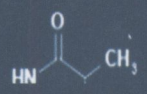
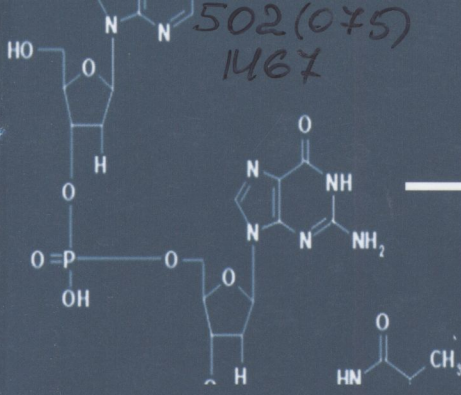
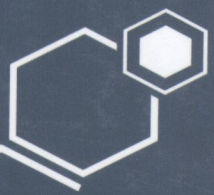


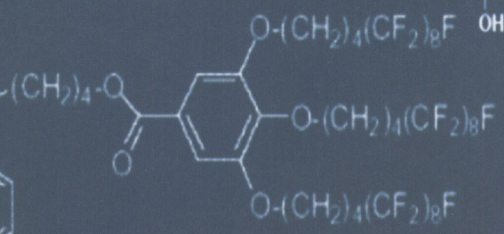
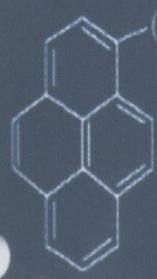
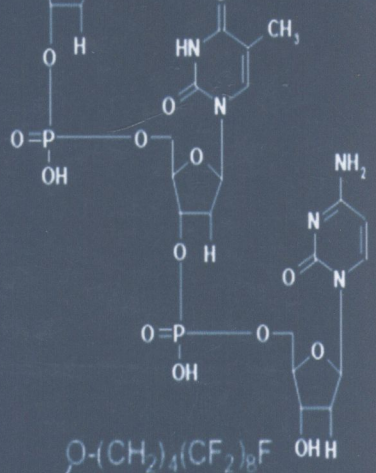
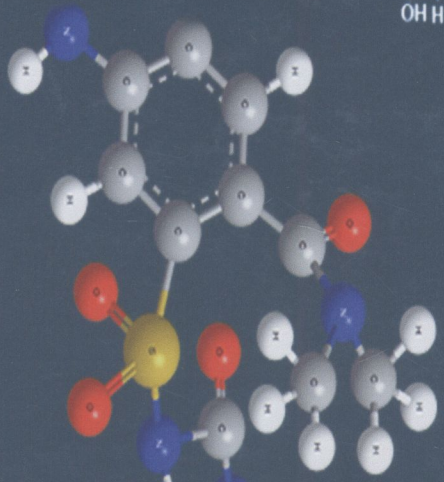
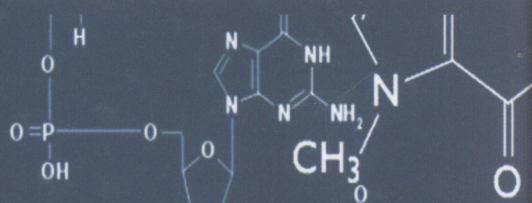
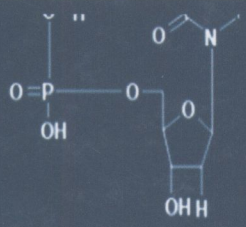
502(075)
1467

О. П. Мітрясова



NH₂

ХІМІЧНА ЕКОЛОГІЯ



502. (075)
М 67

УДК 504.57:644+504.02

БРК 20.123

М 67

О. П. МІТРСОВА

ХІМІЧНА ЕКОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Херсон
ОЛДІ-ПЛЮС
2016

502.X:57 044

УДК 504:57.044+504.05

ББК 20.1я73

М 67

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України для студентів вищих навчальних закладів (лист №1/11-111 від 04.01.2011).

Рецензенти:

Ракитська Т.Л., доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри неорганічної хімії та хімічної екології Одеського національного університету імені І.І.Мечникова, головний науковий співробітник Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища та людини МОН України та НАН України;

Крусір Г.В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології харчових продуктів і виробництв Одеської національної академії харчових технологій;

Олійник М.М., доктор хімічних наук, професор, професор кафедри органічної хімії Донецького національного університету;

Романенко Ю.А., доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри органічної хімії Донецького національного університету.

Мітрясова О. П.

М 67 Хімічна екологія: Навч. Посібник / О. П. Мітрясова. / видання 2-е, виправлене та доповнене – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС., 2016. – 318 с.

ISBN 978-966-289-086-0 475400

У посібнику викладено основні принципи хімічної екології. Розглянуто основні хіміко-екологічні проблеми атмосфери, гідросфери, літосфери та енергетики; приділяється увага окремим основним поняттям моніторингу довкілля. Зміст посібника спрямовано на формування знань про цілісну організацію навколишнього світу, спільність живої та неживої природи, про сучасну екологічну ситуацію. Для кращого засвоєння матеріалу після кожного параграфу наведено питання для самоконтролю та тестові завдання до кожного розділу. До теоретичного матеріалу додається практикум, що охоплює лабораторні роботи з визначення окремих показників якості об'єктів довкілля.

Посібник розрахований на студентів, магістрів, аспірантів, які навчаються за природничими напрямками, зокрема «Екологія» та викладачів природничих факультетів вищих навчальних закладів; а також може бути корисним для всіх, кого цікавлять питання хімічної екології.

ISBN 978-966-289-086-0

© О. П. Мітрясова, 2016
© ОЛДІ-ПЛЮС, 2016

ПЕРЕДМОВА

Нині екологічна освіта стає однією з фундаментальних основ формування особистості, спроможності глобального бачення єдності Світу. Без знань екологічних закономірностей, сформованості відповідних компетенцій фахівця та культури поведінки неможливий перехід сучасного суспільства до збалансованого розвитку. Стає загально визнаним, що в освітянських моделях ХХІ ст. знання про довкілля, про взаємовідносини людини, суспільства і природи будуть пронизувати всю систему освіти.

Відома фраза французького філософа Рене Дюбо – думати глобально, діяти локально – стала лозунгом екологічної освіти. Відповідні соціально-екологічні дії можливі лише на основі розуміння процесів, які відбуваються у довкіллі. Вивчення проблем довкілля потребує поряд з соціальним, біологічним, географічним аспектами й хімічного підходу. Реалізація такого підходу можлива двома шляхами: екологізацією хімічних дисциплін або введенням окремих інтегрованих навчальних курсів.

Упровадження у навчальний процес інтегрованого курсу «Хімічна екологія» для студентів природничих, зокрема екологічних спеціальностей підказано необхідністю поглянути на екологічні проблеми крізь призму хімічних знань. Актуальність такого розгляду визначається такими особливостями: по-перше, майбутньому спеціалісту особливо необхідні знання хімічних основ або причин сучасної екологічної ситуації, як у регіональному масштабі, так і в глобальному, планетарному масштабі; по-друге, хімія є невід'ємною складовою частиною процесу розвитку людського суспільства: сучасна людина не може повноцінно існувати без хімічної науки і

хімічного виробництва. Вивчення курсу «Хімічна екологія» сприятиме формуванню знань про цілісну організацію навколишнього світу, спільність живої та неживої природи, про сучасну екологічну ситуацію (як на всій планеті, так й у регіональному, місцевому масштабі); формуванню екологічного способу мислення, мотивів екологічної діяльності.

Навчальний курс розкриває такі фундаментальні ідеї хімічної екології:

- Біосфера – це жива система, яка розвивається, відкрита космосу, потокам його енергії та речовин. Складні процеси взаємодії атмосфери, океану та біоти – процеси нерівноважені. Колообіг енергії завжди поєднаний з колообігом речовин. Розрізняють біологічний колообіг речовин, який відбувається між організмами і середовищем їх існування (водою, ґрунтами, повітрям) і геологічний колообіг, який відбувається між структурними компонентами біосферної цілісності (Світовим океаном, сушею, атмосферою). Біологічні колообіги змінюють один одного у будь-якій точці земної кулі, не повторюючи повністю попередні. Вони тісно пов'язані між собою і перебігають на фоні геологічного, який охоплює всю біосферу. Колообіг речовин на Землі складається з колообігів окремих хімічних елементів.

- Хімічні сполуки можуть здійснювати чисельні специфічні функції: забезпечення внутрішньо- та міжвидових взаємодій (захист, відлякування та ін.), роль акумулятора та переносника енергії у живих організмах. Роль молекулярних структур в інформаційних біологічних сигналах маловивчена, розкриття цієї хімічної мови природи змогло б пояснити взаємодії в екосистемах.

- Практична діяльність людини вносить великомасштабні хімічні зміни у біосфері. Людина, за словами В.І. Вернадського, перетворилась на головну геологоутворюючу силу планети і виявляє рішучий вплив на структуру геологічних циклів (колообіг речовин). Швидкість цих впливів перевищує адаптаційні можливості екосистем, що приводить до їх руйнування та гибелі.

Зміст курсу складається з чотирьох логічно завершених розділів. Для перевірки доступності та повноти засвоєння навчального матеріалу після параграфів подано питання для самоконтролю та тестові завдання до кожного розділу. П'ятий розділ охоплює практикум, де подано лабораторні роботи, які можна використовувати під час дослідження різного роду об'єктів довкілля.

Навчальний посібник розрахований на студентів, магістрів, аспірантів та викладачів природничих спеціальностей, зокрема екологічних.

Автор виражає щире подяку за конструктивні зауваження, поради та підтримку рецензентам: доктору хімічних наук, професору, завідувачу кафедри неорганічної хімії та хімічної екології Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова Ракитській Тетяні Леонідівні; доктору хімічних наук, професору, професору кафедри органічної хімії Донецького національного університету Олійнику Миколі Максимовичу; доктору педагогічних наук, професору, професору кафедри органічної хімії Романенко Юлії Анатоліївні; доктору технічних наук, професору, завідувачу кафедри екології харчових продуктів і виробництв Одеської національної академії харчових технологій Крусір Галині Всеволодівні.

ВСТУП

ПРЕДМЕТ ТА ЗАВДАННЯ ХІМІЧНОЇ ЕКОЛОГІЇ

Про що ви дізнаєтесь в цій темі?

1. Предмет екології.
2. Етапи розвитку екологічної науки.
3. Предмет і завдання хімічної екології.

Ключові слова

<i>Екологія</i>	<i>Ecology</i>
<i>Хімічна екологія</i>	<i>Chemical ecology</i>
<i>Екологічна хімія</i>	<i>Ecological chemisrty</i>
<i>Екосистема</i>	<i>Ecosystem</i>
<i>Аутекологічний редукціонізм</i>	<i>Autecological reductionism</i>
<i>Синекологічний редукціонізм</i>	<i>Synecological reductionism</i>

1. Предмет екології

Термін "екологія" складається з двох грецьких слів: «ойкос» – середовище, або місце, та «логос» – вчення, або наука. Отже, дослівно *екологія* – це вчення про навколишнє середовище. Уперше запропонував цей термін німецький біолог Ернст Геккель в 1866 р. у своїй фундаментальній праці "Загальна морфологія організмів". Він розумів екологію як "науку про взаємовідносини організмів між собою та навколишнім середовищем".

М.Ф. Реймерс надав п'ять вичерпаних визначень поняття "екологія":

1. Частина біології (біоекологія), яка вивчає відношення організмів (особин, популяцій, біоценозів та ін.) між собою та навколишнім середовищем, включає екологію особин, популяцій, угруповань.

2. Дисципліна, яка вивчає загальні закони функціонування екосистем різного ієрархічного рівня.

3. Комплексна наука, яка досліджує середовище існування живих істот (людину включно).

4. Галузь знань, яка розглядає деяку сукупність предметів та явищ з точки зору суб'єкту або об'єкту (як правило, живого або за участю живого), який приймається за центральний у цій сукупності (це може бути і промислове підприємство).

5. Дослідження становища людини як виду та суспільства в екосфері планети, її зв'язків із екологічними системами та ступеню дії на них.

Отже, ця наука виникла як підрозділ біології і довгий час розвивалась її межах. У вузькому (біологічному) розумінні екологія вивчає:

- вплив довкілля в цілому і його окремих факторів на організми;
- становлення морфологічних та фізіологічних особливостей організмів, а також зміну їх чисельності залежно від умов середовища існування;
- взаємовідносини "біоценозів" із середовищем;
- внутрішньовидові та міжвидові відносини організмів;
- певну єдність живих організмів та навколишнього середовища, у межах якої відбувається трансформація енергії та органічної речовини.

З цієї точки зору об'єктом вивчення екології є екологічні системи (екосистеми) як елементарні функціональні одиниці біосфери. Будь-яку сукупність організмів і неорганічних компонентів, взаємопов'язаних колообігом речовин називають *екосистемою*. Автор терміну "екосистема" англійський учений А.Тенслі розглядав їх як основні одиниці природи. Такими екосистемами можуть бути і краплина води, і акваріум, і океан, і вся поверхня планети. Це – одиниця функціональна, яку не обов'язково відмежовувати у просторі від інших екосистем. На відміну від біогеоценозу екосистема може бути і штучно створеною (акваріум, космічний корабель та ін.). Підтримання колообігу речовин в екосистемі відбувається за умовою наявності запасу неорганічних речовин у сприятливій для засвоєння формі, а також трьох

функціонально відмінних груп організмів: *продуцентів* (автотрофні зелені рослини, які продукують органічну речовину за рахунок неорганічних сполук), *консументів* (гетеротрофні організми, які споживають органічну речовину і трансформують її у нові форми), *редуцентів* (організми, які живуть за рахунок мертвих органічних решток, переводячи їх в неорганічні сполуки).

Предметом вивчення або дослідження екології є вся біосфера, її структурно-функціональна організація, еволюція, антропогенна динаміка, тобто процеси утворення, існування та розвитку біосфери.

2. Етапи розвитку екологічної науки

Для кращого розуміння структури сучасної екології та основних завдань, які стоять перед нею, необхідно зробити короткий історичний огляд етапів розвитку екологічної науки та становлення екологічного світогляду.

Знання про взаємодію живих істот і довкілля, людини і природи людство почало накопичувати ще в античну епоху. Про це повідомляють праці давньогрецьких та римських філософів і вчених Аристотеля (384–322 до н.е.), Платона (427–347 до н.е.), Демокріта (близько 460–370 до н.е.), Теофраста (371–280 до н.е.), Плінія Старшого (23–79 н.е.) та ін. Англійський хімік Роберт Бойль (1627–1691) уперше опублікував результати впливу низького атмосферного тиску на різних тварин. Шведський природодослідник Карл Лінней (1707–1778) у своїх працях порівнював природу з людською общиною, яка живе за визначеними законами. Французький дослідник природи Жорж Бюффон (1707–1788) підкреслював значення кліматичних факторів.

У своєму історичному розвитку екологія, як самостійна біологічна наука, пройшла три основних періоди, у яких панували відповідні способи екологічного мислення (парадигми).

Початок першому етапу поклали праці Е.Геккеля (1834–1919), а також російського вченого К.Ф.Рул'є (1814–1858). Цей етап отримав назву "аутекологічного редуціонізму". Суть його полягає у тім, що, як вважають прихильники відповідної йому течії в екології —

факторіальної екології (або аутекології), усі явища, що стосуються розповсюдження та чисельності будь-яких організмів, можуть бути пояснені на основі відомої реакції на ті або інші *абіотичні фактори* (сукупність умов та явищ неорганічного походження). Екологія на цьому етапі виступає як пряме продовження фізіології в природних умовах. На першому етапі розвитку екології аутекологічний редукціонізм був прогресивною методологією, що дозволило класифікувати велику кількість даних, відкрити ряд законів та принципів аутекології (екології виду).

На зміну першому етапу у середині ХХ ст. приходять етап "синекологічного редукціонізму", який пов'язаний з виникненням та розвитком концепції популяції, в центрі уваги якої є аналіз взаємодії організмів (популяцій). Разом з тим, недолік синекологічного редукціонізму полягав у тому, що екологи намагались (навіть під час вивчення цілого угруповання) звести суть явища до взаємодії популяцій, тобто розкладали ціле на окремі елементи.

Цей етап закінчився на початку 70-х років затвердженням найбільш прогресивного системного підходу в екології. Інтегрований підхід виник ще в 30-ті роки, у першу чергу завдяки працям видатного українського вченого В.І.Вернадського (1863–1945), який створив вчення про біосферу та показав перетворення людини в основну геологоперетворювальну силу планети. Він довів, яку велику роль відіграють живі організми у геохімічних процесах на нашій планеті. На початку 20-х рр. ХХ століття французький вчений Ле Руа ввів нове поняття – *ноосфера*, що означає новий стан біосфери, який спрямовується на діяльністю розуму людини. Пізніше термін "ноосфера" широко використовував Тейяр де Шарден. В.І.Вернадський користувався цим терміном дуже обережно та лише наприкінці свого життя. Інтегрований підхід був глибше розроблений академіком В.Н. Сукачовим, англійським вченим А. Тенслі, американським вченим Ю. Одумом та ін. Отже, триваючий нині системно-синергетичний етап розвитку екології орієнтує екологічні дослідження на вивчення специфічних характеристик складноорганізованих об'єктів (екосистем,

біогеоценозів), багатогранність зв'язків між елементами, їх співпідпорядкованість та взаємозалежність. Завдяки працям В.І. Вернадського цей підхід дозволяє розглядати екологічні об'єкти найвищого рівня — біосферного, що в свою чергу повинно допомогти розв'язанню глобальних екологічних проблем.

Значний внесок у розвиток екологічної науки внесли вчені-біологи К.А. Тимірязев (1843–1920), В.В. Докучаєв (1846–1903), Фредерік Клементс (1874–1945) та ін.

З виходом екології на глобальний – біосферний рівень, внаслідок появи нових практичних потреб, обумовлених розвитком цивілізації, йдеться мова про інтеграцію та диференціацію екологічних знань. Унаслідок цих двох протилежних, але взаємообумовлених процесів ускладнюється структура екології, з'являються нові підрозділи, а сама наука поширює свої межі пізнання за рамки біологічної науки.

Нині *екологія* у широкому значенні визначається як комплексна інтегрована наука, яка досліджує довкілля (екосферу планети), його вплив на суспільство та зворотну реакцію природи на діяльність людства. Екологія — це міждисциплінарна наука, яка базується, окрім біологічних основ, на ґрунті географічних, технічних, економічних та соціальних наук (рис. 1).

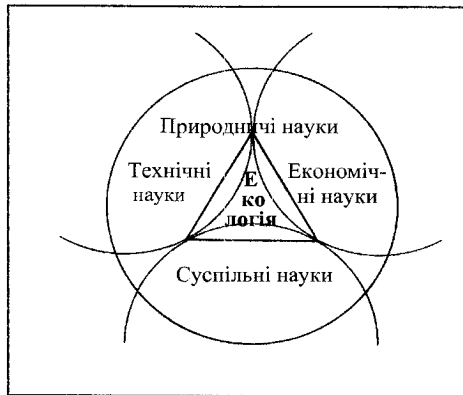


Рис. 1. Міждисциплінарний характер екології

Отже, на концептуальному рівні, залишаючись по суті біологічною наукою, сучасна екологія є конгломератом трьох блоків: загальної або теоретичної екології, прикладної екології та основного ядра — біоекології (рис. 2). Окрім основних блоків, напрямків та дисциплін екології на рисунку виділені основні блоки міждисциплінарних прикладних та теоретичних наукових дисциплін, які формуються на стику різних наук, але в основу яких покладено екологічний метод пізнання. Деякі з них окремі вчені відносять до екології, інші – ні. Це пов'язане з процесом інтеграції наукових знань та утворення нових напрямків наук, які вимагають ретельного дослідження.

3. Предмет і завдання хімічної екології

Для визначення поняття «хімічна екологія» розглянемо три групи взаємовідносин екологічного характеру. Дві з них — це внутрішньовидові та міжвидові взаємодії, які склались в процесі еволюції, знаходяться під контролем природи та спрямовані на збереження виду. У протилежність їм третя група взаємовідносин (взаємодія людського суспільства і біосфери) обумовлена виробничою діяльністю людини, яка породила нині ряд серйозних екологічних проблем і має бути під контролем людського розуму з метою збереження біосфери. Цей контроль лише у тій випадку буде дійсний під час розв'язання екологічних завдань, якщо людство буде використовувати цілий комплекс інтегрованих знань про навколишній світ. Ось тому не можна обмежити екологію як науку тільки межами біологічних наук.

Групи взаємодій живих організмів та середовища можна розглядати в таких аспектах: молекулярному (хімічному), біолого-географічному та соціальному.

Хімічний аспект в цих трьох видах відношень виявляється в існуванні хімічних речовин — посередників, за допомогою яких здійснюються ці взаємовідносини. Наприклад, феромони комах,

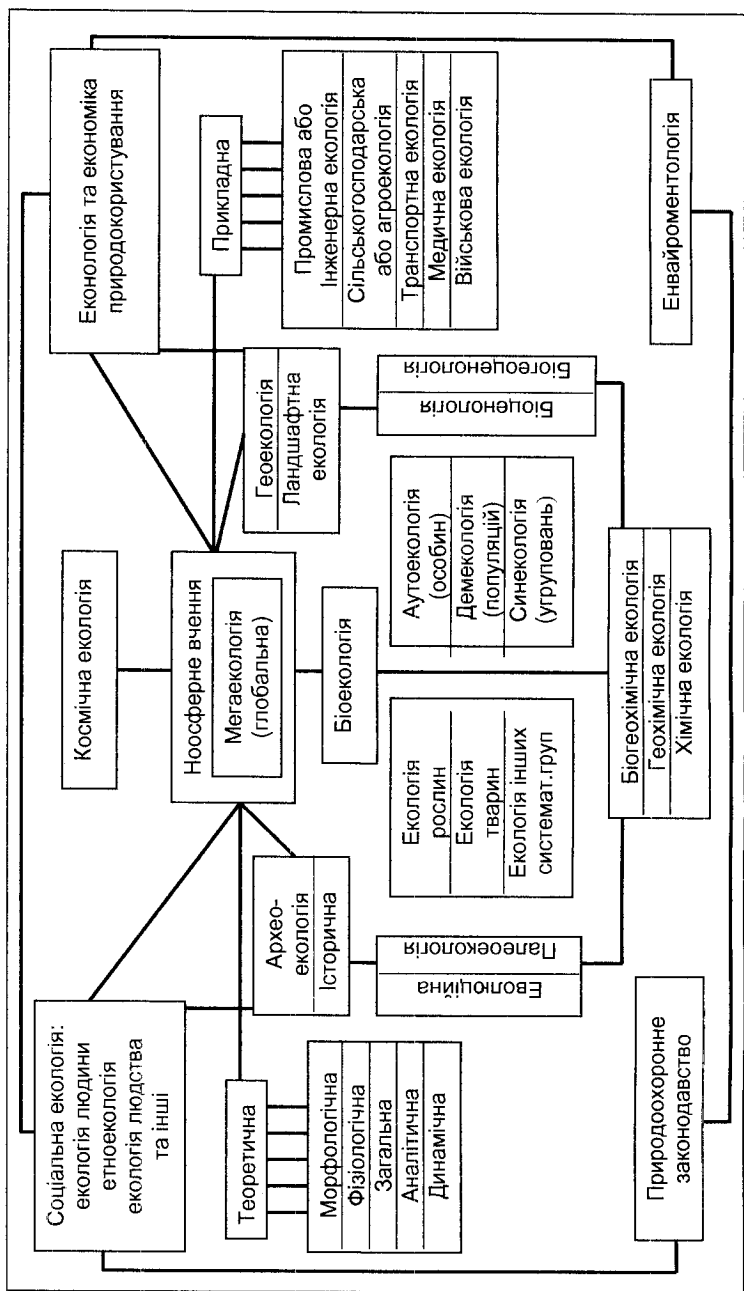


Рис. 2. Структура екології та її підрозділів

сигнальне мічення території секретами залоз у ссавців, антигени, антимулагени і такі інші хімічні агенти у тварин; фітонциди, алкалоїди, ефірні масла у рослин; різні форми симбіозу: автотрофно-захистні взаємодії у лишайників, фіксація азоту бульбочковими бактеріями у бобових та ін. Наведені приклади відносять до перших двох типів взаємодій.

Особливо важливим хімічний підхід стає під час розгляду екологічних проблем, котрі виникають при третьому типі взаємодій. Цей тип взаємодій склався нещодавно, коли діяльність людини стала виступати як геологічний фактор.

У науковій літературі, що присвячена проблемам екології і хімії немає однозначного визначення науки, яка вивчає хімічні перетворення у живій природі, зв'язки живої і неживої природи, як немає точного визначення науки "екологія". Поняття "хімічна екологія" з'явилося в 70-х рр. ХХ ст. у публікаціях англійських учених. Згодом спектр подібних понять був значно розширений.

Ковальський В.В. під терміном "геохімічна екологія" розуміє розділ біогеохімії та екології, науку про залежність життя від місця проживання, умов довкілля та умов існування, про взаємодію організмів та їхніх угруповань з геохімічним середовищем у біосфері як єдиній системі організмів і середовища. Екологічну хімію Ковальський В.В. визначає, як галузь знань, що вивчає вплив хімізації, штучного впливу на біосферу. Екологічна хімія, за Ковальським В.В., – це галузь знань, що вивчає складні біологічні пристосування організмів до інших організмів і видів, до життя в угрупованнях (популяції, біоценози), які основані на виробленні організмами в процесі філогенезу відстрашуючи, отруйних та інших сигнальних речовин.

У Реймерса М.Ф. під терміном «геохімічна екологія» визначається дисципліна, що досліджує взаємовідносини організмів та їхніх угруповань з геохімічним середовищем, а також геохімічні відносини особин та їхніх угруповань за умов екосистем різного ієрархічного рівня. Під хімічною екологією Реймерс М.Ф. визначає

комплексну дисципліну, що досліджує всю сукупність хімічних зв'язків у живій природі та хімічні взаємодії, пов'язані з життям.

За Корте Ф. екологічна хімія – це наука про хімічні процеси та взаємодії у довкіллі (екосфері), а також про наслідки цих взаємодій; хімічна екологія – це наука, що вивчає природні матеріали (аллелохімікати), використання матеріалів лише в природних умовах, досліджує обмінні процеси й механізми регулювання в організмах.

У Дедю І.І. знаходимо визначення цілої низки термінів, а саме: екологічна біохімія, хімічна екологія, фітохімічна екологія, під якими автор розуміє міждисциплінарний напрям досліджень біохімічних основ взаємовідносин рослин і тварин.

Відомі також інші означення, розроблені такими дослідниками, як Богдановський Г.А., Скуратов Ю.І. і Дука Г.Г., Фелленберг Г., Куратова О.В. та ін. Таким чином, немає остаточного означення кола проблем тієї галузі знань, яка пов'язана з хімічними аспектами екології.

Вважаємо, що термін “хімічна екологія” найприйнятніший, який охоплює такі галузі знань, як екологічна хімія, геохімічна екологія, екологічна біохімія.. Схиляємося до думки, що він означає науку, яка досліджує *всю сукупність хімічних зв'язків живих організмів з довкіллям та між собою.*

Екологічна хімія – дисципліна про хімічні перетворення та взаємодії в навколишньому середовищі, які пов'язані з діяльністю людини. Екологічна хімія займається класифікацією антропогенних хімічних сполук, вивченням їх дії на абіотичні та біотичні складові екосистем.

Геохімічна екологія – дисципліна, що вивчає хімічні взаємодії організмів з геохімічним середовищем.

Екологічна біохімія – дисципліна, що досліджує усю сукупність хімічних зв'язків у живій природі, іншими словами, “хімічну мову” рослинних і тваринних організмів.

За акад. Ю. Овчинниковим, до кола питань, які відносяться до хімічної екології належать:

- хімічні основи міжвидових та внутрішньовидових взаємодій, які склалися у природі без участі людини;
- вплив людської діяльності на біосферу та зворотний тиск біосфери на людину;
- проблема мінеральних та харчових ресурсів.

Отже, *хімічна екологія* – це комплексна дисципліна, яка вивчає сукупність хімічних зв'язків у живій природі та хімічні взаємодії, які пов'язані з життям. Охоплює геохімічну екологію та ряд розділів екології, які вивчають хімічні взаємозв'язки організмів, організмів і середовища та ін.

Термін «хімічна екологія» (а не «екологічна хімія») вибраний нами з двох причин. По-перше, термін «екологічна хімія» визначає, що ця галузь знань є новим розділом хімії (по аналогії з такими розділами, як неорганічна хімія, фізична хімія та ін.). Однак, враховуючи, що екологія як наука почалась з біології, а вже потім вмістила знання з інших галузей знань (зокрема хімії), термін «хімічна екологія», з нашого погляду, є адекватнішим. По-друге, цей термін вже достатньо часто зустрічається в сучасній науковій літературі, на відміну від терміну «екологічна хімія».

Для ефективного розв'язання багатьох екологічних проблем необхідне знання та вивчення хімічних причин їх виникнення. Звідки виходить потреба екологізації хімічних знань. Окрім того, конкретні розв'язання більшості екологічних питань пов'язані із досягненнями хімічної науки. Тільки визначивши генезис проблем можливо цілеспрямовано шукати методи їх розв'язання (рис. 3).

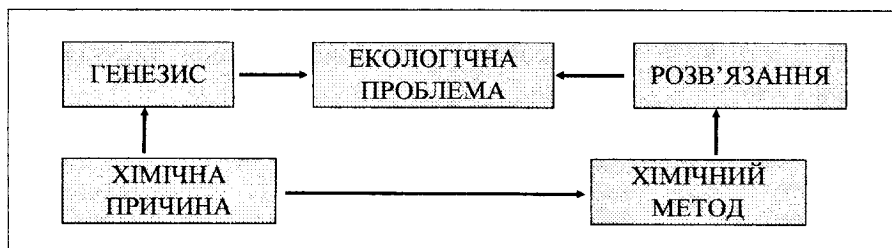


Рис. 3. Зв'язок хімії і екології у розв'язанні проблем довкілля

Часто в хімії розглядають тільки причину порушення екологічної рівноваги у природі. Але це не так. Погляд на будь-яку проблему довкілля з точки зору хімії важливо для формування цілісного світорозуміння. Окрім того, аналізуючи хімічні аспекти проблем, ми можемо визначити користь практичного характеру. Так, всім знайома проблема збереження тваринного та рослинного світу планети. З 45000 видів хребетних, які існують на Землі щороку відмирає 3–5 видів. Це означає, що п'ята частина всіх існуючих тварин та рослин вже зникла.

Здається, що ця проблема дуже далека від інтересів хімічної науки. Однак зменшення числа видів — це не тільки естетичне збіднення природи, а насамперед незворотні втрати генетичних ресурсів, тобто нуклеїнових кислот, білків, які є видоспецифічними (несуть генетичну інформацію про особливості конкретного виду тварини, рослини або мікроорганізму). Такі унікальні молекули створювались мільйони років і у кожного виду вони особливі. ДНК людини, наприклад, відрізняється від ДНК шимпанзе. Втрата таких хімічних сполук означає збіднення молекулярного різноманіття живої речовини.

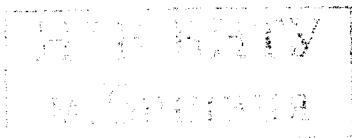
З іншого боку, нині для збереження зникаючих видів (передовсім біохіміки, молекулярні біологи, генні інженери, біотехнологи) розробляють одну з найбільш передових стратегій. Вона визначається в консервації генетичних ресурсів (наприклад, в умовах холоду, за температури рідкого азоту — -197°C), а потім відновлення виду різними шляхами через різноманітні маніпуляції з генетичним матеріалом. Встановлено, якщо збережені нуклеїнові кислоти (ДНК і РНК) даного виду, то цей вид потенційно відновлюваний.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Хто вперше запропонував термін «екологія»?
2. Черз які етапи пройшла екологія у своєму розвитку як наука?
3. Що сьогодні розуміють під екологією в її широкому значенні?

4. На межі яких наук розвивається сучасна екологічна наука?
5. Які основні структурні блоки складають фундамент сучасної екології?
6. Що таке екосистема?
7. Чим відрізняється екосистеми від біогеоценозу?
8. Які функціональні групи складають екосистему?
9. Що вивчає хімічна екологія?
10. Чому комплексний підхід є важливим при розв'язанні екологічних проблем? Наведіть приклади.
11. Наведіть приклади глобальних екологічних проблем, де хімічна наука пропонує свої шляхи розв'язання?

475700



РОЛЬ ТА МІГРАЦІЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПРИРОДІ

§1. ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ В БІОСФЕРІ

Про що ви дізнаєтесь в цій темі?

1. Класифікація хімічних елементів.
2. Біогенні елементи як зв'язуюча ланка між живою та неживою природою.
3. Вміст хімічних елементів у біосфері та організмі людини.
4. Закономірності розповсюдження хімічних елементів у біосфері.
5. Біологічне значення хімічних елементів.

Ключові слова

<i>Макроелемент(и)</i>	<i>Macroelements</i>
<i>Мікроелемент(и)</i>	<i>Microelements</i>
<i>Біогенні елементи</i>	<i>Biogenic elements</i>
<i>Органогени</i>	<i>Organogenic elements</i>
<i>Правило Oddo-Гаркінса</i>	<i>Oddo-Harkins's rule</i>

Близько 90 елементів існують у біосфері, інші добуті штучно за допомогою ядерних реакцій. Організм людини вміщує близько 70 елементів. Тільки 8 елементів – Оксиген, Силіцій, Алюміній, Ферум, Кальцій, Натрій, Калій та Магній складають за масою 99% земної кори, причому половина припадає на Оксиген, а чверть – на Силіцій.

