На практиці частіше користуються **кількісними методами аналізу**. На основі вимірюваних параметрів методи кількісного аналізу поділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні.

Вибір методу дослідження для визначення того чи іншого компонента залежить від потрібної точності аналізу, доступності методу для виконання, вмісту аналізованої речовини, хімічного складу досліджуваного об'єкта тощо (табл. 3.1.1). Нижче описані основні методи аналізу, що використовуються при вивченні стану довкілля, та їх можливості.

#### *Хімічні методи*

**Титриметричний (об'ємний) метод аналізу** ґрунтується на вимірюванні об'єму розчину реагента відомої концентрації, витраченого на взаємодію з аналізованою речовиною за умови, що речовини вступають у реакцію в стехіометричних кількостях. Цим методом визначають загальну і карбонатну твердість води, хімічне споживання кисню (ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>), кислотність, лужність, вміст розчиненого кисню, концентрацію катіонів меркурію, феруму (ІІ), аніонів Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup> тощо.



Таблиця 3.1.1 - Методи визначення деяких хімічних інгредієнтів у об'єктах природного середовища

Метод	Визначувані інгредієнти в об'єктах природного середовища		
	у ґрунтах та донних мулах	у природних водах	у повітрі (газах та аерозолях)
Гравіметричний	Вологість, мінеральний залишок, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , карбонати	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , нафтопродукти, заварі, мінеральний залишок	Запиленість (вміст пилових часток)
Титриметричний	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Ca, Mg	Оксиген (розчинений), CO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> S, Cl <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , твердість води (загальна і карбонатна), ХСК, БСК <sub>5</sub>	Кислоти та кислотні оксиди
Фотометричний	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Al, Hg, Cu, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Кольоровість, органічні речовини, H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , P (неорг.), Fe, Cu, Al	CO, CS <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HCl, HNO <sub>3</sub> , Al, Fe, Pb, пестициди, деякі органічні сполуки
Люмінесцентний	Нафтопродукти	Нафтопродукти, хлорорганічні ароматичні сполуки, спирти, ацетон	Смолисті речовини, ароматичні вуглеводні, кетони
Фотометрія полум'я	Na, K	Li, Na, K, Ca	Li, Cs, K
Емісійна спектроскопія	Метали, мікроелементи, бор	Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Cu, Pb, Al, Fe та ін.	Be
Атомно-абсорбційна спектроскопія	Cu, Ni, Zn, Hg, Pb, Cr	Ca, Mg, Cu, Pb, Hg та ін.	Hg, Cd, Sr, Cu, Pb та ін.
Кінетичні та хемілюмінесцентні	Катіони важких металів	Mn, Cu, Ni, Fe (III), амінокислоти	Озон
Потенціометричні	pH, F <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , K, Ca	pH, F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cu, Ca, K, окисно-відновний потенціал	HF, ненасичені органічні сполуки
Радіометричні	<sup>90</sup> Sr, <sup>137</sup> Cs, <sup>238</sup> U	<sup>90</sup> Sr, <sup>137</sup> Cs, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu	<sup>90</sup> Sr, <sup>137</sup> Cs
Хроматографічні	Нафтопродукти, хлорорганічні сполуки, вуглеводні, пестициди	Na, K, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Mg, Ca, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , органічні сполуки	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , CCl <sub>4</sub> , Al, Cu, органічні сполуки

**Гравіметричний метод** базується на кількісному переведенні аналізованого компонента в малорозчинну сполуку і зважуванні продукту після виділення, промивання, висушування чи прожарювання. Гравіметричним методом визначають у природних і стічних водах ферум (III) та алюміній у вигляді оксидів, хлориди –  $\text{AgCl}$ , сульфати –  $\text{BaSO}_4$  в кислому середовищі, багато металів тощо.

### ***Фізико-хімічні методи***

Ця група методів ґрунтується, як і хімічні, на хімічних реакціях, однак визначають фізичну характеристику (оптичну густину, електропровідність, окисно-відновний потенціал), що залежить від вмісту аналізованої речовини.

**Фотометричний аналіз** охоплює всі методи, які ґрунтуються на поглинанні світла в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній частинах електромагнітного спектра визначуваною речовиною чи продуктом реакції. Фотометричні методи високочутливі, розроблені для визначення практично всіх хімічних елементів, крім інертних газів.

Методи фотометрії широко застосовують в аналізі природних об'єктів: повітря, поверхневих вод, ґрунту, донних мулів, рослин, а також стічних вод, газоподібних викидів, відходів промисловості.

**Хроматографічний аналіз** – метод розподілу, якісного виявлення та кількісного визначення компонентів рідких і газоподібних сумішей, що ґрунтується на різному їх розподілі між рухомою і нерухомою фазами. Метод все частіше використовують для аналізу стану довкілля. Саме завдяки йому вдалося швидко виявити стафілококове та мікозне ушкодження ліквідаторів аварії на ЧАЕС.

**Високоєфективна рідинна хроматографія** – найбільш вживаний метод аналізу складних органічних проб. В установках рідинної хроматографії (як і в газових) використовують різноманітні детектори: ультрафіолетовий, електрохімічний, детектор з діодною матрицею, флуориметричний. До речі, хроматографічними методами криміналістика виявляє в організмі алкалоїди, що спричинили отруєння. **Методом газорідинної хроматографії визначають** склад стічних вод нафтопереробних та хіміко-фармацевтичних підприємств, заводів органічного синтезу. **Газова хроматографія** характеризується високою розподільною здатністю, гнучкістю завдяки застосуванню різних детекторів.

Кількісною характеристикою газової та рідинної адсорбційної хроматографії є висота або площа хроматографічного піка, які пропорційні вмісту компонента в досліджуваній суміші.

Під час розділення сумішей **методом тонкошарової хроматографії** (її різновид – паперова хроматографія) отримують забарвлені плями окремих компонентів; у разі безбарвних сполук їх проявляють фізичним (УФ- опромінення) або хімічним (обробка реагентом, який утворює забарвлені сполуки з речовинами, наприклад амінокислоти набувають блакитного кольору після обробки їх

розчином нінгідрину) способом. Це якісне виявлення компонентів суміші; кількісний склад визначають за площею плями або розчиняють вміст у відповідному розчиннику і аналізують одним із методів. Методом тонкошарової хроматографії розділяють амінокислоти і барвники рослин, визначають активність ґрунтової фауни за продукцією амінокислот.

**Йонообмінну хроматографію** використовують для розділення елементів з подібними хімічними властивостями. Йонообмінна хроматографія дає змогу після попереднього розділення і послідовного вилучення компонентів суміші з колонки визначити їх вміст фотометричним, титриметричним чи іншим способом. Цим методом визначають загальну твердість води, вміст катіонів важких металів у воді, ґрунті, донних мулах. **Методом йонної хроматографії** визначають понад 70 аніонів неорганічних і органічних кислот, катіони лужних і лужноземельних металів у воді, продуктах, лікарських препаратах тощо.

**Молекулярно-ситова хроматографія** дає змогу розділяти речовини на основі різних розмірів їх молекул.

**Електрохімічні методи аналізу. Потенціометрія.** Методом абсолютної потенціометрії вимірюють потенціал  $E$  і за рівнянням Нернста обчислюють концентрацію йона в речовині. Метод використовують для визначення рН природних і стічних вод за допомогою скляного електрода; йоноселективні електроди дають змогу встановити вміст нітратів у рослинах та продуктах, концентрацію катіонів натрію, калію, кальцію, магнію, купруму, аніонів  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{J}^-$ ,  $\text{CN}^-$  та ін. Методом потенціометричного титрування визначають численні сполуки; порівняно зі звичайним титриметричним методом він дає змогу аналізувати забарвлені і каламутні середовища. Потенціометричні біодатчики використовують для визначення концентрації пестицидів у складних багатокомпонентних системах.

**Вольтамперометрію** поділяють на два типи: *полярографічний аналіз*, що базується на процесі електролізу і вивченні залежності сили струму від прикладеної напруги (цим методом у природних водах і ґрунтах визначають вміст цинку, кадмію, плюмбуму, купруму; з попереднім екстракційним відділенням токсичних елементів; токсичні елементи в продуктах, повітрі, стічних водах; користуються і для визначення концентрації вітамінів, ферментів, гормонів в організмі людини, для діагностики захворювань), і *амперометричне титрування* (дає змогу визначати аніони, для яких немає точних і швидких титриметричних методів).

Методами абсорбційної інверсійної вольтамперометрії визначають понад 40 катіонів металів, численні аніони, органічні сполуки (білки, ферменти, лікарські препарати, пестициди, стимулятори росту тварин, комплекси) в різних екологічних об'єктах. *Кондуктометрію* (аналіз за електричною провідністю) використовують для визначення концентрації розчинених солей у питних водах і водах для теплообмінного обладнання (*пряма кондуктометрія*). *Кондуктометричним титруванням* визначають суміші кислот у водному та водно-органічному середовищах, численні катіони й аніони; титруванням розчином  $\text{BaCl}_2$  визначають сульфати, хромати, оксалати, карбонати, цитрати; трилоном

Б за різних значень рН аналізують суміші катіонів металів без попереднього їх розділення.

### *Фізичні методи*

**Спектральний аналіз** – це фізичний метод визначення складу та будови речовини за її спектром – упорядкованим за довжиною хвилі електромагнітним випромінюванням. Для збудження речовини використовують полум'я пальника, енергію електричної дуги чи іскри. Спектральний аналіз дає змогу встановити елементний, нуклідний і молекулярний склад речовини та її будову (*атомно-емісійний спектральний аналіз*).

*Атомно-абсорбційний спектральний аналіз* ґрунтується на визначенні концентрації речовини за поглинанням шаром атомної пари елемента монохроматичного резонансного випромінювання. Застосовують цей метод для елементного аналізу природних, питних і стічних вод, ґрунтів, біологічних проб повітря. Також цей метод дає змогу проводити неперервний моніторинг вмісту токсичного металу в повітрі робочого приміщення, в атмосферному повітрі з автомобіля, судна, гелікоптера; методом холодної пари – у водах, методом піролізу – в харчових продуктах, нафті, крові, волоссі, а також можливість визначати вміст 73 хімічних елементів. В екології його застосовують для контролю виробничих викидів, визначення концентрації металів у повітрі, воді, ґрунті, в пошуку руд, для контролю збагачення.

**Мас-спектрометрія** базується на розділенні газоподібних йонів у магнітному полі залежно від відношення величини маси йона ( $m$ ) до його заряду ( $z$ ), яке впливає на інтенсивність сигналу. Метод застосовують переважно для визначення відносних ізотопних мас та ізотопного вмісту елементів, а також відносних молекулярних мас і структури органічних речовин. Мас-спектрометрією виявляють у ґрунті надзвичайно небезпечну забруднювальну речовину - тетрахлордифензодіоксин.

**Метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР)** відображає взаємодію магнітного моменту ядра молекули речовини із зовнішнім магнітним полем. Метод дає змогу працювати в широкому діапазоні концентрацій, визначати, зокрема, вміст різних форм алюмінію та інших металів у природних водах.

**Радіометричні методи аналізу** ґрунтуються на виявленні й вимірюванні як природної, так і штучної радіоактивності. Для кількісного визначення радіоактивності використовують поняття **абсолютної активності** радіоактивних речовин, яку вимірюють у кюрі, та **питомої активності** – радіоактивності одиниці маси даної речовини, тобто міри відносного вмісту радіонуклідів у досліджуваному зразку, її виражають числом розпадів за хвилину (чи секунду) і вимірюють у беккерелях. Використовуючи *природну радіоактивність*, кількісно визначають понад 20 хімічних елементів, зокрема уран, торій, радій, актиній. Природна радіоактивність лежить в основі пошуку уранових руд за допомогою авіації та супутників.

**Активізаційний аналіз** ґрунтується на опроміненні нерадіоактивних елементів нейтронами, протонами та іншими високоенергетичними часточками, внаслідок чого вони набувають радіоактивності. На практиці використовують **відносний метод аналізу**, коли за однакових умов опромінюють досліджуваний зразок і еталон з відомим вмістом визначуваного елемента. Часто зразок після опромінення розчиняють, здійснюють концентрування методами осадження, співосадження, екстракції, хроматографії і визначають активність продуктів розділення.

**Метод ізотопного розбавлення** полягає у введенні ізотопу визначуваного елемента в аналізований розчин, що набуває активності, потім цей елемент переводять в осад (екстрагують, хроматографують) і визначають активність розчину після його видалення. За різницею визначають активність осаду (екстракту, елюату) і обчислюють вміст компонента в зразку.

**Рентгеноспектральний аналіз** базується на послабленні інтенсивності рентгеновського випромінювання під час проходження крізь пробу. В рентгенофлуоресцентному аналізі на пробу діє первинне рентгеновське випромінювання, під впливом якого виникає вторинне рентгеновське випромінювання проби, характер якого залежить від якісного та кількісного складу аналізованої речовини.

**Люмінесцентний аналіз** ґрунтується на здатності речовин випромінювати світло під дією різних збудників: ультрафіолетового випромінювання або видимого світла (фотолюмінесценція), розламування (триболюмінесценція), енергії хімічної реакції (хемілюмінесценція), яка дуже поширена в живій природі: світяться окремі види моллюсків, ракоподібних, глибоководних риб, червів внаслідок взаємодії кисню з люциферином; ця реакція каталізується ферментом люциферазою, а явище називають **біолюмінесценцією**. Деякі мінерали, наприклад флюорит  $\text{CaF}_2$ , світяться при дії на них ультрафіолетового випромінювання, що використовують для безконтактного пошуку корисних копалин, зокрема нафти, виявлення плям нафти і нафтопродуктів на поверхні ґрунту чи водної гладі Світового океану. Люмінесцентним методом аналізують природні й стічні води, повітря, ґрунт, продукти.

**Сортовий аналіз** використовують для визначення якості зерна (свіже і зерно, що псується, світяться по-різному в УФ-променях), різних видів палива, виявлення забруднень, сурогатів, підробок.

Тривалий час у більшості екологічних, технологічних, біохімічних лабораторій домінували фотометричні методи. Однак зниження ГДК і необхідність визначення забруднювальних і токсичних речовин у надзвичайно малих концентраціях зумовили широке впровадження люмінесценції, яка має високу селективність, дає змогу працювати з малими об'ємами, що зумовлює її переваги перед фотометричними методами.

## *Біохімічні методи*

Оснoву біологічних та біохімічних методів дослідження становлять реакції рослин, тварин і мікроорганізмів на дію певного чинника. Зміни можуть відбуватися на різному рівні: активності ферментів, проникності мембран та зміні інших органел клітини, окремих органів, систем, організму в цілому, популяції, екосистеми.

Біологічні методи широко використовують з метою визначення стану довкілля (*біоіндикація*). Живі організми часто є тест-об'єктами при вивченні дії токсичних речовин (визначення ГДК і летальних доз), фармакологічного ефекту лікарських препаратів тощо. Біологічні методи використовують в аналізі біологічно активних речовин. Зокрема, антибіотики аналізують за їх здатністю зупиняти ріст мікроорганізмів; серцеві глікозиди – припиняти роботу ізольованого серця жаби; накопичення фенольних сполук в листі рослин – сигнал про стресову ситуацію.

У більшості випадків визначають активність ферментів, оскільки вони мають високу чутливість і вибірковість дії та дають змогу численним хімічним реакціям у живому організмі відбуватися за звичайних умов (амілаза каталізує розщеплення вуглеводів, глюкозооксидоза – окислення Д-глюкози).

Активність цих біохімічних каталізаторів залежить від багатьох чинників, оскільки вони мають білкову природу: рН середовища, наявності окремих катіонів металів, що можуть збільшувати чи зменшувати їх активність, окисно-відновного потенціалу тощо.

Вивчення ферментних реакцій має величезне значення при дослідженні функцій і визначенні концентрацій мікроелементів та інших біологічно активних сполук, їх активність може бути тестом при вивченні забруднення довкілля окремими речовинами, зокрема важкими металами, що діють як ферментні отрути; кислотними оксидами тощо.

З метою контролю стану поверхневих природних вод використовують численні методи біотестування: зміну статичного стану п'явки медичної на динамічний; виживання та плодючість дафнії магна; біолюмінесценцію окремих видів бактерій тощо.

### 3.1.2 Практична частина

Метою практичної частини являється закріплення теоретичного матеріалу лабораторної роботи. Для цього на прикладі досліду екологічного стану повітря за допомогою декількох методів необхідно оцінити запиленість повітря та визначити до яких видів кількісних чи якісних методів відноситься кожен з наведених методів.

## ***Визначення екологічного стану повітря. Оцінка запиленості повітря***

Забруднення атмосферного повітря, особливо в приземному шарі, аерозолями та газоподібними сполуками негативно впливає на здоров'я людей, рослинний і тваринний світ. У повітрі визначають вміст пилу та його гранулометричний склад, концентрацію води, оксидів сульфуру, нітрогену, карбону (IV), кислот; якщо аналізують газові викиди підприємств чи повітря поблизу них, то визначають і специфічні сполуки, характерні для нього (гідрогенсульфур, бензол, важкі метали тощо).

Контроль за станом атмосфери здійснюють *контактними* і *дистанційними* методами. *За контактних методів* аналізу проби повітря відбирають переважно аспіраційним методом, пропускаючи повітря крізь поглинальну систему. Поглиначі, які при цьому використовують, можна розподілити на три групи:

- рідкі поглиначі (фізична або хімічна абсорбція) – розчини кислот, основ, солей: їх використовують для поглинання парогазуватих речовин;
- тверді поглиначі – гідрофільні неорганічні матеріали (силікагель та молекулярні сита), гідрофобні (активоване вугілля), синтетичні макропористі органічні матеріали; вони поглинають гази, паруваті речовини, рідкі аерозолі;
- фільтрувальні матеріали використовують для вловлювання твердих аерозолів, після аспірації їх розчиняють у розчинах кислот чи лугів і отримані розчини аналізують.

У практиці використовують механічні, теплові, магнітні, електричні, оптичні, хроматографічні, мас-спектральні газоаналізатори. Крізь поглинальний розчин або сорбент за допомогою насоса чи звичайного медичного шприца прокачують газ, контролюючи об'єм поглинутої газової суміші і швидкість аспірації, яка не повинна перевищувати 1,5...2,0 л/хв для рідких поглинальних систем.

Якісний аналіз газових сумішей проводять *органолептичним* (за запахом) або *індикаційним методом* з використанням пористих сорбентів.

*Дистанційними методами* за допомогою зондів, авіації, космічних супутників визначають турбулентність потоків повітря, пилове забруднення, вміст вологи, концентрацію окремих забруднювальних речовин.

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

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

## Устаткування і реактиви

Дистильована вода; 10%-й розчин хлоридної або сульфатної кислоти; терези аналітичні; вимірник витрат повітря; лопатки для взяття зразків пилу; мікроскоп з об'єктивом ( $\times 8$ ); насос для просмокування повітря (переносна ротаційна установка типу ПРУ); піпетка; скельце покривне і предметне скло для мікроскопа; секундомір; фільтри паперові типу АФА-10 з фільтротримачем. Замість ПРУ можна використати водоструминний насос, який забезпечує всмоктування повітря з витратою не менш як 2 л/хв.

### Порядок виконання лабораторної роботи

#### Визначення відносної запиленості повітря

1. Наносять 1 краплю води на предметне скло. Встановлюють предметне скло у вибраному місці на 15 хв.
2. Готують мікропрепарат, накривши краплю з осілими пиловими часточками покривним скельцем.
3. Вміщують мікропрепарат на предметний столик мікроскопа.
4. Встановлюють таке збільшення, щоб у полі зору мікроскопа була якнайбільша частина краплі.
5. Підраховують кількість пилових часточок у краплі і описують їх якісний склад (вигляд, структуру, взаємне розміщення, особливості будови тощо).
6. Визначають кількість пилових часточок, що осіли протягом 15 хвилин на поверхні краплі такої самої площі після витримання предметного скла з краплею в різних місцях одного й того самого приміщення або в різних приміщеннях.
7. Всі результати дослідів описують і заносять до табл. 3.1.2.

Таблиця 3.1.2 – Результати експериментів

№ пор. зразка пилу	Місце відбору зразка пилу	Результати спостережень		
		Кількість пилових часточок в полі зору при 15-хвилинній експозиції	Опис якісного складу зразка (з урахуванням поведінки в розчині кислоти)	Масова концентрація пилу, мг/м <sup>3</sup>
1.				
2.				
3.				



## Визначення складу пилу

1. Відбирають зразок пилу, піддіваючи лопаткою відклади пилу на "доріжці" завширшки 3 – 5 см. Переносять зразок з лопатки на предметне скло.
2. Готують мікропрепарат сухого пилу накривши зразок пилу покривним скельцем.
3. Вміщують мікропрепарат на предметне скло мікроскопа і встановлюють таке збільшення, щоб у поле зору потрапила якнайбільша площа плями.
4. Розглядають мікропрепарат під мікроскопом і описують зовнішній вигляд, форму, розміри, взаємне розміщення, колір часточок тощо.
5. Піднімають покривне скельце препарувальною голкою, наносять на зразок пилу краплю розчину кислоти і відразу накривають покривним скельцем.
6. Вміщують мікропрепарат на предметний столик, розглядають його під мікроскопом і письмово описують зміни, що відбуваються зі зразком пилу в розчині кислоти (табл. 1.2).

## Кількісне визначення концентрації пилу

1. Зважують фільтр на аналітичних терезах з точністю до 0,1 мг і записують початкову масу  $m_{поч}$ , мг.
2. Вміщують фільтр у фільтротримач, який потім герметичне закривають і приєднують до установки: фільтротримач з фільтром, витратомір, насос.
3. Вмикають прокачування повітря з витратою 10...20 л/хв (при використанні водоструминного насоса встановлюють максимально можливий вихід). Одночасно вмикають секундомір і визначають фактичну витрату повітря (в л/хв).
4. Прокачують повітря крізь фільтр не менше 30 хвилин, визначаючи середню витрату повітря за час прокачування  $Q$ . Всього крізь фільтр бажано прокачати не менш як  $2 \text{ м}^3$  повітря.
5. Виймають фільтр із фільтротримача і знову зважують його  $m_{кін}$ .
6. Обчислюють масову концентрацію пилу  $C$  за формулою,  $\text{мг/м}^3$

$$C = \frac{(m_{кін} - m_{поч}) \cdot 1000}{Q \cdot t},$$

де 1000 – коефіцієнт перерахунку об'єму повітря з літрів у метри кубічні;  
 $t$  – тривалість прокачування повітря, хв.

Заносять результати всіх проведених експериментів у таблицю 3.1.2 і аналізують отримані результати і доходять висновків: про якісний склад пилу;

про відносну запиленість повітря в різних точках приміщення; про екологічний стан приміщення.

### Зміст звіту

1. Назва й мета лабораторної роботи.
2. Представити у наглядному виді (у виді схеми, таблиці чи ін.) класифікацію всіх методів аналізу якості природного середовища за різними ознаками.
3. Порядок виконання лабораторної роботи із дослідження запиленості повітря трьома методами.
4. Розрахунки та результати експериментів у вигляді табл. 3.1.2.
5. Висновки.

### Контрольні питання

1. Чому кількісному аналізу часто передує якісний?
2. Назвіть основні фізичні, хімічні та фізико-хімічні методи аналізу, які широко використовуються у визначенні якості природного середовища.
3. За допомогою яких методів досліджують стан атмосфери?
4. На які групи за розміром часточок розподіляють пил?
5. Чому шкідливість пилу для здоров'я людини залежить від форми часточок?
6. До яких груп методів відносяться методи досліду відносної запиленості повітря, котрі використані в даній лабораторній роботі?

## 3.2 Органоліптичні властивості води

**Мета роботи:** лабораторна робота виконується з метою ознайомлення та вивчення методів дослідження органолептичних показників води.

### 3.2.1 Короткі теоретичні відомості

Первинну оцінку якості води проводять, визначаючи її органолептичні характеристики. До органолептичних показників води (тих, що визначають її зовнішній вигляд і сприймаються органами чуття) належать запах, кольоровість, каламутність (обернена їй величина – прозорість), які мають надзвичайно велике значення для процесів у водоймах. Ці характеристики води визначаються за допомогою органів зору (каламутність, кольоровість) і нюху (запах). Незадовільні органолептичні характеристики побічно свідчать про забруднення води. Зокрема, запах може бути зумовлений наявністю різних забруднювальних речовин: фенолу, нафти чи нафтопродуктів, хлору, гнилої органіки тощо. Від вмісту завислих часточок залежить прогрівання води, розвиток водяних рослин

і тварин; колір води впливає на глибину проникнення сонячного випромінювання.

На правильність отриманих результатів аналізів впливає спосіб відбору проб води і умови її зберігання.

Показники, котрі характеризують нешкідливість хімічного складу води: сухий залишок, загальна жорсткість, активна реакція (рН), лужність, вміст катіонів і аніонів:  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Mg^{2+}$ , котрі характеризують природний склад води; вміст у воді  $Al$ ,  $Be$ ,  $Mn$ ,  $Cu$ , поліфосфатів свинцю, цинку, ванадію, радия-226, стронція-90, та ін. - це показники присутності хімічних речовин, котрі потрапляють в джерело води зі стічними водами. В чистих природних водах міститься залізо, але потрапляє воно також в водойми і зі стічними водами.

### **Кольоровість води**

Колір води у водоймах може бути різним, що найчастіше зумовлено наявними в ній домішками. Так, Жовта ріка в Китаї має справді жовту каламутну воду внаслідок наявності глинистих зависей, у Чорному морі вода синя, в холодному Балтійському – сіро-зелена. Коричневий колір свідчить про наявність заліза, зеленуватий – про масове розмноження синьо-зелених водоростей, так звані небезпечні "червоні припливи" спричинені спалахами чисельності популяцій окремих водяних організмів.

Кольоровість води визначають колориметричним методом у градусах, порівнюючи її з дихроматно-кобальтовою шкалою кольоровості (табл. 3.2.1), яку отримують, змішуючи в різних співвідношеннях розчини № 1 і № 2. Розчин №1 містить 0,0875 г дихромату калію  $K_2Cr_2O_7$ , 2г сульфату кобальту  $CoSO_4 \cdot 7H_2O$  і 1 мл  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,84$  г/см<sup>3</sup>), розчинених в 1л розчину; розчин №2 містить 1 мл  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,84$  г/см<sup>3</sup>) в 1 л води. При кольоровості вище 35° водоспоживання обмежують.

Таблиця 3.2.1 – Шкала кольоровості

Кількість розчину №1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Кількість розчину №2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84
Градуси кольоровості	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

### **Запах води**

За характером запахи поділяють на 2 групи - *запахи природного походження* та *запахи штучного походження* (табл. 3.2.2). Інтенсивність запаху визначають за п'ятибальною шкалою (табл. 3.2.3).

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

Таблиця 3.2.2 – Характер запаху

Запах “природного” походження		Запах “штучного” походження
Невиразний (або відсутній)		Невиразний (або відсутній)
Землистий	Дерев'янистий	Нафтопродуктів (бензиновий)
Гнильний	Ароматичний	Хлорний
Торф'янистий	Рибний	Оцтовий
Трав'яний	Сірководневий	Фенольний
Болотний	Запах цвілі	Камфорний
Інший (вказіть, який)		Інший (вказіть, який)

Таблиця 3.2.3 – Інтенсивність запаху

Інтенсивність запаху	Характер прояву запаху	Оцінка інтенсивності запаху
Ні	Запах не відчувається	0
Дуже слабка	Запах відразу не відчувається, але виявляється при ретельному дослідженні (при нагріванні води)	1
Слабка	Запах помічається, якщо обернути на нього увагу	2
Помітна	Запах легко помічається і викликає несхвальний відгук про воду	3
Виразна	Запах звертає на себе увагу і примушує утриматися від пиття	4
Дуже сильна	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною для пиття	5

Водою, що не має запаху, вважається така запах якої не перевищує 2 бали. Чисті природні води запахів не мають.

### ***Прозорість води***

***Зависі*** – це часточки мінерального й органічного походження (глина, мул, органічні високомолекулярні сполуки тощо) розміром понад 0,1 мкм їх вміст характеризує кілька величин.

***Прозорість води*** залежить від кількості й ступеня дисперсності зависей, її виражають у сантиметрах водяного стовпа, крізь який видно лінії завтовшки 1мм, що утворюють хрест (за "хрестом") або шрифт №1 (за Снілленом).

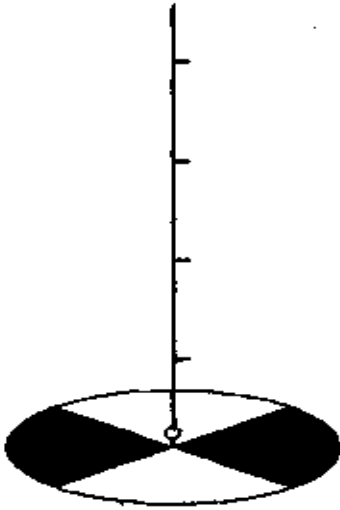


Рисунок 3.2.1 – Диск Секкі

Для визначення прозорості води безпосередньо у водоймі застосовують диск Секкі – металевий диск діаметром 20 см, поділений на чотири сектори, два з яких пофарбовані в чорний, а два – в білий кольори, з'єднаний з тросиком, що має позначки (рис. 3.2.1).

Прозорістю не менше 30 см повинні володіти води, що подаються для питного водопостачання без освітлення. Річкові води, окрім гірських, можуть мати прозорість 25 см. Зменшення прозорості природних вод свідчить про їх забруднення.

### *Каламутність води*

**Каламутність води** – це величина, обернена прозорості, яка характеризує вміст зависей. Її визначають з допомогою каламутноміра. Визначення полягає в порівнянні каламутності аналізованої води з еталоном, приготовленим з каоліну (гідралічний розмір часток  $<0,05$  мм/с): синє світло пропускають знизу вгору крізь плоске дно скляних циліндрів (завдовжки 750 мм, діаметром 30 мм) з водою при одночасному боковому освітленні їх білим світлом від лампи 300Вт. Можна побудувати градувальну криву: сила струму – каламутність, мг/л. Перевагою цього методу є відсутність впливу забарвлених речовин на каламутність; використовуючи світлофільтри, можна оцінити також дисперсність часточок зависі.

Зручно користуватися фотоелектроколориметром, використовуючи видиме світло і кювети з товщиною світлопоглинального шару 50 мм, попередньо побудувавши градувальну криву за глинистою суспензією (1 мг в 1 мл), стабілізованою гексаметафосфатом натрію, контроль – вода.

Проби води не консервують. Визначають кількість суспензії не пізніше, ніж через добу після відбору проби. Об'єм проби при концентрації зависей понад 50 мг/л – 500 мл, при меншій – 1000 мл. Результати виражають у міліграмах на літр.

### *Грубодисперсні зависі*

**Грубодисперсна завись** (на відміну від часточок, які зумовлюють опалесценцію або каламутність води) – це часточки органічної та неорганічної природи, помітні неозброєним оком, які більш чи менш повно виділяються з води при її відстоюванні впродовж 5 – 6 год.

Залежно від пористості фільтрів можна затримувати зависі з різним розміром часточок: скляна фільтрувальна пластина №1 не пропускає часточки

>100 – 110 мкм, №4 – >5 – 10 мкм, щільний беззольний фільтрувальний папір "синя стрічка" >3 – 5 мкм, мембранні бактеріологічні фільтри >0,35 – 1,2 мкм.

### 3.2.2 Устаткування і реактиви

#### ***Обладнання і реактиви для визначення кольоровості води***

Фотоелектроколориметр; бюретка на 25 мл; 12 мірних колб на 100 мл; розчин № 1; розчин № 2 (табл. 3.2.1).

#### ***Обладнання і реактиви для визначення запаху води***

Колба із притертою кришкою на 150 мл; конічна колба на 200 мл, скло, електрична піч.

#### ***Обладнання і реактиви для визначення прозорості води***

Диск Секкі; аркуш білого паперу з нанесеним "хрестом" або шрифтом №1; циліндр Генера.

#### ***Обладнання і реактиви для визначення каламутності води***

Фотоелектроколориметр; агатова ступка; скляна посудина діаметром 20 – 25 см і заввишки 30 – 50 см; сифон; паперовий беззольний фільтр "синя стрічка"; мірна колба місткістю 1 л; глина (або мул з відстійника); гексаметафосфат натрію ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> – стабілізатор суспензії, 0,1%-й розчин.

#### ***Обладнання і реактиви для визначення грубодисперсних зависей***

Беззольні фільтри середньої щільності "біла стрічка", що затримують зависі розміром 10 – 20 мкм; бюкси з кришками, сушильна шафа, скляна лійка, муфельна піч, фарфорові тиглі, щипці, аналітичні терези, конічні колби, мірні циліндри, ексікатор, пінцет.

### 3.2.3 Порядок виконання лабораторної роботи

#### ***Хід роботи для визначення кольоровості води***

Кольоровість визначають на фотоколориметрі. Для цього будують граду-йований графік за хромово-кобальтовою шкалою кольоровості (табл. 3.2.1): у мірні колби на 100 мл наливають зазначені об'єми розчину № 1, доливають до риски розчином № 2 і перемішують. Визначають оптичну густину отриманих розчинів на фотоколориметрі і будують градувальну криву залежності кольо-

ровості від оптичної густини. Потім вимірюють оптичну густину аналізованої води і визначають за графіком кольоровість (якщо вона більше 80°, воду розбавляють, а результати помножують на кратність розбавлення).

Під час визначення кольору води рекомендують визначати її оптичну густину на фотоелектроколориметрі з різними світлофільтрами. Проби води не консервують, визначення проводять упродовж 2 годин, заздалегідь профільтрувавши пробу і відкинувши перші порції фільтрату.

Оптичну густину вимірюють у кюветі з товщиною світлопоглинального шару 1 см порівняно з дистильованою водою. Довжина хвилі світла, яка найбільше поглинається водою, і є характеристикою її кольору. Слід пам'ятати, що видимий колір розчину є додатковим до кольору випромінювання, що поглинається (табл. 3.2.4).

Таблиця 3.2.4 – Довжина хвиль спектра і відповідне забарвлення

Довжина хвилі світла, що поглинається, нм	Колір випромінювання, що поглинається	Додатковий (видимий) колір розчину
400-450	Фіолетовий	Жовто-зелений
450-480	Синій	Жовтий
480-490	Зелено-синій	Оранжевий
490-500	Синьо-зелений	Червоний
500-560	Зелений	Пурпуровий
560-575	Жовто-зелений	Фіолетовий
575-590	Жовтий	Синій
590-605	Оранжевий	Зелено-синій
605-730	Червоний	Синьо-зелений
730-760	Пурпуровий	Зелений

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

За правилами скидання стічних вод у водойми природна вода при змішуванні має залишатися прозорою в шарі завтовшки 10 см. З цією метою в лабораторних умовах визначають ступінь розбавлення води, за якого колір її шару зазначеної товщини стане непомітним. Для цього на аркуш паперу ставлять три циліндри з прозорого скла діаметром 20 – 25 мм. У перший циліндр наливають стічну воду (висота шару 10 см), у другий стільки ж дистильованої води. В третьому циліндрі – стічна вода, яку поступово розбавляють доти, доки при огляді зверху розбавлена і дистильована вода не стануть однаковими.

### *Хід роботи для визначення запаху води*

Заповніть колбу досліджуваною водою на третину об'єму і закрийте пробкою. Збовтайте вміст колби. Відкрийте колбу і обережно, неглибоко вдихаючи

повітря, відразу ж визначите характер і інтенсивність запаху. Якщо запах не відчувається або запах невиразний, випробування можна повторити, нагрів воду в колбі до температури 60 °С: конічну колбу на 200 мл наповнюють на 1/2 її обсягу досліджуваною водою, закривають годинниковим склом і нагрівають до 60 °С. Потім колбу обертальним рухом збовтують і, зсунувши скло, швидко визначають запах.

Інтенсивність запаху визначите по 5-балльній системі згідно таблиці 3.2.2. Характер запаху визначите по табл. 3.2.3.

### ***Хід роботи для визначення прозорості води***

Вимірювання проводять у затінку чи в похмуру погоду. Диск Секкі опускають у воду, доки він стане невидимим. Записують глибину. Потім диск повільно підіймають, коли його стане видно, записують цю глибину. Середнє з трьох вимірів і буде прозорістю води за диском Секкі. Одночасно ця глибина приблизно означатиме *глибину літоралі*, тобто прибережної смуги, де можуть рости прикріплені до дна рослини.

### ***Хід роботи для визначення каламутності води***

При дослідженні природних вод 100 г глини розтирають з дистильованою водою у фарфоровій ступці, змиваючи розтерту глину в скляну посудину, яку потім заповнюють доверху дистильованою водою і, перемішавши, залишають стояти 60 хв.

Сифоном відбирають з посудини шар води заввишки 180 мм. Цей шар містить глинисту суспензію з часточками, що мають гідравлічний розмір менш як 0,05 мм/с. Суспензію води відфільтровують на щільному паперовому фільтрі, висушують при 105° С і розтирають в агатовій ступці. Наважку її в 1 г знову розтирають у ступці з дистильованою водою, змиваючи в мірну колбу місткістю 1 л, в яку налито 200 мл 0,1%-го розчину стабілізатора; об'єм доводять до риски водою (1 мл суспензії містить 1 мг глини).

З отриманої суспензії готують розбавленням суспензії з концентрацією завислих часточок 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60 мг/л, користуючись якими, будують градувальну криву фотометра, застосовуючи для малих концентрацій (до 10мг/л) кювету з товщиною світлопоглинального шару 50 мм і тонші кювети для зразків з вищим вмістом суспензії.

Фотометричні методи використовують лише при концентрації зависей менш як 100 мг/л, при більшому вмісті їх визначають гравіметричне, фільтруючи воду крізь беззольні паперові фільтри "синя стрічка" або мембранні фільтри.

Швидко і зручно вимірювати каламутність з допомогою турбідиметра (дослівно "вимірювача каламутності").



### *Хід роботи для визначення грубодисперсних зависей*

*Визначення суми органічних і неорганічних зависей.* Беззольні фільтри "біла стрічка" кладуть у бюкси і висушують з відкритими кришками при 105° С упродовж 2 год, охолоджують закриті бюкси з фільтром в ексікаторі і зважують на аналітичних терезах.

Крізь підготовлений таким чином фільтр пропускають 100 – 1000 мл природної чи стічної води (залежно від вмісту грубодисперсних часточок), осад зі стінок колби змивають невеликою порцією фільтрату в лійку з фільтром.

Після фільтрування фільтр з осадом переносять у той самий бюкс (бюкси і фільтри пронумерувати!), висушують при 105° С, охолоджують в ексікаторі і зважують, заклавши кришкою. Висушування, охолодження і зважування повторюють до досягнення сталої маси.

Масову концентрацію грубодисперсних домішок  $X$ , мг/л, обчислюють за формулою

$$X = \frac{(a - b) \cdot 1000}{V},$$

де  $a$  – маса бюкса з осадом на фільтрі, мг;

$b$  – маса бюкса з пустим фільтром, мг;

$V$  – об'єм води, мл.