З хімічних елементів, які зустрічаються у природі в значних кількостях (таких близько 50), приблизно половину складають *біогенні елементи*. Вони постійно входять до складу організмів і виконують життєво необхідні біологічні функції (Оксиген, Карбон, Фосфор, Нітроген та ін.). До елементів-органогенів належать: Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур, Галогени та

деякі метали. Інші – другорядні елементи, які не мають певної цінності для живої клітини. Термін "другорядні елементи" не зовсім коректний, тому що в природі не має таких елементів, біологічними функціями яких можна було нехтувати. "Другорядність" слід розуміти як рідкість, мале розповсюдження атомів деяких елементів у складі живої природи (рис. 4).

Біогенні елементи поділяються на *макро- та мікроелементи*. Макроелементи використовуються організмами у великих кількостях: Оксиген, Гідроген, Карбон, Нітроген, Ферум, Фосфор, Калій, Кальцій, Сульфур, Магній, Натрій, Хлор та ін. Макроелементи приймають участь у побудові органічних сполук та неорганічних речовин живих організмів, складаючи основну масу сухої речовини останніх, вони входять до складу білків, нуклеїнових кислот, вуглеводів. Вміст їх змінюється від 60 до 0,001% маси тіла. Для Карбону, Нітрогену, Оксигену та Гідрогену використовують історичну назву – органогени, тобто елементи, які породжують органічні сполуки. Роль мікроелементів у житті тварин та людини для одних елементів достатньо вивчена, для інших – імовірна. Вони також необхідні для життєдіяльності, як макроелементи, але в значно менших кількостях. Вміст їх змінюється від 0,001 до 0,00001% маси тіла. Мікроелементи входять до складу ферментів, гормонів, вітамінів та інших біологічно активних сполук, в основному як комплексоутворювачі або активатори обміну речовин.

До даної групи належать Манган, Бор, Кобальт, Купрум, Йод, Цинк, Ванадій, Бром, Алюміній. Головний критерій за яким відрізняють макроелементи від мікроелементів – це потреба організму в елементі, яка виражається в мг/кг маси або мг/добу. Щоденна потреба в макроелементах приблизно дорівнює 100 мг/добу, тоді як в мікроелементах не перевищує кількох міліграмів. Крім того, вміст макроелементів в організмі знаходиться на постійному рівні та суттєві відхилення від цього рівня не викликають серйозних ускладнень для життя. Тоді, як незначна зміна кількості мікроелементів приводить до захворювань.

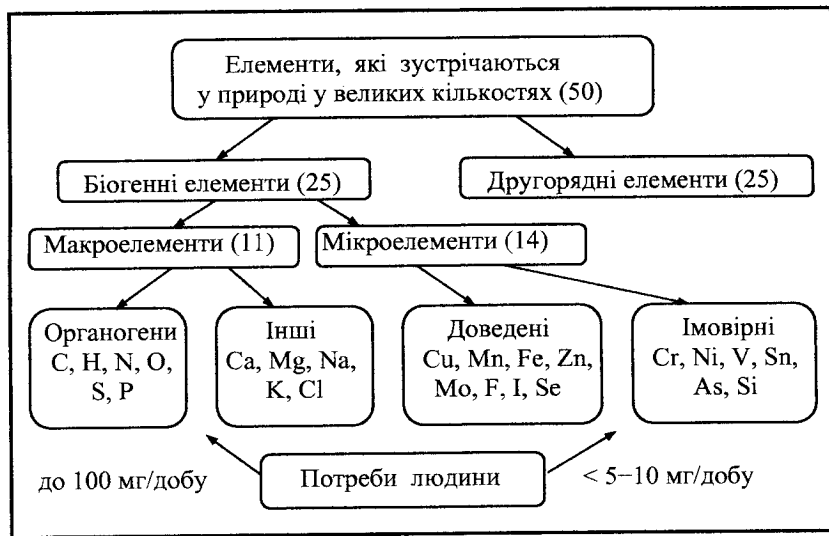


Рис. 4. Класифікація найрозповсюджених хімічних елементів

Вміст ультрамікроелементів не перевищує 0,000001% маси тіла. Фізіологічна роль їх в організмах тварин та рослин повністю ще не вивчена. До цієї групи належать Уран, Радій, Аурум, Меркурій, Цезій, Селен та інші рідкі елементи.

Взагалі, чіткого розмежування між макро- та мікроелементами немає. Наприклад, набір мікроелементів рослин (рис. 5) значно відрізняється від набору мікроелементів тварин. Так, для рослин хімічний елемент Натрій не відіграє суттєвої ролі, тоді як в організмах тварин та людини він регулює водно-електролітну та кислотно-основну рівноваги. Бор не є обов'язковим для тварин, але дуже важливий для рослин (при його нестачі в ґрунті деякі мікроорганізми перестають фіксувати Нітроген і живляться за рахунок рослин).

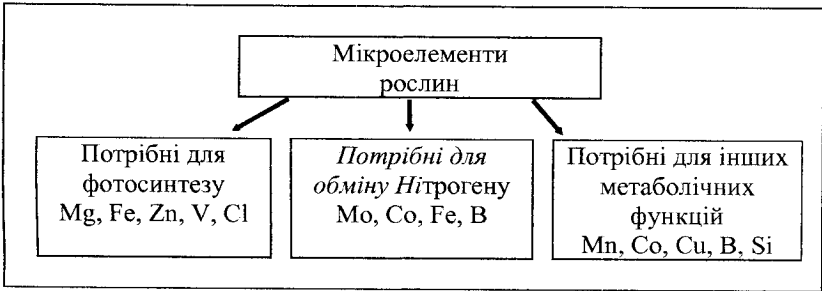


Рис. 5. Значення мікроелементів у житті рослин

Залежно від валентного стану та структури електронних рівнів роль кожного мікроелементу строго специфічна, й тому його не можна замінити в біохімічних процесах ніякими іншими хімічними елементами. Це положення підтверджується чисельними дослідженнями. Наприклад, з випробуваних 77 елементів ні один не замінив Галій, який потрібен для споруотворення грибів.

Отже, роль, яку відіграють деякі хімічні елементи в біосфері достатньо вивчена. Наведемо деякі основні властивості окремих хімічних елементів і їх дію на живі організми.

Карбон (С). Основний складовий елемент рослинного та тваринного світу.

Оксиген (О). Поширеніший елемент на планеті. Необхідний елемент процесів дихання.

Фосфор (Р). Забезпечує організм енергією. Необхідний елемент для побудови кісткової тканини.

Кальцій (Са). Сприяє розвитку та укріпленню кісткової тканини.

Купрум (Cu). Незмінний фактор нормального використання організмом Феруму. З продуктів харчування багато Купруму в молоці, маргарині, медові, а найбільше – у горіхах і овочах.

Йод (I). Нестача йоду в атмосфері, воді та ґрунтах призводить до захворювань щитовидної залози.

Силіцій (Si). Його сполуки складають 75% (за масою) земної кори.

Цинк (Zn). З екологічного погляду важливо підтримувати вміст цинку в довкіллі на належному рівні, від 13 до 350 мг на 1 кг ґрунту. На клітинному рівні існує антагонізм між Цинком і Купрумом.

Молибден (Mo). Незамінний елемент нітрогенофіксуючих мікроорганізмів. З нестачею молибдену в середовищі пов'язують карієс зубів, захворювання суглобів, кісток, а також порушення роботи залоз внутрішньої секреції.

Флуор (F). Досить поширений мікроелемент. Різниця між позитивною і шкідливою дозою фтору дуже мала і в цьому полягає велика небезпека фторування води. Отруюються фтором там, де у питній воді та ґрунтах міститься багато фосфору.

Магній (Mg). Приймає участь у фотосинтезі, як компонент хлорофілу.

Меркурій (Hg). Входить до складу багатьох гірських порід, ґрунтів, води, повітря. Крім того, джерелом ртуті в біосфері є різні фунгіциди, якими обробляють зерно перед сівбою. До організму Меркурій надходить дуже повільно, пошкоджує нервові клітини, органи слуху і дотику.

Вміст деяких хімічних елементів в біосфері та організмі людини наведений у табл. 1.

В.І. Вернадський вказував на те, що існує зв'язок між геохімічними процесами (процесами розподілу та перетворення елементів у складі Землі) та життєдіяльністю живих організмів. При такому підході живі організми можна назвати відкритими системами (з точки зору термодинаміки), тобто системи, які вільно обмінюються з навколишнім середовищем енергією та речовиною. Знаходження того або іншого елемента в організмі та частка його в останньому визначається такими фактами:

- наявністю елемента в природі в доступній формі;
- здатністю організму поглинати елемент;
- здатністю організму утримувати елемент.

У табл. 2 у стислій формі відзначена дія, що виникає в рослинах у разі підвищення й зниження вмісту металів у ґрунтах і як це позначається на стані тварин.

Таблиця 1

Вміст деяких хімічних елементів у біосфері та організмі людини

Елемент	Атомний номер	Вміст у літосфері, гідросфері, атмосфері, %	Вміст в організмі людини, %
Гідроген (H)	1	0,95	9,31
Карбон (C)	6	0,18	19,37
Нітроген (N)	7	0,03	5,14
Оксиген (O)	8	50,02	62,81
Флуор (F)	9	0,10	0,009
Натрій (Na)	11	2,36	0,26
Магній (Mg)	12	2,08	0,04
Алюміній (Al)	13	2,08	0,001
Силіцій (Si)	14	25,80	сліди
Фосфор (P)	15	0,093	0,64
Сульфур (S)	16	0,11	0,63
Хлор (Cl)	17	0,20	0,18
Калій (K)	19	2,28	0,22
Кальцій (Ca)	20	3,22	1,38
Манган (Mn)	25	0,08	0,0001
Ферум (Fe)	26	4,18	0,005

Існують визначені закономірності в розподілі елементів. У 1869 р. Д.І. Менделєєв зазначав, що найбільш розповсюджені хімічні елементи мають малу атомну масу. У 1914 р. італійський фізик Дж.Оддо визначив що, в земній корі переважають елементи з парним атомним номером і парною атомною масою. Докладніше це явище було вивчено американським вченим У. Гаркінсом. **Правило Оддо-Гаркінса** наголошує: з двох сусідніх хімічних елементів Періодичної системи елементів вміст у земній корі парного елемента взагалі більший. Наприклад, з восьми основних елементів, що утворюють 99% маси земної кори, на частку парних елементів припадає 86%, а на частку непарних – разом 14%.

Таблиця 2

Вплив нестачі та надлишку металів на стан рослин та тварин

Метал	Вплив металу (йону) на стан організмів	
	нестачі	надлишку
Літій	—	Розвиток особливих форм рослин — літєва флора
Натрій	У тварин м'язові болі, слабкість. У рослин затримання утворення хлорофілу.	Гіпертонія (у людини). Розвиток галофітних форм у рослин.
Магній	У рослин мармуність листів. У тварин трав'яна тетанія.	У людини можливо отруєння магнієм (параліч дихання)
Кальцій	У тварин остеопороз.	Антагоніст магнію, використовують під час отруєння магнієм.
Алюміній	—	Розвиток особливих форм рослин.
Манган	У рослин хлороз. У птахів порушення розвитку крилів.	Порушення розвитку рослин. У високих ступенях окислення сильно токсичний.
Ферум	У рослин хлороз, затримання утворення хлорофілу.	Токсичний
Купрум	У тварин анемія (при вмісті нижче 10^{-4} %). Захворювання рослин.	Токсичний
Кобальт	У тварин анемія (нижче $2 \cdot 10^{-6}$ %).	Токсичний
Цинк	Захворювання рослин.	Токсичний
Молибден	Захворювання бобових рослин.	При надлишку у ґрунті — захворювання худоби.

Велика кількість найважливіших стадій процесів життєдіяльності контролюється йонами металів. Тому цілком зрозуміло, що порушення роботи систем, що містять метали відбивається на загальному стані організму.

При недостатній кількості Феруму в організм вводяться йони феруму у формі лактатів (солі молочнокислої кислоти) або солі аскорбінової кислоти. Добова потреба дорослої людини у Феруму

близько 5–10 мг легко покривається звичайним раціоном: вівсяне борошно, шпинат, сочевиця, квасоля, салат, м'ясо, яйця містять достатню кількість заліза. У лікувальних препаратах Ферум краще засвоюється, якщо він перебуває в стані двозарядного йону (Fe^{2+}). Тому аскорбінова кислота (відновник) сприяє усмоктуванню Феруму. Кальцій карбонат та фосфати, навпаки, гальмують усмоктування через утворення важко розчинних опадів. Аналогічно діють натрій і магній карбонат, що знижують кислотність шлункового соку.

Існує багато препаратів Феруму, у тім числі, що містять ферум(II) сульфат; деякі з них можуть викликати неприємні побічні явища (роздратування слизових оболонок шлунково-кишкового тракту). Препарати Феруму рекомендуються для лікування анемії.

При злоякісній анемії вводяться розчини вітаміну B_{12} (комплексної сполуки Кобальту). Людині на добу потрібно всього 1–2 мкг. Цей вітамін не тільки сприяє кровотворенню, він бере участь і в інших процесах – у синтезі креатину й метіоніну, у перетвореннях жирів, в утворенні нуклеїнових кислот. Вітамін B_{12} синтезується кишковою флорою, але надходить і з їжею: м'ясо, яйця й особливо печінка містять значні кількості цієї сполуки. У лікувальних цілях його іноді комбінують із солями Феруму, фолієвою і аскорбіновою кислотами.

Солі магнію з аскорбіновою кислотою застосовують разом із глюкозою для лікування гіпертонічної хвороби й при порушеннях мозкового кровообігу. Магній оксид (палена магnezія) рекомендується для усунення підвищеної кислотності й для лікування отруєнь кислотами.

Однак безконтрольне введення в організм сполук різних металів може призвести до сумних наслідків. Навіть поварена сіль – натрій хлорид – може бути токсичною. Щоденна норма солі становить близько 10 г; лікарі встановили, що постійне перевищення цієї норми у два-три рази призведе до розвитку гіпертонії, а приймання дуже великої порції солі може виявитися смертельно небезпечним. Одночасно натрій хлорид – життєво необхідна речовина. Очевидно,

що уся справа у концентрації, яку досягає сполука даного металу в клітинному вмісті організму.

Нині біологічні функції багатьох металів маловідомі. Цілком ймовірно, що деякі з них (наприклад, сполуки Меркурію) взагалі не виконують в організмі корисної дії й не є необхідними. Але саме серед них виявлені високотоксичні, тобто небезпечні навіть у дуже малих концентраціях. З легких металів токсичні властивості має Берилій і Літій та їх сполуки. Отрутна дія йонів важких металів значною мірою пов'язана з їхньою здатністю міцно з'єднуватися з білками й порушувати нормальну роботу ферментів та інших біологічно активних білкових речовин. Нижче розглянемо токсичні властивості деяких металів і їх сполук. Коли мова йде про токсичність самого металу, то, як правило, він проявляє токсичний ефект у тонкоподрібненому стані (у вигляді пилових часток). Потрапляючи в легені й бронхи, частки металу викликають роздратування, повільно реагуючи з вмістом клітини. Аналогічна дія виявляється під час вдихання пилових часток оксидів металів (цинк оксид, манган оксид та ін.) або їх солей. Солі деяких металів сильно дратують шкіру (солі магнію й почасти натрію) та здатні всмоктуватися навіть через шкірні покриви. Тому при будь-якій роботі з металами і їх солями, особливо якщо робота ведеться в умовах високої температури, необхідно звернути серйозну увагу на дотримання відповідних правил техніки безпеки. Небезпечними, що діють навіть у малих концентраціях, слід уважати Меркурій, Плюмбум, Кадмій, Талій, Берилій, Хром, Барій, Стронцій.

Мікроелементи нерівномірно розподіляються між тканинами й органами. Більшість мікроелементів у максимальних концентраціях утримуються в тканині печінки, тому печінка розглядається як депо для мікроелементів. Okремі мікроелементи проявляють особливу спорідненість до певних тканин. Наприклад, підвищений вміст Йоду спостерігається в щитовидній залозі, Флуору – в емалі зубів, Цинку – у підшлунковій залозі, Молібдену – у нирках, Барію – у сітківці ока, Стронцію – у кістках, а Мангану, Бром, Хрому – у гіпофізі.

Кількісний вміст мікроелементів в організмі людини піддається

значним коливанням і залежить від ряду умов: віку, статі, пори року й доби, умов праці, виду трудової діяльності, а також різних фізіологічних (вагітність, лактація) і патологічних станів. Зміни в розподілі мікроелементів між тканинами організму можуть служити діагностичним тестом і прогнозом того або іншого захворювання, а також використовуватися в судово-медичній експертизі.

Для нормального перебігу фізіологічних процесів в організмі має підтримуватися певний рівень насичення тканин мікроелементами, тобто мікроелементний гомеостаз. У підтримці оптимального рівня мікроелементів в організмі беруть участь гормони. Вміст мікроелементів нижче або вище цього рівня призводить до серйозних наслідків для здоров'я людини. Дефіцит, життєва необхідність і токсичність елементу подано у вигляді залежності "кількість елемента в їжі (доза) – реакція організму" (рис. 6).

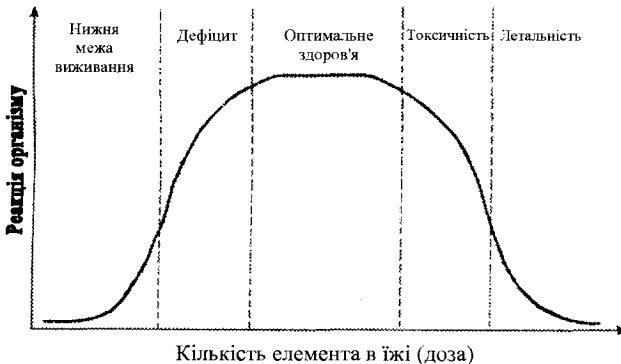


Рис. 6. Залежність реакції організму від вмісту елемента в їжі

Горизонтальна ділянка кривої (плато) описує область доз, відповідних до оптимального росту і здоров'я. Більша довжина плато вказує на малу токсичність елемента й на здатність організму адаптуватися до значних змін вмісту цього елемента. Вузьке плато свідчить про різкий перехід від необхідних організму кількостей до небезпечних для життя, тобто про токсичність елемента. У цьому

випадку незначне збільшення дози мікроелемента може привести до летального результату. Саме тому мікроелементи: Be, Ba, As, Pb, Hg, Tl – називаються елементами-токсикантами.

Меркурій

У промисловості зустрічаються як металева ртуть, так і солі Меркурію (хлориди Hg_2Cl_2 і $HgCl_2$, сульфід HgS), на основі яких виготовляють фарбу кіновар та ін. Надзвичайно небезпечні органічні сполуки Меркурію, наприклад етилмеркурійхлорид. У медицині сполуки Меркурію використовуються у суворому дозуванні (саліциловортутні мазі, меркурій ціанід). Пари сполук Меркурію можуть утримуватися у легенях потім всмоктуватися у кишечнику, що, пов'язано з відносно доброю розчинністю цих речовин у воді. Як й інші важкі метали (наприклад, Плюмбум), йони Меркурію енергійно сполучаються з групами -SH білків і міцно утримуються у комплексах, або; частково переходять в сульфід. Необхідно уникати контактів з металевою ртуттю. Навіть якщо, наприклад, у кімнаті розбився медичний термометр, слід урахувати небезпеку отруєння парами ртуті, тому що її гранично допустима концентрація дуже мала – 0,00001 мг/л. Кульки ртуті важко буває зібрати, і тому місце, де можуть виявитися дрібні частки засипають порошком сірки або заливають розчином ферум(III) хлориду.

Кадмій

У промисловості та техніці використовуються як металевий кадмій, так і його солі – сульфат, сульфід і ін. Сполуки Кадмію токсичні. Під час переробки кадмію часто утворюється кадмій оксид, відносно легка речовина, яка може потрапити у дихальні шляхи. Йони цього металу вступають в реакцію з карбоксильними, аміними й сульфгідрильними (-COOH, -NH₂, -SH) групами білків. Нирки, печінка, підшлункова й щитовидна залози є місцями, у яких сполуки Кадмію можуть залишатися роками. Відомі випадки важких отруєнь кадмієм, коли людина гине за 9 років після того, як була припинена робота з кадмієм. Діючи на шкіру, кадмій викликає дерматити й екземи.

Берилій

Цей легкий метал використовується у промисловості у вигляді сплавів (берилієві бронзи), використовуються також оксид і різні солі: фторид, карбонат, хлорид і ін. Пил, що містить металевий берилій, особливо його розчинні сполуки токсичні. Найчастіше отруєння відбуваються в результаті вдихання пилу або диму берилію. Берилій накопичується в тканинах легенів, викликаючи важкий бронхіт, і може міцно затримуватися й кістковою тканиною. Тварини, які перебувають на ґрунтах, забруднених Берилієм, страждають від так званого "берилієвого рахіту". Біологічна роль Берилію невідома.

Плюмбум

Сполуки Плюмбуму та металевий свинець широко використовуються у техніці. Практичне значення мають карбонати й хромати, що використовуються як неорганічні пігменти (фарби), а також різні оксиди й сульфат, з якими працюють у виробництві акумуляторів. Усі сполуки Плюмбуму та сам метал токсичні. Отруєння найчастіше має хронічний характер. Як правило воно розвивається при вдиханні пилу, що містить сполуки Плюмбуму за умов недостатнього дотримання правил техніки безпеки. Гранично допустима концентрація – 0,00001 мг/л. Плюмбум утримується білками еритроцитів, потім надходить до плазми крові (у вигляді комплексів з гамма-глобуліном) і нарешті досягає нирок, печінки та інших органів. У кістках Плюмбум накопичується поступово й довго залишається там. Час від часу відбувається виділення Плюмбуму з костей, що може стати причиною несподіваного розвитку симптомів гострого отруєння. Довгий час свинець залишається й у головному мозку. Виразки ясен, розлад кишечника, захворювання нирок і нервової системи – результати отруєння сполуками Плюмбуму.

Талій

У техніці використовують металевий талій, його оксиди й солі. Цей метал і його сполуки також токсичні. Особливо токсичні сполуки одновалентного Талію. Талій, потрапивши до організму,

накопичується у волоссі, кістках, нирках, м'язах. Одним із симптомів отруєння Талієм є випадання волосся. Псуються також шлунково-кишкова система, нервова система та нирки.

Хром

Хром, важливий для металургії елемент, застосовується як у вигляді металу, так і у формі сполук зі ступенями окиснення +3 і +6. Ступінь окиснення +2 зустрічається практично рідко. Сполуки зі ступенем окиснення +3 і +6 токсичні, особливо це відноситься до ступеня окиснення +6 (хромати та біхромати). Отруєння можуть відбуватися під час вдихання пилу, що містить сполуки Хрому; ці сполуки всмоктуються й шкірою. Йон хрому(III) сполучається з білками, що містять Ферум, білками печінки, кісткового мозку, нуклеїновими кислотами й накопичується у легенях. Доведене, що сполуки Хрому викликають рак легенів і різні алергії. Гранично допустима концентрація – 0,0001 мг/л.

Магній

Цей метал не є токсичним у тому розумінні, у якому ми говорили про небезпечні метали. Навпаки, присутність магнію необхідно для організму - йони цього металу виконують важливу роботу з регулювання активності багатьох ферментів. Але все в міру! Надлишкова кількість сполук Магнію може викликати шкідливу дію. У легенів магній оксид, який леткий, викликає хворобливі явища ("ливарна лихоманка"); на шкірі при частих контактах зі сполуками магнію можуть виникнути роздратування – дерматити; уведення йонів магнію під шкіру може викликати параліч м'язів.

Цинк

Цинк оксид й пил металевого цинку в легенях викликають патологічні зміни (запалення); можуть стати причиною розвитку екзем і дерматитів. Не можна пити воду, що зберігалася в оцинкованих баках: розчинні сполуки Цинку виявлять шкідливу дію на шлунково-кишковий тракт. Гранично допустима концентрація оксиду в повітрі – 0,005 мг/л.

Усі інші метали другої групи періодичної системи, біологічна

роль яких нам поки невідома, – саме Стронцій, Барій, Радій – є сильно токсичними. Барій сульфат практично не розчиняється у воді й тому він нешкідливий. Ця сіль використовується в медицині при рентгенографії кишечника й шлунку. Як усі йони важких металів, йон Барію добре поглинає рентгенівські промені й дає можливість одержувати чітке, контрастне зображення. Звичайно хворому дають суспензію BaSO_4 у воді (барієва каша). Радій застосовується у променевій терапії.

Аргентум та Платина

Солі Аргентуму токсичні. На шкірні покриви солі Аргентуму виявляють припікальну дію, і разом з тим срібло – один із самих корисних металів. Добре відомо, що вода, профільтрована крізь шар піску, у якому є металеве срібло ("срібний пісок"), практично стерильна – більшість мікроорганізмів у ній гине. За тими ж причинами вода, що зберігається в срібних посудинах, не псується роками. Незначної кількості йонів Аргентуму досить, щоб знешкодити небезпечні бактерії. Йони Аргентму мають високу бактерицидність. Проф. П. Є. Єрмолаєв запропонував користуватися для лікування захворювань, викликаних стрептококами й стафілококами (запалення шкірних покривів, ангіни, гнійні рани й т.п.), дуже слабким розчином аргентум нітрату. Цей розчин за назвою "ляпіс" виявився досить корисним. Нині, на жаль, майже повністю витиснутий сульфамідами й антибіотиками.

Назвемо ще один метал, сполуки якого, можуть увійти в арсенал засобів боротьби з раком. Це Платина (почасти також Палладій). Комплексні сполуки Платини з амоніаком гальмують розвиток злоякісних пухлин. Безсумнівно, що медицина майбутнього зможе широко використовувати коштовні біологічні властивості йонів різних металів.

У табл. 3 наведено приклади гранично допустимих концентрацій сполук металів у питній воді

Гранично допустимі концентрації сполук металів у питній воді

Метали, йони	Гранично допустима концентрація (мг/л)
Берилій(II)	0,0002
Бісмут(III)	0,5
Бісмут(V)	0,1
Кадмій	0,01
Меркурій(II)	0,005
Диетилмеркурій	0,0001
Нікол	0,1
Плюмбум	0,1
Титан	0,1
Цинк	0,03
Купрум	1,0
Хром(VI)	0,1
Ферум(III)	0,5

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке макро- та мікроелементи?
2. Наведить приклади хімічних елементів, які відносять до групи макро- та мікроелементів.
3. Які елементи належать до органогенів?
4. Які закономірності існують у розподілі хімічних елементів?
5. Відтворіть у пам'яті правило Оддо-Гаркінса.
6. Перерахуйте основні властивості таких хімічних елементів, як Оксиген, Силіцій, Фосфор, Кальцій, Калій, Купрум, Манган, Селен, Ферум, Меркурій, Нітроген, Флуор.

§2. ПОНЯТТЯ ПРО БІОГЕННУ МІГРАЦІЮ ТА КОЛООБІГ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Про що ви дізнаєтесь в цій темі?

1. Що таке жива речовина.
2. Роль живої речовини в здійсненні колообігів хімічних елементів.
3. Газова, концентраційна, окисно-відновна, біохімічна функції живої речовини.

Ключові слова

<i>Жива речовина</i>	<i>Natural substance</i>
<i>Колообіг хімічного елемента</i>	<i>Circuit of chemical element</i>
<i>Функції живої речовини</i>	<i>Functions of natural substances</i>
<i>Газова функція живої речовини</i>	<i>Gaseous function of natural substances</i>
<i>Концентраційна функція живої речовини</i>	<i>Concentration function of natural substances</i>
<i>Окисно-відновна функція живої речовини</i>	<i>Redox function of natural substances</i>
<i>Біохімічна функція живої речовини</i>	<i>Biochemical function of natural substances</i>

Визначення біогенної міграції хімічних елементів, яка викликана силами природи, дав В.І.Вернадський. Біогенна міграція є часткою загальної міграції хімічних елементів у біосфері, всі переміщення яких підпорядковуються законам рухливих рівноваг та мають циклічний характер. Будь-який хімічний елемент, сполуки якого розчинні, здійснює природний циклічний шлях (колообіг) між біосферою та довкіллям.

Велика різноманітність організмів, які складають біосферу, – це, за визначенням В.І.Вернадського, «жива речовина» Землі.

Головною геохімічною особливістю живої речовини є те, що вона пропускає через себе атоми хімічних елементів земної кори,

гідросфери та атмосфери, здійснюючи їх закономірне сортування та диференціацію. Закінчивши свій життєвий цикл, організми повертають природі все, що здобули від неї протягом життя. Колообіг речовин на Землі складається з колообігів окремих хімічних елементів. *Саме колообіги забезпечують тривалість та сталість існування життя, тому що без них навіть в масштабах всієї Землі запаси необхідних елементів були б швидко вичерпані.* Крім того, колообіги забезпечують багатократність процесів та явищ, їх високу сумарну ефективність при обмеженому обсязі вихідної речовини, яка приймає участь у цих процесах.

Незважаючи на незначну потужність ґрунтового шару (всього 1–2 м), організми, які його населяють, є найбільш активною часткою біосфери, забезпечують міграцію та колообіг хімічних елементів. Уся різноманітність живих організмів виступає як єдиний, потужний геохімічний фактор, який забезпечує кілька дуже важливих функцій планетарного масштабу: *газову, концентраційну, окисно-відновну, біохімічну.*

Газова функція здійснюється зеленими рослинами в процесі фотосинтезу, поповнюючи атмосферу киснем, всіма рослинами та тваринами, які виділяють вуглекислий газ у процесі дихання. Здійснюється також колообіг Нітрогену, пов'язаний із діяльністю мікроорганізмів. Між живою речовиною та газовими компонентами біосфери відбувається постійний обмін, який визначає важливі геохімічні особливості нашої планети.

Концентраційна функція виявляється в можливості живих організмів акумулювати різні хімічні елементи, у тім числі мікроелементи, із зовнішнього середовища (ґрунту, води, атмосфери). Деякі види є специфічними концентраторами хімічних елементів у кількостях, які в десятки та, навіть, в тисячі разів перевищують їх вміст у середовищі. Наприклад, морські водорості концентрують Йод, злаки – Силіцій, моллюски, ракоподібні – Купрум. Наслідком концентраційної функції живих організмів є геохімічні аномалії багатьох ділянок земної поверхні, локальні накопичення

деяких хімічних елементів, які змінюють геохімічний стан екосистеми.

Окисно-відновна функція виявляється в хімічних перетвореннях речовини в процесі життєдіяльності організмів. У ґрунтовому, водневому та повітряному середовищах утворюються солі, оксиди, нові сполуки як результат окисно-відновних реакцій. Процеси дихання, фотосинтезу належать до окисно-відновних процесів. З діяльністю мікроорганізмів пов'язане формування залізних та марганцевих руд, вапняків та ін.

Біохімічна функція здійснюється у процесі обміну речовин у живих організмах (харчування, дихання, виділення) та деструкції мертвих органічних рештків до простих вихідних речовин. Все це приводить до колообігу хімічних елементів, їх біогенної міграції. Знання кількісних та якісних характеристик міграції та колообігу елементів, їх ритму, інтенсивності, послідовності дає змогу прогнозувати поведінку речовин і елементів у біосфері. І як наслідок цього – швидкість та масштаби формування біологічної продукції.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У чому полягає значення колообігів хімічних елементів?
2. Схарактеризуйте основні функції живої речовини.
3. Що забезпечує тривалість та сталість життя на планеті?
4. Що таке жива речовина?
5. Наведіть приклади окисно-відновних реакцій, що перебігають у природі.

§3. БІОГЕОХІМІЧНІ КОЛООБІГИ ОСНОВНИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Про що ви дізнаєтесь в цій темі?

1. Основна характеристика та біогеохімічний колообіг Карбону.
2. Основна характеристика та біогеохімічний колообіг Нітрогену.
3. Основна характеристика та біогеохімічний колообіг Фосфору.
4. Основна характеристика та біогеохімічний колообіг Оксигену.
5. Основна характеристика та біогеохімічний колообіг Сульфурі.
6. Основна характеристика та біогеохімічний колообіг Калію.

Ключові слова

<i>Колообіг Калію</i>	<i>Circuit of Potassium</i>
<i>Колообіг Карбону</i>	<i>Circuit of Carbon</i>
<i>Колообіг Оксигену</i>	<i>Circuit of Oxygen</i>
<i>Колообіг Сульфурі</i>	<i>Circuit of Sulfuric</i>
<i>Колообіг Фосфору</i>	<i>Circuit of Phosphorus</i>
<i>Колообіг Нітрогену</i>	<i>Circuit of Nitrogen</i>

Із появою на Землі живої матерії створилась можливість безперервної циркуляції хімічних елементів у біосфері та їх переходу з зовнішнього середовища до організмів та назад до зовнішнього середовища. Така циркуляція хімічних елементів одержала назву *біогеохімічних колообігів*. Біогеохімічні колообіги у біосфері можна поділити на два основних типи:

1) колообіги газоподібних речовин із резервним фондом в атмосфері або гідросфері (океан) та

2) осадові цикли хімічних елементів із резервним фондом у земній корі.