*Визначення залишку після прожарювання (вміст мінеральних речовин).* Зважений після висушування фільтр з осадом обережно переносять пінцетом у задалегідь прожарений і зважений фарфоровий тигель, ставлять у холодну муфельну піч, доводять температуру до 700° С і прожарюють осад протягом 1 години. Вимикають муфельну піч, обережно виймають щипцями тигель, охолоджують в ексікаторі і зважують.

Масову концентрацію прожарених грубодисперсних часточок  $Y$ , мг/л, визначають за формулою

$$Y = \frac{(c - d) \cdot 1000}{V},$$

де  $c$  і  $d$  – відповідно маса тигля з фільтром до і після прожарювання, мг;

$V$  – об'єм аналізованої води, мл.

За різницею ( $X - Y$ ) визначають вміст органічних зависей, що за температури 700°С згоріли з утворенням переважно оксиду карбону (IV) і води.

Занесіть отримані результати по визначенню органолептичних властивостей води в табл. 3.2.5. Зробіть висновки про екологічний стан джерела, з якого була узята проба.

Таблиця 3.2.5 – Результати дослідів

Характеристика	Висновок (словесний опис)
Запах	
Кольоровість	
Прозорість	
Каламутність	
Грубо дисперсні зависі	

### Зміст звіту

1. Назва й мета лабораторної роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Опис порядку виконання лабораторної роботи.
4. Таблиця 2.5, в котру занесені спостереження дослідів.
5. Письмові висновки по виконанню лабораторної роботи.

### 2.5 Контрольні питання

1. Як виконати органолептичну оцінку води?
2. Які показники характеризують нешкідливість хімічного складу води?
3. Чим зумовлена кольоровість води у водоймі? Наведіть приклади.
4. На які групи за характером поділяють запах води?
5. Чи може нафтовий запах води мати природне походження ?
6. Від чого залежить прозорість води?
7. Що таке каламутність води?

## 3.3 Визначення кислотності опадів, котрі випадають в зонах забруднення

**Мета роботи:** вивчити вплив кислотності опадів на навколишнє природне середовище і навчитися визначити рН опадів.

### 3.3.1 Короткі теоретичні відомості

Для охорони навколишнього середовища має велике значення рішення проблеми кислотних опадів.

**Кислотними** називаються будь-які опади – дощі, тумани, сніг, – кислотність яких вище за нормальну. До них також відносять випадання з атмосфери сухих кислих частинок, більш вузько званих кислотними відкладеннями.

Кислотні опади обумовлені присутністю сірчаної ( $H_2SO_4$ ) і азотної ( $HNO_3$ ) кислот. Звичайно кислотність на дві третини складається з першої і на одну третину з другої, але багато в чому їх співвідношення визначається особ-

ливостями антропогенного забруднення атмосфери в конкретному регіоні. Присутність в цих формулах сірки і азоту указує на те, що проблема пов'язана з викидами даних елементів в повітря.

*Забруднення атмосфери з'єднаннями сірки.* З'єднання сірки потрапляють в атмосферу, як природним чином, так і в результаті антропогенної діяльності (табл. 3.3.1).

Таблиця 3.3.1 – Природні і антропогенні джерела забруднень атмосфери з'єднаннями сірки

Джерела	Кількість викидів в рік	
	млн. т.	%
Природні		
Процеси руйнування біосфери	30-40	29-39
Вулканічна діяльність	2	2
Поверхня океанів	30 - 200	–
Антропогенні	60–70	59–69

За відсутності джерел забруднення діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) зустрічається в атмосфері у вигляді нікчемних слідів. Єдиним крупним природним джерелом діоксиду сірки є вулканічна діяльність. В основному  $\text{SO}_2$  поступає в атмосферу в результаті людської діяльності.

Головна причина забруднення їм атмосфери – спалювання викопного палива, яке містить сірку. В процесі горіння частина сірки окислюється до  $\text{SO}_2$ . Серед використовуваних видів палива перше місце по постачанню діоксиду сірки займає кам'яне вугілля, друге – нафта, а природний газ знаходиться на третьому місці. Найбільш поширеними з'єднаннями сірки, що поступають в атмосферу, є діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ), сульфіти ( $\text{SO}_4$ ), сірковуглець ( $\text{CS}_2$ ) і сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

В результаті антропогенної діяльності в атмосферу потрапляють значні кількості сірки, головним чином у вигляді її діоксиду. Серед джерел цих з'єднань на першому місці стоїть вугілля, що спалюється в будівлях і на електростанціях, який дає 70% антропогенних викидів. Вміст сірки у вугіллі достатньо великий. В процесі горіння сірка перетворюється на сірчистий газ, а частина сірки залишається в золі в твердому стані. Вміст сірки в різних видах викопного палива приведені табл. 3.3.2.

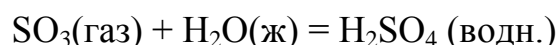
Основними джерелами освіти  $\text{SO}_2$  є також металургійна промисловість (переробка сульфідних руд міді, свинцю і цинку), а також підприємства по виробництву сірчаної кислоти і переробці нафти. Основної шкоди навколишньому середовищу завдає не стільки сам діоксид сірки, скільки продукт його окислення –  $\text{SO}_3$ .

Таблиця 3.3.2 – Вміст сірки в різних видах палива

Вид палива	Зміст сірки, %
Лігнін	1,1 – 1,6
Північне буре вугілля	2,8 – 3,3
Кам'яне вугілля	1,4
Нафта і нафтопродукти	0,1 – 3,7

Процес окислення здійснюється під дією кисню на пилоподібних частинках оксидів металів як каталізатори, в атмосферній волозі або під дією сонячного світла.

Газоподібний  $SO_3$  розчиняється в крапельках вологи з утворенням сірчаної кислоти



*Забруднення атмосфери з'єднаннями азоту.* Оксиди азоту утворюються в атмосфері як природним, так і антропогенним шляхом при горінні викопного палива. Забруднення атмосфери оксидами азоту в цілому порівняно невелике. Проте в районах з розвинутою хімічною промисловістю є локальні зони підвищеного вмісту  $NO$ ,  $NO_2$  в повітрі (табл. 3.3.3)

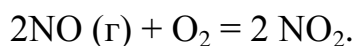
Таблиця 3.3.3 – З'єднання азоту і їх концентрації в приземному шарі атмосфери

З'єднання	Концентрація азоту, мкг/м <sup>3</sup>		
	забруднений район	віддалений район	океан
$NO$	5 - 50	0,05 – 0,5	0,05
$NO_2$	5-50	0,2 - 2,0	0,2
$HNO_3$	2	0,2- 2	0,2
$NH_3$	-	0,1 - 10	0,3
$NO_3$	2	0,1 – 0,4	0,02
$NH_4$	-	1,0 - 2,0	0,4

Основними антропогенними джерелами надходження оксидів азоту в атмосферу є спалювання всіх видів природного палива (12 млн.т./рік), транспорт (8 млн.т./рік) і промисловість (1 млн.т./рік).

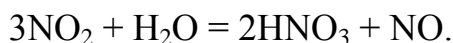
Монооксид азоту  $NO$  утворюється в малих кількостях в циліндрах двигунів внутрішнього згорання при прямій взаємодії кисню з азотом. В середньому виділення  $NO$  автомобілем складає 1-2 грами на 1 км пробігу.

Однією з важливих властивостей  $NO$  є його здатність реагувати з киснем з освітою  $NO_2$



Унаслідок цієї реакції деяка кількість діоксиду азоту присутня у вихлопних газах двигунів внутрішнього згорання.

Газоподібний діоксид азоту розчиняється в крапельках вологи з утворенням азотної кислоти



Вимиваючи з атмосфери  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і  $\text{HNO}_3$ , опади стають кислотними. Їх рН залежить від кількості як кислот, так і води, в якій вони розчинені. Сильні дощі звичайно менш кислотні. У туманів рН може впасти найнижче, оскільки тут кислоти розчинені у відносно меншій кількості вологи.

В даний час відомо, що кислоти можуть випадати з атмосфери і без води, самі по собі або з частинками пилу. Такі сухі кислотні відкладення можуть накопичуватися на поверхні рослин і при змочуванні невеликою кількістю вологи, наприклад, при випаданні роси, давати сильні кислоти. Отже, до кислотних опадів треба віднести і кислотну росу.

Мірою кислотності води є концентрація іонів водню  $[\text{H}^+]$ , виражена в моль/л. Молекула води слабо дисоціює з утворенням іонів водню  $\text{H}^+$  і гідроксид іонів  $\text{OH}^-$



У пробі чистої води концентрації  $[\text{H}^+]$  і  $[\text{OH}^-]$  рівні між собою і ці величини при  $25^\circ\text{C}$  складають  $10^{-7}$  моль/л. Розчини з однаковими концентраціями іонів водню і іонів гідроксиду називаються нейтральними

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ моль/л}.$$

Звичайно кислотність розчину виражають іншим способом. Замість концентрації іонів водню указують її десятковий логарифм, узятий із зворотним знаком. Ця величина називається водневий показник і позначається рН

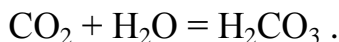
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Оскільки  $-\lg 10^{-7} = 7$ , означає, рН = 7 характеризує нейтральні розчини. У кислому середовищі концентрація  $[\text{H}^+]$  більше  $[\text{OH}^-]$ , а в лужних, навпаки, концентрація іонів гідроксиду більше, ніж іонів водню

$$[\text{H}^+] > [\text{OH}^-], \quad [\text{H}^+] > 10^{-7}, \quad \text{pH} < 7 \quad - \text{кисле середовище}$$

$$[\text{H}^+] < [\text{OH}^-], \quad [\text{H}^+] < 10^{-7}, \quad \text{pH} > 7 \quad - \text{лужне середовище}.$$

Чиста дощова вода не є нейтральною. У відсутність будь-яких забруднювачів у дощовій воді звичайно слабокисла реакція ( $\text{pH} = 5,6$ ), оскільки в ній легко розчиняється вуглекислий газ з повітря з утворенням слабкої вугільної кислоти (зміст вуглекислого газу в повітрі приблизно 0,032 % за об'ємом або 0,046 % по масі). В результаті утворюється слабка вугільна кислота



Таким чином, кислотними точніше називати опади з  $\text{pH} 5,5$  і нижче. Кислотні опади випадають в більшості промислових районів миру. Над східною частиною США і Канади, уздовж західного побережжя Північної Америки, а також майже над всією Європою  $\text{pH}$  дощу і снігу звичайно складає близько 4.5. Багато місць в межах цих регіонів регулярно одержують опади з  $\text{pH} 4.0$ . В окремих випадках  $\text{pH}$  дощу може бути набагато нижче, а туман і роса бувають кислотнішими, ніж дощ.

### Вплив кислотних опадів на екосистеми

Вже більше ста років кислотні опади визнаються серйозною проблемою в індустріальних і прилеглих ним районах, але їх вплив на екосистеми був відмічений тільки близько 35 років тому, коли рибакі відмітили різке скорочення популяцій риби в багатьох озерах Швейцарії, провінції Онтаріо (Канада) і гір Адірондак (штат Нью-Йорк). Шведські учені першими визначили, що вся справа в підвищеній кислотності води, і пов'язали її з ненормально низькими значеннями  $\text{pH}$  опадів. З тих пір з'ясувалися різні шляхи руйнівного впливу кислотних опадів на екосистеми (рис. 3.3.1).

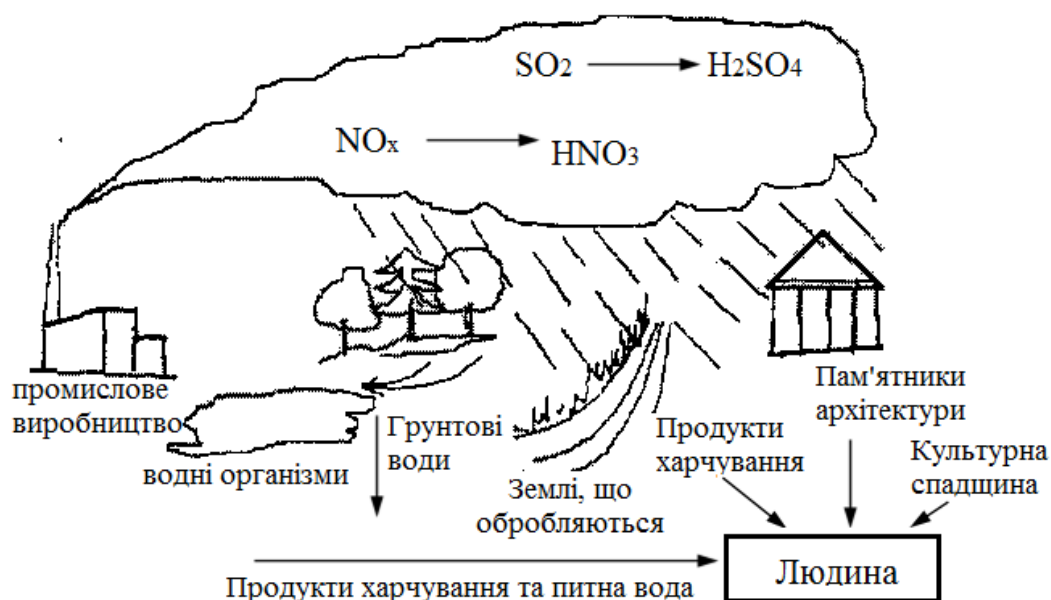


Рисунок 3.3.1 – Схема можливих напрямів впливу кислотних опадів на навколишнє середовище і людину

*Вплив на водні екосистеми.* Значення рН середовища надзвичайно важливе, оскільки від нього залежить діяльність практично всіх ферментів, гормонів і інших білків в організмі, регулюючих метаболізм, зростання і розвиток. Особливо схильні до впливу рН яйцеклітина, сперма і памолодь. Біля прісноводних озер, струмків і ставків рН води звичайно складає 6 – 7, і організми адаптовані саме до цього рівня.

При зміні рН води всього лише на одну одиницю в порівнянні з оптимумом вони в більшості випадків випробовують серйозний стрес і часто гинуть. Найбільш очевидний вплив кислотні опади роблять на водні екосистеми. У прісноводних водоймищах рН води звичайно рівний 6 – 7. Зниження рН до 5 приводить до поступового вимирання риб. Проте не можна вважати, що доросла риба просто гине у великому числі із-за підвищеної кислотності води в цих озерах.

Насправді сильно закислені води не дозволяють рибі нормально розмножуватися. Самки можуть виявитися не здатними вимітати ікру в кислій воді, якщо ж ікра все-таки потрапляє у воду, то вона або гине, або з неї вилуплюються нежиттєздатні мальки.

У багатьох районах, де кількість риби зменшилася унаслідок кислотних дощів, спостерігалися дуже холодні зими з рясними снігопадами. При таненні навколишніх снігів підкислена вода стікає в озера, що приводить до різкого збільшення кислотності. Танення снігів і підвищення кислотності за часом співпадають з нерестом риб. Таким чином, ікра, що вимечується, потрапляє в максимально кислу воду, яка спостерігається протягом року. Можна припустити, що по мірі скорочення чисельності риби зменшуватиметься і чисельність тих видів тварин, які харчуються рибою, таких, як білоголовий орлан, гагари, скопу, а також видра, нірка і ін.

Із-за дії кислотних дощів може скорочуватися чисельність жаб, жаб і тритонів. Багато хто з цих видів розмножується в тимчасових водоймищах, що виникають в період весняних дощів; вода в них може бути навіть кислішою, ніж в озерах, оскільки ці тимчасові водоймища утворені тільки дощовою водою з підвищеною кислотністю.

Коли середовище водних екосистем підкислене, практично всі організми швидко вмирають, якщо не із-за прямої дії іонів  $H^+$ , то із-за неможливості розмноження. Вплив кислотних опадів на екосистеми іноді посилюється в період танення снігів, коли кислотні опади, що все накопичилися за зиму, спрямовуються в струмки і річки якраз в період розмноження більшості організмів.

Додатковий збиток виникає у зв'язку з тим, що кислотні опади, просочуючись крізь ґрунт, здатні вилуговувати алюміній і важкі метали. Звичайно присутність цих елементів в ґрунті не створює проблем, оскільки вони зв'язані в нерозчинні з'єднання і, отже, не поглинаються рослинами. Проте при низькому значенні рН їх з'єднання розчиняються, стають доступними і надають сильну токсичну дію, як на рослини, так і на тваринах. Наприклад, алюміній, досить рясний в багатьох ґрунтах, потрапляючи в озера і річки, викликає аномалії розвитку і загибелі ембріонів риби.

*Вплив на ліси.* Кислотні дощі негативно впливають не тільки на тварин, але і на рослини. Досліди з моделюванням кислотних дощів в теплицях продемонстрували, що кислоти порушують захисний восковий покрив листя, роблячи рослини більш уразливими для комах, грибів і інших патогенних організмів.

Аналіз води біля різних природних угіддя за неоднакових умов показав, що кислотні опади значно збільшують вилуговування біогенів. Іони водню легко витісняють їх іони з частинок ґрунту і гумусу. Крім того, при низьких значеннях рН знижується активність редуцентів і азотфіксаторів, що ще більш загострює дефіцит біогенів. Всі ці обставини можуть викликати дефіцит біогенів, а значить, уповільнення зростання дерев і їх уразливість для природних ворогів і засух.

Крім того, при поглинанні ґрунтами кислотний дощ вилуговує солі калія, кальцію, магнію і, відносячи їх в шар підґрунтя, позбавляє рослини необхідних їм живильних речовин.

Багато рослин дуже чутливі до алюмінію. Кислотні опади впливають на вміст алюмінію в ґрунті, а він є елементом, токсичним для рослин і тварин. Цей елемент широко поширений: він присутній в значних кількостях в багатьох гірських породах і ґрунтових мінералах. У природних умовах з'єднання алюмінію практично не розчинні, тобто присутній в недоступній для рослин формі у фазі ґрунтових мінералів і тому нешкідливі. Підкислення переводить алюміній в розчинений стан, в якому він доступний рослинам і може в них накопичуватися, надаючи токсичну дію.

Цей процес називається мобілізацією, в даному випадку алюмінію. Інші токсичні елементи, зокрема ртуть і свинець, також можуть мобілізуватися при підкисленні середовища. Все це може привести до уповільнення зростання і загибелі дерев.

*Зниження буферної місткості.* Захистити систему від зміни рН при додаванні кислоти може буфер. Так називається речовина, здатна поглинати або вивільняти іони водню при даному значенні рН. Коли в систему, що містить буфер, додають кислоту, додаткові іони водню їм поглинаються і рН залишається практично незмінним.

Багато водоймищ і ґрунти як буфер містять вапняк ( $\text{CaCO}_3$ ). Озера, в підстилаючих породах яких присутній вапняк (осадкова порода, що складається з карбонату кальцію  $\text{CaCO}_3$ ), "чинять" опір закислянню води в них, оскільки карбонат кальцію нейтралізує кислоту



Фермери давно використовують вапно для нейтралізації кислих ґрунтів. Садівники охоче застосовують для тих же цілей яєчну шкаралупу, раковини устриць, що також складаються з карбонату кальцію.

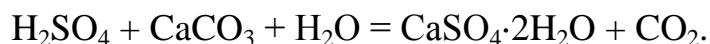
Ґрунти, так само як і водоймища, по-різному реагують на випадання кислотних опадів. Чим більше в ґрунті міститься карбонату кальцію, тим менше вона схильна до закисляння.



Проте можливості будь-якого буфера обмежена. Вапно, наприклад, просто витрачається, реагуючи з кислотою. Тому говорять про буферну місткість системи. Коли вона вичерпана, додаткові іони водню залишаються в розчині і відбувається відповідне пониження рН середовища.

При однаковій кількості кислотних опадів в першу чергу підкисляються і гинуть екосистеми з низькою буферною місткістю, а ті, у яких вона дійсно висока, не страждають.