У природі хімічні елементи завжди розподіляються нерівномірно по всій екосистемі і мають різну хімічну форму.

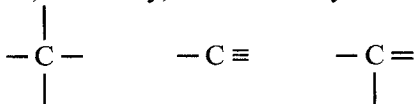
Завдяки наявності в атмосфері великого резервного фонду колообіг деяких газоподібних речовин здатні до швидкої

саморегуляції при різних місцевих порушеннях рівноваги. Наприклад, надлишок вуглекислого газу, який накопичився в будь-якому місці у зв'язку з інтенсивним окисненням або горінням, швидко розсіюється повітрям; крім того інтенсивне утворення вуглекислого газу компенсується збільшенням його потреби рослинами або перетворенням його на карбонати. Таким чином, колообіги газоподібних речовин у глобальному масштабі відносно стабільні. Основними такими циклами є колообіги Карбону (в складі вуглекислого газу), Нітрогену, Оксигену, Фосфору, Сульфуру та інших біогенних елементів.

Колообіг Карбону. Карбон у природі перебуває як у вільному стані, так і у вигляді різних сполук. Вміст Карбону у земній корі становить 0,14%. У вільному стані Карбон існує у вигляді графіту й алмазу. Основна маса Карбону входить до складу карбонатів (CaCO_3 , MgCO_3), нафти, кам'яного та бурого вугілля, сланців, природного газу. Карбон є складовою частиною тканини усіх живих організмів. Вміст CO_2 в атмосфері невеликий (0,03 %).

Чому саме Карбон є основою усього живого на Землі? Відповідь слід шукати у тому, що атоми, маючи помірну електронегативність, здатні безпосередньо зв'язуватися один з одним. При цьому вони утворюють довгі розгалужені ланцюги, замкнені цикли і складні багатомірні структури за рахунок міцних ковалентних зв'язків. *Унікальність карбонового атома полягає у здатності утворювати величезну кількість різноманітних сполук, що можна пояснити тим, що:*

- Карбон поєднує в собі ознаки багатьох хімічних елементів нашої планети;
- Карбон здатний утворювати різноманітні ланцюги, зв'язки, завдяки електронній будові атома;
- Карбон має, так звану, комбінаційну валентність:



- Карбон здатний утворювати ланцюги, зв'язки з іншими елементами;

• Карбон здатний утворювати велику кількість конформаційних та конфігураційних ізомерів.

Уявлення про міграцію елементів у біогеохімічних циклах дає схема колообігу Карбону (рис. 7). На суші він починається з фіксації вуглекислого газу рослинами в процесі фотосинтезу з утворенням органічних речовин і побічного виділення кисню. Частина зв'язаного Карбону виділяється під час дихання рослинами у складі вуглекислого газу.

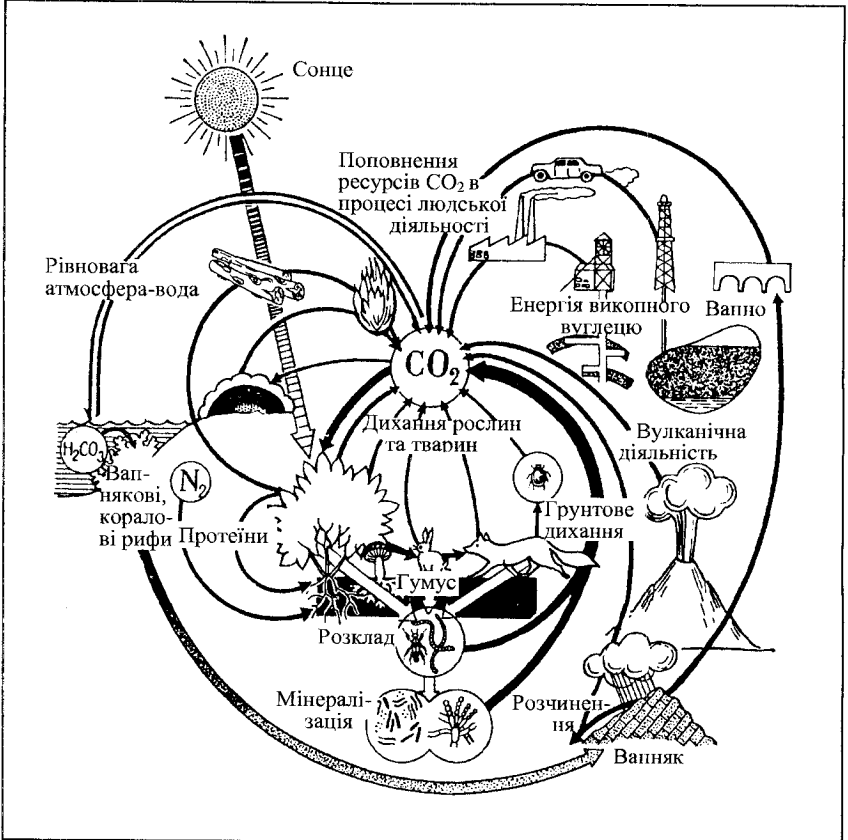


Рис. 7. Колообіг Карбону в біосфері

Вуглекислий газ виділяється коріннями рослин та численними живими організмами. Під час процесів розкладання органічної речовини в лісах помірного клімату з 1 га ґрунту протягом року виділяється 70–80 ц, у чорноземних степах та лісостепах – близько 150 ц, у сухих степах – 2,0–2,5 ц вуглекислого газу.

Мертві рослини та тварини розкладаються мікроорганізмами, у результаті чого Карбон мертвої органічної речовини окиснюється до вуглекислого газу і знов потрапляє до атмосфери. Подібний колообіг Карбону відбувається також у водному середовищі. Фіксований в рослинах Карбон у значних кількостях споживається тваринами, які, в свою чергу, виділяють його в процесі дихання.

Усі зелені рослини Землі щорічно витягують із атмосфери до 300 млрд т вуглекислого газу (100 млрд т Карбону), що приблизно збігається із підсумковим надходженням цього газу до атмосфери від різних джерел – дихання рослин та тварин, промисловості, транспорту та ін.

Колообіг Карбону в гідросфері є складнішим порівняно з континентальним, оскільки повертання цього елемента в формі вуглекислого газу залежить від надходження кисню до верхніх шарів води як із атмосфери, так і з нижнього шару. У цілому показники річного колообігу Карбону в Світовому океані майже у 2 рази нижче, ніж на суші.

Між сушею та Світовим океаном здійснюється постійна міграція Карбону. Переважає винос цього елемента в формі карбонатних та органічних сполук із суші до океану. Надходження Карбону із Світового океану здійснюється в значно менших кількостях, і то лише в формі вуглекислого газу, який дифундує до атмосфери та переноситься повітряними течіями. Вуглекислий газ атмосфери і гідросфери обмінюється та оновлюється живими організмами за 395 років.

Колообіг Нітрогену. У природі більшість Нітрогену трапляється у вільному стані, у вигляді простої речовини азоту. Об'ємна частка азоту в повітрі становить 78,03 %. Неорганічні сполуки нітрогену трапляються у природі у незначних кількостях. Масова частка Нітрогену у земній корі (включаючи гідросферу,

атмосферу) складає 0,04%.

Нітроген весь час вилучається з ґрунту рослинами. Внаслідок цього знижується родючість ґрунту.

У зв'язку з необхідністю внесення у ґрунт азотних добрив були прийняті зусилля з використання атмосферного азоту для одержання азотистих сполук, так звана азотофіксація.

Нині синтез амоніаку з водню і азоту – основний спосіб зв'язування атмосферного азоту. Однак, такий спосіб азотофіксації енергоємний та коштовний. Тому останнім часом вчені здійснюють дослідження по зв'язуванню атмосферного азоту за допомогою різних комплексних сполук.

Нітроген — необхідний елемент для життєдіяльності тваринного і рослинного світу. Помітна кількість Нітрогену входить до складу органічних речовин — білків, нуклеїнових кислот, вітамінів, алкалоїдів тощо.

Найпоширенішим мінералом, що містить у своєму складі Нітроген, є чилійська селітра NaNO_3 , багаті поклади якої виявлено у Чилі. Рідше трапляється калійна селітра KNO_3 .

Молекулярний азот – інертний газ. Енергія дисоціації N_2 – 940 кДж/моль. Це обумовлено потрійним зв'язком між атомами Нітрогену. Навіть за температури 3000°C ступінь дисоціації молекулярного азоту становить 0,1 %. Тому за звичайної температури азот реагує тільки з літєм, при підвищеній температурі – з деякими металами: магнієм, кальцієм, утворюючи нітриди, при високих температурах безпосередньо сполучається з воднем і киснем.

Незважаючи на значну концентрацію азоту в атмосфері, 70% його використання можливе у вигляді певних хімічних сполук. Фіксація Нітрогену відбувається в процесі вулканічної діяльності, при грозових розрядах у атмосфері, при згоранні метеоритів. Однак, значно вагоміше значення в процесі фіксації Нітрогену належить мікроорганізмам, які існують на коріннях, листі, у певних бульбових.

Амоніак NH_3 в організмі людини є одним з продуктів дезамінування амінокислот, білків, біогенних амінів, пуринових і пиримідинових основ, що потрапляють з їжею. Це найпростіший

нітрогеновмісний метаболіт, хімічні властивості якого обумовлені специфічними властивостями Нітрогену в сполуках.

Сполуки амонію, нітрати та нітрити поступають до організмів рослин, де за їх участю будуються органічні речовини (амінокислоти, білки). У разі поїдання рослин ці сполуки потрапляють до організмів консументів, де вони знов перетворюються (рис. 8).

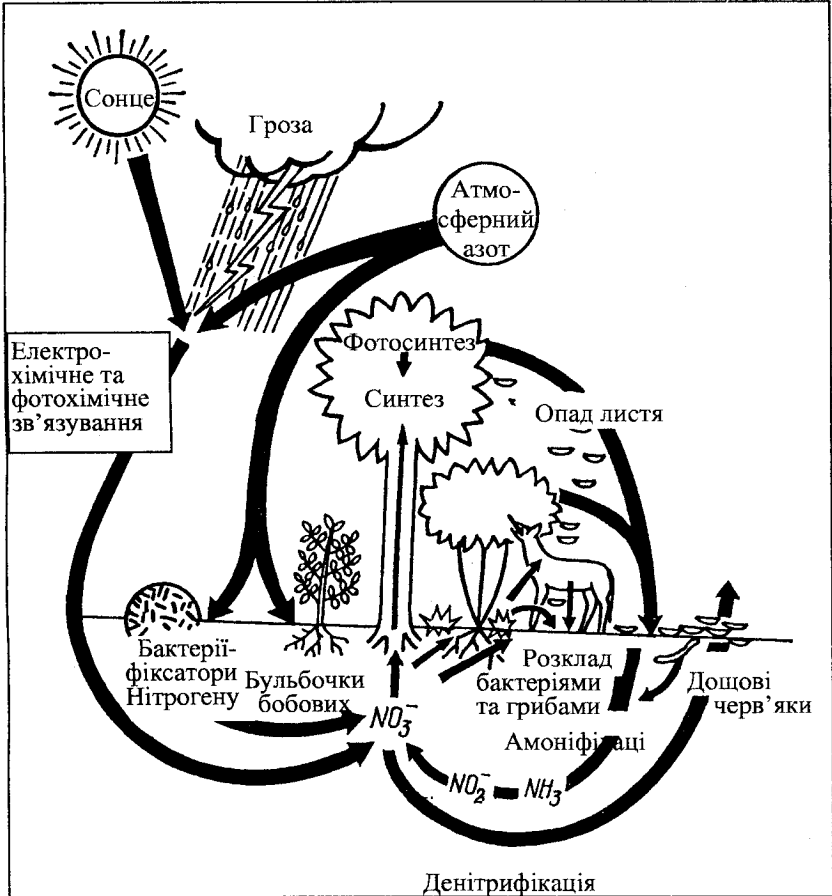
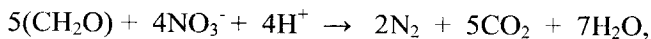


Рис. 8. Колообіг Нітрогену в біосфері

Потрапляючи до ґрунту з продуктами обміну речовин та залишками рослин і тварин, органічні речовини розкладаються до мінеральних; при цьому бактерії переводять Нітроген органічних речовин у солі амонію. Частина нітрогеновмісних сполук виноситься річками, а з них – у моря. У морській воді Нітроген міститься у формі солей амонію, нітритів, нітратів. Окрім того, до морської води Нітроген надходить за рахунок випадіння амоніаку з атмосфери.

Для колообігу Нітрогену необхідний мікроелемент Молибден, який входить до складу системи нітрогенофіксуючих ферментів. За певних умов Молибден є лімітуючим фактором. Фіксувати Нітроген здатні лише деякі види мікроорганізмів: вільноживучі аеробні бактерії роду *Azotobacter* та анаеробні види роду *Clostridium*; бульбочкові бактерії бобових рослин *Rhizobium*; синьо-зелені водорості. Нітроген фіксують також пурпурні та зелені фотосинтезуючі бактерії, різні ґрунтові бактерії. Щороку цим шляхом на Землю переноситься близько $17,5 \cdot 10^{10}$ кг Нітрогену. Один квадратний метр поля, яке засіяне бобовими (наприклад, соєю), забезпечує фіксацію 10–30 г Нітрогену на рік.

Урівноваженість процесу колообігу Нітрогену порушується втручанням у нього людини. Промисловість щорічно споживає таку кількість Нітрогену, яку фіксували живі організми до введення сучасної агротехніки. Сьогодні світова промисловість дає до 2000 млн т фіксованого Нітрогену. До цього додамо розширені посіви бобових. Тому процеси потрапляння Нітрогену до ґрунту не врівноважуються процесами денітрифікації (надходження вільного азоту до атмосфери), які здійснюються ґрунтовими анаеробними бактеріями - денітрифікаторами (наприклад, представниками роду *Pseudomonas*):



де (CH_2O) умовно означає органічну речовину. Ця схема реакції денітрифікації показує, як молекулярний азот повертається до атмосфери.

Результатом неврівноваженості процесів нітрифікації та денітрифікації є зростання концентрації нітрогеновмісних сполук в ґрунтах, що є однією з причин "цвітіння" води річок, водосховищ, ставків, озер. Для підтримання рівноваги в колообігу Нітрогену необхідний штучний розвиток процесів повернення вільного азоту до атмосфери.

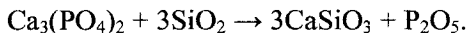
Колообіг Фосфору. Фосфор досить поширений елемент: уміст його в земній корі становить 0,04 %. У вільному стані Фосфор у природі не трапляється. Основними мінералами Фосфору є фосфорит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ та апатит. Великі поклади фосфориту є в Південному Казахстані, апатиту — на Кольському півострові, Забайкаллі та в Україні.

За вмістом у живих організмах (0,95%) Фосфор відносять до мікроелементів. Багато реакцій біосинтезу здійснюється завдяки переносу фосфатних груп. Фосфатна буферна система є однією з основних буферних систем крові. Живі організми не можуть існувати без Фосфору. Значення Фосфору полягає у тому, що вуглеводи і жирні кислоти не можуть бути використані клітинами, як джерела енергії без попереднього фосфорилування.

Обмін Фосфору в організмі тісно пов'язаний з обміном Кальцію. Це підтверджується зменшенням кількості неорганічного Фосфору при збільшенні вмісту Кальцію в крові (антагонізм).

Фосфор потрапляє до рослин з ґрунту, а в організми людини і тварин надходить під час споживання рослинної їжі. Виділяючись з організмів людини і тварин, фосфор знову потрапляє у ґрунт, але вже в більш мінералізованому вигляді. В організмі людини міститься близько 1,5 кг Фосфору. Добова потреба у Фосфорі складає 1,3 г.

Фосфор добувають з фосфоритів. Для цього подрібнений фосфорит змішують з піском і коксом, суміш нагрівають в електропечах до 1400-1500°C без доступу повітря. У цьому разі відбуваються такі реакції:



Фосфор, що утворюється внаслідок реакції, переходить у пару, яка конденсується у приймачі під водою.

Колообіг Фосфору пов'язаний з процесами обміну речовин в рослинах і тваринах. Однак на відміну від інших біофільних елементів (органогенів) Фосфор у процесі міграції не утворює газової фази. Основна його маса зосереджена в гірських породах, незначна частина мігрує у складі природних вод, він відсутній в атмосферних процесах. Два елементи (Нітроген і Фосфор) є дуже важливими факторами у водних екосистемах, де вони обмежують та контролюють чисельність організмів.

Фосфор є одним з головних органогенів. Органічні сполуки Фосфору відіграють важливу роль в процесах життєдіяльності рослин і тварин, входять до складу нуклеїнових кислот, складних білків, фосфоліпідів мембран, вони є основою біоенергетичних процесів. Фосфор концентрується живою речовиною, де його вміст приблизно у 10 разів більший, ніж у земній корі.

На поверхні суші здійснюється інтенсивний колообіг Фосфору в системі ґрунт – рослини – тварини – ґрунт. У зв'язку з тим, що мінеральні сполуки Фосфору важкорозчинні, рослини використовують його легкорозчинні форми, що утворюються під час розкладу органічних залишків.

Нині відомо понад 190 мінералів фосфору, серед яких апатити $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)\cdot\text{Ca}(\text{Cl}, \text{F})$ та фосфорити $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ домінують за його вмістом. У процесі вивітрювання вони переносяться поверхневими водами до Світового океану. У морській воді Фосфор входить до складу фітопланктону, який є основним кормом для морських організмів, у першу чергу риб. Відмерлі рештки морських тварин є основою його концентрації в Океані. Часткове повернення Фосфору до суші йде за рахунок рибальства, а також життєдіяльності морських птахів. Птахи відкладають Фосфор на окремих островах і узбережжі у вигляді гуалю.

Із ґрунтів, гірських порід Фосфор засвоюється наземними рослинами та переробляється ними у фосфоровмісні органічні речовини. До організму тварин Фосфор поступає з рослинною їжею. До

грунту сполуки Фосфору потрапляють з рештками рослин і тварин, а в подальшому відбувається повторення наведеного циклу (рис. 9).

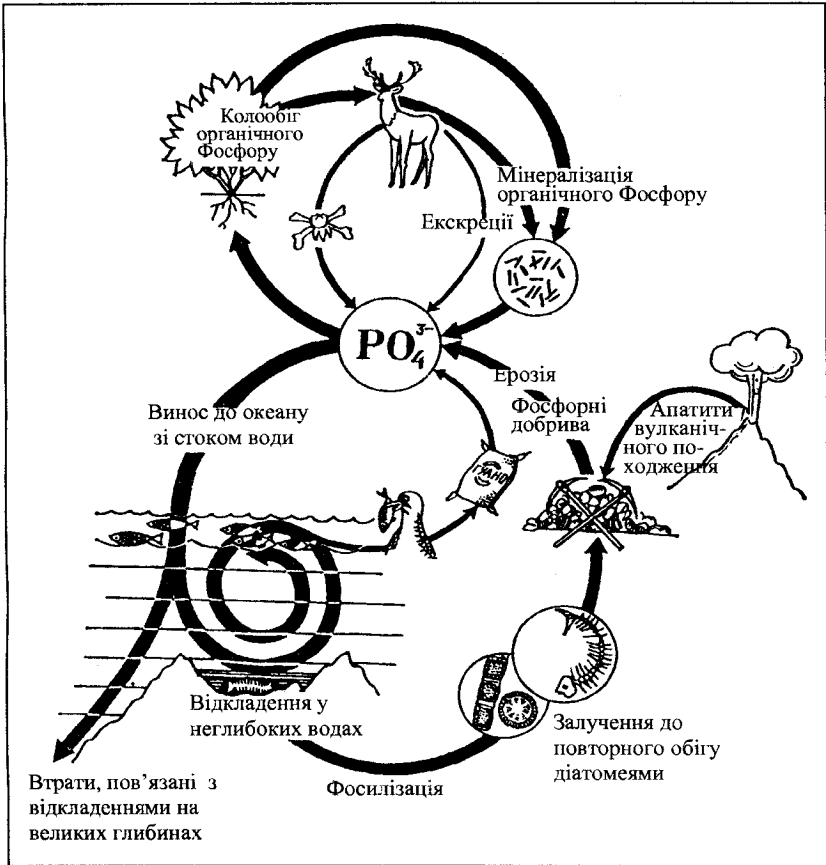


Рис. 9. Колообіг Фосфору в біосфері

Діяльність людини веде до втрачання Фосфору на суші. Вилов морської риби (60 000 т щорічно у перерахунку на елементарний Фосфор) не компенсує сьогодні виключення з колообігу того Фосфору, який добувається людиною на добрива (1–2 млн т в рік).

Важливість збалансованого колообігу Фосфору буде сильно зростати у майбутньому, оскільки Фосфор є одним з найдефіцитнішим з макроелементів. У багатьох екосистемах Фосфор є лімітуючим чинником.

Заслугує на увагу той факт, що сполуки Фосфору є основою унікальної системи постачання живим організмам енергії. Роль головного джерела енергії для організмів грають сполуки, які мають фосфороангідридні зв'язки (аденозінтрифосфорна кислота – АТФ). Молекула АТФ має високоенергетичні (макроергічні) P~O~P зв'язки, під час розриву яких вивільнюється велика кількість енергії.

Колообіг Оксигену. Оксиген — найпоширеніший елемент у земній корі, його вміст становить 49,4%. Високий вміст і значна активність Оксигену визначається формою існування більшості хімічних елементів Землі у вигляді оксигеновмісних сполук. Оксиген входить до складу життєво необхідних органічних речовин – білків, жирів, вуглеводів.

Найбільш розповсюджений на Землі оксид – гідроген оксид або вода H_2O . Вода складає 50–99% маси будь-якого живого організму. В організмі людини міститься 70–80% води. За 70 років життя людина випиває 25000 кг води.

Завдяки структурі вода має унікальні властивості. У живому організмі вона є універсальним розчинником органічних і неорганічних сполук, приймає участь у процесах йонізації молекул розчинних речовин. Вода є не тільки середовищем, у якому перебігають біохімічні реакції, але й сама інтенсивно приймає участь у гідролітичних процесах.

Кисень – це проста речовина, утворена Оксигеном, міститься в атмосферному повітрі, у зв'язаному стані Оксиген входить до складу води, кварцу, силікатів, алюмосилікатів, сполук тваринного і рослинного походження. Без кисню неможливі чисельні важливі процеси, наприклад, дихання, окиснення амінокислот, жирів, вуглеводів. Тільки деякі рослини, які називають анаеробними, можуть існувати без кисню.

У вищих тварин кисень проникає у кров, сполучається з

гемоглобіном, утворюючи нестійку сполуку оксигемоглобін. З потоком крові ця сполука поступає у капіляри різних органів. Тут кисень відщеплюється від гемоглобіну і через стінки капілярів дифундує у тканини. Зв'язок між гемоглобіном і киснем нестійкий та здійснюється за рахунок донорно-акцепторної взаємодії з йоном Fe^{2+} .

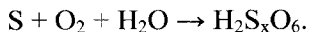
У стані спокою людина вдихає близько $0,5 \text{ м}^3$ повітря за годину. Але лише $1/5$ кисню, що поступає з повітрям затримується в організмі. Надлишок $4/5$ кисню необхідний для створення високої його концентрації у крові. Це відповідно із законом Фіка забезпечує достатню швидкість дифузії кисню крізь стінки капілярів. Таким чином, за добу людина фактично використовує близько $0,1 \text{ м}^3$ кисню.

У тканинах кисень витрачається на окиснення різних сполук. Ці реакції у решті решт призводять до процесу гниття (окиснення) складних органічних речовин. Регенерування кисню відбувається у рослинах.

Отже, у результаті колообігу Оксигену в природі підтримується його стабільний вміст у біосфері. Колообіг Оксигену тісно пов'язаний з колообігом Карбону в біосфері.

Вперше кисень у чистому вигляді добув шведський хімік К. Шеєле (1772 р.), а у 1774 р. англійський хімік Д. Прістлі добув його з меркурій (II) оксиду.

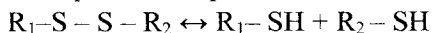
У вільному стані кисень міститься у повітрі. Крім кисню; у верхніх шарах атмосфери є проста речовина Оксигену озон O_3 , максимальна концентрація якого зафіксована на висоті близько 25 км від поверхні Землі. Цей озоновий шар утворився з Оксигену під дією ультрафіолетового проміння. Він має дуже важливе значення, оскільки затримує жорстке (короткохвильове) сонячне випромінювання, тривала дія якого смертельно небезпечна для всіх живих організмів. Біогеохімічний цикл Оксигену є планетарним процесом, який зв'язує атмосферу та гідросферу із земною корою. Основними вузловими ланками колообігу є утворення вільного кисню під час фотосинтезу в зелених рослинах, споживання його для здійснення дихання живими організмами, для реакцій окиснення органічних та неорганічних сполук (наприклад, спалення палива) та



Ці продукти мають протимікробну активність. Таку властивість очищеної сірки використовують для боротьби із хворобами рослин.

За вмістом в організмі вищих тварин (0,16%) Сульфур відносять до макроелементів. Наприклад, добова потреба дорослої людини у цьому елементі складає 4 – 5 г. Сульфур входить до складу багатьох біомолекул – білків, амінокислот (цистеїну, цистину, метіоніну та ін.), гормонів (інсуліну), вітамінів (вітамін В₁). Багато Сульфуру міститься у каротині волосся, кістках, нервовій тканині.

Амінокислоти, що містять Сульфур, характеризуються наявністю тіолових – SH-груп або наявністю дисульфідних зв'язків – S–S–. Під час окиснення тіолових груп утворюються дисульфідні зв'язки та, навпаки, під час відновлення зв'язків –S–S– утворюються SH-групи, тобто такі переходи зворотні:

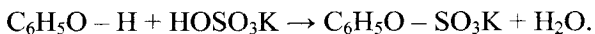


У деякій ступені цей перехід захищає живий організм від радіаційних ушкоджень.

У живих організмах Сульфур, що входить до складу амінокислот окиснюється. Кінцевими продуктами цього процесу є сульфати. Окрім того, утворюються тіосульфати, елементарна сірка і політіонові кислоти.

Сульфур внаслідок наявності 3d підрівня здатний утворювати цілу низку сполук зі зв'язками S-S, що істотно відрізняє хімію сполук Оксигену і Сульфуру.

Сульфатна кислота, що утворюється в організмі приймає участь у знешкодженні отруйних сполук – фенолу, крезолу, індолу, які утворюються у кишковому тракті із амінокислот. Сірчана кислота зв'язує деякі ксенобіотики, наприклад, лікарські препарати та їх метаболіти. Зі усіма цими сполуками сірчана кислота утворює відносно нешкідливі речовини, які виводяться з організму. Наприклад, з сечею виділяється калієва сіль сірчаноокислого естеру фенолу:



У біосфері існує процес циклічних перетворень сполук

Сульфуру (рис. 10). Основну роль в обмінному фонді Сульфуру (коло на рис. 10) відіграють мікроорганізми, кожний вид яких виконує окрему реакцію окиснення або відновлення.

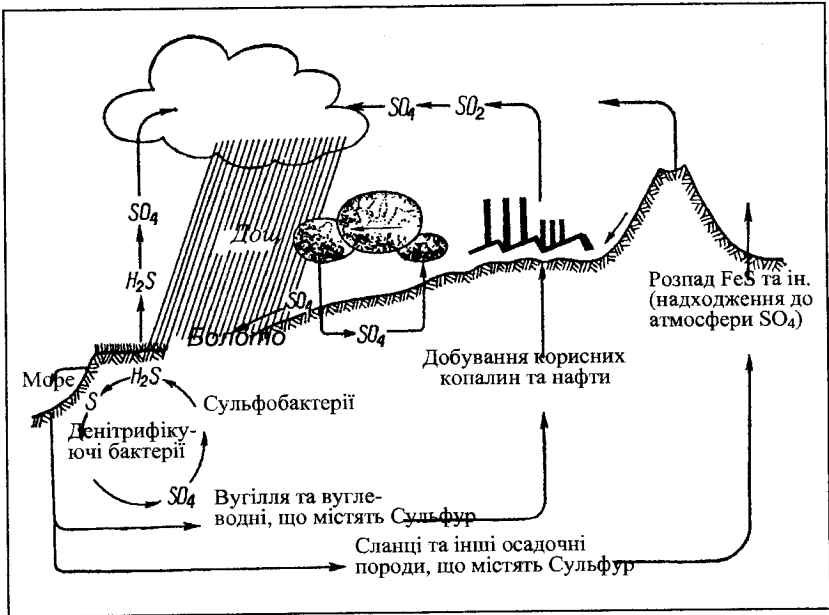


Рис. 10. Колообіг Сульфуру в біосфері

На рисунку наведена також мікробна регенерація сірки з глибоководних відкладень, в результаті якої до поверхні переміщується сірководень; взаємодія геохімічних та метеорологічних процесів (ерозія, осадкоутворення, адсорбція, десорбція та ін.); біологічні процеси (продукція біомаси та її розклад); взаємозв'язок повітря, води та ґрунту в регуляції коло обігу Сульфуру в глобальному масштабі. Сульфат-іон (SO_4^{2-}) (аналогічно нітрат- і фосфат-іони) — основна доступна форма Сульфуру, яка відновлюється автотрофами та входить до складу білків.

На колообігах Нітрогену та Сульфуру все більше позначається промислове забруднення повітря. Спалення викопних палив значно

збільшило вміст летких нітроген оксидів (NO та NO_2) та сульфур оксидів (SO_2) у повітрі, особливо в атмосфері мегаполісів.

Колообіг Калію. Йони Калію відіграють важливу роль у фізіологічних та біологічних процесах, зокрема у передачі нервових імпульсів. Для нормальної роботи серця необхідна певна концентрація Калію в крові. Добова потреба людини в Калії, який надходить до організму з рослинною їжею, становить 2-3 г. Солі Калію необхідні рослинам, особливо технічним культурам.

Геохімічний цикл цього елемента складається з різноманітних процесів, які відбуваються у земній корі. При цьому здійснюється вивітрювання та кристалохімічні перетворення силікатів, звільнення йонів Калію, які відразу поглинаються рослинами. Рослинні організми дають початок колообігу Калію, який приймає участь у процесах фотосинтезу, впливає на обмін вуглеводів, нітрогеновмісних та фосфорних сполук, у значній мірі визначає осмотичні властивості клітин. У зв'язку з тим, що Калій міститься в живих організмах у йонній формі та майже не створює сполук із органічними речовинами, його біогенна міграція дуже велика. Під час відмирання організмів цей елемент швидко дифундує в середовище та знов активно утягується до колообігів живою речовиною суші.

Маловивченим залишається колообіг Калію у водному середовищі.

Усі розглянуті біогеохімічні колообіги хімічних елементів охоплюють багатокилометрову товщу земної кори. Рушійною силою їх є діяльність живої речовини. За словами В.І. Вернадського, живі організми, з геохімічної точки зору, утворюють найбільш суттєву та невіддільну частину хімічної організації земної кори.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Відтворить у пам'яті основні ланки колообігу Карбону.
2. Чому Карбон є основою органічних сполук?

3. Які фактори порушують врівноваженість процесу колообігу Нітрогену?
4. Яку роль відіграє Нітроген у житті живих організмів?
5. Які основні функції Фосфору у живому організмі?
6. Завдяки яким основним процесам здійснюється Колообіг Оксигену?
7. Які функції Оксигену в живому організмі?
8. Які фактори впливають на врівноваженість Колообігу Сульфуру?
9. У якому середовищі головним чином відбувається колообіг Калію?
10. Що є рушійною силою колообігів хімічних елементів?

§4. ДРУГОРЯДНІ ЕЛЕМЕНТИ У БІОСФЕРІ

Про що ви дізнаєтесь в цій темі?

1. Перетворення Стронцію-90 і Цезію-137 у біосфері.
2. Особливості перетворення сполук Меркурію у біосфері.
3. Загальні закономірності існування біогеохімічних циклів хімічних елементів.

Ключові слова

<i>Стронцій-90 (Sn)</i>	<i>Strontium-90 (Sn)</i>
<i>Цезій-137 (Cs)</i>	<i>Cesium-137 (Cs)</i>
<i>Меркурій (Hg)</i>	<i>Mercury (Hg)</i>

Стронцій-90, Цезій-137, Меркурій. Заслугує на увагу розгляд перетворення у біосфері деяких другорядних елементів. Останні можуть примішуватись до основних колообігів хімічних елементів та порушувати зв'язки в екосистемах. Нагадаємо, що термін “другорядні” не зовсім коректний. Мається на увазі, рідкість та мала розповсюдженість у живій природі.

Найтоксичним для людини та інших живих істот радіоактивний Стронцій-90 (^{90}Sr). За хімічними властивостями він споріднений Кальцію та, потрапляючи до організму, легко накопичується в кістках та контактує з кров'ю.

Стронцій-90 – один з продуктів розпаду Урану, має великий період напіврозпаду. Його джерела – АЕС, ядерні вибухи. Стронцій-90 разом із Кальцієм мігрує з ґрунту, води до організму рослин, тварин, людини (рис. 11) і здатний накопичуватись в кістках до загрозованих концентрацій.