*Вплив на людей і виробу.* Один з найбільш відчутних наслідків кислотних опадів – руйнування витворів мистецтва. Вапняк і мармур – улюблені матеріали для оформлення фасадів будівель і споруди пам'ятників. Під дією кислотних дощів прискорено корродують металоконструкції, порушується цілісність лакофарбних покриттів, руйнуються будівлі і пам'ятники архітектури. Пам'ятники і будівлі, що простояли сотні і тисячі років лише з незначними змінами, зараз розчиняються і розсипаються в кришиво. Кислотні опади руйнують будівельні матеріали, утворені карбонатом кальцію (мармур, вапняк і ін.). При взаємодії з сірчаною кислотою карбонат кальцію перетворюється на гіпс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), який легко кришиться, порушуючи цілісність конструкції



Більш того, мобілізація кислотними опадами алюмінію і інших токсичних елементів може привести до забруднення як поверхневих, так і ґрунтових вод. Як показано недавно, алюміній здатний викликати хворобу Альцгеймера, різновид передчасного старіння.

Проте якщо випадання кислотних опадів і надалі продовжуватиметься в колишньому об'ємі, набагато більшу дію на людство нададуть втрати озер і лісів, їх економічної, екологічної і естетичної цінності, а також наслідки посиленої ґрунтової ерозії. Очевидно, що відсутність прийнятної стратегії боротьби з цими опадами підриває основи стійкого розвитку суспільства.

Для попередження небезпечної дії кислотних опадів на екосистеми і антропогенні споруди необхідно добиватися зниження викидів в атмосферу оксидів сірки і азоту.

### 3.3.2 Устаткування і реактиви

В лабораторній роботі визначення рН дощових опадів виконується двома різними способами. Для визначення рН опадів по *способу № 1* необхідно таке устаткування і реактиви: бюретка на 25 мл; мірний циліндр на 25 мл; колби конічні на 250 мл – 3 шт; мірний стакан і воронка; розчин КОН; індикатор фенолфталеїн.

Для визначення рН опадів по *способу № 2* необхідно таке устаткування і реактиви: осадкомір або судини для збору і зберігання води; чашки для випаровування; водяна лазня; чашки Петрі; фільтрувальний папір; пінцет; індикаторний папір.

### 3.3.3 Порядок виконання лабораторної роботи

#### Визначення рН опадів (спосіб № 1)

1. У конічну колбу мірним циліндром відбирають 25 мл кислотних опадів певного зразка.
2. У бюретку, закріплену в штативі, наливають титрант КОН і доводять його об'єм до нульової відмітки, заздалегідь заповнивши носик бюретки.
3. У кожену колбу з кислотними опадами додають 3 – 4 краплі індикатора фенолфталеїну і титрують розчином КОН до переходу забарвлення від безбарвної до слабо-рожевої, незникаючої протягом 20 сек.
4. Результати титрування записують в табл. 3.3.4.
5. Знаходять середнє арифметичне з трьох визначень і отриманий результат підставляють у формулу, розраховуючи значення концентрації  $[H^+]$

$$C_{H^+} = \frac{C_{OH^-} \cdot V_{OH^-}}{V_{H^+}},$$

де  $C [OH^-]$  – концентрація КОН (г екв/л);

$V [OH^-]$  – об'єм розчину КОН, що пішов на титрування, мл;

$V [H^+]$  – об'єм кислотних опадів узятий для визначення, мл.

Таблиця 3.3.4 – Результати проведення лабораторної роботи

№ дос-ліду	Об'єм кис-лотних опадів, мл	Об'єм розчину КОН, що пішов на титрування, мл	Середнє арифме-тичне значення об'єму розчину КОН, мл	Значення концентрації $[H^+]$	рН опадів
1.					
2.					
3.					

6. Обчислюють значення рН за формулою

$$pH = - \lg C[H^+].$$

7. Отримані результати рН порівнюють з шкалою і роблять висновок про рН досліджуваного зразка.

#### Визначення рН опадів (спосіб № 2)

1. Опади збирають осадкоміром (у разі наявності такого). Їх можна також зібрати під час дощу в різних місцях в широкі судини, наприклад, крис-

талізатори. Можна використовувати який щойно випав сніг.

2. 600 мл опадів (у 3-кратній повторності) упарюють у випарювальних чашках на водяній лазні, постійно підливаючи нові порції рідини. Як заміну випарних чашок можна використовувати невеликі блюдця, а замість водяної лазні - високі консервні банки, на дно яких наливають воду.

3. Після випаровування дощової вологи в чашку додають по краплях 6 мл дистильованої води і ретельно розтирають осад скляною паличкою, зливаючи все в пробірку. Нові краплі води (3 рази) очищають чашку повністю. Об'єм рідини в пробірці повинен складати 6мл (концентрація збільшується в 100 разів). Для визначення рН опадів по сухому залишку використовують 1 мл рідини з пробірки.

4. рН визначають опусканням індикаторного папірця в рідину і порівнянням кольору, що змінився, з шкалою на коробочці індикаторного паперу. Застосовується наступна градація опадів, рН: сильнокислі (3-4), кислі (4-5), слабокислі (5-6), нейтральні (6-7), слаболужні (7-8), лужні (8-9), сильнолужні (9-10). Описати всі спостереження і зробити висновок по кислотності опадів.

5. Письмово роблять висновки значення рН по зміні кольору індикаторного папірця.

#### Зміст звіту

У звіті повинно бути:

1. Назва й мета лабораторної роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Порядок виконання лабораторної роботи по способу № 1 й способу № 2.
4. Розрахунки визначення рН опадів й таблиця 3.4.
5. Письмово зробити висновки.
6. Описати спостереження визначення рН опадів по способу № 2 й письмово зробити висновки.

#### Контрольні питання

1. Які опади називають „кислотними”?
2. Чим обумовлено виникнення кислотних опадів?
3. Назвіть причини потрапляння з'єднання сірки в атмосферу.
4. Назвіть причини потрапляння з'єднання азоту в атмосферу.
5. Від чого залежить рН опадів?
6. Що являється мірою кислотності води?
7. Наведіть приклади впливу кислотних опадів на екосистеми.

### 3.4 Дослідження забруднення харчових продуктів нітратами і їх визначення в різних овочевих культурах

**Мета роботи:** експериментально визначити вміст нітратів в різних овочевих культурах.

#### 3.4.1 Короткі теоретичні відомості

Нітрати - невід'ємна частина всіх наземних і водних екосистем, оскільки процес нітрифікації, ведучий до утворення окислених неорганічних з'єднань азоту, носить глобальний характер. В той же час, у зв'язку із застосуванням у великих масштабах азотних добрив, надходження неорганічних з'єднань азоту в рослини зростає. Надмірне споживання азоту добрив не тільки веде до акумуляції нітратів в рослинах, але і сприяє забрудненню водоймищ і ґрунтових вод залишками добрив, внаслідок чого територія забруднення сільгосппродукції нітратами розширюється. Проте накопичення нітратів в рослинах може походити не тільки від надлишку азотних добрив, але і при недоліку інших їх видів (фосфорних, калійних і ін.) шляхом часткової заміни бракуючих іонів іонами нітрату при мінеральному живленні, а також при зниженні у ряду рослин активності ферменту нітратредуктази, що перетворює нітрати в білки.

Зважаючи на це спостерігається чітка відмінність видів і сортів рослин по накопиченню і змісту нітратів. Існують, наприклад, види овочевих культур з великим і малим змістом нітратів. Так, накопичувачами нітратів є сімейства гарбузових, капустяних, селерових. Найбільша їх кількість міститься в листових овочах: петрушці, кропі, селері (табл. 3.4.1), найменше - в томатах, баклажанах, часнику, зеленому горошку, винограді, яблуках і ін.

І між окремими сортами існують в цьому відношенні сильні відмінності. Так, сорти моркви „шамгає”, „піонер” відрізняються низьким змістом нітратів, а „нантська”, „лосиноостровська” – високим. Зимові сорти капусти мало накопичують нітратів в порівнянні з літніми.

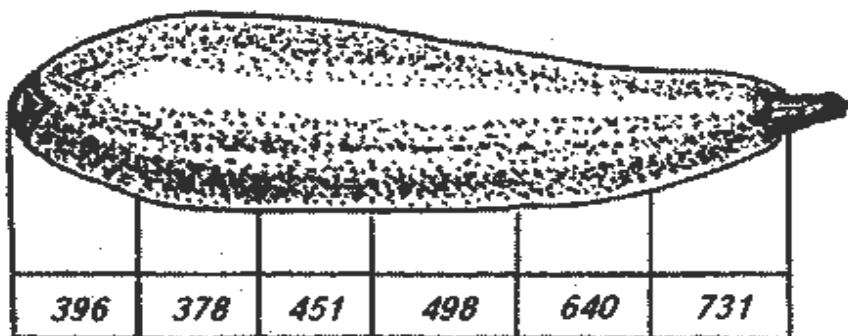
Найбільша кількість нітратів міститься в органах рослин, що смокчуть і провідних, – корінні, стеблах, черешках і жилках листя. Так, у капусти зовнішнє листя качана містить в 2 рази більше нітратів, ніж внутрішні. А в жилці листа і кочережки зміст нітратів в 2-3 рази більше, ніж в листовій пластинці (рис. 3.4.1). У кабачків, огірків і т.п. плодів нітрати убувають від плодоніжки до верхівки

В результаті вживання продуктів, що містять підвищену кількість нітратів, людина може захворіти метгемоглобінією. При цьому захворюванні іон  $NO_3$  взаємодіє з гемоглобіном крові, окисляючи залізо, що входить в гемоглобін, до тривалентного, а метгемоглобін, що утворився в результаті цього, не здатний переносити кисень і людина випробовує кисневу недостатність: задихається при фізичних навантаженнях.

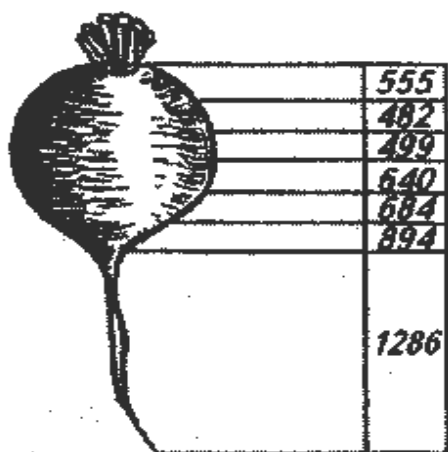
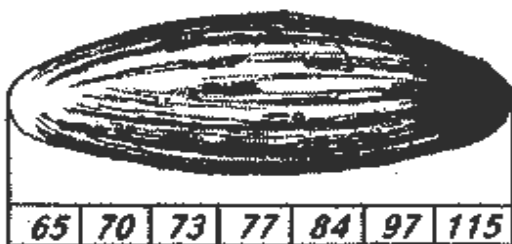
Таблиця 3.4.1 – Вміст нітратів в сільськогосподарській продукції і їх допустимі рівні (мг/кг сирової маси по іону нітрату)

Вид рослини	Зміст нітратів	Допустимі рівні	
		Для відкритого ґрунту	Для закритого ґрунту
Кавуни	40 - 600	60	-
Баклажани	80 - 270	-	-
Бруква	400 - 550	400	-
Горошок зелений	20 - 80	-	-
Дині	40 - 500	90	-
Капуста білокачанна	600 - 3000	900	-
Кабачки	400 - 700	400	400
Картопля	40 - 980	250	-
Крес-салат	1300 - 4900	2000	3000
Лук зелений	40 - 1400	600	800
Лук ріпчастий	60 - 900	80	-
Морква	160 - 2200	400	-
Огірки	80 - 560	150	400
Перець солодкий	40 - 330	200	400
Петрушка (зелень)	1700 - 2500	1800	-
Редька чорна	1500 - 1800	1300	-
Редиска	400 - 2700	1500	-
Ріпа	600 - 900	700	-
Салат	400 - 2900	2000	3000
Буряк їдальний	200 - 4500	1400	-
Томати	10 - 180	150	300
Кріп	400 - 2200	2000	3000
Квасоля	20 - 900	-	-
Часник	40 - 300	-	-
Шпинат	600 - 4000	1200	-
Щавель	240 - 400	-	-

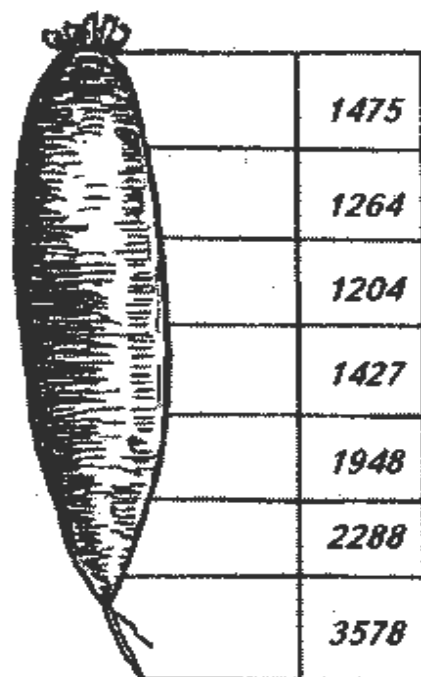
кабачок



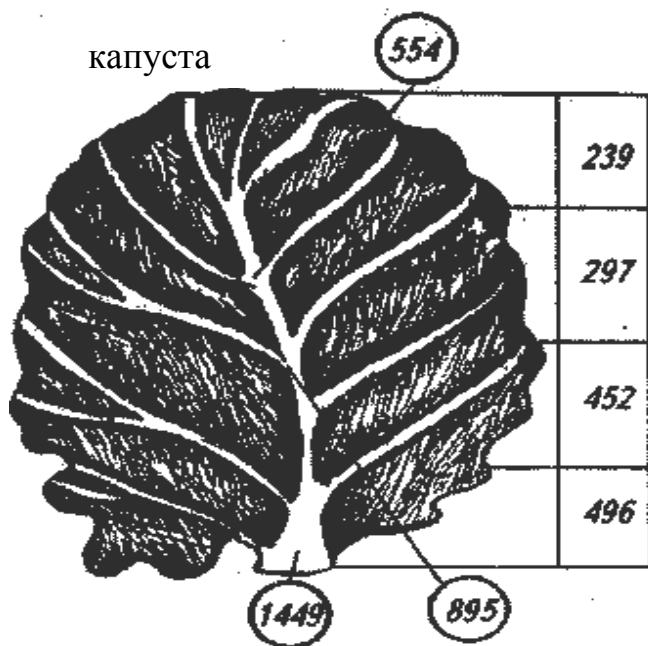
огірок



редиска



капуста



кавун

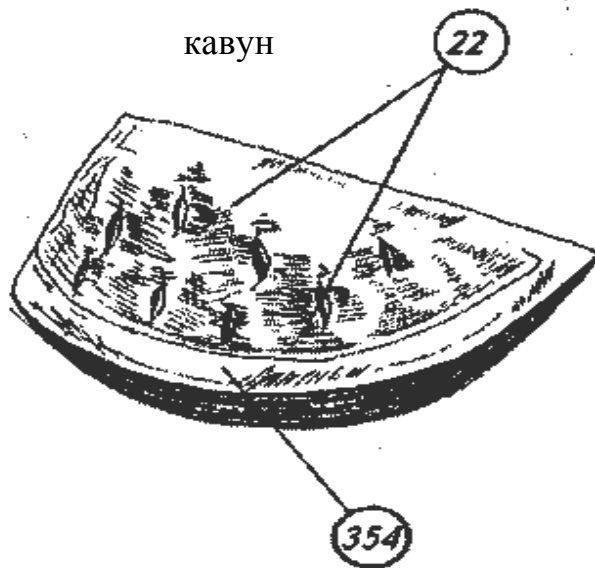


Рисунок 3.4.1 – Розподіл нітратів в рослинах (мг/кг сирої маси)

У шлунково-кишковому тракті надмірна кількість нітратів під дією мікрофлори кишечника перетворюється на токсичний нітрит, а далі можливо перетворення їх в нітросоаміни - сильні канцерогенні отрути, що викликають пухлини. У зв'язку з цим при вживанні в пишу рослин – накопичувачів нітратів важливо нітрати розбавляти і вживати в малих дозах. Зміст нітратів можна зменшити вимочуванням, кип'яченням продуктів (якщо відвар не використовується), видаленням тих частин, які містять велику кількість нітратів.

Допустимі норми нітратів (за даними ВІЗ) складають 5 міліграм (по іону нітрату) в добу на 1 кг маси дорослої людини, тобто при масі 50 – 60кг – це 220 – 300 міліграм, а при 60 – 70 кг – 300 – 350 міліграм.

### 3.4.2 Устаткування і реактиви

У даній лабораторній роботі викладений метод визначення нітратів у різних видів, сортів, тканин і частин овочевої продукції, який заснований на добре відомій реакції іона нітрату з дифеніламіном. При цьому пропонується застосування двох варіантів: з використанням вичавленого соку і цілих рослин. Для виконання лабораторної роботи знадобляться наступне устаткування і реактиви:

- 1) ступки малі з товкачами; 2) предметні стекла; 3) марлеві серветки; 4) дрібні місткості – бульбашки з-під Пеніциліну з пробками; 5) піпетки хімічні на 5 мл; 6) піпетки медичні; 7) скальпелі; 8) 1%-ний розчин дифеніламіну в концентрованій сірчаній кислоті; 9) початковий розчин  $NaNO_3$  для побудови калібрувальної кривої; 10) дистильована вода; 11) термостійкий хімічний стакан на 0,5 - 1 л для кип'ячення овочів; 12) електроплитка.

### 3.4.3 Порядок виконання лабораторної роботи

Студентам необхідно принести різні овочі, куплені в магазині або з власної земельної ділянки, що містять найбільшу кількість нітратів (табл. 3.4.1), з нефарбованим соком (капуста, огірки, кабачки, картопля, диня і ін.). Овочі слід вимити і обсушити.

Студенти умовно “ділиться” на 4 підгрупи і кожна підгрупа виконує своє завдання.

*Перша підгрупа студентів* готує серію калібрувальних розчинів:

- 1) У одну з бульбашок наливають 10 мл початкового розчину  $NaNO_3$ , відповідного по концентрації максимальному змісту нітратів в овочах (див. табл. 2.1) - 3000 міліграм на кг. Слід зазначити, що в окремих органах рослин зустрічаються і значно великі концентрації.

- 2) Серію калібрувальних розчинів готують шляхом розбавлення навпіл попереднього розчину: до 5 мл початкового розчину додається 5мл дистильованої води, збовтується і т.д.

3) Розбавлення проводиться 7 разів, тобто одержують серію розчинів з різним змістом нітратів: 3000, 1500, 750, 375, 188, 94, 47, 23 мг/кг.

4) Під наочне скло підкладається лист білого паперу, на скло капають дві краплі розчину, що вивчається, і дві такі ж краплі дифеніламіну в триразовій повторності.

5) Описують реакцію згідно градації, приклад якої представлений табл. 3.4.2.

б) Одержану градацію використовує решта підгруп студентів для своїх типів аналізів.

Таблиця 3.4.2 – Характер забарвлення

Бали	Характер забарвлення	Зміст нітратів, мг/кг
6	Сік або зріз забарвлюються швидко і інтенсивно в синяво-чорний колір. Забарвлення стійке і не пропадає	>3000
5	Сік або зріз забарвлюються в темно-синій колір. Забарвлення зберігається якийсь час	3000
4	Сік або зріз забарвлюються в синій колір. Забарвлення настає не відразу	1000
3	Забарвлення світло-синє, зникає через 2 - 3 хвилини	500
2	Забарвлення швидко зникає» забарвлюються, головним чином провідні пучки	250
1	Сліди блакитної; швидко зникаючого забарвлення	100
0	Немає ні блакитного, ні синього забарвлення. На цілих рослинах можливо порозовіння	0

*Друга підгрупа студентів визначають вміст нітратів в соку овочів:*

1) Овочі і плоди розчленовують на частини: а) зона, що примикає до плодоніжки, б) шкірка, в) периферійна частина, г) серединна частина (кочережка у капусти), жилки, лист без жилок.