Другий шкідливий продукт розпаду атомного ядра – радіоактивний ізотоп Цезій-137 (^{137}Cs). За властивостями він споріднений Калію, тому здатний швидко включатись в біогеохімічний цикл останнього, циркулюючи з ним по харчовим ланцюгах. Отже, Цезій-137 є *канцерогеном* (речовина або фізичний

агент, які пригнічують діяльність еритроцитів крові та сприяють розвитку злоякісних утворень).

Ці два радіоактивних ізотопи – приклади "нової речовини" в біосфері, тобто речовини, яка не існувала в природі до інтенсивного розвитку людської діяльності.

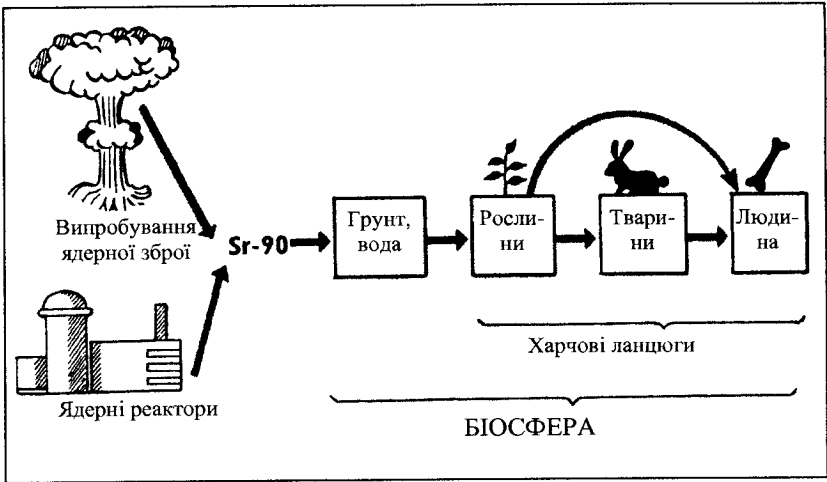


Рис. 11. Радіоактивний Стронцій у біосфері

Ще один приклад елемента, який забруднює довкілля виключно за рахунок діяльності людини – Меркурій (Hg). До інтенсивного розвитку технічного прогресу Меркурій не виявляв будь-якої дії на живі організми, завдяки тому, що концентрація її в природі надзвичайно мала, а рухливість в біосфері дуже низька. Але, завдяки діяльності людини потік Меркурію збільшився на 60% (порівняно з доіндустріальним періодом). Наприклад, під час виробництва 1 т каустіку витрачається 600 г ртуті. Ртуть та сполуки Меркурію надзвичайно токсичні. Особливо небезпечні для живих істот органічні похідні Меркурію, наприклад, йон метилмеркурій CH_3Hg^+ та диметилмеркурій $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$. Процес утворення таких форм Меркурію відбувається у природі без участі людини. Деякі

мікроорганізми здатні метилірувати сполуки Меркурію, що залишились після промислової діяльності людини.

Завершуючи розгляд питання про біогеохімічні цикли елементів, окреслимо загальні закономірності їх існування:

1. Біогеохімічні цикли елементів існують завдяки безперервному потоку енергії від Сонця у вигляді електромагнітного випромінювання та активної діяльності живих організмів планети. Враховуючи те, що енергія Сонця є продуктом термоядерних реакцій перетворення атомів Гідрогену на атоми Гелію, є зрозумілішим глибокий зв'язок між речовиною та енергією.

2. Усі біогеохімічні цикли в природі взаємопов'язані. Цей взаємозв'язок обумовлений різноманітними перетвореннями хімічних елементів.

3. Колообіг здійснює не елемент як проста речовина, а його атоми у складі різноманітних хімічних сполук.

4. Під час біогеохімічних циклів атоми більшості елементів велике число разів проходять крізь живу речовину.

5. Цикли хімічних елементів у біосфері не є повністю замкнутими. Значна частка речовини виходить з активного біосферного обігу в повільний геологічний цикл.

6. Наявність біогеохімічних циклів елементів на Землі – головна умова існування життя та її еволюції, а також сталого стану біосфери Землі.

7. Глобальна господарська діяльність людства приводить до суттєвих змін природних циклів багатьох елементів. Такі цикли характеризуються певними порушеннями в механізмі функціонування біосфери.

8. Для деяких визначених груп живих організмів окремі другорядні елементи мають суттєву роль. Звідси виходить, що самі ці організми та їх діяльність є невід'ємними компонентами того або іншого рідкого в природі елемента. (Наприклад, участь океанічного криля – креветок-еуфаузид – у коло обігу Флуору. Вміст Флуору в формі фторид-йона F^- у цих креветках дорівнює 0,5-2,5 мкг на 1 мг сухої маси, тоді як у морській воді Флуору міститься не більше 0,1 мкг/л).

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У чому полягає небезпека Стронцію-90 та Цезію-137 для живих істот?
2. Виділіть основні закономірності функціонування біогеохімічних циклів хімічних елементів.
3. Які основні умови існування біогеохімічних циклів?
4. Чим визначається роль живої речовини в стабільності існування циклів?
5. Які особливості перетворення важких металів у біосфері?

§5. ПОНЯТТЯ ПРО ХІМІЧНІ ЕКОРЕГУЛЯТОРИ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

1. Що таке хімічні екорегулятори, або хемомедіатори?
2. Основні функції екорегуляторів (хемомедіаторів) у природі:
 - захисна функція;
 - наступальна функція;
 - функція стримування конкурентів;
 - атрактивна функція;
 - функція регуляції взаємодій усередині будь-якої соціальної групи;
 - постачальна функція;
 - функція формування середовища життя;
 - індикаційна функція;
 - попереджувача функція;
 - адаптаційна функція.

Ключові слова

<i>Екорегулятор (хемомедіатор)</i>	<i>Ecoregulator (chemomediator)</i>
<i>Феромони</i>	<i>Pheromone</i>
<i>Алломони</i>	<i>Allomone</i>
<i>Ендометаболіт(и)</i>	<i>Endometabolite(s)</i>
<i>Екзометаболіт(и)</i>	<i>Exometabolite(s)</i>
<i>Функції екорегуляторів</i>	<i>Function of ecoregulators</i>
<i>Аллелопатія</i>	<i>Allelopathy</i>

У природі хімічні речовини виконують різноманітні функції, зокрема здійснюють визначені зв'язки між організмами та середовищем в екосистемах. Такі речовини називають хімічними посередниками, *екорегуляторами* або *хемомедіаторами*. У відносинах між особами одного виду приймають участь хемомедіатори, які називають *феромонами*. Їх відрізняють від *алломонів*, які сприяють міжвидовим взаємодіям.

На вплив абіотичних факторів середовища (світло, радіація, температура, вологість, рН та ін.) організми можуть відповідати продукуванням специфічних речовин:

- *ендометаболітів* – речовини, які залишаються в організмі та пом'якшують вплив зовнішнього фактора (наприклад, речовини-кріопротектори у зимуючих тварин);

- *екзометаболіти* – речовини, які виділяються у зовнішнє середовище та формують його специфічні властивості (наприклад, гідроген пероксид, який виробляється деякими гідробіонтами – мешканцями водойм, визначає окисно-відновні властивості природної води).

У деяких випадках не можна чітко розгалужувати ці чотири поняття. Наприклад, у термітів ендометаболіти, котрі регулюють линяння є водночас алломонами, які впливають на розмноження симбіотичних бактерій, які мешкають у їхньому кишечнику. Крім того, всі феромони можна розглядати як екзометаболіти, тому що вони виділяються у зовнішнє середовище.

Всю різноманітність взаємодій, які здійснюються в екосистемах можна звести до таких основних функцій.

1. *Захисна функція* – оборона від потенційного хижака або паразита, стримування його харчової активності, відстрашування.

Захисну функцію здійснюють деякі отруйні речовини рослин (наприклад, алкалоїди покритонасінних – кодеїн, хінін, кофеїн, стрихнін та інші гетероциклічні нітрогеновмісні сполуки). У тварин захисну функцію мають спеціальні токсини (рис. 12). Цікаву форму відстрашування або відвернення хижаків мають деякі морські тварини, які мешкають у глибинних водах. Для цього вони використовують явище біоломінесценції, основою якого є хімічні реакції окиснення окремих речовин – люциферинів.

2. *Наступальна функція* – активна дія на організм (харчовий об'єкт). Паразитичні гриби, патогенні бактерії використовують хімічні засоби нападу на жертву (наприклад, ферменти – хитінази, пектінази, які руйнують клітинні стінки рослин). Хижі осі

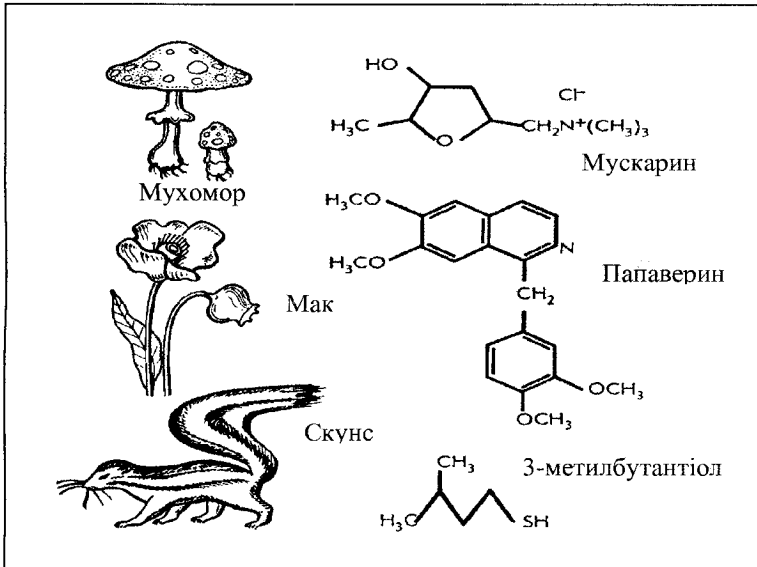


Рис. 12. Приклади хемомедіаторів із захисною функцією

за допомогою нейротоксинів знедвижують свою добычу, а нейротоксини змії (хімічні сполуки пептидної природи) вбивають жертву. Унікальність трутязни скорпіонів полягає у тім, що їх токсини можуть вибірково діяти на один з класів тварин: комах, ракоподібних, ссавців.

3. *Стимування конкурентів* у боротьбі за харчові ресурси, територію, самку та ін. Деякі вищі рослини за допомогою хемомедіаторів придушують ріст та викликають загибель інших рослин – конкурентів (явище *аллелопатії*). Серед аллелопатичних активних речовин виявлені представники багатьох класів хімічних сполук – органічні кислоти, феноли, терпеноїди, пурини, кумарини та ін. (рис. 13).

4. *Атрактивна функція* – притягнення жертв, особин іншого полу, обпилювачів, розповсюджувачів насіння та ін. Хемосигнали атрактивного характеру збуджують харчову, рухливу і (або) репродуктивну активність (рис. 14).

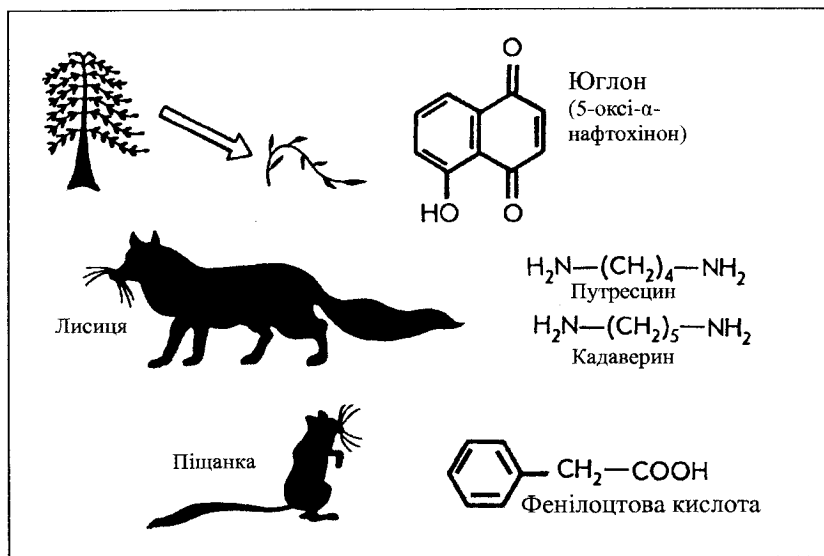
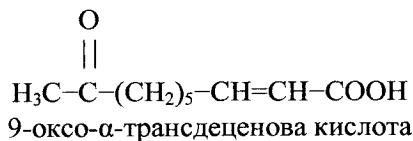


Рис. 13. Приклади хемомедіаторів із функцією стримування конкурентів

5. Регуляція взаємодій у середині будь-якої соціальної групи (популяції, колонії, родині), насамперед поведінки особин усередині групи та їх репродуктивної активності. Речовини, які регулюють поведінку та ряд інших функцій дозволяють зберегти складну структуру суспільних груп (сімей, колоній) і найрозповсюджені у суспільних комах. Наприклад, бджолина матка виробляє спеціальну речовину – "царська речовина" – 9-оксо-α-трансдецена кислота, яка:

- притягує робочих бджіл до матки;
- пригнічує розвиток яєчників у робочих бджіл;
- притягує самців до матки у шлюбний період;
- пригнічує активність бджіл у побудові "царських чашечок" для майбутньої матки.



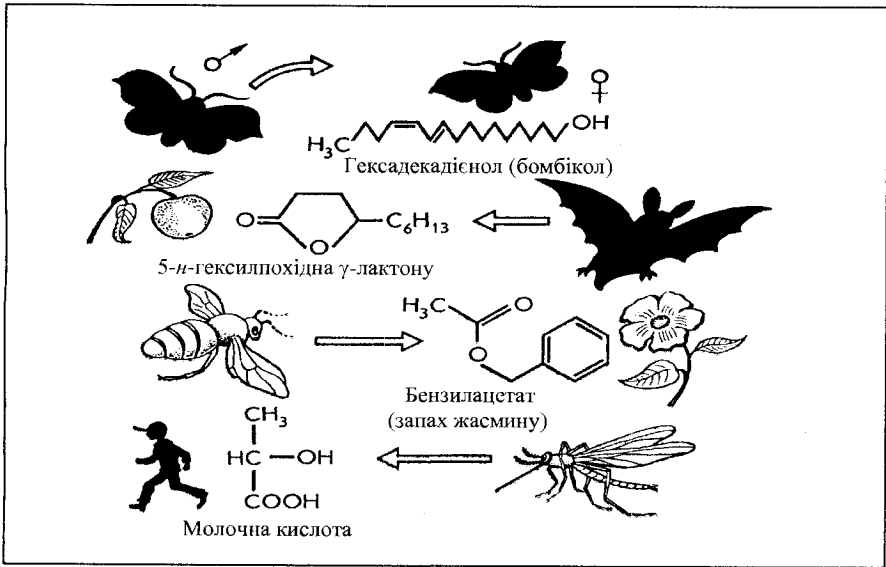
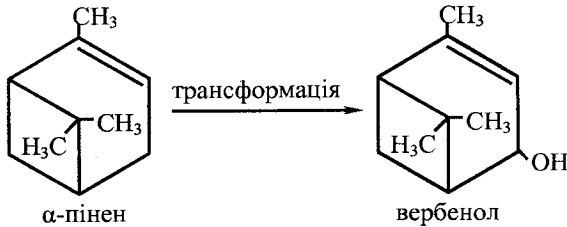


Рис. 14. Приклади хемомедіаторів з атрактивною функцією

Пуголовки деяких жаб здатні виділяти в середовище екзометаболіти білкової природи, які гальмують ріст та розвиток інших пуголовок популяції, що сприяє більш раціональному використанню кормових ресурсів водоймища.

6. *Постачальна функція* – постачання організмів речовинами-попередниками гормонів, феромонів та ін. Наприклад, гусениці метеликів-данаїд поїдають деякі види молочаїв (родина *Boraginaceae*), які містять алкалоїди пірролізидинової природи. В організмі гусениць ці алкалоїди служать попередниками піролів. Останні відлякують хижаків, а у дорослих метеликів притягують самців. Окрім того, молочаї не поїдаються хребетними в наслідок своєї токсичності. Гусениці без шкоди для себе накопичують токсини молочаю, які зберігаються і у дорослому метелику. Птахи ухиляються поїдати таких метеликів так, як вони отруйні для них.

Хвойні породи дерев, які вміщують α -пінен, постачають його жукам-короїдам (рід *Ips*). В організмі жука α -пінен трансформується у феромони: *цис*- та *транс*-вербенולי.



Організм-донор та організм-реципієнт у цих та інших подібних випадках пройшли спільну коеволюцію і зв'язані незамінними зв'язками, утворюючи в природі своєрідний екологічний кластер.

7. *Формування середовища життя* – речовини, які виділяють організми створюють специфічний фон і визначають деякі властивості середовища. Водні мешканці (гідробіонти) виділяють до середовища багато екзометаболітів. Деякі з них формують важливі специфічні властивості певного водного середовища. Токсини, які виділяються синьо-зеленими водоростями (наприклад, *Anabaena*) під час "цвітіння" водоймищ роблять непридатним середовище життя для більшості риб, молюсків та членистоногих. Деякі гідробіонти виділяють речовини-антиоксиданти (речовини, які перешкоджають окисненню), а також гідроген пероксид, який впливає на окисно-відновні властивості природної води.

8. *Індикаційна функція* – мічення територій, орієнтація в просторі. До цієї групи відносять речовини, які виконують роль здержування активності конкурентів, а також всі хемомедіатори, які допомагають живим організмам орієнтуватись в просторі. Наприклад, суміш речовин путресцину (тетраметилендіамін $H_2N-(CH_2)_4-NH_2$) та кадаверину (пентаметилендіамін $H_2N-(CH_2)_5-NH_2$) є маркером індивідуальної території у рудих лисиць.

9. *Попереджаюча функція*. Наприклад, у суспільних комах

відкриті численні "феромони тривоги" (рис. 15). Деякі види клопів та мурашок при небезпеці виробляють і викидають α -гексаналь. Мурашина кислота звичайних мурашок виконує подвійну функцію: це сигнал тривоги та одночасно засіб захисту. Актинія, яку потривожили, виділяє до води антоплеурин – (3-карбокси-2,3-діокси-N,N,N-триметил)-1-пропанамонійхлорид), який сигналізує сусіднім актиніям, викликаючи змикання щупалець.

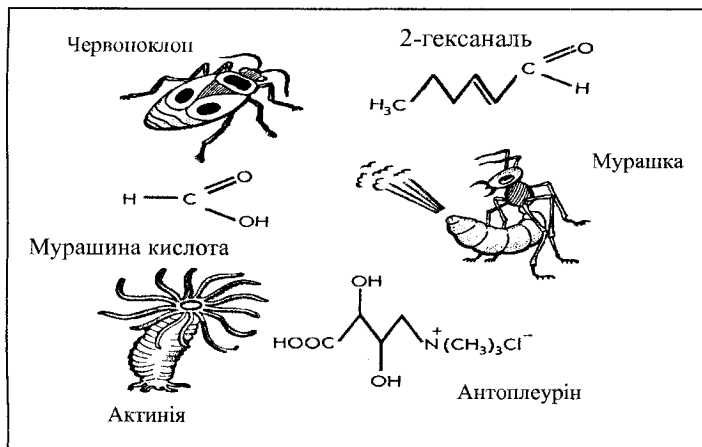


Рис. 15. Приклади хемомедіаторів з попереджаючою функцією

10. *Адаптаційна функція* – адаптація до дії абіотичних факторів. У зимуючих тварин, а також у полярних морських риб знайдені особливі білки-антифризи – глікопептиди, які блокують кристалізацію внутрішньоклітинної води. Вони запобігають утворенню льоду майже під час охолодження тіла тварини до -15°C .

Додатковими антифризами для зимуючих комах є багатоатомні спирти (наприклад, гусениці галоутворюючих метеликів *Epiblema scudderiana* здатні переохолоджуватись до -38°C за рахунок того, що в рідині їх тіл вміститься до 40% гліцерину (рис. 16).

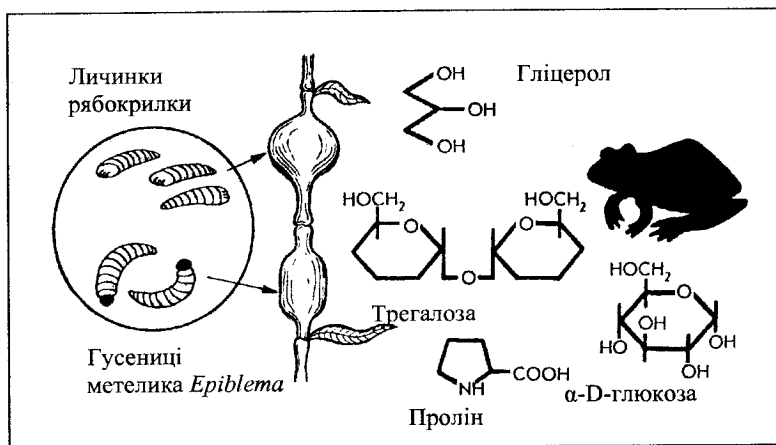
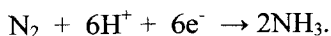


Рис. 16. Приклади речовин-антифризів і кріопротекторів

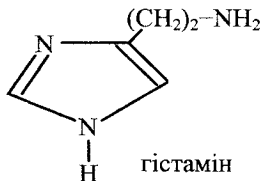
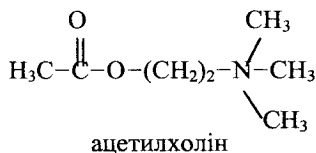
Кріопротектори (наприклад, дисахарид трегалоза й амінокислота пролін у комах) перешкоджають різким зменшенням (колапсу) об'єму клітин під час заморожування. У жаб роль кріопротекторів відіграє глюкоза, що утворюється з глікогену печінки безпосередньо перед зимівлею.

Багато хемомедіаторів у природі є поліфункціональними, тобто їх не можна віднести до будь-якої групи. Питання про виникнення складних систем хемокомунікації у природі пов'язано з питанням еволюції органічного світу та виникненням пристосувань (адаптацій). Багато симбіотичних відносин мають у своїй основі чітко виражені хімічні зв'язки. Наприклад, симбіоз бульбочкових бактерій роду *Rhizobium* і бобових забезпечується наявністю у бактерій нітрогеназної ферментної системи, яка каталізує відновлення азоту до амоніаку:

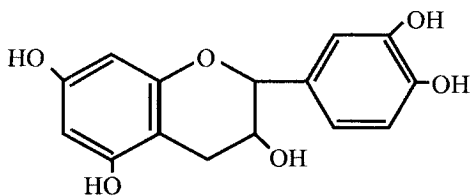


У природі зустрічається явище **біохімічної конвергенції**, коли різні групи організмів у процесі еволюції забезпечуються ідентичними хемомедіаторами. Наприклад, кропива (покритонасінні), шершні

(комахи) і восьминоги (головоногі молюски) використовують однакову "хімічну зброю" – суміш ацетилхоліну та гістаміну:



Наведемо ще один приклад, що характеризує складність природних хемокомунікацій. У антилоп-куду, які мешкають у Південній Африці основною їжею є листя акації. Акації, як і багато інших рослин, виділяють таніни (дубильні речовини), що захищають рослини від поїдання. Коли чисельність антилоп збільшується і листя акацій надмірно виїдаються тваринами, рослини посилюють виробництво таніну, від чого листя стають гіркими. Антилопи вибирають акації з найменшою концентрацією таніну, однак в екстремальних випадках, наприклад, під час посух, тварини змушені поїдати токсичне листя. У результаті багато тварин гине (танін у великих кількостях блокує ферменти печінки).



катехін (один з компонентів таніну)

Листя, котре поїдається тваринами виділяє етилен ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), що, у свою чергу, є сигналом для сусідніх акацій. Завдяки цьому сигналові здорові дерева посилюють виділення таніну, раніше ніж до них доберуться антилопи.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке хімічні екорегулятори або хемомедіатори?
2. Перелічіть основні функції, які виконують хемомедіатори в природі.
3. Що таке ендометаболіти й екзометаболіти?
4. Наведіть приклади хемомедіаторів, які виконують захисну функцію, функцію стримування конкурентів, атрактивну функцію, попереджаючу функцію.
5. Наведіть приклади речовин-антифризів та кріопротекторів.
6. Що таке явище біохімічної конвергенції?
7. Наведіть приклад складного характеру хемокомунікацій у природі.

§6. ГІПОТЕЗИ ВИНИКНЕННЯ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

1. Теорія академіка О.І. Опаріна щодо виникнення життя на Землі.
2. Гіпотеза С. Міллера (1953 р.) щодо утворення молекул амінокислот з неорганічних речовин.
3. Досліди Т. Чека і С. Альтмана (1989 р.) з аутосплайсингу.
4. Інші гіпотези виникнення первинних молекул (А. Ребек, Л. Оргел, Г. Вехтершойзер та ін.).

Ключові слова

<i>Гібридні молекули</i>	<i>Hybrid molecules</i>
<i>Теорія О.І. Опаріна</i>	<i>Theory by Oparin</i>
<i>Білок, поліпептид</i>	<i>Albumen, polypeptid</i>
<i>Нуклеїнова кислота</i>	<i>Nucleus acid</i>

Поєднання нещодавно отриманих мікропалеонтологічних, біогеохімічних і ізотопних даних свідчить про те, що життя на Землі існувало стільки часу, скільки існувала і сама планета – близько 4,5 млрд. років. Земля відноситься до внутрішніх планет Сонячної системи, і перші органічні речовини зароджувались ще за космічних умов. Усі органічні сполуки, що знайдені у метеоритах, відповідають універсальним ланкам обміну речовин живих організмів – амінокислот, білковоподібних полімерів, полінуклеотидів і інших.

Згідно з теорією академіка О.І. Опаріна (1894–1980), процес виникнення життя на Землі пройшов декілька етапів (рис. 17).

1-й етап. Формування вуглеводних сполук та їх похідних: атоми Карбону з'єднувались між собою та утворювали ланцюги різної довжини. Це початкові ланки в еволюційній низці більш складних органічних сполук, до якої входять жири, вуглеводи та амінокислоти. Найпростіший представник вуглеводнів – метан. Первинна літосфера, гідросфера та атмосфера були буквально

насичені вуглеводнями. Умови, які існували на Землі в той час: сильні теплові та радіоактивні процеси, ультрафіолетові випромінювання та інші, – сприяли їх ускладненню.

2-й етап. Первинну атмосферу, яка складалась, головним чином, з амоніаку, метану, водню, вуглекислого газу та водяної пари (у ній не було кисню), пронизували велетенські блискавки. Під дією цих сильних електричних розрядів з суміші газів стали утворюватися амінокислоти. Дослідами багатьох вчених доведено: якщо крізь суміш амоніаку, вуглекислого газу, водяної пари за температури 80°C та тиску в декілька атмосфер пропускати сильні електричні розряди, утворюються гліцин та інші амінокислоти. Разом із зливними потоками амінокислоти потрапляли на Землю до первородного океану, яким була покрита майже вся первинна планета.

3-й етап. Виникнення предклітинних структур з поліпептидів і полінуклеотидів. Важливу роль у цьому процесі відігравали коагуляти (згустки у колоїдних розчинах). Останні здатні поглинати і накопичувати хімічні сполуки з навколишнього середовища. Усередині них може здійснюватись синтез нових сполук. Під час двигіння Землі вони розкладаються. Усе це слугувало "прообразом" процесів обміну речовин, росту, розмножування. Різноманітні сполучення білків та нуклеїнових кислот є причиною різноманітності життєвих форм на Землі.

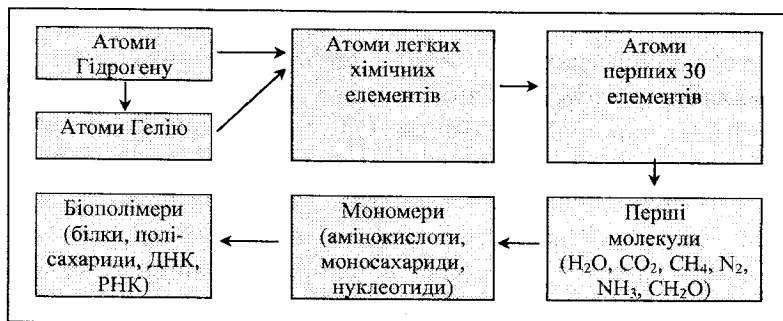


Рис. 17. Схема виникнення життя на Землі (за О.І. Опарініним)

З цього моменту на Землі зародилось життя, а геологічна та геохімічна історія Землі стає невіддільною від біологічних процесів. Ця теза складає сутність вчення про біосферу.

Більшу частину геологічного часу, з моменту появи перших водоймищ на планеті, розвиток життя здійснювався у воді, і тільки близько 600 млн років тому перші організми виходять на земну поверхню. Перші форми життя були представлені простими прокаріотами з одноклітинною структурою та гетеротрофним способом живлення. Першими автотрофними організмами (фотосинтезуючими) були ціанобактерії та синьо-зелені водорості.

Поява еукаріотичних одноклітинних організмів 2-1,5 млрд років тому стала переломним етапом в історії органічного світу на Землі.

У ранньому палеозої – силурійському періоді – живі організми виходять на поверхню континентів. Американський геолог Д.Шухерт цей період еволюції планети назвав фанерозоем ("фанерос" – наочний, "зое" – життя). Він охоплює геологічний проміжок часу в 570 млн років.

На межі палеозою та мезозою (близько 200–185 млн років тому) помітно змінюється газовий склад атмосфери за рахунок бурхливого розвитку деревних спорових рослин – плауноподібних, клинолистяних та інших, що призвело до інтенсивного процесу фотосинтезу, зменшення ролі вуглекислого газу та проникнення до земної поверхні значно більшої кількості ультрафіолетових променів.

На межі тріасового і юрського періодів (близько 150 млн років тому) відбувається зміна вищих спорових голонасінних рослин покритонасінними (квітковими), що сприяло бурхливому розвитку комах, обпилювачів і переносників насіння.

У крейдяному періоді (близько 70 млн років тому) відбувається диференціація клімату Землі, настає холодний період, унаслідок чого птахи і ссавці замінюють гігантських рептилій.

Вік сучасних систематичних груп організмів різноманітний. Членистоногі існують на Землі з верхнього протерозою, риби – з силуру, комахи – з древонського періоду, голонасінні рослини – з пермського віку, покритонасінні – з крейдяного періоду.

Нині домінують покритонасіневі рослини, ссавці і птахи з наземних хребетних, червононогі моллюски – з наземних і водних безхребетних. Сучасна різноманітність живих організмів пов'язана як з тривалістю їх зародження, так і мозаїчністю екологічних умов існування.

Поки немає наукових доказів тому, що життя розвивалось по іншому шляху. Але є багато прогалин в знаннях тонкощів цього процесу. Одним із складних моментів є перехід від “неживих” біомолекул до найпростіших живих організмів. З точки зору хіміка, навіть одноклітинна водорість побудована настільки складно, що важко уявити, як вона могла утворитися.

У 1953 р. американський хімік С.Міллер здійснив експеримент, котрий, як вважалось тоді, вирішував питання про те, яким чином виникло життя на Землі. У герметичному скляному приладі вчений відтворив умови, які були характерні для первісної планети. Крізь газову суміш, що вміщувала метан, амоніак, водень С.Міллер пропускав електричні розряди, а воду на дні приладу нагрівав, імітуючи стародавній океан. За кілька днів дослідник виявив у колбі наявність амінокислот. Експерименти С.Міллера довели можливість абіогенного (небіологічного) синтезу важливих для життя молекул. Цей факт став також підтвердженням гіпотези російського вченого О.І.Опаріна про “білковий початок” розвитку життя на планеті.

Але дослідження деяких вчених поставили під сумнів вихідну ідею, від якої відштовхувався у своїх експериментах С. Міллер: який був склад первинної атмосфери Землі? У результаті складних дослідів та комп'ютерного моделювання стародавньої земної атмосфери (Дж. Уокер та ін., США) було показано, що ультрафіолетове сонячне випромінювання, яке тоді ще не стримувалось озоновим екраном, повинно було руйнувати гідрогеновмісні молекули газів. Нині передбачається, що основними компонентами первинної атмосфери були вуглекислий газ та азот. При цьому частка вуглекислого газу в атмосфері була настільки велика, що працював “парниковий ефект”, під впливом якого вода в океанах майже кипіла. За подібних умов синтез амінокислот був

надто проблематичний.

Передбачається, що перші живі організми Землі могли бути гетеротрофами, оскільки їм доступні були готові органічні молекули, які утворюються шляхом хімічного синтезу в первинному середовищі їхнього існування. З появою хемо- і фотосинтезу в атмосфері Землі з'явився, став накопичуватись кисень. Після чого почав формуватись "озоновий екран".

Яка молекула була першою – білок або нуклеїнова кислота?

Суперечка біохіміків, еволюціоністів та інших вчених навколо цієї проблеми нагадує знайому дискусію: "Що було раніше – курка чи яйце?" Як відомо, білок не може бути синтезований у живій клітині з амінокислот без контролю з боку нуклеїнових кислот, які несуть інформацію про структуру всіх білків даного виду. Разом з тим, нуклеїнові кислоти можуть реплікуватися ("розмножуватись") лише за наявності білків-ферментів (полімераза, лігаза).

За теорією О.І. Опаріна та працям американських вчених С. Фокса і С. Поннамперумі, першими біомолекулами були білки (коагулянти-протеноїди). Однак, критики відхиляють цю ідею, приводячи головний аргумент: білки та протеноїди не можуть самостійно ні самовідтворюватися, ні еволюціонувати.

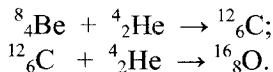
У 1989 р. американські біохіміки Т. Чек і С. Альтман знайшли певний клас РНК, здатних до самокаталізу своєї реплікації (*аутосплайсинг*). Таким чином, певні види РНК, можуть виконувати подвійну функцію – гену (точніше, його копії) та каталізатору подвоєння цього гену, тобто виступати як "яйце" і як "курка" одночасно. Згідно з цими фактами виникли гіпотези, наприклад, У.Гілберта (США), що перші земні організми склалися з простих молекул РНК, які самовідтворювалися. Поступово такі організми набули здатності синтезувати білки (поява яких забезпечила швидкий та ефективний рух реплікації) і ліпіди (жири), які формують разом з білками мембрану та сприяють виникненню клітинним структурам.

Деякі вчені (А. Ребек, Л. Оргел та ін.) дотримуються думки, що первинно існували гібридні молекули, які виявляли властивості і білків, і нуклеїнових кислот. Такі молекули було синтезовано у

біохімічних лабораторіях.

Оригінальну точку зору висловив німецький дослідник Г. Вехтершойзер. На його думку, спочатку життя з'явилося як певна послідовність перетворювань органічних сполук, які адсорбовані на кристалах піриту FeS_2 . Принципово новим у цій гіпотезі є те, що утворення та перетворення біомолекул відбувається на межі твердої та рідкої фаз (гетерофазне середовище), а не в рідкофазному "первинному бульйоні".

Отже, початковою ланкою в еволюції був синтез перших елементів у пробіонті (попередники живої матерії), з яких потім було побудовано весь навколишній світ. Використовуючи гравітаційну та ядерну енергію, великі маси найпростішого хімічного елемента Гідрогену перетворювалися на ядра більш складних елементів. Ядерний нуклеосинтез здійснювався за космічних умов за участю протонів, α -частинок (ядер атомів Гелію – ${}^4_2\text{He}$) і електронів. Прикладами таких реакцій є реакції утворення стабільних ядер Карбону ${}^{12}\text{C}$ та Оксигену ${}^{16}\text{O}$.



У результаті таких процесів здійснювалось накопичення перших хімічних елементів на планеті (H, C, O, N, Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca, Fe). Хімічна структура перших найпростіших біологічних систем подана першими 30 елементами сучасної періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва.

Атоми хімічних елементів, які утворились в умовах космосу, взаємодіючи між собою створювали молекули з невеликою молекулярною масою. У результаті складалась основа для формування складних органічних речовин. Цікаво відмітити, що і зараз, за мільйони років набір стабільних малих молекул, які формують основу біосфери, залишився колишнім. Окрім того, набір мономерів (амінокислот, моносахаридів, нуклеотидів) був завжди однаковим. З близько 20 амінокислот було сформовано білки і поліпептиди:

людством стає завдання вивчати закони природи, усвідомлювати її мудрість та навчитися не суперечити їм.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які причини різноманітності життєвих форм на Землі?
2. Коли у біохімічних лабораторіях було синтезовано «гібридні» молекули, які здатні до самовідтворення, вчені показали, що ці речовини не можуть бути «первинними» молекулами життя, тому, що вони занадто безпомилково себе копіюють. Чому ця гіпотеза неправильна?
3. Виділіть основні етапи походження життя за О.І. Опарінім.
4. Які ще гіпотези про походження життя на Землі ви знаєте?
5. Що таке аутосплайсинг?
6. У чому проявляється головна специфічна закономірність життя?

ОСНОВНІ ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ

§1. РЕЧОВИНИ-ЗАБРУДНЮВАЧІ ДОВКІЛЛЯ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

1. Класифікація забруднювачів (ксенобіотики, екотоксиканти, екзогенні речовини, канцерогени).
2. Характеристика найрозповсюджених канцерогенів біосфери.
3. Шляхи трансформації політантів у біосфері.

Ключові слова

<i>Ксенобіотик(и)</i>	<i>Xenobiotic(s)</i>
<i>Політант(и)</i>	<i>Contaminant(s)</i>
<i>Екотоксикант(и)</i>	<i>Ecotoxicant(s)</i>
<i>Екзогенна речовина</i>	<i>Exogenous substance</i>
<i>Канцероген(и)</i>	<i>Carcinogene</i>
<i>Трансформація політантів</i>	<i>Transformation of contaminants</i>

З природних джерел людиною синтезовано та виділено понад 6 млн речовин. Ця цифра щорічно збільшується на 5%. Серед таких речовин антропогенного характеру є мутагени, канцерогени, тератогени.

Одним із найважливіших питань хімічної екології є дослідження перетворень, які відбуваються з антропогенними речовинами у екосистемах різного ієрархічного рівня, біотрансформації останніх у живих організмах та механізми їх шкідливої дії на організми, екосистеми та біосферу. У літературі з проблем екології зустрічається ряд понять, які необхідно знати для чіткого розуміння сучасних проблем довкілля.

Ксенобіотики (від грец. *ксенос* – чужий, *біос* – життя) – речовини, які чужерідні відносно живих організмів і не входять до

природних біогеохімічних циклів. Їх появу у біосфері пов'язують з діяльністю людини.

Полютанти (від лат. *полюціо* – забруднення) – речовини, які забруднюють середовище життя, синонім – забруднювачі.

Екотоксиканти (від грец. *ойкос* – дім, *токсикон* – отрута) – отруйні речовини антропогенного походження, які викликають серйозні порушення у структурах екосистем.

Суперекотоксиканти (від лат. *супер* – зверх, над) – речовини, які мають сильну токсичну дію поліфункціонального характеру. Для суперекотоксикантів (СЕТ) фактично втрачає значення поняття гранично допустимої концентрації (ГДК). Крім того, вони різко збільшують чутливість живих організмів до інших, менш токсичних ксенобіотиків.

Екзогенні речовини (від грец. *екзо* – зовні, генезис – походження) – речовини, появу яких пов'язують з діяльністю людини (термін підкреслює неприродне походження речовин).

Серед різноманіття хімічних речовин, які надходять до біосфери найбільш шкідливими є *канцерогени* – речовини або фізичні агенти, які пригнічуючи діють на еритроцити крові і сприяють розвитку злоякісних утворень. Канцерогенні речовини поділяють на дві основні групи – істинні канцерогени та інші хімічні речовини, які діють на організм подібним чином. До істинних канцерогенів належать поліциклічні ароматичні вуглеводні, нітрозосполуки та ряд інших хімічних сполук (табл. 4). Вони впливають на живу тканину таким чином, що здійснюється злоякісна трансформація клітинних елементів без розвитку тяжких токсичних явищ у тканинах, без відомих протягом довгого часу тканинних змін, які виявляються тільки на найпізніших стадіях процесу утворення злоякісних пухлин. Майже мікрограми таких речовин здатні викликати розвиток пухлин.

Найсильнішим канцерогеном серед класу поліциклічних ароматичних вуглеводнів є бенз(а)пірен. Утворення поліциклічних ароматичних вуглеводнів відбувається під час переробки нафти, кам'яного вугілля, сланців, під час спалення їх в опалювальних системах промислового та побутового призначення.

Таблиця 4

Характеристика розповсюджених канцерогенів

Клас	Назва канцерогену (раціональна, тривіальна, скорочена)	Найбільш чутлива тканина	Неканцерогенні ізомери (аналоги)
1	2	3	4
Поліциклічні ароматичні вуглеводні	9,10-Диметил-1,2-бензантрацен	Шкіра, м'язи, молочна залоза	Антрацен
	3,4-Бензпірен, бенз(а)пірен, бензпірен (БП)	Шкіра, м'язи, молочна залоза, легені	1,2-Бензпірен
	1,2,5,6-Дибензатрацен	Шкіра, м'язи, молочна залоза	Пірен
Гетероциклічні ароматичні вуглеводні	4-Нітрохінолін-1-оксид	Легені, печінка, сполучна тканина	—
	4-Нітрохінолін-N-оксид	“	—
Ароматичні аміни	2-Нафтиламін	Епітелій сечового міхура	—
	2-Амінофлуорен (АФ)	Печінка, молочна залоза, кишечник	—
Аміноазосполуки	4-Монометил-аміноазобензен	Печінка, молочна залоза, шкіра	—
	4-Диметиламіно-азобензен	Печінка	—

Продовження таблиці 4

1	2	3	4
Нітрозосполуки	Диметилнітрозамін	Нирки, легені, печінка	—
	N-Нітрозодиметил-амін	“	—
	Диетилнітрозамін	Печінка, легені	—
	1-Метил-1-нітросо-сечовина	Легені, молочна залоза, епітелій шлунка, печінка	—
Лактони	β -Пропіоллактон	Шкіра	—
Епоксиди	1,2,3,4-Диепокси-бутан	Сполучна тканина	—
Гепатотоксичні отрути	Тетрахлорометан	Печінка	—
	Трихлорометан (хлороформ)	“	—
Естери карбомінової кислоти	Етилкарбаматуреат	Легені	Метилкарбомат
Сполуки металів	Сполуки Берилію (оксид та ін.)	Легені	—
	Сполуки Хрому (оксид та ін.)	“	—
	Ферумдекстрановий комплекс (імферон)	Сполучна тканина	—
	Свинець оцтовокислий	Нирки	—
	Сполуки Ніколу (сульфід, карбоміл)	Сполучна тканина	—

Сучасний природний рівень бенз(а)пірену в біосфері характеризують такі показники: атмосферне повітря, мкг/м³: над континентом — 0,0001–0,0005, над океаном — 0,00001; ґрунт, рослинність, мкг/кг сухої маси — до 1–5; прісні водоймища: вода,

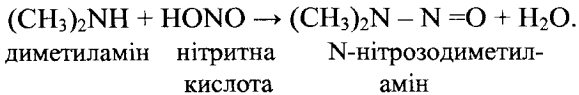
мкг/л – близько 0,0001, донний пісок та водні рослини, мкг/кг сухої маси – до 1–3.

Деякі рослини та тварини є «біологічними осередками» для ряду токсичних речовин, у тім числі канцерогенних вуглеводнів. Наприклад, для бенз(а)пірену такими осередками є свіжа морська риба (особливо камбала, тріска), овочі (картопля, салат).

Цікавий факт, що порівняно з первинною в організмі сучасної людини майже у 70 разів збільшився вміст Кадмію, у 17 разів – Плюмбуму, у 19 разів – Меркурію та у 40 разів Феруму.

Нітрозосполуки – один з класів хімічних речовин, що належать до канцерогенних. У повітрі житлових приміщень джерелами нітрозосполук є тютюновий дим, опалювальні системи, газові плити, каміни.

В організмі людини нітрозосполуки можуть утворюватися під час взаємодії вторинних амінів із нітратною кислотою або її солями:



Багато пестицидів у процесі метаболізму утворюють нітрозосполуки. Серед них: атразин, діамінозид, димефокс, ландрил, прометрин, симазин, тирам, фенурол, цирам, етіофенкарб та ін., разом близько 35 речовин.

Під час технологічної переробки харчових продуктів та кормів у них здійснюється синтез канцерогенних нітрозосполук з їх попередників (нітратів, нітритів, амідів, амінів та ін.). У процесі зберігання рослинних продуктів, особливо за несприятливих умов, а також при технологічній обробці на консервних заводах утворюються нітрузо сполуки. Так, під час сушіння і концентрування трав вміст таких сполук збільшується від 0 до 150 мкг/кг; у беконі та консервах – до 100–200 мкг/кг, у окремих копчених ковбасах, де багато спецій – до 1600 мкг/кг, у копченій та солоній рибі – до 110 мкг/кг.

На речовини-забруднювачі в екосистемах діє комплекс біотичних та абіотичних факторів середовища, результатом чого є трансформація цих сполук.

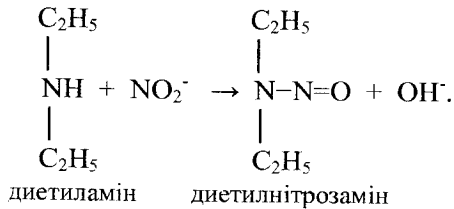
Трансформація поллютантів і ксенобіотиків може здійснюватись двома шляхами:

1) хімічними перетвореннями під дією світла, окисно-відновних властивостей середовища, температури, радіації та ін.,

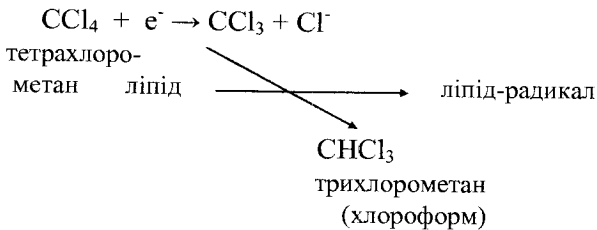
2) біохімічними перетвореннями усередені живих організмів (біотрансформація). Продукти трансформації можуть мати змінену екологічну роль та біологічну активність відносно живих організмів.

Наведемо приклади деяких біотрансформацій поллютантів та ксенобіотиків.

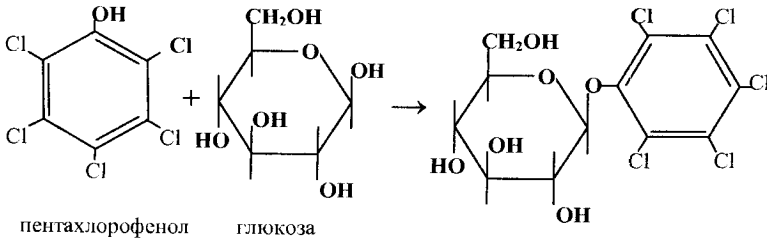
1) Взаємодія диетиламіну із нітритами у середовищі шлункового соку (pH=1) з утворенням канцерогену диетиленітрозаміну:



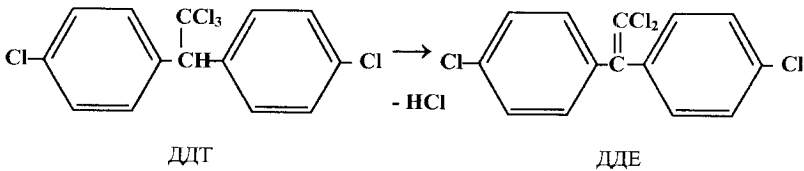
2) Відновлення тетрахлорометану в печінці ссавців з утворенням трихлорометил-радикалу, який починає ланцюгові з радикальним механізмом:



3) Детоксикація ксенобіотика пентахлорофенолу рослинами за допомогою глюкози (або рибози):



4) Трансформація дихлородифенілтрихлоретану (ДДТ) у дихлоро- дифенілдихлоретан (ДДЕ ще токсиніший) за допомогою деяких членистоногих:



Проходячи біотрансформацію, забруднювачі вже в інших формах знову потрапляють в екосистему з виділеннями тварин та з частками рослин, що відмерли і можуть далі трансформуватись.

За просторовим розповсюдженням (розміру територій) забруднення класифікують на:

- глобальні (фоново-біосферні, наприклад, газоподібні речовини CO_2 , CH_4 , хлорофлуоровуглеводні та ін., що визначають парниковий ефект);
- регіональні;
- локальні;
- точкові.

За силою та характером дії на довкілля забруднення поділяють на:

- фонові;
- імпульсні (від англ. *імпект* – удар; синонім - залпові);
- постійні (перманентні);
- катастрофічні.

За джерелами виникнення забруднення розділяють на:

- промислові (наприклад, SO₂);
- транспортні (наприклад, альдегіди викидів автотранспорту);
- сільськогосподарські (наприклад, пестициди);
- побутові (наприклад, детергенти синтетичних мийних засобів).

Одна з проблем, що пов'язують з появою в екосистемах речовин антропогенного походження – це порушення полютантами хімічної комунікації між живими організмами. Явище розриву "хімічного контакту" між організмами можна у деяких випадках використовувати для блага людини, наприклад, у боротьбі з шкідниками сільськогосподарських культур, лісів.

Уведення в екосистему екзогенних речовин, які імітують статеві феромони комах призводить до їх дезорієнтації та порушення процесів спарювання. Так, синтетичний аценол (суміш трьох речовин – цис- і транс-додеценілацетатів та додеканола) з успіхом використовують для дезорієнтації деяких видів плодожерок: сливової і яблучної (рис.18). Знайдена можливість порушення хемокомунікації у твердокрилих такими забруднювачами, як гексанол, фенол, валеріанова кислота, алкани з числом атомів Карбону більш за 15.

Існують також ксенобіотики, які не підлягають біотрансформації або розкладаються у природі дуже повільно, або такі, які не можуть руйнуватись (наприклад, атоми металів).

§2. ТОКСИЧНІСТЬ РЕЧОВИН. СТАНДАРТИ ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

1. Закономірності, що визначають ступінь токсичності елементів.
2. Характеристика токсичних сполук деяких елементів за їх джерелами, шляхами постачання у довкілля та впливом на здоров'я людини.

Ключові слова

<i>Токсичність</i>	<i>Toxicity</i>
<i>Гранично допустима концентрація (ГДК)</i>	<i>Maximum permissible concentration</i>
<i>Мутаген</i>	<i>Mutagen</i>
<i>Тератогенний ефект</i>	<i>Teratogen affect</i>

Токсичність – властивість деяких хімічних елементів, сполук і біогенних речовин згубно впливати на живі організми (рослини, тварини, гриби, мікроорганізми) і здоров'я людей (бенз(а)пірен, важкі метали, кислоти, оксиди нітрогену, сульфур). Токсичність характеризується дозою речовини, яка викликає визначену ступінь отруєння.

У разі інгаляційних отруєнь доза дорівнює добутку $C \cdot t$, де C – концентрація парів (в $\text{мг}/\text{м}^3$); t – час вдихання (у хв).

Під час ураження іншими шляхами (внутрішньовенний, внутрішньом'язовий, через шлунково-кишковий тракт, шкіру та ін.) доза оцінюється кількістю речовини у мг на 1 кг живої маси.

Розрізняють:

- сереньосмертельні (летальні) дози:
 - 1) LCt_{50} – у разі інгаляційного отруєння;
 - 2) LD_{50} (LD_{50}) – у разі інших видів отруєння;
- порогові дози:
 - 1) PCt_{10} – у разі інгаляційного отруєння;
 - 2) PD_{10} (PD_{10}) – у разі інших видів отруєння.

Цифри в індексі показують імовірність (у %) загибелі організмів для смертельних доз або появи ознак отруєння для граничних. Токсичність визначають, проводячи досліді на тваринах з використанням статистичних методів.

Якість довкілля, його відповідність вимогам нормальної життєдіяльності людини характеризують екологічні стандарти, їх розділяють на екологічні і виробничо-господарські (рис. 19).

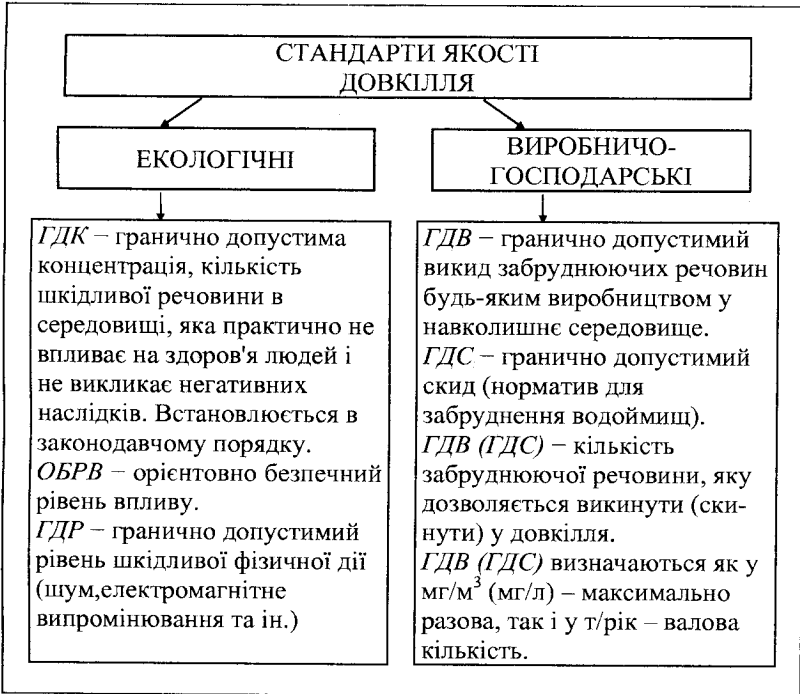


Рис. 19. Стандарти якості довкілля

Існують декілька класифікацій елементів та їхніх сполук за мірою токсичності, одну з них наведено на рис. 20.

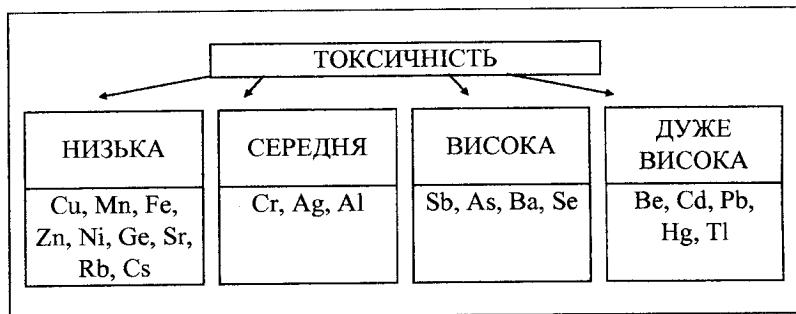
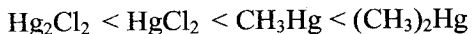


Рис. 20. Класифікація елементів за їх токсичністю

Існують закономірності, які визначають ступінь токсичності будь-якого елемента або його сполучення.

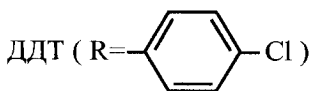
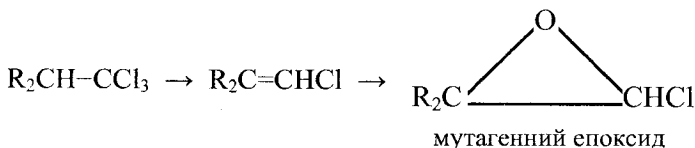
1) Деякі елементи токсичні майже в дуже малих дозах, наприклад, Меркурій і Кадмій. Для інших токсичність проявляється лише після перевищення певного рівня їх вмісту в їжі, наприклад, для Купруму, Цинку, Ніколю. Надзвичайно токсичний Селен повинен бути присутній у їжі в кількості 0,1-0,2 млн частки. За його відсутності в кормах у тварин розвивається м'язова дистрофія і некроз тканин печінки, у той же час, майже незначне перевищення допустимої дози Селену приводить до важких токсикозів.

2) Токсичність залежить від хімічного стану елемента, від форми, у якій він існує в живій клітині. Так, наприклад, для Меркурію токсичність значно підвищується в ряду:

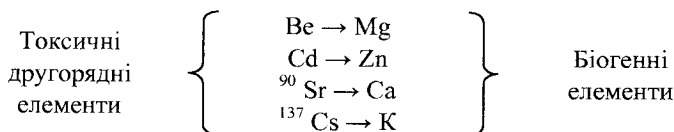


Це пояснюється тим, що алкильовані форми Меркурію краще розчинні в біологічних рідинах.

3) За природних умов відносно нешкідливі речовини можуть перетворюватися на токсичні. Деякі забруднювачі, трансформуючися у живій клітині, утворюють більш стійкі токсичні сполуки. Наприклад, поліциклічні ароматичні вуглеводні під дією ферментів перетворюються на канцерогенні епоксиди.



4) Деякі токсичні елементи мають певну хімічну спорідненість з біогенними елементами, і тому перші легко включаються до колообігу останніх. Окрім того, токсичні елементи легко можуть атакувати життєво важливі центри в клітинах, наприклад, ДНК, білки-ферменти, конкуруючи з подібними їм біогенними елементами.



Наприклад, токсичніший йон Кадмію (Cd^{+2}) конкурує з йоном цинку (Zn^{+2}), який виконує у клітинах тварин роль кислоти Льюїсу, утворюючи біля активного центру ферменту локальний позитивний заряд. Заміщення Цинку на Кадмій приводить до дезактивації ферменту.

Токсичний ефект деяких важких металів подано у табл. 5.

Таблиця 5

Токсичний ефект важких металів

Токсичний елемент	Дія
Кадмій, Купрум, Плюмбум, Меркурій, Цинк, Галогени	Вплив на проникність клітинних мембран; реакція із SH-групою цистеїну, метіонину
Нікіль	Утворення комплексів із альбумінами
Магній, Плюмбум	Зміна тривимірної структури білків
Цинк, Купрум, Меркурій, Нікіль	Утворення комплексів із фосфоліпідами

Продовження таблиці 5

Заміщення антиметаболітами:	
Карбон(II) оксид, CO	Кисень, O ₂
Сульфур(IV) оксид, SO ₂	Карбон(IV) оксид, CO ₂
Арсен, As	Фосфат-йон, PO ₄ ³⁻
Хлор, Cl	Нітрат-йон, NO ₃ ⁻
Вольфрам, W	Молібден, Mo
Бром, Br	Хлор, Cl
Літій, Li	Натрій, Na
Цезій, Cs	Калій, K
Рубідій, Rb	
Плюмбум, Pb	Кальцій, Ca
Селен, Se	Сульфур, S

5) Токсиканти та природні отрути мають різні механізми дії на живі організми. Серед таких механізмів можна назвати передачу нервового імпульсу (наприклад, у фосфороорганічних сполук і нейротоксинів деяких змій). Деякі токсиканти, такі, як сполуки Кадмію пригнічують активність життєво важливих ферментів, порушуючи процеси обміну речовин. Особливо шкідливими слід уважати ті речовини, мішенню яких є генетичний апарат клітини, молекули ДНК. Такі сполуки називають *мутагенами*, а їх дія називається *тератогенним ефектом*. Багато випадків тератогенезу трапляється з рослинами при використанні в сільському та лісному господарстві хімічних препаратів. Дефекти розвитку андроцею та пилки звичайної спостерігаються під час дії на них стрелу – препарату, який викликає чоловічу стерильність. Виродливості коренів з явищами поліплодії у місцях закладення бокових коренів з'являються під дією трифлураліну. Важкі тератологічні наслідки у рослин викликають препарати гербіцидної дії (2,4-Д, симазин, атразин). Обробка цими препаратами посівів приводить до тератогенезу як вегетативних, так і генеративних органів бур'янистої рослинності.

6) Для деяких токсикантів слід урахувувати явище біологічного накопичування у харчових ланцюгах. Наприклад, у рибі концентрація Меркурію може бути у 1000 разів більша, ніж у водоймах, з яких ця риба добута. Людина є кінцевою ланкою цього харчового ланцюга,

акумулюючи в своєму організмі сполуки Меркурію. Прикладом є масове отруєння в Японії меркурій органічними сполуками у 1954 р. Окрім накопичування в харчових ланцюгах, існує особливий, ще недостатньо вивчений тип накопичування, коли кумуляція окремого елемента здійснюється вибірково певною тканиною або органом. Наведемо приклади: волосся і нігті здатні накопичувати Арсен, Ванадій, Меркурій, Талій, Алюміній; нирки — Кадмій, Меркурій, Манган; Кишечник — Станум; Слизова очей — Барій; Передміхурова залоза — Цинк, Стронцій; Мозок — Купрум. На рис. 21 подано групи організмів-накопичувачів.

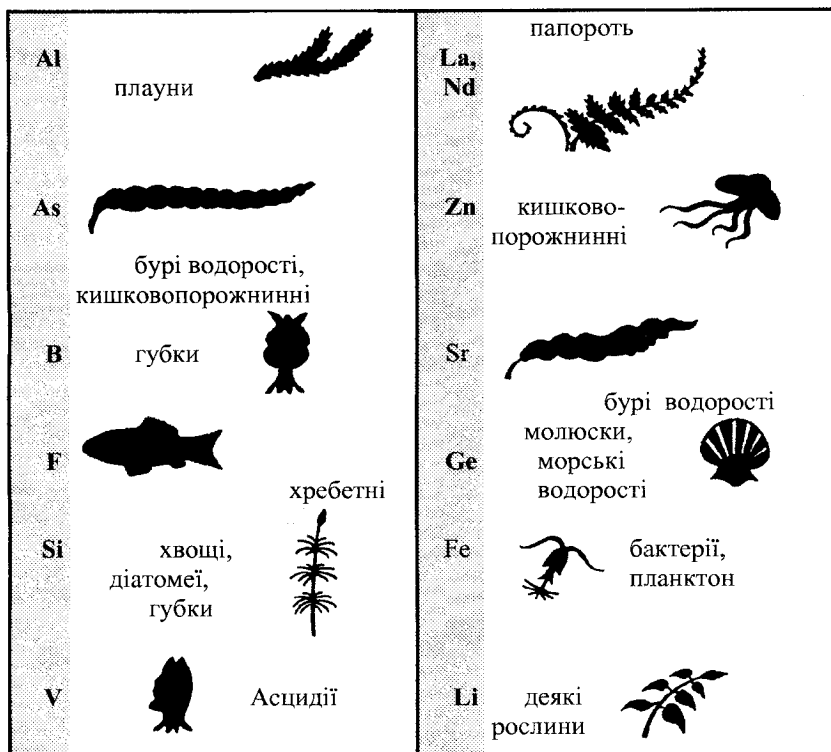


Рис. 21. Групи організмів-накопичувачів певних елементів

7) Токсичність багатьох елементів може проявлятися при незвичайних умовах. Так, один з найрозповсюджених металів – алюміній – раніше ніколи не розглядався як токсикант. Але в зв'язку з проблемою кислотних дощів іони алюмінію (Al^{+3}) стали обмежувати врожайність сільськогосподарських культур, тому що на кислих ґрунтах доступність алюмінію збільшується і він починає проявляти шкідливу дію на рослини, а через них на травоядних тварин (хвороба "трав'яний стовбняк").

8) Ступінь стійкості різних організмів до тих або інших елементів та їх сполук різна. У деяких випадках будь-який вид або група організмів має особливе "тяжіння" до окремого елемента, виступаючи до нього в ролі накопичувача.

У табл. 6 наведено характеристику деяких токсичних елементів.

Таблиця 6

Характеристика токсичних та потенційно токсичних сполук та їх дії на організм людини

Забруднювач	Основне джерело постачання у середовище	Основний шлях постачання у середовище	Вплив на здоров'я людини
1	2	3	4
Алюміній	Алюмінієва промисловість, спалення вугілля	З повітрям	Флюороз зубів, специфічні ушкодження кісток (кістковий флюороз)
Берилій	Промисловість, спалення вугілля	З повітрям	Специфічне ушкодження легень, збільшення лімфатичних вузлів, виснаження
Ванадій	Спалення нафти, вугілля, промислове виробництво	З повітрям	Захворювання серцево-судинної системи
Оксиди карбону	Промисловість, автотранспорт, енергетика	З повітрям	Карбоксигемоглобінемія, ушкодження ЦНС, порушення жирового, вуглеводного, вітамінного обміну
Ферум	Промислове виробництво	З водою, їжею	Цироз печінки, захворювання кровоносної системи

Продовження табл. 6

1	2	3	4
Кадмій	Виплавка кольорових металів	З водою, повітрям, їжею	Хвороби нирок, остеомаляція, рак передміхурової залози, анемія, підвищення кров'яного тиску, мутагенна і канцерогенна дія
Манган	Виплавка металів, добрива, рідке паливо, лінолеум, сірники, піротехнічні вироби	З повітрям	Ушкодження ЦНС, летаргія, синдром Паркінсона, пневмонія
Купрум	Промисловість, спалення палива, добрива, барвники	З водою, їжею	Пневмонія, гепатити
Молібден	Грунт, природні води, виплавка металів, скло, мастила, барвники	З повітрям, їжею, водою	Порушення ЦНС, подагра
Арсен	Промисловість, пестициди, добрива, пиво (до 15 мг/л)	З водою, їжею, пивом	Рак легень та шкіри, порушення функцій шлунку, порушення шлунково-кишкового тракту
Ніколь	Промисловість	З їжею, повітрям	Бронхіальний рак, дерматити, інтоксикація, алергія
Нітрати, нітрити	Добрива, відходи тваринництва, стічні води	З водою, їжею	Метгемоглобінемія
Нітрозосполуки	Добрива, пестициди, харчові добавки	З водою, їжею	Рак, мутагенна та тератогенна дія
Меркурій	Пестициди, спалення органічного палива	З водою, повітрям, їжею	Інтоксикація, параліч, психічна неповноцінність немовлят
Селен	Збагачення руд, спалення вугілля	З повітрям	Депресія, запаморочення, жовтуха, носові кровотечі
Плюмбум	Виплавка металів, пестициди, біля підприємств, двигуни внутрішнього згорання	З водою, грунт повітрям, їжею	Ушкодження ЦНС, печінки, нирок, мозку, статевих органів

Продовження табл. 6

1	2	3	4
Флуор	Алюмінієва і силікатна промисловість, добрива	З водою, повітрям	Зубні хвороби, сприяє захворюванням пневмонією, раком усіх локалізацій, при хронічній дії малих доз – носові кровотечі, інтоксикація
Хром	Промисловість, барвники, дубителі, вогнетривка цеглина, сплави	З повітрям, їжею	Бронхіальний рак
Ціаніди	Хімічна промисловість, пестициди	З водою	Інтоксикація
Цинк	Виплавка кольорових металів	З повітрям	Інтоксикація

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яка різниця між поняттями «поллютанти» і «ксенобіотики»?
2. Наведіть приклади біотрансформації поллютантів і ксенобіотиків.
3. За якими характеристиками класифікують забруднювачі?
4. Що таке «токсичність»?
5. За якими стандартами проводять аналіз довкілля?
6. Які метали є найтоксичнішими?
7. Від яких факторів залежить ступінь токсичності того або іншого елемента?
8. У чому суть явища біологічного накопичування токсичних речовин?
9. Наведіть приклади вибіркового накопичування деяких елементів в органах ссавців?