2) Кожний із студентів даної підгрупи вибирає свою частину овоча для дослідження.

3) Вирізані частини дрібно ріжуть ножом і швидко розтирають в ступці.

4) Сік віджимають через 2-3 шару марлі.

5) 2 краплі соку капають на чисте наочне скло, покладене на білий папір і додають 2 краплі дифеніламіну.

б) Швидко описують всі спостережувані реакції і згідно складеною першою підгрупою таблиці 3.4.2 записують свої спостереження у формі таблиці 3.4.3.

7) Досвід повторюють 2-3 рази.



8) У разі сумнівів у вмісті нітратів в тій або іншій частині овочевої продукції капають поряд калібрувальний розчин з відомою концентрацією речовини і повторюють реакцію з дифеніламіном.

Таблиця 3.4.3 - Схема запису - Вміст нітратів в різних овочах

Досліджувана рослина	Частина	Бали	Зміст нітратів, мг/кг
1) Картопля свіжа	а) Під шкіркою б) Серединна частина		
2) Картопля відварна	а) Під шкіркою б) Серединна частина		
3) Капуста	а) Жилки б) Кочережка в) Лист		
4) Капуста відварна	а) Жилки б) Кочережка в) Лист		
5) Відвар	Серединна частина		

Третя підгрупа студентів визначають вміст нітратів у відварних овочах і у відварі:

- 1) Аналіз починають з капусти і картоплі
- 2) Поміщають ці овочі в термостійкий хімічний стакан з киплячою дистильованою водою і кип'ячать 10 - 15 хв.
- 3) Після кип'ячення аналізують відварні овочі, і відвар.
- 4) За час варива готують необхідне устаткування.
- 5) По закінченню часу варива овочі дістають і дають їм трохи охолонуться.
- 6) В цей час проводять дослідження на відварі з-під овочів.
- 7) 2 краплі відвару капають на чисте наочне скло, покладене на білий папір і додають 2 краплі дифеніламіну.
- 8) Швидко описують всі спостережувані реакції і згідно складеною першою підгрупою таблиці 3.4.2 записують свої спостереження у формі таблиці 3.4.3.
- 9) У разі сумнівів у вмісті нітратів в тій або іншій частині овочевої продукції капають поряд калібрувальний розчин з відомою концентрацією речовини і повторюють реакцію з дифеніламіном.
- 10) Точно також досліджують і відварні овочі: капають декілька кра-

пель дифеніламіну на самі овочі і аналізують реакцію.

*Четверта підгрупа студентів* визначають вміст нітратів в цілих овочах:

- 1) Відрізують у свіжих овочів частини у вигляді товстих зрізів: шматки стебел, черешків, плодів.
- 2) Кладуть їх на смужку воскового паперу.
- 3) Капають на різні частини зрізу по декілька крапель 1%-ного розчину дифеніламіну в сірчаній кислоті, відзначають фарбування згідно вищенаведеної шкали.
- 4) При цьому у разі малих концентрацій нітратів в продукції і за відсутності синього забарвлення може наступити порозовіння тканини унаслідок її обвуглювання від  $H_2SO_4$  в реактиві дифеніламіну.

Всі методи визначення дають можливість оцінити і порівняти різні тканини овочевих і інших рослин не тільки в умовах лабораторії, але і, наприклад, прямо в полі, де вирощують різні овочі. Вони перевірені і добре діють на хлібних злаках, картоплі, коренеплодах, овочах, бобових, багаторічних травах для оцінки забезпеченості різних сільгоспкультур азотом. Показано, що нітрати зникають у фазі цвітіння, але їх багато в період вегетативного зростання, яке і повинен бути використаний для оцінки. Нітрати відразу утилізувалися (не виявляються в аналізах) в меристемах, в нирках, бутонах і квітках різних сільгоспкультур.

#### Зміст звіту

1. Назва й мета лабораторної роботи.
2. Стисло викласти теоретичні відомості.
3. Описати хід виконання лабораторної роботи.
4. Заповнити за своїми спостереженнями форму таблиці 4.2.
5. Представити таблицю 4.3 з результатами досліджень.
6. Написати висновки по лабораторній роботі.

#### Контрольні питання

1. Що називають нітратами?
2. Назвіть шляхи забруднення оточуючого середовища нітратами.
3. В яких овочах та в яких частках овочів знаходяться найбільша кількість нітратів?
4. Чим небезпечні нітрати для людини?
5. Назвіть допустимі норми споживання нітратів.

### 3.5 Оцінка якості бджолиного меду. бджоли як біоіндикатор стану довкілля

**Мета роботи:** дослідити якість різних сортів бджолиного меду.

#### 3.5.1 Короткі теоретичні відомості

Поняття "живої речовини" як сукупності всіх рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, що населяють Землю, ввів В.Вернадський.

Живий світ планети налічує близько 0,5 млн. видів рослин і понад 1,5 млн. видів тварин. Біомаса живих організмів становить лише 0,0001 % від маси біосфери. Якби зрівняти поверхню планети і рівномірно розподілити всю живу речовину на ній, товщина цього живого покриву становила б усього 2 см. Але різноманіття видів і їх біомаса дуже нерівномірно розподілені: найбагатші тропічні вічнозелені ліси – гілеї (біомаса рослин становить 765 млрд. т, тварин – 330 млн. т; у них понад 8000 видів рослин і 4/5 видів тварин); найбідніша тундра, де росте всього до 500 видів рослин; у тайзі біомаса рослин – 240 млрд. т, тварин – 37 млн. т.

У середньому біомаса на Землі становить  $2,243 \cdot 10^{12}$  т, з якої 97 % припадає на біомасу зелених рослин суші і 3.% – на тварини і мікроорганізми.

Основна кількість живої речовини зосереджена на межі літосфери й атмосфери та у верхній частині гідросфери.

Живі організми відрізняються від неживої матерії:

- здатністю акумулювати енергію Сонця (*фототрофи*) та енергію хімічних перетворень (*хемотрофи*) – безпосередньо, чи використовуючи хімічну енергію спожитої їжі; одержана енергія витрачається на створення впорядкованої структури тіл, збільшення біомаси, розмноження, виконання роботи;
- можливістю створення собі подібних, але це не просте самокопіювання, а процес, що супроводжується певною мінливістю ознак, що збільшує їх адаптаційні можливості і здатність змінюватися в часі;
- протіканням хімічних реакцій з високою швидкістю за звичайних умов завдяки біологічним каталізаторам – ферментам.

Все розмаїття живого світу поділяють на два надцарства – *прокаріоти* (доядерні організми) та *еукаріоти* (ядерні організми), які, своєю чергою, поділяються на царства, а останні – на підцарства (рис. 3.5.1).

Жива речовина є не лише біотичним компонентом біосфери, а й її творцем завдяки кільком хімічним функціям, які вона виконує: газовій, концентраційній, окисно-відновній, біохімічній. Недаремно В.Вернадський сказав, що "**Жива речовина – це сукупність організмів, яка подібно масі газу розтікається по земній поверхні і створює певний тиск у навколишньому середовищі, обходить перешкоди, які заважають її просуванню, або ними оволодіває, їх покриває. Цей рух досягається шляхом розмноження організмів**".

З наведених матеріалів зрозуміло, яким багатогранним є світ, що нас оточує, які складні взаємозв'язки існують між живими організмами, а також між ними та природним середовищем.

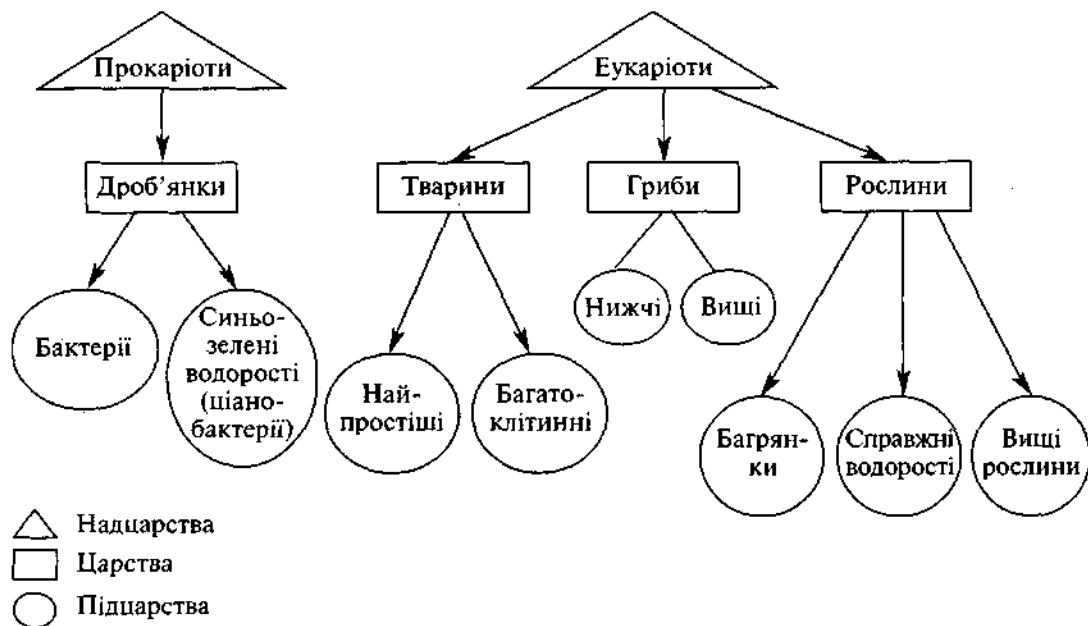


Рисунок 3.5.1 – Класифікація живої речовини

Мед – це продукт переробки комахами – бджолами нектару квіткової рослини або паді. Збираючи нектар і пилок, бджола запилює рослини, дістаючи за це їжу, якою ділиться і з людиною. В обніжжі, яке бджола приносить до вулика за один раз (16 - 25 мг), знаходиться 3 - 4 млн пилкових зерен. Нектар містить воду, фруктозу, глюкозу, невеликі кількості органічних кислот, ефірних олій, азотовмісних сполук, мінеральних речовин тощо (до складу пилку входять протеїни, амінокислоти, вуглеводи, вітаміни (В1, В2, РР, С, пантотенова та фолієва кислоти, біотин), глікозиди (рутин), антибіотики, стимулятори росту).

Кожна квітка неповторна за хімічним складом пилку й нектару, тому бджола, перелітаючи з квітки на квітку, щоразу збагачує свою продукцію поживними речовинами і мікроелементами, роблячи її особливою.

Мед – один з найцінніших харчових продуктів, здавна його використовують з лікувальною метою. В меду гинуть дизентерійна та кишкова палички, стрептококи й стафілококи. Медом гоять рани. Властивості меду залежать від квітів, з яких зібраний нектар, тому й мед відрізняється за густиною, кольором, запахом, смаком: прозорий, як вода, – ожиновий; темно-коричневий, найбагатший на білки й ферум, – гречаний; золотистий з ніжним запахом – лавандовий; дуже густий, білуватий з тонким ароматом і приторний на смак – ріпаковий.

Одна квітка софори японської виділяє 0,8 – 1,0 мг цукру з нектаром, з одного дерева бджола може зібрати до 15 кг меду, медоносність 72 – 300 кг/га; 1 га білої акації дає 200 – 500 кг меду, а в найсприятливіші роки – до 1 тис. кг; медопроодуктивність соняшнику – 30 – 75 кг/га, фацелії – 180 – 1500 кг/га (одна

квітка фацелії квітне 1 – 2 дні і виділяє від 0,15 до 15 мг нектару, даючи світло-зелений з ніжним запахом і смаком мед).

Зважаючи на це, збирачі меду – бджоли – можуть бути екологічними індикаторами. Мед часто фальсифікують, тому добре самому вміти визначати його якість та біологічну активність.

### 3.5.2 Устаткування і реактиви

Для виконання лабораторної роботи знадобиться наступне устаткування і реактиви:

1. Проби меду, котрий студенти повинні принести на лабораторну роботу.
2. 10%-й розчин меду.
3. Дистильована вода.
4. Пробірки, мірні циліндри на 10 мл.
5. Скляні палички, ложечки або шпателі.
6. Хімічний олівець.
7. Фільтр, папір.
8. Предметні стекла і покривні скельця.
9. 5%-й розчин йоду; ацетатна та хлоридна кислоти; етанол; розчин  $\text{AgNO}_3$  ( $C = 0,1$  моль/л); діетиловий ефір; 1 %-й розчин резорцину; основний фуксин.

### 3.5.3 Порядок виконання лабораторної роботи

Викладач умовно поділяє групу студентів на 2 – 4 підгрупи. Кожна підгрупа вибирає для досліду свій сорт меду (принесений із дому студентами). На різних сортах меду виконуються нижче приведені дослідження якості меду. Всі данні спостереження заносять у табл. 3.5.1.

Таблиця 3.5.1 – Результати виконання лабораторної роботи

Сорт меду	Види якості бджолиного меду	Візуальні спостереження	Недолік (-), або перевага (+)
	1. Механічні домішки у меду		
	2. Домішки борошна або крохмалю		
	3. Домішки крейди		
	4. Домішки крохмальної патоки		
	5. Домішки цукрового сиропу		
	6. Домішки інвертного цукру		
	7. Зрілість меду		
	8. Вологість меду		

### ***Визначення механічних домішок у меду***

У пробірку наливають 2 мл меду, доливають 5 мл дистильованої води. Мед розчиняється, а домішки осідають на дно або спливають на поверхню.

### ***Визначення домішок борошна або крохмалю***

У пробірку до 2 мл меду і 5 мл дистильованої води додають кілька крапель розчину йоду. За наявності домішок борошна чи крохмалю розчин забарвлюється в синій колір.

### ***Визначення домішки крейди***

До водного розчину меду (1:2 чи 1:3) додають кілька крапель ацетатної кислоти або оцту. За наявності крейди мед піниться (виділяється  $\text{CO}_2$ ).

### ***Визначення домішки крохмальної патоки***

До водного розчину меду додають декілька крапель 96%-й етанолу. За наявності патоки розчин набуває молочно-білого кольору, а після відстоювання на дні залишається напіврідка маса декстрину. За відсутності патоки розчин стає прозорим, а на межі мед – спирт утворюється невелика каламуть, яка при збовтуванні зникає.

### ***Визначення домішки цукрового сиропу***

До 10%-го розчину меду додають  $\text{AgNO}_3$  або ляпіс. Поява білого осаду свідчить про наявність домішок.

### ***Визначення домішки інвертного цукру (реакція Саліванова)***

До 5 г меду додають ефір (для зв'язування фруктози). Ефірний розчин профільтровують у фарфорову чашку, випарюють і до залишків додають 1%-й свіжоприготовлений розчин резорцину в концентрованій хлоридній кислоті. Поява оранжево-вишнево-червоного забарвлення свідчить про наявність інвертного цукру.

### ***Визначення зрілості меду***

Набирають на ложечку мед і обертають її навколо своєї осі. Зрілий мед намотується на ложечку і стікає з неї безперервними нитками; незрілий просто стікає з ложечки. Визначення слід проводити при  $20^\circ \text{C}$ , оскільки температура впливає на густину меду.

### ***Визначення вологості меду (до 21,5 % за стандартом)***

Наносять краплю меду на папір і занурюють у нього хімічний олівець. Якщо утворюється чорнильна пляма, то вологість меду висока, якщо ні – мед добрий.

#### Зміст звіту

1. Назва й мета лабораторної роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Опис порядку виконання лабораторної роботи.
4. Таблиця 3.5.1, в котру занесені спостереження дослідів якості меду.
5. Письмові висновки по досліді якості меду.

#### Контрольні питання

1. Що таке „Жива речовина”?
2. Яка існує класифікація живої речовини?
3. Які вимоги висувають до живих організмів з метою використання їх як індикаторів стану навколишнього середовища ?
4. Чому бджола може бути екологічним індикатором ?
5. Які якості бджолиного меду досліджують?

### **3.6 Оцінка рівня радіаційного фону та забрудненості води, ґрунту, харчових продуктів**

**Мета роботи:** лабораторна робота виконується з метою вивчення основних понять радіоактивності, негативного впливу радіації на оточуюче середовище та ознайомлення з приладами й методами для виміру потужності випромінювання, радіаційного фону та рівня забрудненості води, ґрунту, харчових продуктів за  $\gamma$ -випромінюванням.

#### 3.6.1 Короткі теоретичні відомості

##### Радіоактивність та види іонізуючого випромінювання

**Радіація** — це іонізуюче випромінювання, що виникає у процесі самочинного розпаду ядра атома нестабільного нукліда хімічного елемента.

**Якісною характеристикою** випромінювання є вид та енергія випромінювання, **проникна здатність**, **період піврозпаду**, **кількісною** — активність (радіоактивність).

**Радіоактивність** - це здатність ядер деяких хімічних елементів мимоволі розпадатися з утворенням ядер нових хімічних елементів і випусканням іонізуючого випромінювання.

Кожен хімічний елемент може мати декілька **ізотопів**, які містять в ядрі однакову кількість протонів, але різне число нейтронів і однакове число електронів в атомній оболонці. Ізотопи посідають одне і те ж місце в періодичній системі елементів. Розрізняють стабільні (стійкі) ізотопи і нестабільні (радіоактивні) ізотопи. Хімічні елементи, що займають в періодичній системі місця з 1-го по 83-є мають як стабільні, так і радіоактивні ізотопи; наприклад, водень складається з трьох ізотопів: двох стабільних ( $^1\text{H}$  протій,  $^2\text{H}$  дейтерій) і одних радіоактивних ( $^3\text{H}$  тритій). Найважчим елементом, що має стабільний ізотоп, є вісмут (Ві,  $z=83$ ). Елементи, що стоять в періодичній системі після вісмуту, стабільних ізотопів не мають, наприклад, уран складається з трьох радіоактивних ізотопів  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ .

Швидкість розпаду радіоактивного ізотопу характеризується **періодом напіврозпаду** ( $T_{1/2}$ ) - це час, за який розпадається половина радіоактивної речовини. Період напіврозпаду не залежить від кількості речовини і завжди постійний (період напіврозпаду радону  $^{222}\text{Rn} = 3,8$  доби, урану  $^{235}\text{U} = 7 \cdot 10^8$  років,  $^{238}\text{U} = 4,5 \cdot 10^9$  років).

Радіоактивний розпад має статистичну природу; атомні ядра перетворюються незалежно один від одного; кожен радіонуклід має характерну для нього вірогідність розпаду. Для окремого атома нестабільного нукліда не можна передбачити момент його перетворення. Вірогідність розпаду обумовлена властивостями даного виду ядер, тобто вона не залежить від хімічного і фізичного стану радіонукліда.

**Іонізуючими** називають такі випромінювання, які, проходячи через середовище, викликають її іонізацію. Крім іонізації випромінювання можуть спричинити збудження молекул середовища. Енергію іонізуючого випромінювання вимірюють в позасистемних одиницях електрон-вольтах (eV),  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Ультрафіолетове випромінювання і видиме світло не відносять до іонізуючих.

**За своєю природою** іонізуюче випромінювання буває **фотонним** і **корпускулярним**. Фотонне випромінювання включає  $\gamma$ -випромінювання і рентгенівське випромінювання.

$\gamma$ -випромінювання - це фотонне випромінювання, що виникає при зміні енергетичного стану атомних ядер або при анігіляції частинок (наприклад, електрона і позитрона). Воно володіє високою проникною здатністю (середній пробіг фотонів в повітрі складає близько ста метрів, а в біологічній тканині - до 10 - 15 см), представляє основну небезпеку як джерело зовнішнього опромінювання. Рентгенівське випромінювання - це фотонне випромінювання, що складається з гальмівного або характеристичного випромінювання. Під гальмовим розуміють випромінювання, що виникає при зменшенні кінетичної енергії заряджених частинок, а під характеристичним - що виникає при зміні енергетичного стану електронів атома.



Корпускулярне випромінювання - це іонізуюче випромінювання, що складається з частинок масою, відмінною від нуля. Воно буває наступних видів:

-  $\beta$  ( $\beta^+$ ,  $\beta^-$ ) - випромінювання, що складається з електронів або позитронів, випускається при ядерних перетвореннях. Бета-частки володіють малим пробігом (декілька метрів в повітрі і декілька сантиметрів в біологічній тканині), випромінювачі бети небезпечні при проникненні в легені і шлунково-кишковий тракт як внутрішні опромінювачі;

-  $\alpha$ - випромінювання, що складається з частинок, що мають будову, аналогічну ядру атома гелію, тобто з двох протонів і двох нейтронів, альфа-частки володіють дуже малим пробігом (не більше декількох сантиметрів в повітрі і не більше 0,1 мм в біологічній тканині). Випромінювачі Альфи небезпечні при проникненні всередину організму як джерела внутрішнього опромінювання;

- протонне випромінювання, що складається з протонів;

- нейтронне випромінювання, що складається з нейтронів.

### Одиниці виміру іонізуючих випромінювань

**Активність** джерела радіаційного випромінювання характеризується числом ядерних перетворень в одиницю часу і виражається в беккерелях (Бк): 1Бк = 1 розпад в секунду (позасистемна одиниця Кюри - Кю =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк).

Поле, що створюється джерелом іонізуючого випромінювання, має наступні характеристики:

1. **Експозиційна доза рентгенівського і гамма-випромінювання**  $D_0$  визначається по іонізації повітря. Вона є відношенням сумарного заряду  $dQ$  всіх іонів одного знаку, створених в сухому повітрі ( $T = 288\text{K}$ ,  $P = 101325 \text{ Па}$ ), коли всі електрони і позитрони, звільнені фотонами в елементарному повітря масою  $dm$ , повністю зупинилися, до маси повітря у вказаному :

$$D_0 = dQ / dm$$

Одиниця виміру - кулон на кілограм, Кл/кг. Використовується і позасистемна одиниця виміру - рентген, Р ( $1 \text{ Р} = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ ).

2. **Потужність експозиційної дози**  $P_0$  – приріст експозиційної дози в одиницю часу

$$P_0 = dD_0 / dt$$

Одиниця виміру – Ампер на кілограм, А/кг. Позасистемна одиниця Р/с ( $1 \text{ А/кг} = 3,88 \text{ Р/с}$ ).

Поглинання енергії випромінювання об'єктами природи характеризується наступними параметрами:

1. **Поглинена доза випромінювання  $D$**  – це енергія іонізуючого випромінювання  $dE$ , поглинена опромінюваною речовиною і розрахована на одиницю його маси

$$D = dE / dm$$

Одиниця виміру поглиненої дози - грій, Гр. Позасистемна одиниця радий, 1Гр = 100 радий = 1 Дж/кг.

2. **Потужність поглиненої дози  $P$**  – приріст поглиненої дози випромінювання  $dD$  в одиницю часу

$$P = dD / dt, \text{ Гр/с} = \text{Вт/кг.}$$

При характеристиці поглинання опромінювання біологічними об'єктами використовують наступні поняття:

1. **Еквівалентна доза  $H_{\text{екв}}$**  – основна дозиметрична величина в області радіаційної безпеки, котра введена для оцінки можливої шкоди здоров'ю людини від хронічної дії іонізуючого випромінювання довільного складу. Еквівалентна доза – величина поглинутої дози  $D_{\text{погл}}$ , помножена на середній коефіцієнт якості конкретного виду випромінювання (радіаційний взвішений фактор; коефіцієнт біологічної активності).

Системною одиницею поглинутої дози є зіверт (Зв), несистемною - бер - поглинута доза будь-якого іонізуючого випромінювання, що має таку саму біологічну активність, як і 1 рад рентгенівського чи  $\gamma$ -випромінювання (1 Зв = 100 бер).

2. **Потужність еквівалентної дози** – приріст еквівалентної дози в одиницю часу. Одиниця потужності еквівалентної дози - зіверт в секунду (Зв/с).

3. **Ефективна еквівалентна доза (ЕЕД)** – сума добутків еквівалентної дози, отриманої кожним органом, на відповідний ваговий коефіцієнт, що враховує різну чутливість органів до випромінювання. ЕЕД забезпечує порівнянність і приведення нерівномірного опромінювання тіла до такої ж оцінки його наслідків, як і при рівномірному опромінюванні. Ця величина вимірюється в зівертах, Зв. Наприклад, доза опромінення легенів 1 мЗв відповідає ЕЕД = 0,12 мЗв, тобто показує, що при рівномірному опромінюванні всього тіла дозою 0,12 мЗв вірогідність ризику від опромінення така ж, що і при опромінюванні дозою 1 мЗв лише легенів.

### Природні і антропогенні джерела іонізуючих випромінювань

У всіх природних біотоп завжди спостерігається певний природний рівень радіації, навіть за відсутності яких-небудь технічних джерел.

Земна поверхня служить джерелом багатьох видів випромінювання оскільки вона містить різні природні радіоактивні елементи: уран, торій, радій, актиній і т.д. Крім того, в ґрунті і воді зустрічається два радіоактивні ізотопи  $^{40}\text{K}$  і

$^{14}\text{C}$ , які активно впроваджуються в живий організм. Внаслідок розпаду природного урану в атмосферу виділяється проміжний продукт розпаду - радіоактивний інертний газ радон  $^{222}\text{Rn}$  і  $^{219}\text{Rn}$ .

Вся біосфера піддається також дії випромінювань, що приходять космосу. До складу космічного випромінювання входять протони (більше 90%),  $\alpha$ -частинки (7%), ядра важких елементів (1%). Переважна його частина має галактичне походження, лише невелика частка пов'язана з активністю Сонця. Космічне випромінювання спричиняє різні радіаційно-хімічні процеси у верхніх шарах атмосфери. У міру наближення до поверхні Землі його роль стає зневажливо малій унаслідок зменшення інтенсивності випромінювання.

Антропогенна зміна радіаційної обстановки в біосфері пов'язана в основному з ядерними випробуваннями, місцями поховання ядерних відходів і об'єктами ядерної енергетики. Внаслідок антропогенних процесів в біосфері посилилися потоки природних і штучних радіонуклідів, збільшився природний фон іонізуючих випромінювань, зросло число зон підвищеної радіаційної дії.

Людина в нормальних умовах піддається опромінюванню від мало інтенсивних природних і техногенних фонових джерел випромінювання, які впливають ззовні і зсередини.

На відкритій місцевості на рівні моря і для середніх широт середньорічна ЕЕД, обумовлена зовнішнім космічним випромінюванням складає близько 0,37 мЗв. ЕЕД від зовнішніх бета- і гамма-джерел опромінювання, що містяться в земній корі, досягає 0,3 мЗв. Середньорічна ЕЕД від внутрішніх бета-, гамма- і альфа-джерел опромінювання природного походження, що знаходяться в тілі людини (в основному радіонуклід калій-40, присутній в м'язовій тканині) і надходять в організм з повітрям, водою і їжею, рівна 0,4 мЗв.

Найбільш значним джерелом опромінювання є радон-222, що відноситься до інертних газів і є короткоживучим продуктом розпаду урану-238. Основну частину ЕЕД від радону, рівної 1,3 мЗв, людина отримує, перебуваючи в закритому, непродітованому приміщенні. Радон проникає в будівлю з ґрунту або виділяється будівельними матеріалами мінерального походження, що містять незначні кількості урану-238 (граніт, цеглина і т.д.), і внаслідок ізоляції приміщень, що покращалась, накопичується в них.

Таким чином, середня ефективна еквівалентна доза, яку людина отримує щорічно від природних джерел випромінювання різних видів, складає приблизно 2,4 мЗв. Значення природного радіаційного фону (потужність еквівалентної дози) коливаються залежно від місцевості в межах 0,05 - 0,2 мкЗв/ч. У аномальних місцях, де близько до поверхні підходять гранітні масиви або ґрунти, що містять підвищені концентрації природних радіонуклідів, поблизу будинків, фанерованих гранітом, фон досягає 0,4 мкЗв/ч і вищих рівнів.

Радіаційний рівень, відповідний природному фону 0,1 - 0,2 мкЗв/ч, прийнято вважати нормальним, рівень 0,2 - 0,6 мкЗв/ч вважається допустимим, а рівень понад 0,6 - 1,2 мкЗв/ч з урахуванням коефіцієнта екранування вважається підвищеним.

Перебування в приміщенні призводить до ослаблення рівня зовнішнього опромінювання. Коефіцієнт екранування для кам'яних будинків рівний 10, а для дерев'яних - 2. З іншого боку, будівлі збільшують дози опромінювання за рахунок радіонуклідів, що знаходяться в будівельних матеріалах, з яких вони споруджені. Наприклад, в цегляних і панельних будинках потужність дози в 2 - 3 рази більше, ніж в дерев'яних. Зовнішній радіаційний фон може бути збільшений внаслідок науково-технічної діяльності людини.

В процесі життя (під час відпочинку, перельотів на літаках, при медичних обстеженнях) окремі особи піддаються або можуть піддаватися додатковому опроміненню. Значення ЕЕД для різних видів можливого опромінення приведені в табл. 3.6.1.

Таблиця 3.6.1 – Ефективні еквівалентні дози опромінювання від різних джерел випромінювання

Вид опромінювання	ЕЕД
Проглядання кінофільму по кольоровому телевізору на відстані 2м від екрану	0,01 мкЗв
Політ протягом 1 ч на літаку, що летить швидкістю нижче за швидкість звуку*	4 - 7 мкЗв
Політ протягом 1 ч на надзвуковому літаку*	10 - 30 мкЗв
Флюорографія	0,1 - 0,5 мЗв
При кількох рентгенівських обстеженнях за рік	до 0,004 Зв
При постійному тривалому щоденному перегляді телепередач	до 0,0002 - 0,0005 Зв
При тривалому перебуванні на сонці, особливо на пляжі	0,01 - 0,05 Зв

\* доза опромінення залежить від висоти польоту.

Внесок в річну ефективну еквівалентну дозу опромінювання радіоактивних випадань внаслідок ядерних випробувань не перевищує 1%, від атомної енергетики - менше 0,1% від природного фонового опромінення.

Таким чином, за все життя (70 років) людина може без великого ризику набрати радіацію в 35 бер.

### Чутливість живих організмів до радіації

Експериментальне опромінення численних видів рослин і тваринних організмів виявило величезні коливання чутливості організмів до опромінювання. Часова доза радіації, смертельна для 50% організмів, складає 400 бер для людини, 1000 - 2000 - для риб і птахів, 1000 - 150 тис. - для рослин і 100 тис. бер - для комах.

Чутливість організмів до опромінення тим більше, чим вище їх організація. Отже, найбільш схильний до дії радіації людина.

Дія радіації на людину залежить від багатьох чинників: - від дози і потужності дози, тобто одна і та ж доза, але розтягнута в часі, чинить меншу ушкоджувальну дію, чим одноразова могутня доза; - від віку (найбільш схильні до дії радіації люди у віці до 25 років); - від чутливості до радіації різних органів людського тіла (найбільшою сприйнятливістю володіють кровотворні органи, епітелій кишечника, шкіри, менш чутливі м'язова і кісткова тканини); і т.д.

#### Екологічні наслідки радіаційного забруднення навколишнього середовища

Екологічне значення ізотопів різне. Радіоактивні речовини коротким періодом напіврозпаду (менше двох діб) не представляють великої небезпеки для біотоп (за винятком вибухів) оскільки зберігають високий рівень радіації не тривалий час. З іншого боку речовини, з дуже довгим періодом напіврозпаду (уран-238), також не дуже небезпечні, оскільки вони в одиницю часу випускають дуже слабе випромінювання.

Таким чином, найбільш небезпечними радіоактивними елементами є ті, у яких період напіврозпаду змінюється від декількох тижнів до декількох років. Цього часу достатньо для того, щоб згадані елементи змогли проникнути в різні організми і накопичитися в харчових ланцюгах.

Слід зазначити, що при однаковому рівні забруднення екосистеми радіоактивними речовинами небезпечнішими для біоценозу вважаються ізотопи елементів, які є основними доданками живої речовини ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{326}\text{P}$ ,  $^{45}\text{Ca}$ ,  $^{131}\text{J}$  і т.д.). Менш небезпечні радіоактивні речовини, що рідко зустрічаються, які слабо або зовсім не поглинаються живими організмами (наприклад, інертний газ радон).

Велику небезпеку представляють ізотопи, по своїх хімічних властивостях схожі на елементи, що активно поглинаються живими організмами. Наприклад, стронцій-90 (схожий на кальцій) і цезій-137 (схожий на калій) є найбільш небезпечними ізотопами, які можуть отруїти навколишнє середовище, потрапивши в неї у вигляді відходів атомної промисловості або при випаданні радіоактивних осадів, що послідували за ядерним вибухом в атмосфері. Стронцій із-за схожості з кальцієм легко проникає в кісткову тканину хребетних, тоді як цезій накопичується в м'язах, заміщаючи калій. Оскільки періоди напіврозпаду цих елементів відповідно дорівнюють 28 і 33 рокам, вони залишаються в зараженому організмі і можуть накопичуватися в кількостях, здатних заподіяти шкоду здоров'ю.

Оскільки не існує яких-небудь біологічних або хімічних способів прискорити процес радіоактивного розпаду, боротьба з радіаційним забрудненням повинна носити попереджувальний характер.

### 3.6.2 Устаткування і реактиви

Дозиметр – радіометр побутовий ИРД-0251 або "Белла", дозиметр – радіометр "ЗКО" чи інші

### 3.6.3 Порядок виконання лабораторної роботи

#### ***Визначення потужності еквівалентної дози у-випромінювання***

Встановлюють перемикач режиму роботи в положення "мкЗв/год"; вмикають прилад і дають прогрітися 1 хв.

Встановлюють прилад у місці, де хочуть визначити потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання. Через 25 – 30 с дані цифрового табло відповідають цій величині, вираженій у мікрозівртах за годину (мкЗв/год) або мікрорентгенах за годину (мкР/год). Слід брати середнє значення з трьох-п'яти послідовних даних.

Результати заносять у таблицю 3.6.2

Таблиця 3.6.2 – Результати вимірів

№ досліджу	Дані приладу	Потужність дози		Середнє значення	
		мкЗв/год	мкР/год	мкЗв/год	мкР/год
1.					
2.					
3.					

Робиться висновок про рівень радіаційного фону, користуючись наведеними нижче даними й табл. 3.6.1.

#### Ступені опромінення людини

4,5 Зв (450 бер) – тяжкий ступінь променевої хвороби (вмирає 50% опромінених);

1,0 Зв (100 бер) – нижній рівень розвитку легкого ступеня променевої хвороби;

0,75 Зв (75 бер) – короточасні незначні зміни складу крові;

0,30 Зв (30 бер) – опромінення під час рентгеноскопії шлунка (місцеве);

0,25 Зв (25 бер) – допустиме аварійне опромінення персоналу АЕС (разове);

0,10 Зв (10 бер) – допустиме аварійне опромінення населення (разове);

0,05 Зв (5 бер) – допустиме опромінення персоналу АЕС за нормальних умов за рік;

0,03 Зв (3 бер) – опромінення під час рентгенографії зубів;

- 0,005 Зв (500 мбер) (0,06 мбер/рік) – допустиме опромінення населення за нормальних умов за рік;
- 0,001 Зв (100 мбер) (0,011 мбер/рік) – фонове опромінення; за рік;
- 0,0001Зв (1мкбер) – перегляд одного футбольного матчу по телебаченню.

**Визначення рівня забрудненості проб води, ґрунту, харчових продуктів за гамма-випромінюванням**

Готують пробу (в скляні банки місткістю від 0,5 до 3л або в поліетиленові пакети вносять рідину чи тонко подрібнений продукт так, щоб їх кількість не досягала краю горловини на 3 – 5 мм).

Не знімаючи екран з детектора, перемикач встановлюють у положення "мкЗв/год", вмикають прилад і через 60 с встановлюють його чутливою поверхнею впритул до горловини. Через 25 – 30 с записують середнє значення з 3 – 5 послідовних даних.

Приймають пробу і, встановивши прилад на те саме місце, вимірюють фоновий показ приладу, значення якого віднімають від попереднього ("ЗКО" робить це автоматично). Отриману різницю множать на 800 для банки місткістю 3 л, на 1000 (2 л), 1200 (1 л), 1500 (0,5 л). Результат відповідає об'ємній активності проби в беккерелях на літр (Бк/л). Роблять висновок про рівень забрудненості проб, оформивши результати спостережень у табл. 3.6.3.

Таблиця 3.6.3 – Результати спостережень

№ дослідіду	Досліджуваний об'єкт	Середнє значення, мкЗв/год	Фонове значення, мкЗв/год	Об'ємна активність проби, Бк/л

**Зміст звіту**

1. Назва й мета лабораторної роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Опис порядку виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці 3.6.2 та 3.6.3, в котру занесені результати вимірів та спостереження дослідів.
5. Письмові висновки по рівню радіаційного фону та забруднення.

**Контрольні питання**

1. Що таке радіація?
2. Які називають випромінювання іонізуючими?

3. З яких видів складається корпускулярне випромінювання?
4. Назвіть одиниці виміру еквівалентної дози та потужності еквівалентної дози опромінення.
5. Назвіть природні джерела радіоактивності.
6. Від яких чинників залежить небезпечність радіоактивного забруднення довкілля?
7. Якими шляхами радіонукліди потрапляють в організм людини?
8. Від чого залежить вплив радіації на людину?



## РОЗДІЛ IV ТЕМАТИКА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

1. Типи організмів в екосистемах.
2. Роль фотосинтезу у біосфері.
3. Соціоекологія як розділ екології.
4. Стан навколишнього природного середовища Центральної України.
5. Альтернативна енергетика.
6. Атомна енергетика та її вплив на довкілля.
7. Атмосфера Землі, її будова, склад та екологічне значення.
8. Атомна енергетика України як екологічно небезпечна галузь.
9. Бактеріологічна зброя.
10. Типи екосистем.
11. Агроекосистеми.
12. Біосфера та сучасні погляди на її проблеми.
13. В. І. Вернадський і сучасна екологія.
14. Теорія біосферної саморегуляції.
15. Дія принципу Ле-Шательє в біосфері.
16. Ноосферизм та теорія ноосфери.
17. Наукова спадщина С. Подолинського у формуванні уявлень про збалансоване природокористування.
18. Взаємодія людини і суспільства із природним середовищем.
19. Можливість коеволюції людини і природи.
20. Витоки і розвиток ноосферної ідеї В. І. Вернадського.
21. Вплив атомних електростанцій (АЕС) на навколишнє середовище.
22. Екологічне значення гідросфери.
23. Вплив природних катастроф на життєдіяльність людей.
24. Глобальна екологічна криза та екологічне становище України.
25. Нетрадиційні екологічні концепції.
26. Екологічна ситуація в Європі та її вплив на міжнародні відносини.
27. Екологічні проблеми зони відчуження.
28. Екологічні проблеми найважливіших галузей аграрного сектора економіки.
29. Екологічні правопорушення та юридична відповідальність за них.
30. Діяльність уряду України в галузі охорони довкілля.
31. Демографічні проблеми людства та їх екологічне значення.
32. Джерела фтору та вплив фтору на людський організм.
33. Джерела екологічної кризи ХХ століття та її вплив на біосферу.
34. Енергетичні забруднення довкілля.
35. Шумові забруднення довкілля.
36. Вібраційні забруднення довкілля.
37. Електромагнітні забруднення довкілля.
38. Ультрафіолетове забруднення довкілля.
39. Теплові забруднення довкілля.
40. Джерела радіоактивних ізотопів у ґрунтах, воді, контактних середовищах.