§3. ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АТМОСФЕРИ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

- 3.1. Будова та склад атмосфери.
- 3.2. «Парниковий ефект» атмосфери – причина зміни клімату?
- 3.3. Проблема озонового шару планети. Хімізм руйнування озону. Хімічні заходи з відновлення озонового шару.
- 3.4. Забруднювачі тропосфери. Загальна характеристика вторинних компонентів тропосфери.
 - Хімізм утворення «кислотних дощів». Вплив «кислотних дощів» на довкілля.
 - Складові фотохімічного смогу. Заходи з охорони атмосфери від забруднень.

Ключові слова

<i>Атмосфера</i>	<i>Atmosphere</i>
<i>Парниковий ефект</i>	<i>Greenhouse effect</i>
<i>Озоновий шар</i>	<i>Ozonosphere</i>
<i>Озон</i>	<i>Ozone</i>
<i>Кислотні дощі</i>	<i>Acid rains</i>
<i>Фотохімічний смог</i>	<i>Photochemical smog</i>
<i>Забруднювачі тропосфери</i>	<i>Pollutions of troposphere</i>

3.1. Будова та склад атмосфери

Слово *атмосфера* похідне від грецьких *атмос* – пара і *сфера* – куля. Атмосферою називають повітряну оболонку нашої планети. Атмосфера окутує Землю до висоти 2–3 тис. км, непомітно переходячи у міжпланетний простір. Вона складається із суміші газів, яку називають повітрям.

Об'ємні частки газів (в %) в повітрі тропосфери:

N ₂ — 78,08	CO ₂ — 0,03
O ₂ — 20,95	інші гази (H ₂ , Ne, He, Kr, Xe, Re, Rn, I,
Ar — 0,92	O ₃ , CH ₄ , CS ₂) — 0,02

Повітря навколо нас таке прозоре і легке, що здається, ніби нас оточує порожнеча. Але це помилкове уявлення. Насправді вага повітряної кулі, яка оточує Землю, досягає 5000 трлн т.

Здається, що повітря – це щось однорідне, тому що гази легко перемішуються. Але це не так. Атмосфера має чітко виражену шарувату будову. Із підніманням вгору змінюється склад, густина, температура та інші показники повітря.

Найнижчий шар атмосфери – *тропосфера* (*тропо* – поворот). Він простягається до висоти 8–10 км у полярних широтах і до 16–18 км біля екватору. Тут зосереджено майже 80% всієї маси атмосфери, найбільша її густина. Температура і тиск повітря в тропосфері знижуються з висотою. Але над тропосферою відбувається зворотний хід температури – температура починає зростати у *стратосфері*. Цей шар простягається до висоти 55 км. Повітря в стратосфері дуже розріджене, часток повітря, які б розсіювали і відбивали світло, що надходить від Сонця, дуже мало. Тому небо в стратосфері виглядає темно-фіолетовим, майже чорним. У цьому шарі дуже мало вологи, тут не випадають опади, лише зрідка з'являються сріблясті хмари. У стратосфері відбувається своєрідна зміна температури: в нижній частині вона не змінюється і становить -55°C , а в верхній частині – зростає і біля верхньої межі шару досягає 0°C . Така зміна температури пояснюється наявністю в атмосфері озону, який поглинає ультрафіолетове проміння Сонця і при цьому сильно нагрівається. Шар озону знаходиться на висоті 25 км від поверхні Землі.

Над стратосферою знаходиться шар – *мезосфера* (*мезо* – середній) – до висоти 80 км. У цьому шарі знову знижується температура повітря, досягаючи біля верхньої межі -80 – -90°C .

Вище над мезосферою до висоти 800–1000 км міститься *термосфера* (*термос* – тепло). У ній температура повітря сильно зростає і досягає на верхній межі до $+1500^{\circ}\text{C}$. Це пов'язано з великою швидкістю кінетичного руху часток. Термосфера поглинає рентгенівське випромінювання сонячної корони. Може виникнути запитання, як при такій високій температурі літають космічні кораблі з космонавтами на борту. Висока температура повітря їм не шкодить, тому що тиск низький, молекули й атоми рухаються майже не

стикаючись одні з одними. Повітря чинить космічним кораблям малий опір і вони можуть роками залишатись на орбітах.

Вище 1000 км від поверхні Землі знаходиться верхній шар атмосфери – екзосфера (екзо – зовнішній). Повітря в ній дуже розріджене. Але швидкість руху атомів і молекул дуже велика, досягає другої космічної – 11 км/сек. Це дозволяє їм долати земне тяжіння і розсіюватись в космічному просторі. Найбільше відходять в космос атоми Гідрогену, які утворюють корону навколо атмосфери на висоті 2–3 тис. км (рис. 22).

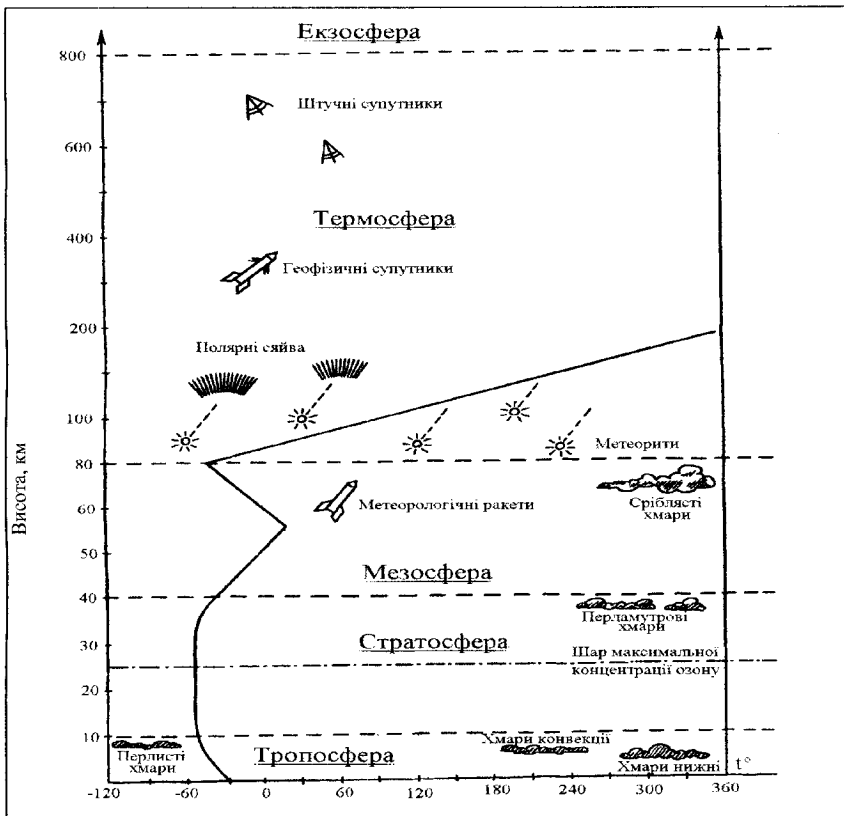


Рис. 22. Будова атмосфери

Склад атмосфери. Повітря складається з постійних і змінних компонентів. До постійних належать компоненти, які становлять основну масу атмосфери - азот, кисень, інертні гази (аргон, ксенон, неон, гелій та ін.).

Найпоширеніший газ – азот. За звичайного тиску людина його не відчуває. Але при вдиханні повітря під тиском понад 3 атмосфер настає стан, який подібний до алкогольного сп'яніння (азотний наркоз). Тому водолази, які працюють на глибині декілька десятків метрів, використовують для дихання спеціальну суміш кисню з гелієм. Азот за звичайного тиску і не дуже високих температурах не вступає в хімічні реакції з іншими елементами. Але під час проходження електричного струму крізь повітря (при блискавках, а таких щорічно відбувається понад 3,5 млрд), утворюється нітроген оксиди, амоніак та ін. нітроген є складовою частиною білків, але живими організмами він засвоюється не безпосередньо з повітря, а за допомогою нітрогенофіксуючих бактерій і водоростей.

Другою за величиною обсягу в атмосфері є досить активна хімічна речовина – кисень, що окиснює різноманітні хімічні елементи, необхідна для існування живих організмів. Значна кількість вільного кисню в атмосфері надходить внаслідок процесу фотосинтезу. Щорічно до атмосфери поступає $2 \cdot 10^{11}$ т кисню. Кисень живить води світового океану, окиснює органічні і неорганічні речовини, тому його значна частина втрачається. За останні 100 років знищено понад 245 млрд т кисню. Замість нього до атмосфери надійшло 360 млрд т вуглекислого газу. Споживання кисню збільшується із розвитком промисловості, транспорту. Тільки один літак під час перельоту через Атлантику споживає до 150 т кисню. Кожна людина за добу використовує близько 360 л кисню.

У багатьох регіонах Землі кисню споживається більше, ніж виділяється рослинами під час фотосинтезу. Це відбувається, насамперед, у промислових районах, де кисень витрачається під час спалювання вугілля, газу, нафтопродуктів. Дуже багато кисню споживається у містах з інтенсивним рухом автотранспорту. Але при цьому кількість кисню в атмосфері залишається постійною.

Дослідники пояснюють це тим, що кисень утворюється не тільки під час фотосинтезу. Важливим джерелом кисню є водяна пара, яка у верхніх шарах атмосфери під впливом ультрафіолетового випромінювання розкладається на водень і кисень.

В атмосфері Землі підтримується постійне співвідношення між кількістю кисню і азоту. Це досягається за рахунок рівноваги між процесами виділення вільного азоту і кисню живими організмами та їх поглинанням під час перебігу хімічних реакцій.

Інертні гази займають невелику частку обсягу атмосфери (тисячні і мільйонні частини відсотка). Їх кількість постійна і за звичайних умов вони у хімічні реакції не вступають.

В атмосфері є також компоненти, кількість яких постійно змінюється. Це – вуглекислий газ, водяна пара, озон, аерозолі.

Вуглекислого газу в атмосфері небагато – 0,03% обсягу, але його роль надзвичайно велика у функціонуванні географічної оболонки. Він є основним будівельним матеріалом для створення органічної речовини під час фотосинтезу. Частина його повертається в атмосферу внаслідок розпаду органічної речовини, а дещо менша частина залишається у земній корі у вигляді вугілля, нафти, газу та ін. Його кількість в атмосфері постійно поповнюється внаслідок виверження вулканів, діяльності людини (спалювання різних видів палива, промислового виробництва). Кількість CO_2 у повітрі непостійна. Вчені вважають, що 2–3 млрд років тому вуглекислий газ був основним у складі атмосфери. Але значна його кількість повернулася у земну кору, коли утворилися моря та океани, а також була поглинута зеленими рослинами.

Збільшення кількості вуглекислого газу в повітрі спостерігається із середини XIX ст., коли швидкими темпами почала розвиватись промисловість. Тільки під час згоряння палива щорічно в атмосферу виділяється не менше 10^{10} т вуглекислого газу. Із розвитком промисловості кількість викидів цього газу збільшиться, і якщо не будуть прийняті ефективні заходи проти забруднення, то за 10-20 років викиди становитимуть 40–43 млрд т на рік.

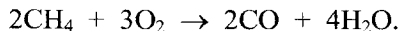
Атмосфера змінювалась протягом земної історії. Декілька мільярдів років тому вона складалась з CO_2 і N_2 та водяної пари; кисень з'явився в атмосфері 1,5–2 млрд років тому в наслідок активної діяльності ціанобактерій. З появою зелених фотосинтезуючих рослин вміст O_2 став збільшуватись і за останні близько 0,5 млрд років залишається приблизно на однаковому рівні.

У результаті промислової діяльності перед людством постали такі проблеми:

- проблема "кислотних дощів";
- зменшення і перфорація озонового шару, який захищає Землю від ультрафіолетового випромінювання Сонця;
- потепління клімату, що пов'язано із накопичуванням в атмосфері газів, які поглинають інфрачервоні промені і перешкоджають їх розсіюванню;
- "парниковий ефект";
- корозія матеріалів на відкритому повітрі;
- фотохімічний смог у промислових містах та ін.

Перераховані проблеми пов'язані зі зміною концентрації другорядних компонентів атмосфери, таких як: сульфур(IV) оксид SO_2 , нітроген оксиди – NO , NO_2 , метан – CH_4 , флуорохлоро-вуглеводні (наприклад, CFCl_3 , CF_2Cl_2 , які називають фреонами).

Зміни у складі атмосфери можуть мати не тільки антропогенні, але й природні причини. Наприклад, постачання в атмосферу карбон(II) оксиду, який легко утворюється в атмосфері під час окиснення метану за схемою:



Природні джерела газів, що надходять щорічно до атмосфери складають значно більшу частину, чим антропогенні джерела (табл. 7). Це зрозуміло, якщо згадати, що ці процеси є часткою біогеохімічних циклів елементів. Однак, саме емісії (викиди) газів-забруднювачів є тією "краплею", яка переповнює і порушує баланс атмосфери.

Співвідношення природних і антропогенних джерел газів-забруднювачів, які щорічно надходять до атмосфери

Газ-забруднювач	Приблизна частка (в %)	
	Природні джерела	Антропогенні джерела
Карбон(II) оксид (CO)	70–80	20–30
Сульфур оксиди (SO _x)	55	45
Нітроген оксиди (NO _x)	80–90	10–20
Вуглеводні	85	15

3.2. "Парниковий ефект" атмосфери – причина зміни клімату?

Як відомо, в історії Землі мали місце льодовикові періоди. Протягом таких льодовикових періодів, коли відбувались заledenіння, температури були нижче на 10°C. Мова йде про середньоглобальні температури, сезонні могли змінюватись ще більше. Це велика амплітуда для клімату.

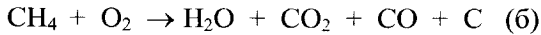
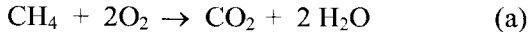
Нині ситуація така: за останні сто років середньоглобальна температура приземного шару повітря збільшилась на 0,6°C. Людина практично не відчуває таку різницю. Ми звикли до добових коливань температури із амплітудою 10-20°C, тому 0,6°C уявляються нами несерйозними змінами. Однак, наприклад, льодовитість Арктики через збільшення глобальної температури на 0,6°C значно зменшилась. Теж саме можна сказати про довжину гірських льодовиків. Все це результат такої незначної зміни середньоглобальної температури, але протягом довгого часу.

Цікаво, що з XVII по XIX ст. спостерігався так званий малий льодовиковий період – період більш холоднішого клімату порівняно з попереднім. Загальне середнє похолодання було близько 2–3°C. Потім малий льодовиковий період закінчився приблизно у 1865 р. Поступово почалося потепління, яке тривало до 1940 р., потім за невідомими причинами почалося похолодання, яке продовжувалось до 1965 р. З 1965р. середньоглобальна температура знов почала

швидко зростати. Останній ріст температури пов'язують з впливом людини.

Сьогодні вважають, що основну роль тут має антропогенний вплив: людина спалює паливо, в результаті утворюється вуглекислий газ, який потрапляє в атмосферу та збільшує парниковий ефект, тому нижча частина атмосфери стає тепліше.

Наведемо схеми реакцій повного (а) та неповного (б) згоряння основного компоненту викопного палива:



Концентрація вуглекислого газу постійно зростає. Якщо на початку століття вона складала приблизно 280 часток на мільйон, то нині – 355, тобто зросла на 20% усього за сто років. Зростання концентрації вуглекислого газу до так званого "парникового ефекту" приводить до того, що поверхня Землі перестане охолоджуватись і починає перегріватися, як ґрунт у парнику. Це можливо тому, що атмосфера стає подібною на скло оранжереї. Вона пропускає до Землі сонячне проміння, яке нагріває поверхню, а те випромінювання, яке відбивається від поверхні, поглинається вуглекислим газом. Це приводить до зростання температури повітря і зміни клімату в глобальному масштабі. Таке потепління може спричинити зміщення природних зон, внаслідок танення льодовиків у полярних районах підніметься рівень води Світового океану, зміняться обриси материків, окремі території зникнуть під водою та ін.

Карбон(IV) оксид затримує половину тепла в атмосфері, однак у нього є конкурент – метан (CH_4) – більш ефективний поглинач інфрачервоного випромінювання. Концентрація метану в атмосфері почала збільшуватися близько понад 300 років тому. Аналіз повітря, яке міститься у зразках глибинного льоду Антарктиди і Гренландії показав, що концентрація атмосферного метану зростає щорічно на 1%, що в 2 рази швидше, ніж вуглекислого газу. Як виникає "парниковий ефект" показано на рис. 23.

Інтенсивне вирощування рису, розведення худоби, спалення біомаси в тропічних лісах і саванах, діяльність бактерій на звалищах

відходів, втрата газу під час добування вугілля і нафти – це джерела надходження метану до атмосфери в значних кількостях.

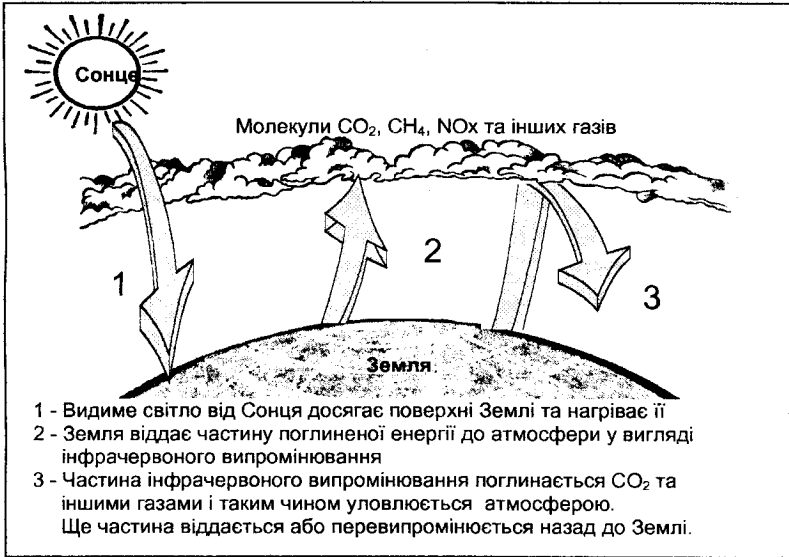


Рис. 23. Парниковий ефект атмосфери

Головний парниковий газ атмосфери – водяна пара. Її внесок у парниковий ефект – близько 70%. На інші парникові гази – CO_2 , CH_4 , NO_x , CO , фреони – припадає 30%. Унаслідок концентрації водяної пари утворюються хмари, випадають опади. Вміст водяної пари змінюється як з висотою, так і з географічною широтою, він неоднаковий також у різні періоди року. Основна маса водяної пари зосереджена в тропосфері і швидко знижується з висотою. У стратосфері вміст пари становить тільки 2–4 мг на 1 кг повітря. Середня абсолютна вологість повітря біля земної поверхні у тропіках становить 3%, а у полярних широтах – 0,00002%. Коливається вміст вологи у повітрі в одній і тій же місцевості залежно й від погоди.

Деякі вчені вважають, що теперішнє потепління клімату – це закономірний процес зміни періодів похолодання та потепління. Наприклад, О.С. Монін стверджує, що: «Люди лякаються будь-яких

змін. Вони бажають, щоб клімат завжди залишався таким, яким він є. Але це неможливо. Клімат завжди змінювався і, очевидно, буде змінюватись надалі – за природними причинами або під впливом людини. Треба враховувати, що чим більший вміст вуглекислого газу в атмосфері, тим краще розвиваються рослини. А якщо буде більше рослин, то буде більше харчування спочатку для травоядних, а потім для інших тварин. Спочатку треба зрозуміти, яка сторона краща, що нам більше підходить – холодний клімат або теплий.» ("Екологія и жизнь". – 1996. – №1. – с. 17).

Нині вчені працюють над проблемою фіксації вуглекислого газу, як одного з «парникових» газів за допомогою хімічних сполук. Наприклад, було встановлено механізм фіксації вуглекислого газу рослинами за допомогою розповсюдженого природного магнієвмісного ферменту рибулозоди-фосфаткарбоксилази. Деякі вчені пропонують синтезувати подібні сполуки у хімічних лабораторіях для зв'язування вуглекислого газу з атмосфери і боротьби з "парниковим ефектом". Один такий штучний замінювач ферменту був одержаний японськими хіміками Н. Катазімою і Ю. Мороокою. Це – органічна сполука, до складу якої входять два йони Купруму (Cu^{2+}), які пов'язані між собою гідроксид йонами (OH^-). Кожний йон Купруму пов'язаний також із йоном трисборату. Схема процесу фіксації вуглекислого газу з атмосфери за допомогою штучного ферменту подано на рис. 24.

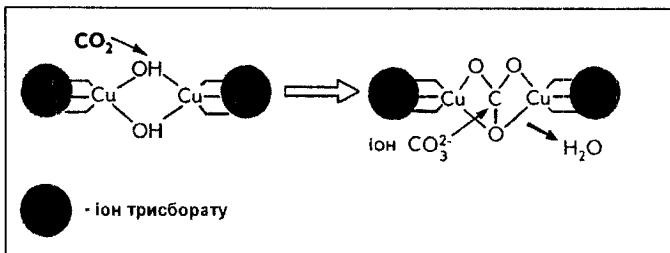


Рис. 24. Схема фіксації CO_2 з атмосфери за допомогою штучного ферменту

3.3. Проблема озонового шару планети. Хімізм руйнування озону. Хімічні заходи з відновлення озонового шару

Сонячна радіація, особливо її короткохвильова ультрафіолетова частина, являє собою один з найміцніших факторів зовнішнього середовища, які визначають умови розвитку та існування всього живого на Землі. Відомо, що біологічна активність радіації тим більша, чим коротше довжина хвилі. Тому особливо високу радіологічну активність мають кванти УФ-радіації. Майже невеликої кількості радіації достатньо для швидкого знищення всього живого на земній поверхні. Але атмосфера надійно не захищає біосферу від дії УФ-радіації (рис. 25).

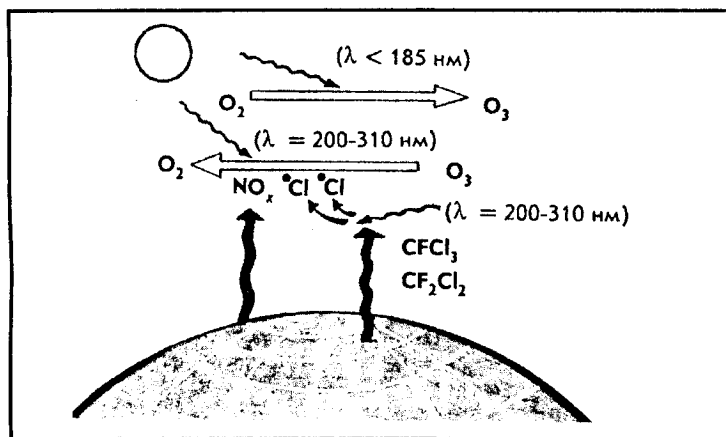


Рис. 25. Схема впливу флуорохлоровуглеводнів та нітроген оксидів на озоновий шар

Питання про озоновий екран, прогнозування його виснаження та наслідків цього процесу торкається глобальних перспектив науково-технічного прогресу, стабільності існування земної екосистеми та, в першу чергу, всього живого на Землі.

Озон – у перекладі з грецької *пахучий*. Це газ, у молекулі якого міститься три атоми Оксигену – O_3 (одна з форм існування Оксигену

у вільному стані). Його запах можливо відчутися після грози, бо у нижньому шарі атмосфери він утворюється під час розряду блискавок, а в стратосфері він утворюється під дією Сонця.

Озону в атмосфері дуже мало – мільйонні частки відсотка. Найбільша кількість цього газу на висоті 20-25 км – 0,001%. На цій висоті озон утворює оболонку, яку називають озоновим "екраном" Землі. Товщина цього шару – лише кілька міліметрів. У малих кількостях озон дуже корисний для живих організмів. Люди відчують помітне покращення самопочуття при диханні "озоновим" повітрям після грози. Але коли кількість озону значно збільшується, то відбувається зростання захворюваності людей. Невелике зменшення товщини озонового шару підвищує ймовірність появи раку шкіри. Зниження цього шару в два рази привело б до згубних наслідків для земного фонду.

Озонова проблема складається з таких аспектів.

1) Цей шар захищає нашу планету від шкідливої дії ультрафіолетового випромінювання Сонця. Малі дози такого випромінювання корисні тим, що сприяють утворенню в організмі людей вітамінів групи "Д", посилюють опірність організму (імунітет). Але у значних дозах це випромінювання здатне вбити живі організми, насамперед людський.

Шар озону, який знаходиться у нижніх шарах стратосфери поглинає шкідливе у значних кількостях ультрафіолетове випромінювання Сонця.

2) В останні десятиліття виникла і швидко розширюється зона з дуже низькою концентрацією озону над Антарктидою. Таку зону було названо "озоною дірою". Причин зменшення озонового шару дуже багато. Наприклад, значну небезпеку для озонового шару становлять нітроген оксиди (рис. 26). У Північній півкулі кількість озону зменшилась на 3–6%. Після того як основні держави світу домовились про припинення ядерних випробувань, ця небезпека зникла.

Втрачається озон також і під час запусків штучних супутників Землі, бо при цьому утворюється дірка на кілька кілометрів, яка зникає надзвичайно повільно.

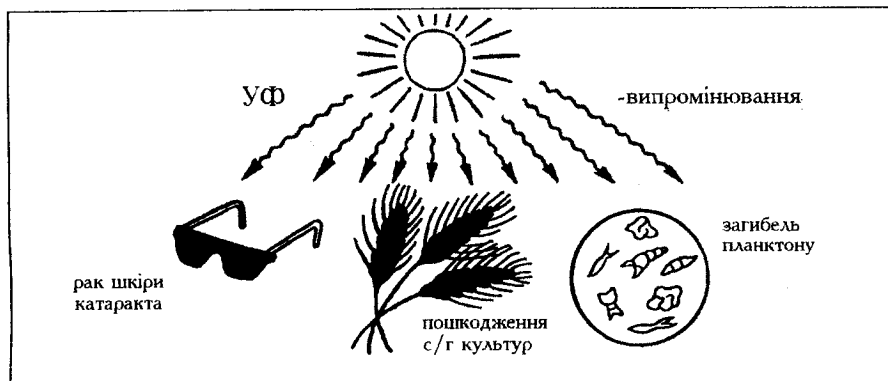
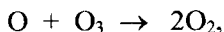
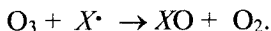
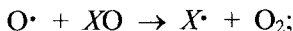


Рис. 26. Негативний вплив УФ-випромінювання

У процесі зменшення озону беруть участь хлор та його сполуки. До висот озонового шару піднімаються сполуки Хлору, джерелами яких є хімічні заводи, а також робота побутових приладів. Фреони (багатоатомні хлоро-, броморганічні сполуки такі як: метилхлороформ – CH_3CCl_3 , фреони-11 (CFCl_3), -12 (CF_2Cl_2), бромистий метил (CH_3Br), галони – 1301 (CF_3Br) і 1211 (CF_2ClBr) широко використовуються, як у промисловості, так й у побуті. Останні потрапляють до атмосфери як розпилювачі, розчинники, холодоагенти у холодильниках і кондиціонерах. Броморганічні речовини широко використовують для гасіння пожеж, у військовій справі, у сільському господарстві. Вони підлягають забороні з 1995 року, але на сьогоднішній день їм не знайдена ефективна заміна.

У нижніх шарах атмосфери хлоро-, броморганічні сполуки залишаються інертними. Але під дією сонячного випромінювання у стратосфері фреони розпадаються і під час взаємодії з озоном руйнують його. Хімізм руйнування озону у каталітичних циклах такий:



де X – каталізатор (–OH, NO_x , –Cl, –Br, Me та ін.).

Найпоширеніші фреони мають великий "час релаксації" (час їх "життя" у стратосфері, який визначається як середній час з моменту надходження в атмосферу або утворення молекули до її фотохімічного руйнування). Наприклад, для фреонів-11, -12 він складає 60 і 120 років відповідно. Таким чином, фреони-11 і -12 майже після припинення їх виробництва і використання будуть присутні в атмосфері ще багато десятків років. Що стосується атомів Броду, то їх озоноруйнуюча властивість у 10 разів більша, ніж атомів Хлору. Окрім того, якщо Хлор руйнує озон на висоті близько 40 км, де його кількість відносно мала, то максимальна дія Броду на озон припадає на шар 14–22 км, який знаходиться близько озонowego максимуму. Ученими визначено, що кожний атом Хлору руйнує майже 100000 молекул озону.

Як вже відмічалось, нітроген оксиди також можуть руйнувати молекули озону. Одним з джерел постачання нітроген оксидів до атмосфери є агропромислове виробництво. На ґрунтах, які оброблено нітратними добривами анаеробні бактерії відновлюють нітрат-йони до молекулярного азоту й нітроген(I) оксиду N_2O .

Культивовані ґрунти ніби "дихають" цим оксидом, який потрапляє у стратосферу і взаємодіє з атомами Оксигену за схемою:



Як відомо, нітроген(II) оксид є каталізатором руйнування молекул озону.

Таким чином, за декілька десятків років озон перетворився з маловіомої компоненти атмосферного повітря у газ, який має одну з головних ролей у забезпеченні життя на Землі.

Серед хімічних заходів з відновлення озонowego шару вчені пропонують наступні:

- збільшення фотохімічного джерела озону шляхом збудження молекулярного кисню і швидкості його фотолізу лазерним випромінюванням у нижніх шарах стратосфери;
- руйнування молекул флуоро-, хлоровуглеводнів у верхніх

шарах стратосфери під час газового розряді, який виникає на пересіченні декількох міцних мікрохвильових променів;

- скорочення використання флуоро-, хлоровуглеводнів і пошуки екологічно-безпечних їх замісників.

Зусиллями вчених з 1978 р. США, Канада і Скандинавські країни заборонили застосування фреонів в аерозольних балончиках. У 1988 р. відбулася міжнародна конференція, на якій 24 країни підписали протокол про скорочення виробництва і споживання фреонів. У 1988 р. до протоколу вже приєдналася 31 держава.

Учені, які досліджували озоновий шар, встановили, що кількість озону знижується приблизно на 1% за десятиріччя. Але вже у 1985 р. з'явилися несподівані повідомлення про зменшення озону над Антарктидою за 7 років майже вдвічі. Це явище вивчали вчені усіх країн, які досліджують Антарктиду. Найбільші втрати озону спостерігаються на висоті 16,5 км, де його залишилось 3% від нормальної кількості.

Учені країн світу намагаються звернути увагу урядів і промисловців на захист озонного шару. Вони довели не тільки шкідливість фреонів для озонного шару, але й використання твердого палива у ракетах, домагаються заборони деяких шкідливих для озону хімічних технологій. Окрім того, актуальною є необхідність скорочення використання азотних добрив і прийняття заходів щодо введення екологічно безпечніших методів обробки сільськогосподарських ґрунтів.

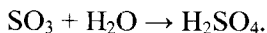
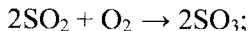
81 країна і ряд міжнародних організацій домагалися прийняття "Хельсінської декларації про захист озонного шару". Учасники погодилися повністю припинити виробництво фреонів та інших галогеновмісних сполук, надати допомогу країнам, які розвиваються, для впровадження екологічно безпечних для озону технологій.

3.4. Забруднювачі тропосфери. Загальна характеристика вторинних компонентів тропосфери

В атмосфері, окрім названих газів, є домішки аерозолів – рідких і твердих зважених частинок. Це пил, частинки диму і попелу від пожеж, спалювання палива, виверження вулканів, пилок і спори рослин та ін. У середньому кожний квадратний сантиметр земної поверхні містить близько 10^9 аерозольних частинок.

Загальний рівень техногенного забруднення атмосфери досягає близько 1 млрд т аерозолів і газових викидів, а також 300–5000 млн т пилу. Ця кількість поки що становить невеличку частину всієї маси атмосфери. Але інтенсивність забруднення зростає, а основна маса забруднювачів зосереджена у нижніх шарах атмосфери та концентрується у районах нагромадження промисловості і транспорту. Коротку характеристику деяких вторинних компонентів тропосфери наведено у табл. 8.