## РОЗДІЛ V ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ

### 1. Центральне завдання сучасної екології:

- а) охорона природи;
- б) раціональне використання природних ресурсів;
- в) дослідження живої компоненти біосфери, пізнання всіх процесів функціонування життя.

### 2. Завдання традиційної екології:

- а) вивчення загального стану сучасної біосфери;
- б) остаточне вирішення екологічної проблеми;
- в) екологічна освіта.

### 3. Об'єкт традиційної екології:

- а) екологічні системи планети всіх рівнів та їх елементи;
- б) взаємозв'язки між живими організмами;
- в) природні ресурси.

### 4. Предмет традиційної екології:

- а) живі організми;
- б) абіотичні фактори середовища;
- в) взаємозв'язки між живими організмами, їх групами різних рангів, живими і неживими компонентами екологічних систем, а також особливості впливу природних і антропогенних чинників на функціонування екологічних систем та біосфери в цілому.

### 5. Складові традиційної екології:

- а) аутоекологія, демекологія, синекологія;
- б) біоекологія, геоекологія, техноекологія та соціоекологія;
- в) екологічний моніторинг, екологічна експертиза, екологічний аудит.

### 6. Перше визначення екології дав:

- а) І. Кант;
- б) Е. Геккель;
- в) В. Вернадський.

### 7. Експедиційні дослідження – це:

- а) спостереження у польових умовах;
- б) дослідження в лабораторіях;
- в) іонообмінна хроматографія.

### 8. Система – це:

- а) “Чорна скринька”;
- б) сукупність взаємопов'язаних і взаємозалежних складових, об'єднаних у просторі і часі для існування чи виконання якогось призначення;
- в) екосистема.

9. Модель – це:

- а) представлення реального об'єкта, системи або поняття у вигляді, що відрізняється від його реального стану існування;
- б) певне відображення дійсності;
- в) відображення дійсності, в якому передаються всі її властивості.

10. Мета моделювання полягає у:

- а) отримання інформації про об'єкт;
- б) визначення хімічного складу речовин;
- в) отримання даних про місце об'єкту у просторі.

11. Експеримент – це:

- а) змішування хімічних речовин у пробірках;
- б) проведення у визначених умовах серії дослідів для спостереження за станом об'єкта дослідження, які дозволяють стежити за його змінами і відтворювати їх кожний раз під час повторення дослідів;
- в) певні дії дослідника, спрямовані на отримання наукового результату.

12. Біосфера – це:

- а) земна сфера, де живе і куди тимчасово проникає людство;
- б) безрозмірна стійка система живих і неживих компонентів, у якій відбувається зовнішній і внутрішній кругообіг речовини й енергії;
- в) нижня частина атмосфери, вся гідросфера і верхня частина літосфери землі, які населені живими організмами.

13. Агроекологія це:

- а) комплексна наукова дисципліна, що досліджує закономірності, характерні для культурних рослин та домашніх тварин;
- б) наука, що вивчає агросферу і взаємозв'язок людини з довкіллям у процесі сільськогосподарської діяльності;
- в) наука, що займається виведення нових сортів сільськогосподарських культур рослин.

14. Екологічна ніша – це:

- а) роль і функція, які виконує даний вид у середовищі перебування;
- б) всі популяції, що населяють одну територію;
- в) взаємопов'язана сукупність організмів.

15. Антропоцентризм це:

- а) дотримання гасла: “Природа є центром світу й головною цінністю”;
- б) дотримання гасла: “Природа існує для людини”;
- в) дотримання гасла: “Людина є центром світу й головною цінністю”.

16. Природоцентризм це:

- а) система поглядів, згідно з якою жива природа є основою світобудови;
- б) світогляд, згідно з яким центром всесвіту є людина;
- в) система поглядів, згідно з якою наша планета – Земля – є самостійною живою істотою.

17. Сталий розвиток – це:

- а) такий розвиток, що задовольняє потреби теперішнього часу, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби;
- б) такий розвиток, який зберігає природу;
- в) уповільнений розвиток.

18. Довкілля – це:

- а) природа, яка навколо нас;
- б) сукупність взаємопов'язаних природних, видозмінених природних, штучно утворених та соціальних компонентів в оточенні якої живе організм і з якою він безпосередньо взаємодіє;
- в) те, що повинен охороняти еколог.

19. Умови природного середовища – це:

- а) сукупність організмів, абіотичних тіл і явищ, які впливають на окрему особину, популяцію або угруповання;
- б) атмосфера, гідросфера, літосфера;
- в) абіотичні фактори.

20. Екологічні фактори – це:

- а) всі складові природного середовища, які впливають на існування та розвиток організмів, і на які живі організми відповідають реакціями пристосування;
- б) умови природного середовища;
- в) лише біотичні фактори.

21. Абіотичні фактори природного середовища – це:

- а) вплив живих організмів;
- б) форми людської діяльності;
- в) сукупність неорганічних умов середовища перебування.

22. Антропогенні фактори – це:

- а) клімат, ґрунти, рельєф;
- б) ті, що зумовлені діяльністю людини: вирубування лісів, регулювання річок, меліорація, хімізація, інтродукція (введення в культуру) нових видів рослин чи тварин;
- в) живі організми, підтримувані людиною.

23. Екологічна валентність – це:

- а) підтримання стану внутрішньої динамічної рівноваги;
- б) пристосування до екстремальних умов існування;
- в) здатність живого організму пристосовуватися до зміни умов навколишнього середовища.

24. Екологічний фактор, рівень якого наближається до будь-якої межі діапазону витривалості організму і заходить за цю межу, називаються:

- а) біотичний;
- б) лімітуючий;
- в) антропогенний.

25. Еврібіонти – це:

- а) організми, що можуть жити у досить вузьких межах пристосування;
- б) організми, на життя яких майже не впливають природні умови;
- в) організми, що можуть жити у досить широких межах пристосування.

26. Стенотермні організми – це:

- а) організми, які не здатні витримувати значні коливання температури;
- б) організми, які здатні витримувати значні коливання температури;
- в) організми, на життя яких не впливає зміна вологості.

27. Біотичні фактори природного середовища – це:

- а) весь комплекс впливу на живий організм, що виникає в результаті його співіснування з іншими рослинами та тваринами;
- б) клімат, ґрунти, рельєф;
- в) живі організми, підтримувані людиною.

28. Екологічна ніша:

- а) визначає місце людини у природі;
- б) визначає екологічний діапазон певного виду стосовно факторів зовнішнього середовища;
- в) визначає екологічний діапазон певного виду стосовно факторів абіотичного середовища.

29. Природні ресурси – це:

- а) компоненти і сили природи, які на даному етапі розвитку продуктивних сил та виченості використовуються або можуть бути використані як засоби виробництва і предмети споживання, для задоволення матеріальних та духовних потреб суспільства;
- б) руда, вода, ґрунти, ліси;
- в) атмосфера, гідросфера, літосфера, біосфера.

30. Унітарні організми – це:

- а) багатоклітинні організми;
- б) організми, які складаються з однієї клітини;
- в) вищі рослини.

31. Модулярні організми – це:

- а) ті що складаються з однієї клітини;
- б) багатоклітинні організми які володіють можливістю “поділу праці” між клітками колонії;
- в) нижчі рослини.

32. Великий кругообіг – це:

- а) біологічний кругообіг;
- б) геологічний кругообіг;
- в) кругообіг води.

33. Малий кругообіг – це:

- а) геологічний кругообіг;

- б) біологічний кругообіг;
- в) геобіохімічний кругообіг.

34. Транспірація – це:

- а) фізіологічний процес випаровування води рослинами;
- б) кругообіг азоту в біосфері;
- в) випаровування води з поверхні світового океану.

35. У кругообігу речовин у біосфері приймають участь усього хімічних елементів:

- а) 80;
- б) 250;
- в) 32.

36. ФАР – це:

- а) ультрафіолетове випромінювання сонця;
- б) природне випромінювання, яке призводить до іонізації;
- в) частина загального потоку короткохвильової радіації, обмеженої довжинами хвиль, в межах яких радіація може бути використана при фотосинтезі.

37. Фотосинтез – це:

- а) процес надрукування фотографій;
- б) процес утворення органічної речовини із неорганічної зеленими рослинами за участю світла;
- в) ретрансляція енергії сонця у біомасу.

38. Глобальні проблеми людства стосуються:

- а) країн з потужною промисловістю;
- б) усіх країн;
- в) країн, які розвиваються.

39. Глобальна проблема, пов'язана з ростом міст:

- а) урбанізація;
- б) демографічна;
- в) екологічна.

40. Стаціонарні джерела це:

- а) пересувні джерела забруднення;
- б) джерела, які мають постійний викид шкідливих речовин;
- в) джерела викиду оксиду вуглецю.

41. Глобальному потеплінню сприяє емісія:

- а) фреону;
- б) кисню;
- в) діоксиду вуглецю.

42. Хемосинтез – це:

- а) реакція синтезу білків;

- б) окислювально-відновна реакція синтезу органічних речовин із вуглекислого газу та води за допомогою енергії світла;
- в) тип живлення бактерій, оснований на засвоєнні CO<sub>2</sub> за рахунок окислення неорганічних сполук.

43. Елемент, який практично не засвоюється живими організмами в чистому вигляді:

- а) азот;
- б) вуглець;
- в) кисень.

44. Кисень найбільшу участь бере в реакціях:

- а) відновлення;
- б) окислення;
- в) розпаду.

45. Екологічне мислення – це:

- а) постійна думка про природу;
- б) аналіз усіх господарських рішень, які приймаються, з точки зору збереження навколишнього середовища;
- в) частина загальнолюдської культури.

46. Ноосфера – це:

- а) вища стадія еволюції біосфери, пов'язана з виникненням і розвитком у ній людства;
- б) наука, що вивчає роль антропогенної діяльності у процесах творення та руйнування біосфери;
- в) верхня частина атмосфери.

47. Під глобальною екологічною проблемою розуміється:

- а) деградація навколишнього природного середовища як в результаті нераціонального природокористування, так і в результаті забруднення відходами людської діяльності;
- б) погіршення стану довкілля;
- в) погіршення умов існування людини.

48. Екологічний імператив передбачає, що:

- а) суспільство повинне навчитися погоджувати свої потреби з можливостями біосфери;
- б) треба відмовитись від науково-технічного прогресу;
- в) треба всіх агітувати за охорону природи.

49. Рівні організації живої матерії:

- а) одноклітинні, багатоклітинні;
- б) організмові, популяційні, екосистемні;
- в) клас, порядок, родина.

50. Організм – це:

- а) біологічний індивід, цілісна жива система, що підтримує самостійне існування завдяки пристосувальній взаємодії з середовищем існування;

- б) окрема особина у живій природі;
- в) окремий вид у живій природі.

51. Популяції – це:

- а) всі організми, що населяють одну територію;
- б) сукупність організмів з однаковими морфологічними якостями;
- в) група особин одного виду організмів, яка населяє одну територію і здатна обмінюватись генетичною інформацією.

52. Синекологія вивчає:

- а) популяцію і її середовище;
- б) стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і навколишнім середовищем;
- в) окремий вид у живій природі.

53. Угруповання – це:

- а) поєднання популяцій різних видів, що існують у просторі і часі;
- б) поєднання організмів одного виду, які населяють суміжні території;
- в) група особин одного виду організмів, яка населяє одну територію і здатна обмінюватись генетичною інформацією.
- г) група особин одного виду організмів, яка населяє одну територію і здатна обмінюватись генетичною інформацією.

54. Демекологія вивчає:

- а) популяцію і її середовище;
- б) окремий вид у живій природі;
- в) стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів.

55. Середовище мешкання організму – це:

- а) наявність джерел харчування для організму;
- б) комплекс природних тіл і явищ, з якими організм знаходиться у прямих або опосередкованих зв'язках;
- в) біотичні фактори, які оточують організм.

56. Адаптація – це:

- а) мімікрія;
- б) природний відбір;
- в) пристосування організму чи його окремих органів до певних умов середовища.

57. Організми, що мешкають у широкому діапазоні температур.

- а) евригалінні;
- б) евритермні;
- в) стенотермні.

58. Аутоекологія вивчає:

- а) вплив екологічних умов на живі організми і реакцію організмів на їх зміни;
- б) популяцію і її середовище;
- в) окремий вид у живій природі.



59. **Форми зв'язків між організмами:**
- а) хижацтво, паразитизм, коменсалізм;
  - б) зграї, отари, стада;
  - в) популяція, угруповання.
60. **Структура угруповання характеризується:**
- а) числом біотопів живих організмів;
  - б) числом видів, що утворюють його, та їх відносною чисельністю;
  - в) числом екологічних ніш живих організмів.
61. **Види організації угруповань:**
- а) біоценози, геоценози;
  - б) популяції, екосистеми;
  - в) царство, підцарство.
62. **Параметром угруповання, що враховує число видів і співвідношення їх чисельності є:**
- а) індекс різноманітності Симпсона;
  - б) індекс варіативності Сміта;
  - в) індекс дисперсності Розенфельда.
63. **Біологічна продуктивність угруповань визначається:**
- а) лише фітомасою;
  - б) лише зоомасою;
  - в) біомасою, що утворена на певній території за одиницю часу.
64. **Основи системного підходу:**
- а) дослідження об'єктів, як автономної системи;
  - б) дослідження об'єктів, як системи із різноманітними зв'язками між складовими системами і з іншими системами;
  - в) дослідження популяцій.
65. **Системний підхід в екології підтверджується її визначенням:**
- а) “Екологія — це наука про екологічні системи”;
  - б) “Екологія – це наука про живі організми”;
  - в) “Екологія – це наука про взаємодію живих організмів”.
66. **Термін “екосистема” запропонував:**
- а) В. І. Вернадський;
  - б) А. Генслі;
  - в) Ч. Дарвін.
67. **В якому з варіантів відповідей невірно названий один із ступенів організації екосистем:**
- а) консорційні, парцелярні, біогеоценозні;
  - б) ландшафтні, провінційні, біомні;
  - в) субстратні, біосферні, районні.

68. Консорційні екосистеми – це:

- а) сукупність особин різноманітних видів, у центрі котрої знаходиться особина і формує своє специфічне внутрішнє середовище;
- б) ділянка природи, вилучена з окремих форм користування;
- в) водні екосистеми.

69. Парцелярні екосистеми – це:

- а) найбільші територіальні вирізненні екосистемологічні таксони в межах біогеоценозної екосистеми;
- б) найменші територіальні вирізненні екосистемологічні таксони в межах біогеоценозної екосистеми;
- в) екосистеми біосферного рівня.

70. Біогеоценозні екосистеми – це:

- а) екосистема, просторові розміри котрої співпадатимуть з межами ділянки земної поверхні з більш-менш однаковими характеристиками;
- б) поверхня розподілу моря і атмосфери;
- в) лісова екосистема.

71. Ландшафтна екосистема – це:

- а) сукупність біогеоценозних екосистем на однорідній за геологічними, геоморфологічними, ґрунтово-гідрологічними, кліматичними показниками ділянці земної поверхні;
- б) агроекосистема;
- в) лісова екосистема.

72. Провінційні екосистеми – це:

- а) сукупність ландшафтних екосистем у межах фізико-географічної провінції;
- б) сукупність організмів одного виду у межах фізико-географічної провінції;
- в) степові екосистеми.

73. Біомна екосистема – це:

- а) сукупність провінційних екосистем, яка за територіальними межами відповідає фізико-географічній зоні;
- б) лучна екосистема;
- в) біосферна екосистема.

74. Аероконтур – це:

- а) зона перемішування річкової води з морем;
- б) поверхня розподілу моря і атмосфери, де створені дуже сприятливі умови для життя водних організмів;
- в) піщана берегова зона моря, заселена “міжпіщинною” фауною.

75. Глобальна екосистема – біосфера – це:

- а) загальнопланетарна оболонка, до складу якої входять нижні шари атмосфери, ціла гідросфера і верхні шари літосфери;
- б) ландшафтна екосистема;
- в) поєднання на одній території окремих видів і їхніх екологічних ніш.

76. Енергоспроможність екосистеми – це:
- а) властивість екологічної системи сприймати, переробляти, засвоювати та транспортувати зовнішню енергію, а також віддавати її за межі системи;
  - б) властивість екосистеми переробляти зовнішню енергію;
  - в) властивість екосистеми засвоювати зовнішню енергію.
77. Динаміка екосистем найвищого рівня визначається:
- а) глобальними змінами ландшафтно-кліматичної зональності на планеті;
  - б) глобальним потеплінням клімату;
  - в) зменшенням вмісту озону у атмосфері.
78. Первинною продукцією називають:
- а) органічну масу, яка утворена рослинами за певний час;
  - б) органічну масу, яка утворена рослинами за одну добу;
  - в) органічну масу, яка утворена тваринами за один рік.
79. Валова первинна продукція (ВП) – це:
- а) кількість речовини, що створена рослинами за одиницю часу при певній швидкості фотосинтезу;
  - б) кількість речовини, що створена тваринами за одиницю часу;
  - в) кількість речовини, що створена рослинами і тваринами за одиницю часу.
80. Фізичне забруднення довкілля – це:
- а) міна кількісного та якісного складу довкілля;
  - б) відхилення параметрів якості довкілля від нормованих величин без кількісної зміни складу середовища;
  - в) зміна температури середовища, швидкості руху повітря та вологості в межах допустимих рівнів;
  - г) відхилення значень температури середовища, швидкості руху повітря та вологості від допустимих рівнів.
81. Допустимим називають таке значення параметра середовища тривалий вплив якого:
- а) спричинює погіршення здоров'я та зменшення працездатності 80% людей;
  - б) не спричинює погіршення здоров'я та зменшення працездатності 80% людей;
  - в) допускає зміни інших параметрів середовища;
  - г) не допускає зміни інших параметрів середовища.
82. Параметрами мікроклімату є:
- а) тиск, вологість, радіаційний фон;
  - б) рівень електромагнітного випромінювання, рівень гама випромінювання, рівень вібрації, рівень шуму;
  - в) температура, швидкість руху повітря, відносна вологість;
  - г) температура, тиск, вологість.
83. Мікрокліматом у приміщенні називають:
- а) суб'єктивне відчуття комфорту;

- б) сукупність параметрів якості питної води;
- в) сукупність параметрів якості атмосферного повітря;
- г) сукупність параметрів якості конструкцій, що огорожують.

84. Мікроклімат житлових, громадських і промислових об'єктів та будівель регламентується:

- а) однаковими нормативними документами;
- б) різними нормативними документами у тому числі СанПіНам, ГОСТами, ДСТ, ДСН;
- в) не регламентується СанПіНам, ГОСТами, ДСТ, ДСН.

85. До фізичного забруднення довкілля належить:

- а) забруднення атмосферного повітря викидами підприємств, продуктами згоряння палива;
- б) теплове, шумове, вібраційне, радіаційне забруднення;
- в) таке забруднення яке фізично має місце на поточний момент часу.

86. Звуком називають:

- а) коливання тиску у пружному середовищі, що сприймається сенсорними системами людини;
- б) коливання тиску у пружному середовищі, що сприймається органами слуху;
- в) зміни тиску середовища в діапазоні частот від 60-20000 Гц;
- г) вібрацію поверхні частотою до 60 Гц.

87. Ультразвук – це:

- а) коливання тиску у пружному середовищі, що не сприймається сенсорними системами людини;
- б) зміни тиску середовища в діапазоні частот від 20000-100000 Гц;
- в) коливання тиску у пружному середовищі, що сприймається органами слуху;
- г) електромагнітне випромінювання.