Сульфур(IV) оксид виділяються переважно теплоелектростанціями і хімічними підприємствами. Сірчистий газ SO_2 – газ без кольору з різким запахом. Він добре розчиняється у воді, при цьому утворюється сульфатна (сірчана) кислота. Аналогічний процес відбувається і у вологому повітрі. Сульфур(IV) оксид здатний окислюватися у повітрі, утворюючи сульфатну кислоту за схемою:



Окисненню SO_2 у SO_3 сприяють:

- оксиди і солі металів у повітрі у вигляді пилу, які виграють роль каталізаторів;
- краплі води, туману;
- фотони сонячного випромінювання (фотохімічне окиснення).

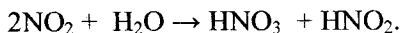
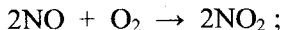
Характеристика вторинних компонентів тропосфери

Компонент	Основні джерела постачання у довкілля	Концентрація, млн ч.*
Карбон(IV) оксид CO ₂	Розклад органічної речовини, виділення океанів, спалення палива	320 у всій тропосфері
Карбон(II) оксид CO	Розклад органічної речовини, промислові процеси, спалення палива	0,05 у незабрудненому повітрі, 1–50 у містах
Нітроген(II) оксид NO	Електричні розряди, робота двигунів внутрішнього згорання, спалення органічної речовини	0,01 у незабрудненому повітрі, 0,2 у промислових містах
Сульфур(IV) оксид SO ₂	Вулканічні гази, лісові пожежі, діяльність бактерій, спалення палива, виплавка металів з руд та інші промислові процеси	0,0–0,001 у незабрудненому повітрі 0,1–2,0 у повітрі великих міст
Озон O ₃	Електричні розряди, дифузія із стратосфери, фотохімічний смог	0,0–0,01 у незабрудненому повітрі 0,5 у повітрі промислових міст
Метан CH ₄	Анаеробний розклад органічної речовини, розведення великої рогатої худоби, втрата природного газу	1–2 у всій тропосфері
Вуглеводні C _x H _y	Автомобільні вихлопи, спалення органічної речовини, втрата природного газу	3 у повітрі промислових міст

* Мільйонна частка (млн. ч) – одна молекула компоненту, яка в середньому припадає на мільйон молекул газової суміші, або це близько концентрація 0,001 г/кг.

"Кислотні дощі" завдають значної шкоди довкіллю (рис. 27).

Аналогічно діють нітроген оксиди за схемою:



Осади, які містять кислоти ("кислотні" дощі) чинять шкідливий вплив на довкілля. Наприклад, сірчистий газ подразнює слизисті

оболонки носа і очей, викликає кашель, спазми в горлі, бронхіт. У великих кількостях цей газ небезпечний для життя. Він екологічно небезпечний і для рослин, особливо фруктових дерев. Також цей газ здатний руйнувати твори мистецтва з мармуру, облицювання споруд (мармур перетворюється на гіпс). Від "кислотних дощів" страждають ліси, часто здійснюється *дефоліація* (штучне скидання хвої або листя).

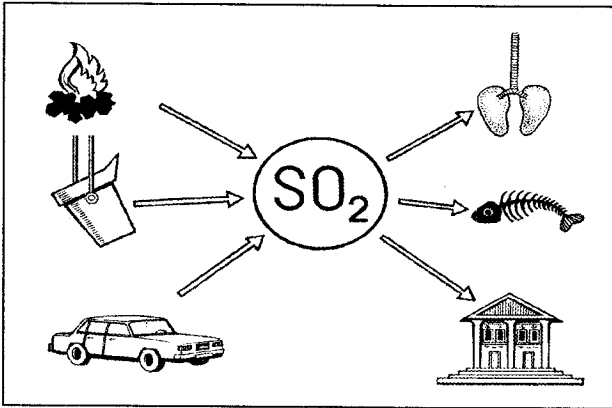


Рис. 27. Джерела та шкідливий вплив сірчистого газу на людину та довкілля

Сульфатні аерозолі у стратосфері можуть розсіювати ультрафіолетове випромінювання Сонця, тобто таким чином "допомагати" озоновому шару поглинати УФ-промені. Це свідчить про складність взаємодій різних забруднювачів і про необхідність вивчення хімії атмосфери в єдиному комплексі.

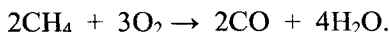
Нітроген оксиди можуть потрапляти у атмосферу в результаті діяльності ґрунтових бактерій (в основному це відноситься до N₂O і NO). Значний внесок в емісію нітроген оксидів робить також господарська діяльність людини. Окрім участі в утворенні "кислотних дощів" нітроген оксиди впливають на процеси формування фотохімічного смогу (слово похідне від англійського *smog* – дим та *fog* – пил) – комплексного забруднення атмосфери, що обумовлено концентрації мас повітря у великих містах.

Автомобільні двигуни внутрішнього згорання – це головне джерело забруднення. Окрім нітроген оксидів NO_x і озону, в фотохімічному смозі наявні:

- карбон(II) оксид CO (продукт неповного згорання бензинового палива);
- вуглеводні C_xH_y ;
- альдегіди та складніші органічні сполуки.

Увесь цей "букет" у сиру погоду знаходиться у повітрі великих міст. Це явище часто спостерігалось у Лондоні, Лос-Анджелесі, Буенос-Айресі, Сан-Паулу, Ріо-де-Жанейро, Мехіко, Анкарі, Токіо, Москві, Санкт-Петербурзі, а на Україні – в містах Придніпров'я і Донбасу (Запоріжжя, Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Донецьк та ін.). Тепер частішими є фотохімічні смоги. На відміну від звичайних смогів, які утворюються за низької хмарності і високої вологості повітря у холодну погоду, фотохімічні утворюються в ясні, сонячні дні. Вони виникають в забрудненій атмосфері під впливом сонячного випромінювання. При цьому утворюються нові речовини, які є токсичнішими від тих, які попадають до атмосфери. Такий смог різко знижає прозорість повітря, викликаючи подразнення слизових оболонок, носа і рота, загострення легневих та алергічних захворювань. Швидко в'януть овочеві і декоративні рослини. Смог викликає корозію металів, розтріскування фарб, гумових виробів, пошкодження одягу та ін.

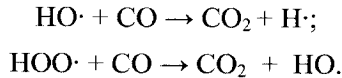
Атмосферний карбон(II) оксид CO утворюється в основному (70%) природним шляхом, головним чином під час неповного окиснення метану:



Утворюється CO і при неповному згоранні бензину. Легковий автомобіль викидає за годину до 3 м^3 чадного газу, а вантажний – до 6 м^3 . Щорічна частка викидів CO від неповного згорання палива, автотранспорту, теплових електростанцій складає додатково 20–30%. Але концентрація карбон(II) оксиду в атмосфері підвищується повільно. Це пов'язано з тим, що у природі існують процеси, які

приводять до поглинання останнього. Зв'язування CO у біосфері здійснюється такими шляхами:

- окиснення у CO₂ (частково і дуже повільно);
- поглинення ґрунтовими організмами;
- розчинення в водах океанів;
- дифузія у стратосферу і взаємодія там з більш реакційними молекулами і атомами за схемою:



Чадний газ має дуже шкідливу для людини властивість: він здатний специфічно зв'язуватися із гемоглобіном Hb крові – білком – переносником кисню в організмі, утворюючи стійкий комплекс карбоксигемоглобін HbCO (рис. 28). Молекули чадного газу конкурують із молекулами кисню за право зв'язуватись із гемоглобіном крові та перевершують у цьому кисень в 210 разів!

Молекули CO і O₂ дуже схожі за електронною будовою, але CO мають більшу, ніж O₂ хімічну спорідненість до йону Fe²⁺ в гемоглобіні.

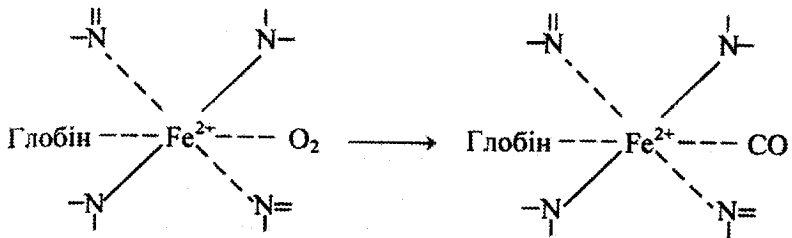


Рис. 28. Схема зв'язування карбон(II) оксиду з гемоглобіном крові

Майже невелика кількість CO здатна виводити з робочого стану велику частину гемоглобіну крові, і організм відповідно одержує менше кисню. Наприклад, людина, яка вдихає кілька годин повітря з вмістом CO всього 0,1%, поглинає його стільки, що більша частина

гемоглобіну (60%) зв'язується у комплекс COHb (на стільки ж знижується нормальна функція крові з перенесення O_2). Цей процес супроводжується шумом у вухах, головокружінням, втратою свідомості. Аналогічній дії CO підлягають і курці. Існує пряма залежність між палінням і рівнем карбоксигемоглобіну в крові. Високий вміст CO в атмосфері мегаполісів сприяє росту серцево-судинних захворювань, у зв'язку з тим, що серце змушено переганяти в більш "жорсткому" ритмі отруєну карбоксигемоглобіном кров.

До забруднювачів атмосфери належать також тверді зважені частинки. Основним джерелом їх надходження до атмосфери є металургійні заводи, будівельна індустрія, транспорт та ін. Проблема цих забруднювачів надзвичайно актуальна. Вони можуть чинити алергічну дію, канцерогенну (азбест), викликати респіраторні захворювання.

Внаслідок забруднення атмосфери великі промислові міста одержують на 15 % менше сонячних променів та на 10% більше опадів у вигляді дощу, граду і снігу.

Встановлено значне (на 25–30%) зниження врожайності більшості сільськогосподарських культур на 2–3 км навколо джерела забруднення. Деякі види рослин реагують навіть на невеликі концентрації забруднювачів. Наприклад, хвойні дерева, горіх, тютюн, конюшина дуже чутливі до сірчистого газу, а цибуля, полуниця, ялина і сосна – до фтору. Відмічено випадки масового падежу худоби і птиці під час смогів. Дуже чутливі до забруднення повітря бджоли.

Тривалий час єдиним способом вирішення проблем забруднення повітря була здатність атмосфери до самоочищення. Механічні частинки і гази розсіювалися у повітрі, випадали на землю з дощем і снігом, а також нейтралізувалися, взаємодіючи з природними речовинами. Однак здатність атмосфери до самоочищення обмежена. Величина і швидкість промислових, транспортних та побутових викидів набагато переважає природні можливості до самоорганізації. Тому важливе значення має переробка відходів промислових підприємств, встановлення на всіх

діючих підприємствах газо- і пилоочисних установок, перехід на безвідходні технологічні процеси, вдосконалення двигунів внутрішнього згорання в автомобілях та ін.

Одним з важливих заходів, які необхідно проводити для очищення повітря є озеленення території. При цьому слід враховувати склад шкідливих речовин, бо різні рослини очищують повітря по-різному. Там, де повітря забруднене димом, найкраще садити білу акацію, шовковицю, канадську тополю, а там де пилом – в'яз. Дуже добре очищує повітря від викидів автотранспорту кінський каштан, а від бензину, газу – береза карельська, клен гостролистий, верба плакуча та ін.

Необхідний контроль за концентрацією шкідливих речовин у повітрі на рівні гранично допустимих норм, тобто тих показників, при яких ці речовини не виявляють токсичний ефект.

Забруднення атмосфери – явище глобального масштабу. Атмосфера не знає кордонів і тому для її охорони від забруднення вимагає мобілізації зусиль людей усього світу.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Опишіть будову атмосфери?
2. Схарактеризуйте хімічний склад атмосфери?
3. Яким чином досягається рівновага між об'ємом кисню і азоту в атмосфері повітря?
4. Коротко охарактеризуйте основні хіміко-екологічні проблеми атмосфери.
5. Який механізм виникнення «парниковий ефект»?
6. Які гази відносять до "парникових"?
7. Перерахуйте основні джерела постачання "парникових" газів в атмосферу.
8. Які альтернативні погляди на проблему потепління клімату вам відомі?
9. Наведіть схему хімічного процесу фіксації вуглекислого газу із атмосфери.

10. Що таке "озонова діра", як вона утворилась та який її вплив на життя Землі?
11. Який хімізм руйнування озону в каталітичних циклах?
12. Які хімічні сполуки здатні руйнувати молекули озону? Наведіть приклади відповідних хімічних реакцій.
13. Які заходи проводять країни світу по захисту озонового шару планети?
14. Які хімічні способи пропонують вчені для захисту озонового шару?
15. Наведіть коротку характеристику шкідливих другорядних компонентів тропосфери.
16. Перерахуйте основні джерела постачання сірчистого газу, нітроген оксидів та інших забруднювачів в атмосферу.
17. Який вплив на природу і здоров'я людей чинять карбон(II) оксид, сульфур(IV) оксид, метан, нітроген оксиди.
18. Які заходи проводяться для охорони атмосфери від забруднення?

§4. ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ГІДРОСФЕРИ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

- 4.1. Вода та її значення для життя на Землі.
- 4.2. Основні екологічні проблеми Світового океану.
- 4.3. Колообіг води та її баланс на планеті.
- 4.4. Джерела забруднення Світового океану.
- 4.5. Хімічне забруднення природних вод (забруднення важкими металами, органічними речовинами, пестицидами та ін.).
- 4.6. Методи очищення стічних вод.

Ключові слова

<i>Гідросфера</i>	<i>Hydrosphere</i>
<i>Колообіг води</i>	<i>Water circuit</i>
<i>Світовий океан</i>	<i>World ocean</i>
<i>Забруднення вод</i>	<i>Water(s) pollution</i>
<i>Очистка стічних вод</i>	<i>Sewage waste water treatment</i>

4.1. Вода та її значення для життя на Землі

Життя на Землі зародилось у воді. Вона стала первинним середовищем для еволюції органічного світу і входить до складу всіх живих істот. За хімічним складом морська вода, де розвивалось первинне життя, близька до складу крові людини (табл. 9).

Таблиця 9

Хімічний склад води Світового океану і крові людини

Хімічний елемент	Частка (%) від суми розчинених солей	
	у воді Світового океану	у крові людини
Хлор	55,0	49,3
Натрій	30,6	30,0
Оксиген	5,6	9,9
Калій	1,1	1,8
Кальцій	1,2	0,8

Гідросфера – водна оболонка Землі, яка охоплює океани, моря, поверхневі води суші і лід, що становлять разом близько 71% земної поверхні, а також підземні води. Основна маса гідросфери (близько 94% обсягу) зосереджена у морях і океанах, друге місце займають підземні води, третє – сніг і лід. Води суші складають частку відсотка від загального обсягу гідросфери.

Вода входить у великій або малій кількості до складу всього живого. Будь-який організм не може існувати без неї. Організм людини, наприклад, вміщує близько 65% води, хребетних – 60–65%, риб – близько 80%, водоростей – 95–99%, рослин суші – 50–75 %.

Значення води, як однієї з основ буття, розуміли ще вавилонці, єгиптяни, перси, фінікійці та греки. У багатьох філософських системах стародавності вода називалась первинним елементом, началом усіх начал.

Важливе значення води в історії розвитку землеробства. Зрошення і обводнення були надійною основою для виробництва сільськогосподарських культур, що, в свою чергу, сприяло формуванню потужних державних утворень стародавності. Недаремно значні стародавні цивілізації виникли близько великих річок.

Вода – не тільки елемент природного середовища, але й активний геологічний та географічний фактор. Вона є носієм механічної і теплової енергії, переносником речовини, енергії та інформації. Вода, завдяки своїй рухливості, відіграє важливу роль в обміні речовин і енергії між геосферами та різними географічними районами.

Універсальна роль води в природі пояснюється її своєрідними та багато у чому аномальними фізичними і хімічними властивостями. Завдяки цим властивостям вода визначає не тільки всі процеси у водних об'єктах, але й багато особливостей кліматичних та метеорологічних процесів на Землі.

Академік В.І. Вернадський підкреслював, що вода стоїть окремо в історії нашої планети. Немає природного тіла, яке б могло порівнятися з нею за впливом на хід основних геологічних процесів.

Немає земної речовини – мінералу, гірської породи, живого тіла, яке б її не потребувало. Усі речовини нашої планети – під впливом властивих воді характеристик, її пароподібного стану, її розповсюдженості – проникні нею.

4.2. Основні екологічні проблеми Світового океану

До основних сучасних екологічних проблем Світового океану належать:

1. Видобування визначених видів біологічних ресурсів та їх вплив на коло обіг органічної речовини в океані та порушення зв'язків, що склалися. Переважна більшість найбільш цінних риб все життя або більшу його частину проводять у прибережних водах. Забруднення моря, особливо у прибережних зонах, призводить не тільки до зменшення видів і популяцій, але й до захорювань риб.

2. Експлуатація мінеральних ресурсів у шельфі. Будівельні, наливні роботи призводять до зниження і деградації природних ландшафтів.

3. Вплив гідробудівництва, експлуатації атомних електростанцій.

4. Вплив інтенсивного судноплавства.

5. Вплив плаваючих бурових установок.

6. Розвиток рекреаційних комплексів.

7. Екологічні проблеми, пов'язані з війнами та впливом військового промислового комплексу.

У даному посібнику не будемо детально зупинятись на розгляді перерахованих екологічних проблемах гідросфери. Наше завдання – розгляд сучасного стану гідросфери з точки зору хімічної науки.

4.3. Колообіг води та її баланс на планеті

На планеті здійснюється постійний перенос води з одного міста до іншого, у масштабі всієї планети, головним чином між океаном і сушею. При цьому здійснюється зміна агрегатного стану води, що дозволяє підтримувати рівновагу між сумарним випаруванням і випадінням осадів на планеті. Вода з речовинами, що містяться в ній

випаровується і повітряними течіями переноситься на десятки, сотні та тисячі кілометрів. Випадаючи у вигляді осадів, вона сприяє руйнуванню гірських порід, робить їх доступними для рослин та мікроорганізмів, розмиває поверхневий ґрунтовий шар і надходить разом із розчиненими органічними та неорганічними речовинами в океани та моря. Підраховано, що з поверхні Землі тільки за 1 хвилину випарується 1 млрд т води і стільки ж випадає назад у вигляді опадів.

Загальна кількість води у поверхневих оболонках Землі, земної кори за даними акад. О.П.Виноградова складає 1 трлн 600 млрд т. Кількість води, яка захоплюється фотосинтезуючими організмами складає 837 млрд т на рік. Період повного обороту всієї води під час утворення живої речовини – 1,9 млн років.

Водний баланс Землі дозволяє кількісно уявити, що величезний процес колообігу води є первинною основою для оцінки ресурсів планети. Для океанічної частки колообігу найбільш характерне випарування вологи, під час якого безперервно відновлюється вміст водяної пари в атмосфері. Більше 86% вологи надходить до атмосфери за рахунок випарування з поверхні океану і менше 14% – за рахунок випарування з суші.

Важлива риса океанічної частки колообігу води – перенесення великих мас морських вод. При цьому кількість води, яка щорічно переноситься течіями чотирьох океанів, характеризує інтенсивність внутрішнього океанічного водообміну під впливом течій. Є дані про те, скільки років у середньому необхідно для того, щоб всі води кожного з океанів змінились. У Світовому океані для цього потрібно близько 60 років; найменш інтенсивний водообмін Тихого океану (більш 100 років), для Атлантичного океану потрібно близько 50 років, для Атлантичного і Північного Льодовитого океану – 40 років.

Зовсім інша активність обміну, на 3–5 порядків вища, характерна для прісних вод. Особливо інтенсивний водообмін у річках. Обмін руслових річкових вод здійснюється кожні 0,031 роки, тобто 11 діб, або 32 рази на рік. Якщо врахувати, що з річками пов'язано більша частина озер та усі водосховища, загальна

активність обміну поверхневих вод суші буде близько 7 років. Висока активність обміну річкових вод – важлива властивість, завдяки якій забезпечуються основні потреби людства у воді.

Зміна всього обсягу атмосферної вологи у середньому здійснюється кожні 10 діб, або 36 разів протягом року.

Що стосується ґрунтової вологи, то оскільки вона найбільш пов'язана із атмосферними процесами та, в основному, підлягає сезонним коливанням, її зміна здійснюється протягом року.

Циркуляція води між Світовим океаном і сушею – важлива частка в підтримці життя організмів на Землі – є основною умовою взаємодії рослин і тварин із неживою природою. Окрім того, вода у геологічному колообізі – величезна трансформуюча сила, яка призводить до поступового руйнування літосфери, перенесення її складових частин у моря і океани.

На основі колообігу води з розчиненими у ній мінеральними речовинами, а також компонентів атмосфери закономірно виникла жива речовина, а з нею – біологічний (біотичний) цикл. В екологічній літературі його називають також великим біосферним циклом біотичного обміну, який являє собою безперервний планетарний процес закономірного циклічного, нерівномірного за часом і простором перерозподілу речовини, енергії та інформації.

4.4. Джерела забруднення Світового океану та внутрішніх вод

Джерел і каналів забруднення океану дуже багато. Вони поділяються за місцем виникнення, а також на наземні, атмосферні і морські, за часовою ознакою – на постійні (такі як випарування і вимивання забруднених речовин з атмосфери, скид із суші, експлуатаційні скиди з суден та ін.) і випадкові (внаслідок аварій танкерів і інших суден, катастрофічних розливів під час добування нафти, в результаті військових дій). Джерела забруднення також поділяються на точкові (надходять від колекторів стічних вод, морських суден і платформ, у результаті аварій) і зливні (від сільськогосподарських угідь, урбанізованих територій).

Залежно від поширення розрізняють локальні забруднення (радіусом близько 10 км), субрегіональні (близько 100 км), регіональні, що охоплюють море або значну частину океану (близько 1000 км) і глобальні (охоплюють увесь Світовий океан).

Забруднення океану важкими металами, перш за все Меркурієм, Плюмбумом, Кадмієм, відбувається через атмосферу і з річковими стоками. Сполуки Меркурію і Плюмбуму – найтоксичніші, спричинюють погіршенню обміну речовин, викликають нервові розлади і смерть тварин. Кадмій негативно впливає на печінку, пригнічуючи дію на імунні функції організму.

Найбільшої уваги заслуговує забруднення океану нафтопродуктами. Небезпека нафтового забруднення полягає у тім, що нафта є токсичною сполукою, що негативно впливає на всі групи морських організмів: планктон, нектон, бентос. Розлита на поверхні океану нафта порушує процес тепло-, водо-, газообміну на межі океану і атмосфери. Нафтова плівка перешкоджає випаруванню вологи, порушує колообіг води, змінює радіаційні властивості на поверхні океану.

Добування нафти на шельфі є більш "екологічно чистим" видом господарської діяльності, ніж її перевезення. Щорічно відбувається 2–3 випадки викиду нафти із свердловин або розриву підводних трубопроводів. Велика кількість забруднювачів, у тім числі пестицидів, виноситься комунально-побутовими стічними водами. Вони вміщують побутові нечистоти, харчові відходи, головним чином фосфоро- і нітрогеновмісні сполуки.

До господарсько-побутових стічних вод додаються забруднювачі, що поступають з поверхні урбанізованих територій в результаті зливів, танення снігу, поливання вулиць. Забруднюють море і стоки, що утворюються у лісовому, сільському господарстві.

Велику тривогу викликає радіоактивне забруднення океану. Значну небезпеку для водного середовища становить теплове забруднення, яке пов'язане з спуском теплої води, використаної для охолодження реакторів АЕС. Підвищення температури води веде до різкого збільшення активності бактерій.

Швидко зростає забруднення океану твердим сміттям. Щорічно з усіх суден в океан скидається 6800 тис. металевих, 640 тис. паперових, пластмасових і 430 тис. скляних предметів.

Серед джерел забруднення водних об'єктів головне місце займають скиди міст і промислових підприємств. За останні роки у багатьох регіонах з ними конкурують скиди тваринницьких комплексів і води, що поступають зі зрошувальних полів. Наприклад, в Україні у водні об'єкти скидається близько 3198,6 млн м³ стічних вод, у тім числі 470,2 млн.м³ неочищених. У багатьох регіонах світу забруднення вод більше пов'язують з атмосферними опадами. Значну роль у погіршенні якості води відіграють зміни режиму річок і озер. Забруднення водозбірних площ, закачування промислових стоків у підземні горизонти, фільтрація й витікання води з різноманітних відстійників і накопичувачів веде до забруднення підземних вод.

Як наслідок порушується функціонування екосистем, знижується їх біопродуктивність; у багатьох випадках гинуть цінні види флори і фауни, погіршується стан здоров'я людини.

Значна кількість річок Європи через постійне скидання в них промислових відходів зараз мертві, особливо у Германії. Більшість річок Західної Європи й Америки обернулися на стічні канали. У буквальному розумінні горить ріка Кайахага (США), трохи не загинули американські Великі озера, на грані цього Рейн. На США, які займають 6% суходолу, припадає до 50% промислових відходів, що забруднюють нашу планету, і якщо такий стан буде тривати надалі, то за 15–20 років цій країні бракуватиме чистої прісної води. У Польщі, наприклад, річка Вісла уздовж 941 км через забруднення також стає непридатною для водопостачання.

В Україні нині основним забруднювачем є комунальне господарство населених пунктів, частка його становить більше 48%. У складі комунальних скидів є фекальні води, які особливо небезпечні для здоров'я людини, адже в їхньому складі є яйця гельмінтів, а також мікроби і віруси, що сприяють виникненню багатьох хвороб.

Частка промисловості у забрудненні поверхневих вод складає 38%. Найбільш поширеним шкідливим джерелом забруднення води є нафтопродукти. У стічних водах хімічних підприємств знаходиться багато фенолів. Скиди багатьох підприємств, а також шахтні води вміщують значну кількість важких металів. Теплові й атомні електростанції споживають велику кількість води і скидають у водойми підігріті води, що призведе до теплового забруднення водоймищ, порушуючи термічний, гідрохімічний та гідробіологічний режим водних об'єктів.

Аграрне виробництво є також основним забруднювачем вод. Його частка складає 10%. Основними складовими сільськогосподарського забруднення вод є частинки ґрунту, органічні речовини, амоніак, пестициди, шкідливі мікроорганізми.

Отже, ми тільки коротко перерахували основні джерела і види забруднення гідросфери. Далі буде розглянуто питання про різні види хімічних забруднювачів води, а також питання охорони водних ресурсів.

4.5. Хімічне забруднення природних вод

Будь-яке водоймище або водне джерело пов'язано з довкіллям. На них впливають умови формування поверхового або підземного стоку, різноманітні природні явища, промислове і комунальне будівництво, транспорт, господарська і побутова діяльність людини. Крім вище названих видів забруднення водного середовища, виділяють ще хімічне, фізичне і біологічне забруднення.

Хімічне забруднення полягає у зміні природних хімічних властивостей води за рахунок збільшення в ній шкідливих домішок як неорганічної (мінеральні солі, кислоти, луги та ін.), так і органічної природи (нафта та нафтопродукти, органічні залишки, поверхово-активні речовини, пестициди та ін.).

Основними неорганічними (мінеральними) забруднювачами прісних і морських вод є різноманітні хімічні сполуки, які токсичні для мешканців водоймищ. Це сполуки Арсену (As), Плюмбуму (Pb), Кадмію (Cd), Меркурію (Hg), Хрому (Cr), Купруму (Cu), Флуору (F)

та ін. Важкі метали поглинаються фітопланктоном, а потім передаються по харчовому ланцюгу більш високоорганізованим організмам. Токсичний ефект деяких найрозповсюджених забруднювачів водного середовища подано у табл. 10.

Окрім того, до токсичних речовин можна віднести неорганічні кислоти та гідроксиди, які обумовлюють широкий діапазон рН промислових скидів (1,0-11,0) і здатні змінювати рН водного середовища до значень нижче 5,0 або вище 8,0, тоді як риба у прісній та морській воді може існувати тільки в інтервалі 5,0-8,5.

Моря та океани забруднюються переважно водами річок, які щорічно привносять до них понад 320 млн т Феруму, 6,5 млн т Фосфору та інших речовин. Багато забруднювачів потрапляє до океану з атмосфери. На поверхню Світового океану щорічно випадає 200 тис. т Плюмбуму, 1 млн т вуглеводнів, 5 тис. т Меркурію. Половина кількості пестицидів, яка знаходиться в океані проникає в нього із повітря. У табл. 11 подано дані забруднення Світового океану річними стоками та атмосферними перенесеннями.

Серед основних джерел забруднення гідросфери мінеральними речовинами та біогенними елементами слід згадати підприємства харчової промисловості та сільського господарства. Використання мінеральних добрив в аграрному виробництві суттєво змінило та продовжує змінювати масу біогенних елементів, які поступають з річковим стоком. Близько 1/3 внесених мінеральних добрив вимивається з ґрунтів і виноситься в моря та океани. Природне та антропогенне постачання Нітрогену і Фосфору в океан складає 62 млн т/рік. Сполуки цих елементів викликають надмірне розростання водної рослинності, особливо у невеликих прісних водоймах, що призведе до зменшення вмісту кисню у воді, "цвітінню" водойм, загибелі риби, погіршенню якості води.

Зі зрошуваних земель щорічно вимивається близько 6 млн т солей. У подальшому можливо збільшення цієї маси до 12 млн т (щорічне використання пестицидів та значних доз мінеральних добрив збільшує мінералізацію та забруднення води).

Таблиця 10

Ступінь токсичності забруднювачів для ряду водних організмів

Речовина	Планктон і інвертовані личинки	Рако-подібні	Молюски	Риби
Солі важких металів				
Купрум	+++	+++	+++	+++
Плюмбум	–	+	+	+++
Цинк	+	++	++	++
Меркурій	++++	+++	+++	+++
Кадмій	–	++	++	++++
Неорганічні речовини				
Хлор	–	+++	++	+++
Роданід	–	++	+	++++
Ціанід	–	+++	++	++++
Фторид	–	–	+	++
Сульфід	–	++	+	+++
Примітка	Ступінь токсичності:	–	відсутня	
		+	дуже слабка	
		++	слабка	
		+++	сильна	
		++++	дуже сильна	

Таблиця 11

Природне та антропогенне забруднення Світового океану, т/рік

Забруднювач	Загальний стік		Стік із суші	Атмосферне перенесення
	природний	антропогенний		
Плюмбум	$1,8 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^6$	$(1,0-20,0) \cdot 10^5$	$(2,0-20,0) \cdot 10^5$
Меркурій	$3,0 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^3$	$(5,0-8,0) \cdot 10^3$	$(2,0-3,0) \cdot 10^3$
Кадмій	$1,7 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^4$	$(1,0-20,0) \cdot 10^3$	$(5,0-140) \cdot 10^2$
Сульфур	$1,3 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^7$

Відходи, які вмістять Меркурій, Плюмбум, Купрум локалізовані в окремих районах уздовж берегів, однак деяка частина їх виноситься далеко за межі територіальних вод. Забруднення сполуками Меркурію знижує первинну продукцію морських екосистем,

пригнічуючи розвиток фітопланктону. Тому їх ГДК для водоймищ прийнято не більш 0,005 мг/л. Фактичний вміст Меркурію у водах річок промислових розвинутих країн перевищує ГДК у 2–4 рази, у зв'язку з чим вміст цього елемента в тканинах риб часто перевищує у 100–200 разів його вміст у “чистих” природних водах.

Відходи, які містять сполуки Меркурію накопичуються у донних відкладеннях річок. Подальша їх міграція супроводжується концентруванням метилового Меркурію та включенням його до трофічних ланцюгів водних організмів (особливо крабів і риб). Так, сумної слави набула хвороба, яку вперше виявили японські вчені у людей, які вживали в їжу рибу із затоки Мінамата (1954 р.), до якої безконтрольно скидалися промислові стоки з технічною ртуттю.

Винесення в океан органічної речовини оцінюється в 300–380 млн т/рік. Стічні води, які містять суспензії органічного походження, згубно замулюють дно та затримують розвиток або повністю припиняють життєдіяльність донних організмів, які приймають участь в процесі самоочищення водоймищ. Під час гниття рештків утворюється сірководень (H_2S). Наявність суспензій перешкоджає проникненню світла у водоймища та затримує процеси фотосинтезу. Одним з основних санітарних вимог до якості води є вміст у ній розчиненого кисню. Шкідливу дію чинять всі забруднювачі, які сприяють зменшенню кількості кисню у воді (ПАР, феноли, нафта та нафтопродукти, інші органічні речовини).

Аеробні бактерії за допомогою кисню окиснюють у воді органічні речовини. Останні слугують їм їжею та задовольняють їх енергетичні потреби. Унаслідок процесів окиснення органічні рештки перетворюються в окисненні форми – CO_2 , H_2O , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} (рис. 30).

Однак іноді ці окиснювальні реакції настільки знижують кількість розчиненого у воді кисню, що аеробні бактерії вже не можуть існувати у такому середовищі. Тоді окиснювальні реакції здійснюються за допомогою анаеробних бактерій. Останні розкладають органічні речовини до CH_4 , NH_3 , H_2S , PH_3 . Продукти розкладу в цьому випадку токсичні для гідробіотів і мають неприємний запах.