88. Рівень звуку визначають у:

- а) децибелах;
- б) делах;
- в) децелах;
- г) паскалях;
- д) октавах.

89. Шляхи передачі шуму згідно СаНПіНу класифікують:

- а) повітряний;
- б) структурний;
- в) конструктивний;
- г) параметричний.

90. Шкідливість електромагнітного поля доведена дослідженнями і полягає:

- а) у погіршенні якості атмосферного повітря;
- б) впливі на здоров'я населення.

91. Електромагнітне випромінювання від стільникових телефонів регламентується:

- а) за потужністю випромінювання приймач-передавача;
- б) за напруженістю електромагнітного поля;
- в) за тривалістю процесу прийому передачі.

92. Допустимим називають таке значення параметра середовища тривалий вплив якого:

- а) спричинює погіршення здоров'я та зменшення працездатності 80% людей;
- б) не спричинює погіршення здоров'я та зменшення працездатності 80% людей;
- в) допускає зміни інших параметрів середовища;
- г) не допускає.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Батлук, В. А. Основи екології [Текст]: Підручник. – К.: Знання, 2007. – 519 с. – Бібліогр.: с. 518 – 519. – 300 прим. – ISBN 966-346-308-2.
2. Бедрій, Я. І. Екологія [Текст]: короткий навч. словник-довідник для вчн / Я. І. Бедрій, В. М. Піча. – Львів : Магнолія 2006, 2009. – 238 с. – (Серія малих словників-довідників; Вища освіта в Україні) – Бібліогр.: с. 235. – Предмет. покажч. с. 180 – 209. – 500 прим. – ISBN 966-8340-04-3.
3. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества [Текст]: Учебник по теоретическим основам экологии / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. Том 1. М.: Мир, 1989. – 667 с. - Библиогр.: с. 640 – 647. – 5000 экз. – ISBN 5-03-001121-8
4. Білявський, Г. О. та ін. Основи екології [Текст]: Підручник / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2005. – 408 с. – Бібліогр.: с. 404 – 405. – 500 прим. – ISBN 966-06-0377-0.
5. Білявський, Г. О. Основи екології: теорія та практикум [Текст]: Навчальний посібник / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навроцький – К.: Лібра, 2002. – 352 с. – Бібліогр.: с. 349 – 351. – 500 прим. – ISBN 966-7035-42-5.
6. Бойчук, Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища [Текст]: навч. посібник для вчн / Ю. Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бугай. – 4-те вид., випр. і доп. – Суми : Унів. книга, 2007. – 316 с. – Бібліогр.: с. 314 – 315. – 1000 прим. – ISBN 978-966-680-328-6.
7. Васюкова, Г. Т. Екологія [Текст]: підручник для вчн / Г. Т. Васюкова, О. І. Ярошева. – К. : Кондор, 2009. – 524 с. – Бібліогр.: с. 523 – 524. – 1000 прим. – ISBN 978-966-351-260-0.
8. Гавриленко, О. П. Екогеографія України [Текст]: Навч. посіб. – К.: Знання, 2008. – 646 с. – (Вища освіта ХХІ століття). – Бібліогр.: с. 605 – 606. – 300 прим. – ISBN 978-966-346-472-5.
9. Гайнріх, Д. Ekovil: dtv-Atlas / Д. Гайнріх, М. Гергт. Пер. с 5-го нем. изд. – М.: Рыбари, 2001. – 287 с. – Бібліогр.: с. 267 – 272. – Предмет. покажч. с. 275 – 287. – 500 прим. – ISBN 966-7767-02-7.
10. Гейвандов, Э. А. Экология [Текст]: Словарь справочник для школьников и студентов: В 2-х томах. Том 1. – М.: Культура и традиции, 2002. – 384 с. - Библиогр.: с. 378 – 382. – 1500 экз. – ISBN 5-7245-1068-5.
11. Грицик, В. Екологія довкілля. Охорона природи [Текст]: навч. посібник для вчн / В. Грицик, Ю. Канарський, Я. Бедрій. – К. : Кондор, 2009. – 292 с. – Бібліогр.: с. 265 – 267. – 1000 прим. – ISBN 978-966-351-214-3.
12. Гуцуляк, В. М. Ландшафтна екологія: Геохімічний аспект [Текст]: навч. посібник для вчн / В. М. Гуцуляк ; М-во освіти і науки України. – 2-ге вид., доп. – Чернівці : Наші книги, 2010. – 310 с. – Бібліогр.: с. 293 – 308. – 300 прим. – ISBN 978-966-482-018-6.

13. Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь [Текст]. – Кишинёв: Гл. ред. Мол. Сов. энциклопедии. 1990. – 408 с. – Библиогр.: с. 400 – 407. – 2000 экз.
14. Джигирей, В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища [Текст]: навч. посібник / В. С. Джигирей. – 5-те вид., випр. і доп. – К.: Знання, 2007. – 422 с. – Бібліогр.: с. 421 – 422. – 500 прим. – ISBN 966-620-251-4.
15. Добровольський, В. В. Основи теорії екологічних систем [Текст]: Навчальний посібник – К.: ВД “Професіонал”, 2005 – 272 с. – Бібліогр.: с. 235. – Предмет. покажч. с. 236 – 241. – Імен. покажч. с. 242 – 245. – 500 прим. – ISBN 966-370-007-6.
16. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами) [Текст]: ДСП-201-97: Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України 09.07.97. – К.: МОЗУ, 1997. – 57 с.
17. Екологія [Текст]: Підручник /С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, М. А. Хвесик та ін. – К.: КНЕУ, 2006. – 371 с. – Бібліогр.: с. 365 – 368. – 1000 прим. – ISBN 966-574-752-5.
18. Екологія: основи теорії і практикум [Текст]: навч. посібник для вчз / А. Ф. Потіш, В. Г. Медвідь, О. Г. Гвоздецький, З. Я. Козак. – 2-ге вид., стереотип. – Львів : Новий Світ – 2000, 2004. – 293 с. – Бібліогр.: с. 290 – 291. – 500 прим. ISBN 966-7827-28-3.
19. Екологія: теоретичні основи і практикум [Текст]: навч. посібник / А. Ф. Потіш, В. Г. Медвідь, О. Г. Гвоздецький, З. Я. Козак. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ – 2000; Магнолія плюс, 2004. – 321 с. – Бібліогр.: с. 285 – 287. – 2000 прим. – ISBN 966-7827-28-3.
20. Еколого – економічний тлумачний словник-довідник [Текст] / А. В. Толстоухов, Л. А. Волкова, М. Т. Лустюк, Н. М. Білоус. – К.: Видавництво Європейського університету, 2003. – 147 с. – Бібліогр.: с. 138 – 145. – 500 прим.
21. Заверуха, Н. М. Основи екології [Текст]: Навчальний посібник для вузів /Н. М. Заверуха, В. В. Серебряков, Ю. А. Скиба. – К.: Каравела, 2008. – 304 с. – Бібліогр.: с. 12, 84, 117, 166, 190, 249 – 250, 282, 301. – 1500 прим. – ISBN 966-8019-51-2.
22. Запольский, А. К. Основи екології [Текст]: Підручник / А. К. Запольський, А. І. Салюк; За ред. К. М. Ситника. – К.: Вища школа, 2005. – 383 с. – Бібліогр.: с. 361 – 364. – 5000 прим. – ISBN 966-644-059-7.
23. Злобін, Ю. А. Загальна екологія [Текст]: Навчальний посібник для вчз / Ю. А. Злобін, Н. В. Кочубей. – 2-ге вид., стереотип. – Суми : Університетська книга, 2005. – 414 с. – Бібліогр.: с. 413 – 414. – 700 прим. – ISBN 966-680-060-8.
24. Исидоров, В. А. Экологическая химия [Текст]: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Химиздат, 2001 – 304 с. – Библиогр.: с. 298 – 300. – 3000 экз. – ISBN 5-7245-1068-5.

25. Івашура, А. А. Екологія: теорія та практикум [Текст]: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /А. А. Івашура, В. М. Орехов. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2004. – 208 с. – Бібліогр.: с. 206 – 207. – 500 прим.
26. Ільєнко, Р. Ю. Екологія для всіх [Текст]: Словник-довідник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 156 с. – Бібліогр.: с. 152 – 154. – 500 прим.
27. Кизима, Р. А. Екологія [Текст]: навч. посібник для вnz / Р. А. Кизима ; Рівнен. держ. гуманітар. ун-т, Рівнен. ін-т вnz "Відкритий міжнар. ун-т розвитку людини "Україна". – Х. : Бурун Книга, 2010. – 303 с. – Бібліогр.: с. 24, 57, 76, 109, 138, 162, 176, 209, 240, 254, 276, 303. – 500 прим. – ISBN 978-966-8942-47-1.
28. Козлов, О. В. Задачник по экологии [Текст] / О. В. Козлов, А. П. Садчиков. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 125 с. – Библиогр.: с. 124 – 125. – 5000 экз. – ISBN 5-222-09475-8.
29. Кондаков, Н. И. Логический словарь-справочник [Текст]. – М.: Наука, 1975. – 722 с. - 2000 экз.
30. Коробкин, В. И. Экология [Текст]: учебник для вузов / В. И Коробкин, Л. В. Передельский. – Изд. 12, доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 602 с. – Библиогр.: с. 599 – 602. – 5000 экз. – ISBN 978-5-222-12140-5.
31. Корсак, К. В. Основи сучасної екології [Текст]: Навчальний посібник: /К. В. Корсак, О. В. Плахотнік. – К.: МАУП, 2004 – 344 с. – Бібліогр.: с. 342 – 344. – 500 прим. – ISBN 966-608-007-9.
32. Кучерявий, В. П. Екологія [Текст]: підручник для вnz / В. П. Кучерявий. - 2-ге вид. – Львів : Світ, 2001. – 499 с. – Бібліогр.: с. 480. – Предмет. покажч. с. 481 – 493. - 2000 прим. – ISBN 966-603-110-8.
33. Маглыш, С. С. Общая экология [Текст]: Учебное пособие. – Гродно: ГрГУ, 2001. – 111 с. – Библиогр.: с. 109. – 300 экз. – ISBN 985-417-244-9.
34. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст]: ОНД-86: утв. Председателем ГОСКОМГИДРОМЕТА 04.08.86. – Л.: ГОСКОМГИДРОМЕТ, 1986 – 68.
35. Мітрясова, О. П. Хімічні основи екології [Текст]: Навчальний посібник. – Київ; Ірпінь: ВТФ «Перун», 1999. – 192 с. – Бібліогр.: с. 188 – 189. – 300 прим. – ISBN 966-569-196-1.
36. Мусієнко, М. М. Екологія [Текст]: Тлумачний словник / М. М. Мусієнко, В. В. Серебряков, О. В. Брайон. – К. : Либідь, 2004. – 375 с. – Бібліогр.: с. 350 - 361. – Предмет. покажч. с. 362 – 375. – 5000 прим. ISBN 966-06-0331-2.
37. Мусієнко, М. М. Екологія. Охорона природи [Текст]: словник-довідник / М. М. Мусієнко, В. В. Серебряков. – К. : Знання, 2007. – 624 с. – Бібліогр.: с. 525 – 530. – Предмет. покажч. с. 532 – 624. – 10000 прим. – ISBN 978-966-620-258-4.
38. Некос, В. Ю. Основи загальної екології та неоекології [Текст]: Навчальний посібник у 2-х ч. – Ч.2. – Основи загальної та глобальної неоекології. – Х.: Прапор, 2001. – 287 с. – Бібліогр.: с. 9 – 10, 26, 41 – 42, 95 – 96, 166 – 167, 199, 222 – 223, 234, 263. – 3000 прим. – ISBN 966-7880-10-9.



39. Николайкин, Н. И. Экология [Текст]: Учебник для вузов. / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина О. П. Мелехова – М.: Дрофа, 2003. – 624 с. – Библиогр.: с. 583 – 590. – Предм. указ.: с. 591 – 612. – Имен. указ.: с. 613 – 616. – 5000 экз. – ISBN 5-7107-6222-9.
40. Общая экология [Текст]: учебник для вузов /Автор - составитель А. С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 500 с. – Библиогр.: с. 506 – 508. – 15000 экз. – ISBN 5-238-00195-9.
41. Одум, Ю. Экология [Текст]: В 2-х т. Т. 1. /Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 326 с. – 13500 экз.
42. Одум, Ю. Экология [Текст]. В 2 т. Т. 2 : пер. с англ. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 376 с. – Библиогр.: с. 297 – 358. – Предмет. указ. с. 359 – 373. – 13500 экз.
43. Потапов, А. Д. Экология [Текст]: учебник для вузов / А. Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 2000. – 446 с. - Библиогр.: с. 441 – 445. – 10000 экз. – ISBN 5-06-003858-0.
44. Потіш, Л. А. Екологія [Текст]: Навчальний посібник. – К.: Знання, 2008. – 272 с. – (Вища освіта ХХІ століття). – Бібліогр.: с. 270 – 271. – 1500 прим. – ISBN 978-966-346-457-2.
45. Реймерс, Н. Ф. Природопользование [Текст]: Словарь-справочник. – М. Мысль 1990. – 637 с. - 10000 эк.
46. Реймерс, Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, гипотезы) [Текст]. – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с. – 5000 прим. – ISBN 5-7120-0669-3, ISBN 5-86646-059-9.
47. Розенберг, Г.С., Рянский Ф.Н. Теоретическая и прикладная экология [Текст]: Учебное пособие. – 2-е изд. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. пед. инст-та, 2005. – 292 с. – Библиогр.: с. 272 – 292. – 200 экз. – ISBN 5-89988-214-X.
48. Руденко, С.С. Загальна екологія [Текст]. Ч. 1 : практ. курс для внз / С. С. Руденко, С. С. Костишин, Т. В. Морозова. – Чернівці : Рута, 2003. – 319 с. – Бібліогр.: с. 305 – 312. – Предмет. покажч. с. 299 – 304. – 500 прим. – ISBN 966-568-633-1.
49. Соломенко, Л. І. Загальна екологія [Текст]: навч. посібник для внз: / Л. І. Соломенко, В. М. Боголюбов ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – Херсон : Олді-плюс, 2012. – 288 с. – Бібліогр.: с. 269 – 271. – 300 прим. – ISBN 978-966-2393-64-4.
50. Сухарев, С. М. Основы экологии та охорони довкілля [Текст]: Навчальний посібник для вузів /С. М. Сухарев, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 394. – Бібліогр.: с. 133 – 134, 324 – 325, 365 – 366. – ISBN 966-364-229-7.
51. Сытник, К. М. Словарь-справочник по экологии [Текст]. – К., 1994. – 672 с. - 1500 экз.
52. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы [Текст]. Перевод с англ. Б.М. Миркина, Г.С. Розенберга. Редакция и предисловие Т. А. Работнова. – М.: Прогресс, 1980. – 328 с. – 7000 экз.

53. Українська екологічна енциклопедія [Текст] /За ред. Р. Дяківа. – К.: Міжнародна економічна фундація, 2006. – 808 с. – Бібліогр.: с. 793 – 805. – 3000 прим.

54. Фёдорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. И. Фёдорова, А. Н. Никольская. – М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с. – Библиогр.: с. 277 – 280. – 7000 экз. – ISBN 5-691-00309-7.

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <http://www.dissercat.com/>
2. <http://www.djerele.com>
3. <http://www.gaudeamus.omskcity.com/>
4. <http://chitalka.info/>
5. <http://readbookz.com/>
6. <http://orel.rsl.ru>
7. <http://www.ukrntec.com>
8. <http://www.ecoline.ru>
9. <http://www.ecolife.org.ua>
10. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>
11. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

**ДОДАТОК А ЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ  
(ГДК) ТА КЛАСУ НЕБЕЗПЕКИ РЕЧОВИН**

№ п/п	Речовина	Гранично допустимі кон- центрації, мг/м <sup>3</sup>		Клас небез- пеки реч- овини
		максимальна разова	середня на добу	
1	Азоту диоксид ( $NO_2$ )	0,085	0,04	2
2	Азоту оксид ( $NO$ )	0,4	0,06	3
3	Аміак ( $NH_3$ )	0,2	0,04	4
4	Амілени (суміш ізомерів)	1,5	1,5	4
7	Ацетон	0,35	0,35	4
6	Бутилен	3,0	3,0	4
7	Бутиловий ефір акрилової кислоти (бутилакрилат)	0,0075		2
8	Бутилметакрилат	0,04	0,01	2
9	Ванадия п'ятиоксид	–	0,002	1
10	Воден фосфористий ( $HF$ )	0,02	0,005	2
11	Водень хлористий ( $HCl$ )	0,2	0,2	2
12	Вуглецю оксид оксид (II) ( $CO$ )	5	3	4
13	Гексан	60	-	3
14	Гексен	0,4	0,085	1
15	Етилен	3,0	3,0	3
16	Зола вугільна ТЕС	0,05	0,02	2
17	Зола мазутна ТЕС	–	0,002	2
18	Кислота азотна по молекулі $HNO_3$	0,4	0,15	2
19	Кислота акрилова	0,1	0,04	3
20	Кислота метакрилова	0,03	0,01	3
21	Кислота сірчана по молекуле $H_2SO_4$	0,3	0,1	2
22	Кислота оцтова	0,2	0,06	3
23	Кобальт сірчаноокислий (у перера- хунку на кобальт) $CoSO_4$	0,001	0,0004	2
24	Мідь сірчаноокисла (у перерахунку на мідь) $CuSO_4$	0,003	0,001	2
25	Метилловий ефір акрилової кисло- ти (метилакрилат)	0,01	0,01	4
26	Метилловий ефір метакрилової ки- слоти (метилметакрилат)	0,1	0,01	3
27	Нікель сірчаноокислий (у перера- хунку на нікель) $NiSO_4$	0,002	0,001	1

28	Озон	0,16	0,03	1
29	Пил цементного виробництва	–	0,02	3
	Пыль неорганічна, що містить двоокис кремнію:			
30	– більше 70% (дінас та ін.)	0,15	0,05	3
31	–от 70 до 20% (шамот, цемент та ін.)	0,3	0,1	3
32	–менше 20% (доломіт та ін.)	0,5	0,15	3
33	Пропілен	3,0	3,0	3
34	Сірки оксид (IV)-ангідрид сірчистий ( $SO_2$ )	0,5	0,05	3
35	Сірки оксид (VI)-ангідрид сірний ( $SO_3$ )	0,5	0,05	3
36	Сірководень ( $H_2S$ )	0,008	–	2
37	Смола легка (по сумарному органічному вуглецю)	0,2	–	2
38	Трикрезол (суміш ізомерів: орто-, мета-, пара-)	0,005	0,005	2
39	Фенол	0,01	0,003	2
40	Формальдегід	0,035	0,003	2
41	Фурфурол	0,05	0,05	3
42	Хлор	0,1	0,03	2

*Методичне видання*

**О. О. Троїцька**

*к.біол.н., с.н.с.*

**Н. В. Беренда**

*к.т.н., доцент*

## **ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ (ТА НЕОЕКОЛОГІЯ)**

### **Навчально-методичний посібник**

*для студентів ЗДІА*

*напряму 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”*

Підписано до друку 21.09.2015р. Формат 60x84 1/32. Папір офсетний.

Умовн. друк. арк. 16,2. Наклад 3 прим.

Внутрішній договір № 122/15

Запорізька державна інженерна академія

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів

видавничої справи ДК № 2958 від 03.09.2007 р.

**ВІДДРУКОВАНО ДРУКАРНЕЮ**

Запорізької державної інженерної академії

з оригінал-макету авторів

69006, м. Запоріжжя, пр. Леніна, 226

**ЗДІА**