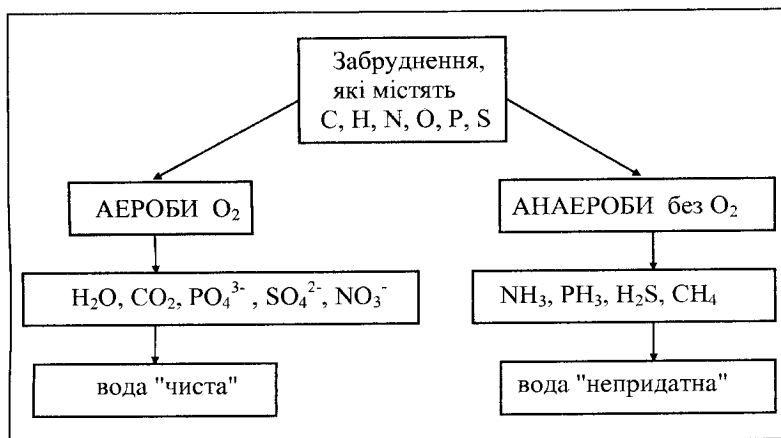


Рис. 30. Аеробні та анаеробні процеси у воді

Кількість розчиненого кисню, яка необхідна для перетворення усіх органічних рештків у воді називають *біологічним споживанням кисню (БСК)*. Цей показник характеризує наповнення води органічними забруднювачами.

П'ятидобова проба БСК ($БСК_5$) – це стандартна проба у гідрологічних дослідженнях на якість води. Під час проведення цього аналізу воду розводять насиченою повітрям дистильованою водою для того, щоб забезпечити надлишок кисню. Далі вимірюють концентрацію розчиненого кисню в одержаному розчині, потім видержують розчин протягом п'яти діб при 20°C і знов вимірюють концентрацію кисню. $БСК_5$ – це маса кисню, що витрачається на окиснення органічних речовин (як правило, $БСК_5$ складає $3/4$ повної БСК). $БСК_5$ питної води не більше $0,0015$ г кисню на 1 л води, у каналізаційних стічних водах $БСК_5$ від $0,1$ до $0,5$ г/л.

Джерелами значного забруднення органічними речовинами водоймищ є неочищені води підприємств харчової та легкої промисловості (табл. 12).

Таблиця 12

**Ступінь забрудненості органікою промислових стічних вод
у еквівалентах побутових скидів**

Виробництво	Добова продукція або кількість переробленої сировини	Еквівалент скидів від населення, чисельністю людей
Молокозавод	1000 л молока	30–80
Молокосирзавод	1000 л молока	100–250
Бойня	1 голова крупної рогатої худоби	70–200
Цукровий завод	1 т цукрового буряку	120–400
Пивоварний завод	1000 л пива	300–2000
Спиртовий завод	1 т пшениці	1500–2000
Крохмальний завод	1 т пшениці або кукурудзи	800–1000
Шкіряний завод	1 т шкіри	1000–4000
Вовномийня	1 т вовна	2000–3000
Льонокомбінат	1 т льону	750–1150
Деревообробний комбінат	1 т деревної стружки	50–80
Целюлозна фабрика	1 т целюлози	4000–6000
Паперовий комбінат	1 т паперу	100–300
Завод по виробництву штучного волокна	1 т синтетичного матеріалу	500–700
Фабрика-праляня	1 т брудної білизни	700–2300

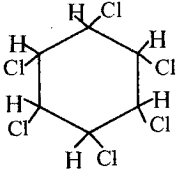
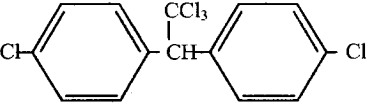
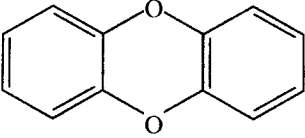
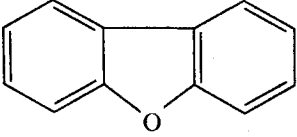
Великі тваринницькі господарства, річкові та морські судна, а також поверховий стік, який приносить у водоймища до 15% органічних забруднювачів можуть бути джерелами органічного забруднення водного середовища.

Пестициди надходять у водоймища із дощовими та талими водами після авіа- та наземної обробки сільськогосподарських угідь, лісів, а також зі стічними водами підприємств, які виробляють ці речовини.

Маючи кумулятивну та мутагенну дію на водні організми

(особливо на мальків риб) ці речовини помітно впливають на біологічну продуктивність Світового океану. Постійне накопичення у воді токсичних пестицидів (хлорорганічних) є серйозною загрозою як для життя гідробіотів, так і для людей. Існує визначена залежність між рівнем забруднення води хлорорганічними речовинами та їх вмістом у жирових тканинах риб і морських ссавців.

З хімічної точки зору органічні сполуки Хлору, що належать до забруднювачів поділяються на декілька груп.

<p>1. Хлоропохідні циклоalkanів і циклоалкадієнів</p>	 <p>Гексахлороциклогексан (гексахлоран)</p>
<p>2. ДДТ та його похідні</p>	 <p><i>n,n</i>-дихлородифенілтрихлороетан (ДДТ)</p>
<p>3. Хлоропохідні діоксину</p>	 <p>Діоксин</p>
<p>4. Хлоропохідні дибензофурану</p>	 <p>Дибензофуран</p>

Усі хлорорганічні сполуки належать до забруднювачів оскільки вони:

- високотоксичні;

- мають велику біологічну активність поліфункціонального характеру;
- надзвичайно стійкі в навколишньому середовищі і живих організмах;
- здатні до накопичення в харчових ланцюгах;
- характеризуються значним часом утримання;
- утворюють стабільні і токсичні продукти розкладу або трансформації.

Наприклад, найрозповсюджений у минулому столітті інсектицид ДДТ знайдений зараз на всіх рівнях біосфери (навіть в жирових тканинах пінгвінів в Антарктиди!). Його період напіврозпаду 10–12 років, ГДК у воді 0,1 мг/л. Виробництво та використання ДДТ у пострадянських країнах заборонено з 1972 року, однак наслідки його шкідливої дії ще довго будуть тривати.

Поліхлорополіциклічні сполуки (ПХПС) ще більш небезпечні, тому що, навіть знаходячись в організмі у мізерних концентраціях, вони пригнічують імунну систему і адаптаційні можливості, а у більш високих концентраціях є канцерогенними. Вони порушують передачу нервових імпульсів і деякі генетичні механізми. Нині ПХПС – найсильніші ксенобіотики, дія яких на біосферу поліфункціональна і повністю не визначена.

4.6. Методи очищення стічних вод

Очищення стічних вод – це руйнування або вилучення з них окремих забруднюючих речовин. Існує велика кількість способів очищення стічних вод і різні види їх класифікації.

Очищення стічних вод включає три стадії обробки – *первинну, вторинну, третинну* (іноді).

Первинна обробка охоплює такі стадії очищення стічних вод.

1. Проціджування, яке призначено для виділення великих нерозчинних домішок розміром до 25 мм, а також більш дрібних волокнистих забруднювачів, які в процесі дальшої обробки стоків перешкоджають нормальній роботі очисних споруд. Проціджування стічних вод здійснюється пропусканням через решітки і

волоконловлювачі.

2. Відстоювання засноване на особливостях процесу осідання твердих частин у рідинах.

Метод відділення твердих частин у полі дії відцентрових сил й фільтрування здійснюється у відкритих або напірних гідроциклонах і центрифугах.

Відкриті гідроциклони використовують для відділення зі стічних вод великих твердих частинок зі швидкістю осадження понад 0,02 м/с.

3. Фільтрування стічних вод призначене для очищення їх від тонкодисперсних твердих домішок з незначною концентрацією. Метод фільтрування застосовується також після фізико-хімічних і біологічних способів очищення, так як деякі з цих методів супроводжуються виділенням в очищену рідину механічних забруднювачів.

Якщо води не направляють на вторинне очищення, то, перед тим як скинути їх до природних водойм, здійснюють додаткову стерилізацію (частіше всього за допомогою хлору). Показник БСК води після первинної обробки знижується на 35%.

Вторинна обробка здійснюється за допомогою біологічних і хімічних методів.

Суть біологічного очищення на полях полягає в тому, що під час фільтрування стічної води через шар ґрунту в ньому адсорбуються мул і колоїдні речовини, які з часом утворюють в щілинах ґрунту мікробіологічну плівку. Ця плівка адсорбує і окиснює затримані органічні речовини, перетворюючи їх на мінеральні сполуки.

Очищення стічних вод від органічних сумішей здійснюється головним чином біологічними методами, які реалізуються в природних і штучних спорудах.

Для цілодобового та цілорічного очищення стічних вод, які призначені для зрошення та удобрення сільськогосподарських культур, використовують поля зрошення. На полях зрошення дозволяється вирощувати технічні, зернові, кормові та силосні

культури, однолітні та багатолітні трави, овочі, які вживаються в їжу після термічної обробки (буряк, кабак, баклажани та ін.). Забороняється вирощувати овочеві культури, які вживаються в їжу без термічної обробки (морква, петрушка та ін.), баштанні культури, ягоди.

Для очистки рідкої фази стічних вод використовують поля фільтрації. Відбираючи території для полів фільтрації, користуються такими ж правилами, як і під час відбору територій для полів зрошення. Для полів фільтрації найчастіше вибирають піски та пісковини.

Суттєвим чинником забруднення природного середовища є рідкі скиди тваринницьких ферм. Кожна тонна цих скидів вміщує до 10 кг Нітрогену, 2,5 кг Калію, 1 кг Фосфору.

Розроблено метод раціонального використання рідких скидів, в основі якого є окиснювальні контактні стабілізаційні ставки (БОКС-ставки). Стічну воду в таких ставках заселяють мікрободоростями, які використовують біогенні елементи й інтенсивно виробляють кисень. У результаті основна маса домішок руйнується і окиснюється. Також руйнуються й бактеріальні компоненти. Процес очищення скидів тваринницьких ферм у БОКС-ставках відбувається у 4 рази швидше, ніж у проточних ставках.

Окрім методів біологічного очищення існує великий спектр ефективних хімічних способів вилучення забруднювачів. Наведемо деякі з них.

1. Сорбція широко застосовується для очищення стічних вод від розчинних сумішей. Як сорбенти використовують практично всі дрібнодисперсні речовини (попіл, торф, стружки, шлаки, глина), але найбільш ефективним сорбентом є активоване вугілля. Вугілля попередньо прогартовують за температури 950°C. Найкраще сорбуються ароматичні сполуки, а також органічні сполуки з розгалуженим ланцюгом і функціональними аміно-, карбокси-, сульфо- або нітрогрупами.

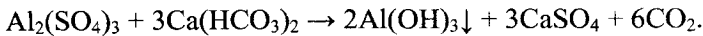
2. Нейтралізація стічних вод призначена для виділення зі стічних вод кислот (H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , H_3PO_4), лугів ($NaOH$, KOH), а

також солей металів на основі вказаних кислот і лугів. Суть нейтралізації полягає у сполученні йонів Гідрогену H^+ і гідроксильної групи OH^- у молекулу води, унаслідок чого стічна вода стає нейтральною.

Нейтралізація може бути здійснена такими способами:

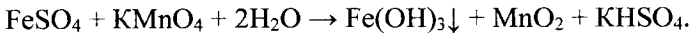
- змішування кислих та лужних стічних вод;
- додавання спеціального реагенту (використовують розчини кислот, негашене вапно CaO , їдкий натр $NaOH$, розчин амоніаку та ін.);
- фільтрування через нейтралізуючі матеріали (доломіт $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, вапняк і крейда $CaCO_3$, магнезит $MgCO_3$, обпечений магнезит MgO та ін.);
- обробка димовими газами, які містять CO_2 , SO_2 , NO_x та ін. Таким чином, здійснюється і очистка промислових газів.

3. Коагуляція. Це процес вилучення дрібних часток шляхом співосадження їх з великими. Останні генерують, наприклад, вводючи у стічні води речовини $Al_2(SO_4)_3$ і $Ca(HCO_3)_2$.



Великі частинки алюміній гідроксиду захоплюють дрібні частинки забруднювачів та осідають з ними на дно відстійників.

Окрім $Al_2(SO_4)_3$ як коагулянти використовують такі сполуки: $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $NaAlO_2$, $CuSO_4$, а також суміші солей.



Ферум(III) гідроксид сприяє утворенню пластівців, а надлишок калій перманганату окиснює органічні забруднювачі.

4. Осадження та йонний обмін. Для йонообмінних методів очищення стічних вод використовують йоннообмінні смоли, які здатні для очищення від багатьох сумішей, у тім числі і від шестивалентного Хрому. Ці методи дозволяють забезпечити високу ефективність очищення, а також отримати виділені зі стічної води метали у вигляді відносно чистих і концентрованих солей.

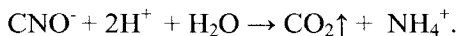
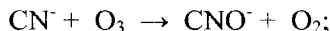
Осадження також використовують для вилучення зі стічних вод

металів. Наприклад, для осадження йону Hg^{2+} додають надлишок хлорид-іонів. Для осадження Cd^{2+} , Pb^{2+} і Zn^{2+} додають надлишок сульфід-іонів S^{2-} .

5. Екстракція – процес перерозподілу суміші стічних вод у суміш двох взаємно нерозчинних рідин (стічної води і екстрагента). Наприклад, цей метод використовується для очищення стічних вод від фекалій. Окрім того, для багатьох токсичних металів одержані ефективні екстрагенти. Наприклад, Купрум ефективно вилучають за допомогою четвертинних амінів $\text{R}_4\text{N}^+\text{X}^-$.

6. Стерилізація. Стерилізацію здійснюють за допомогою хлору або гіпохлорит-іонів ClO^- , УФ-випромінювання, озонування.

Озонування – процес обробки стічних вод озоном застосовується для очищення від важких металів, ціанідів, сульфідів та інших розчинних солей. Хімічні реакції процесів стерилізації можна подати у вигляді таких схем:



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Коротко опишіть основні екологічні проблеми Світового океану.
2. Яке значення води у житті на Землі?
3. Охарактеризуйте основні джерела забруднення вод Світового океану?
4. Назвіть основні хімічні забруднювачі гідросфери?
5. Що таке БСК? Як визначається цей показник якості води?
6. Які сполуки утворюються під час аеробного та анаеробного окиснення стічних вод?
7. Назвіть основні джерела забруднення водоймищ органічними речовинами.
8. Перерахуйте відомі вам групи хлорорганічних сполук. У чому

- полягає їх небезпека для довкілля?
9. Коротко опишіть основні методи очищення стічних вод.
 10. Які біологічні методи очищення стічних вод ви знаєте?
 11. Чому БОКС-ставки більш ефективні, ніж проточні ставки?
 12. Перерахуйте основні хімічні методи очищення стічних вод.
 13. У чому полягає сутність метода коагуляції?
 14. Які речовини використовують під час процесів стерилізації води.
Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
 15. Який спосіб очищення найефективніший для стічних вод, які містять органічні домішки?
 16. Який хімізм хлорування та озонування води? Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
 17. Наведіть приклади речовин, що використовуються, як коагулянти під час очищення стічних вод?
 18. У чому полягає сутність методу нейтралізації? Які речовини використовують для цього методу?

§5. ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛІТОСФЕРИ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

- 5.1. Будова літосфери та її склад.
- 5.2. Ґрунтові ресурси Землі. Види і причини ерозії ґрунту.
- 5.3. Хіміко-екологічні проблеми використання пестицидів.
- 5.4. Добрива. Загальна характеристика добрив. Процеси трансформації Нітрогену в ґрунті.
- 5.5. Регулятори росту та розвитку рослин. Дефоліанти і десиканти.
- 5.6. Білкове голодування як хіміко-екологічна проблема (хімічні джерела їжі).

Ключові слова

<i>Ґрунт</i>	<i>Soil</i>
<i>Десикант</i>	<i>Desiccant</i>
<i>Дефоліант</i>	<i>Defoliant</i>
<i>Добрива</i>	<i>Fertilizer</i>
<i>Ерозія ґрунту</i>	<i>Erosion of soil</i>
<i>Літосфера</i>	<i>Lithosphere</i>
<i>Метаногенез</i>	<i>Methanogenesis</i>
<i>Пестицид</i>	<i>Pesticide</i>
<i>Рекультивация</i>	<i>Reclamation</i>

5.1. Будова літосфери та її склад

Літосфера – верхня тверда (кам'яна) оболонка Землі. Походить від грецьких слів *lithos* – камінь і *sphaia* – шар. Це одна із оболонок Землі, яка зверху обмежена атмосферою і гідросферою, знизу – поверхнею Мохоровичича (скорочено Мохо), має більшу густину ніж земна кора і відділяє її від мантиї. Ця поверхня названа на честь ім'я югославського вченого А. Мохоровичича, який встановив її межу в 1909 р.

Гірські породи, які складають земну кору, досить різноманітні і

змінюються від одного місця до іншого. Однак в їх розміщенні вже давно помічена одна важлива риса – закономірна зміна складу з глибиною. Зверху вниз відокремлюються три шари земної кори: осадовий, гранітний, базальтовий.

Осадовий шар утворений осадовими породами. У ньому переважають глини і глинисті сланці, широко представлені піщани, карбонатні і вулканогенні породи. Товщина осадового шару коливається в широких межах – від повної відсутності в деяких районах суші до 20–25 км у глибоких впадинах.

Гранітний шар складається із метаморфічних і вивержених порід, які близькі за своїми властивостями до граніту. Найбільш поширені тут гнейси, діорити, граніти, кристалічні сланці та ін. Зустрічається гранітний шар не скрізь, але на континентах, де він добре виражений, його товщина може досягати декілька десятків кілометрів.

Базальтовий шар утворений кристалічними породами, які близькі до вивержених базальтів. Це метаморфізовані магматичні породи, які мають більшу густину порівняно з породами гранітного шару.

Товщина земної кори менша під океанами, ніж під континентами через відсутність гранітного шару під океанами.

5.2. Ґрунтові ресурси Землі

Верхню частину осадового шару складає кора вивітрювання, яка формується в результаті видозмінювань гірських порід під впливом механічної і хімічної дії різних атмосферних факторів, рослин і тварин. На поверхні кори вивітрювання формується ґрунтовий шар, який є основою земельного фонду біосфери.

Ґрунтовий шар є самостійною земною оболонкою – *педосферою*. Ґрунт є продуктом спільної дії клімату, рослин, тварин і мікроорганізмів на поверхневі шари гірських порід. За В.І.Вернадським, **ґрунт** – це біокісне тіло, яке складається разом з живих та кісних (неорганічних) тіл – мінералів, повітря, води, органічних рештків.

Найважливіша властивість ґрунту – родючість – здатність забезпечувати умови для продукування рослинами органічної речовини. Родючість обумовлена всією сукупністю властивостей ґрунту.

З кожним роком стає все більш актуальною проблема вичерпання земельних ресурсів. Однак, оцінюючи ресурси, слід пам'ятати положення, які також очевидні:

1. Земля – це замкнута хімічна система, її маса постійна, і з космосом вона обмінюється лише енергією;

2. Маса будь-якого хімічного елементу у складі всієї Землі практично не змінюється;

3. Усі ресурси Землі, окрім тих, які використовуються на виробництво енергії, потенційно відновлюються.

Отже, вичерпання ресурсів нібито не повинно бути, але воно є – людство розуміє і відчуває ці проблеми з кожним роком все більш гостріше.

Площа суші земної кулі, яка використовується у господарстві, складає земельний фонд планети. Загальна площа суші на Землі – 149 млн км², з них 14 млн км² займають льодовики. У середньому на кожного мешканця Землі приходиться 1 га орної землі, луків, пасовищ. Однак ця величина постійно знижується у зв'язку з ростом народонаселення планети та виходом частини земель із сільськогосподарського обороту. Щорічно виходе з використання 5–7 млн га земель різного виду. За думкою експертів ООН, на початку ХХІ ст. для сільськогосподарського виробництва може бути загублено до 650–700 млн га земель.

У різних країнах і континентах розораність земель надто неоднакова. Так, у Бразилії вона складає 1,1%, в Австралії – 1,2%, Канаді – 2,4%, Африці – 9%, Індії – 30,2%, Європі – 31%.

Освоювання нових земель, особливо за рахунок руйнування лісів, пов'язане з порушеннями екологічних систем, зміною ґрунтового режиму, у ряді випадків з труднощами природно-кліматичного і техніко-економічного характеру.

Орні землі головним чином зосереджені у лісостепових і

степових зонах нашої планети. Найбільш великі масиви їх знаходяться в пострадянських країнах, США, Індії, Китаї, Канаді і Бразилії. Забезпеченість ланами у пострадянських країнах знизилась на 40%. Вільних цілинних та залежних земель, які придатні для орання в пострадянських країнах майже не залишилось.

Значна частина земель у всіх країнах світу щорічно вибуває з сільськогосподарського обороту в зв'язку з ерозією ґрунтів, хімічним і радіоактивним забрудненнями ґрунтів, засоленням, заболоченням, а також прямим знищенням і захопленням ґрунтів під споруди, будови, водосховища та ін.

Під *ерозією ґрунту* розуміють різноманітні процеси руйнування і змиву ґрунтового покриву потоками води або вітром. У зв'язку з цим розрізняють водну і вітрову ерозію. Часто вітрову ерозію називають ще еоловою (Вол – грецький бог вітрів).

Розрізняють природну геологічну ерозію, яку відвернути неможливо і яка особливої шкоди не приносить (вона проходить поступово і майже непомітно).

Прискорена або руйнівна ерозія виникає під впливом діяльності людини. За цього виду ерозії втрати компонентів ґрунту не компенсуються, і ґрунт частково або навіть повністю втрачає свою родючість. Процеси руйнування ґрунту можуть проходити у сотні і тисячі разів швидше, ніж за умов природної ерозії.

Товщина верхнього родючого шару ґрунту, який вміщує гумус, в багатьох типах ґрунтів рідко перевищує 20 см. На його утворення природа затратила не менше 2–7 тис. років. Прискорена ерозія може завдати повне руйнування цього шару за 10–30 років, а деколи він змивається всього лише за одну зливу або здувається за одну пилову бурю.

Спеціалісти підраховали, що в Україні нині зіпсовано близько 60% чорноземів. Щороку Україна втрачає 100 тис. га чорноземів.

Причинами прискореної або руйнівної ерозії є:

- безконтрольна вирубка лісів;
- нерегульоване випасання худоби;

- неправильна оранка на схилах;
- некоректні методи землеробства.

5.3. Хіміко-екологічні проблеми використання пестицидів.

Бурхливий розвиток хімізації всіх галузей народного господарства і побуту різко збільшили масштаби забруднення ґрунтів хімічними сполуками.

Нині у світі на 1 га сільськогосподарських земель у середньому вноситься 300 г хімічних засобів захисту рослин, у тім числі у Європі і США – 2–3 кг на 1 га, в країнах СНД – 1 кг на 1 га, в країнах Азії (за винятком Японії), Африки та Латинської Америки – близько 200 г на 1 га.

Встановлено, що стійкі пестициди, відіграючи позитивну роль у захисті рослин і тварин від хвороб, бур'янів, шкідників, водночас негативно впливають на чисельність і активність ґрунтової фауни і мікроорганізмів. Залишки пестицидів або продукти їх перетворення поступають у вигляді домішок до природних вод, і часто стають досить шкідливими для людини.

Ця проблема є досить актуальною й для України. Загальний обсяг використання пестицидів на полях нашої країни дуже великий: напочатку ХХІ ст. він становив близько 200 тис. т. Різноманітний асортимент сучасних хімічних засобів захисту рослин, порушення норм і строків їх використання, слабкий контроль за споживанням цих засобів. У рослинницькій і тваринницькій продукції зосереджується надлишкова кількість гербіцидів, нітратів, які створюють різко негативний вплив на організм людини. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, все це приводить до збільшення онкологічних захворювань, частота виникнення яких на 80–90% пов'язана з забрудненням довкілля.

Пестициди складають менше 1% від загального числа забруднювачів. Разом із шкідливою дією пестицидів на організм людини, вони допомагають зберігати близько 18–20% врожаю. Однак у майбутньому можливо стає відмова від використання деяких груп пестицидів і впровадження у практику сільськогосподарського виробництва більш екологічно-чистих

методів боротьби із шкідниками сільськогосподарських культур.

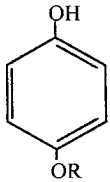
Відповідно до *призначення* пестициди класифікують на декілька груп:

- інсектициди – призначені для знищення комах;
- гербіциди – призначені для знищення бур'янів;
- фунгіциди – призначені для захисту рослин від грибкових захворювань;
- родентициди – призначені для боротьби з гризунами;
- лімациди – призначені для боротьби з різного роду молюсками, у тім числі слимаками;
- дефоліанти – призначені для знищування листя;
- десіканти – для висушування листя на корені;
- дефлоранти – для вилучення надлишкових квіток і зав'язі і т.д.

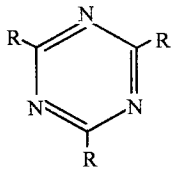
З *хімічної точки зору* пестициди поділяють на п'ять класів:

- 1) хлоропохідні вуглеводнів (ХОС);
- 2) фосфорорганічні сполуки (ФОС);
- 3) похідні карбаматів;
- 4) похідні хлорофеноксикислот;
- 5) сполуки піретроїдної природи.

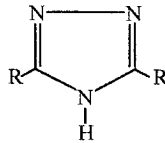
Окрім пестицидів цих груп існують також ефективні пестициди іншої хімічної природи – похідні гідрохінону (I), похідні триазину (II), азоли (III), похідні бензойної кислоти (IV) та ін.



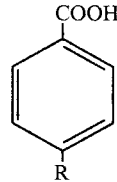
(I)



(II)



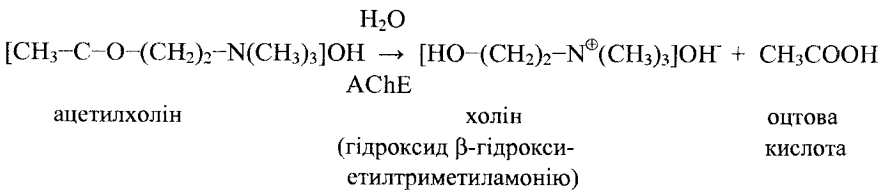
(III)



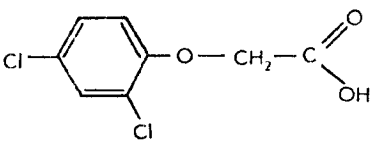
(IV)

Усі ці групи мають різні механізми дії на живий організм.

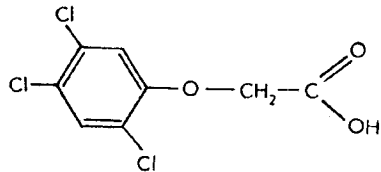
Наприклад, біоцидна дія карбаматів R-O-C(O)-NHR (похідних карбамінової кислоти H₂N-COOH) обумовлена, також як і у ФОС, порушеннями діяльності AChE (ацетилхолінестераза – специфічний фермент нервової системи, який руйнує ацетилхолін). Ацетилхолін є передавачем нервового імпульсу (медіатором нервової системи). Якщо після передачі збудження він не буде руйнуватись, то це небезпечно для організму, оскільки він є токсичною речовиною і наступна передача нервового імпульсу не здійсниться.



Хлорофеноксикислоти є замісниками гормонів росту рослин. За їх допомогою бур'яниста рослина дуже швидко розвиваються, вичерпуючи свої енергетичні ресурси. Ці ефективні гербіциди мають таку хімічну будову:

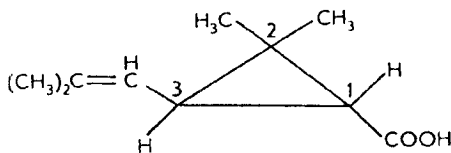


2,4-дихлорофеноксіоцтова кислота (2,4-Д)



2,4,5-трихлорофеноксіоцтова кислота (2,4,5-Т)

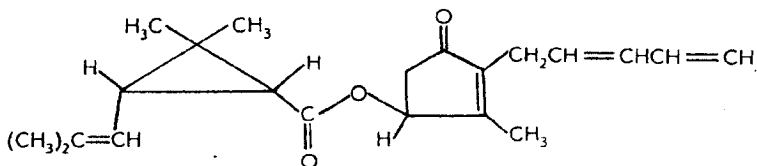
Піретроїди – інсектициди нової генерації, вони були одержані із природного матеріалу. Нині одержано синтетичний ряд сильнодіючих піретроїдів. Усі вони є похідними *транс*-хризантемової кислоти.



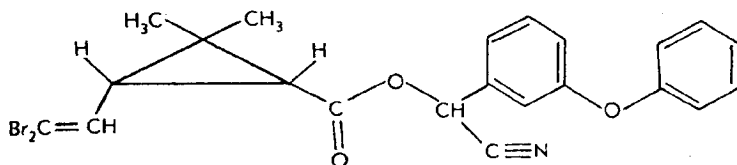
транс-Хризантемова кислота,

або 2,2-диметил-3-(2-пропеніл)циклопропан-1-карбонова кислота

Природний піретрин I був одержаний з екстрактів рослин ромашки. Відомий децис, який використовується проти багатьох шкідників (синтезований у 1975 р.) активніше піретрину I у 900 разів.



Піретрин I



декаметрин (децис)

При ефективних концентраціях проти шкідників піретроїди малотоксичні для людини і тварин. Механізм їх дії пов'язаний із деполаризацією натрієвих каналів нервових мембран і специфічним виключенням мембранних ферментів.

Для порівняння хімічних препаратів за ступенем дії на довкілля використовують формулу:

P

$$EH = \frac{P}{LD_{50}} \cdot \Pi ;$$

де LD_{50}

де EH – екологічне навантаження на 1 га посіву;

Р – норма розходу препарату на 1 га (в г);

П – *персистентність препарату* в тижнях (період напіврозпаду, характеристика «тривалості життя» його у біосфері);

ЛД₅₀ – сереньосмертельна доза (у мг/кг).

За цією формулою можна оцінити відносну небезпечність будь-якого пестициду.

Існує шість груп пестицидів, які відрізняються за параметрами персистентності – препарати, «тривалість життя» яких у біосфері більш 18, 12, 6, 3 і менш 3 місяців відповідно.

Препарат, який розкладається на прості нешкідливі речовини протягом 1–2 днів, тижня або місяця не може бути віднесений до забруднювачів довкілля. Однак, існують пестициди, які мають практично абсолютну персистентність, наприклад, сполуки миш'яку. Ці пестициди дуже стійкі до дії різноманітних чинників і не підлягають трансформації та деградації. Тому сьогодні пестициди, які містять Арсен забороняються до використання в аграрному виробництві (табл. 13).

Таблиця 13

Порівняльна характеристика різних генерацій пестицидів

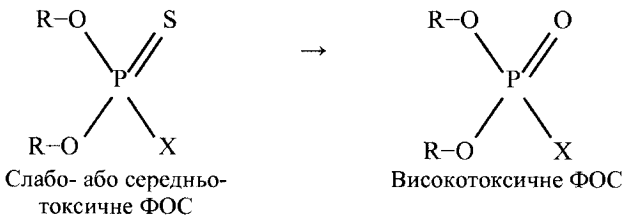
Генерація і група пестицидів	Характеристика		
	Група персистентності	ЛД ₅₀ , мг/кг	Норма витрат, кг/га
1	2	3	4
Інсектициди			
<i>I генерація:</i> сполуки Арсену	1	1,8–5	4–10
<i>II генерація:</i> хлорорганічні сполуки (ХОС)	1–2	25–1000	0,1–2
фосфорорганічні сполуки	5–6	1–3000	0,5–5
Карбамати (ФОС)	5–6	25–1000	0,5–2
<i>III генерація:</i> піретроїди	5–6	40–2000	0,006–0,1
гормональні	5–6	1000–2000	0,05–0,3
Гербіциди для однодольних бур'янів			
<i>I генерація:</i> α, α-дихлоропропіонова кислота	4–5	3000–4000	4–20

Продовження табл. 13

1	2	3	4
<i>II</i> генерація: тіокарбамати	5–6	400–1400	1–2
<i>III</i> генерація: похідні гідрохінону	5–6	800–3000	0,25–1
Гербіциди для дводольних бур'янів			
<i>I</i> генерація: динітрофеноли	5	40–100	2–4
амоній сульфат, хлорати	4–5	100–500	200–600
<i>II</i> генерація: арілоксиалканкарбонові кислоти, похідні бензойної кислоти	2–4	300–1000	0,2–2
<i>III</i> генерація: сульфонілсечовини	1–6	1000–5000	0,01–0,05

У природі найстійкіші (протягом кількох років) хлорорганічні пестициди. Карбамати і ФОС розкладаються у ґрунті досить швидко (їх стійкість вимірюється неділями). Механізми розкладу різних груп пестицидів також різні: ФОС і карбамати легко гідролізуються, хлорорганічні сполуки дуже повільно розкладаються у результаті дії мікроорганізмів.

Важливе значення мають процеси біотрансформації, які в багатьох випадках можна враховувати з метою зменшення токсичності пестицидів. Так, інсектицид тіофос та його похідні сам по собі малотоксичний, він набуває високої ефективності лише після біотрансформації (реакція десульфування):



Хлорорганічні пестициди, на відміну від ФОС і карбаматів, завдяки своїй високій персистентності здатні накопичуватися у

харчових ланцюгах (рис. 31). Селективне поглинання п,п'-дихлородифенілтрихлоретану (ДДТ) та його похідних гідробіонтами з води приводить до того, що організми, які знаходяться на останній стадії харчового ланцюгу накопичують пестициди в значних концентраціях.

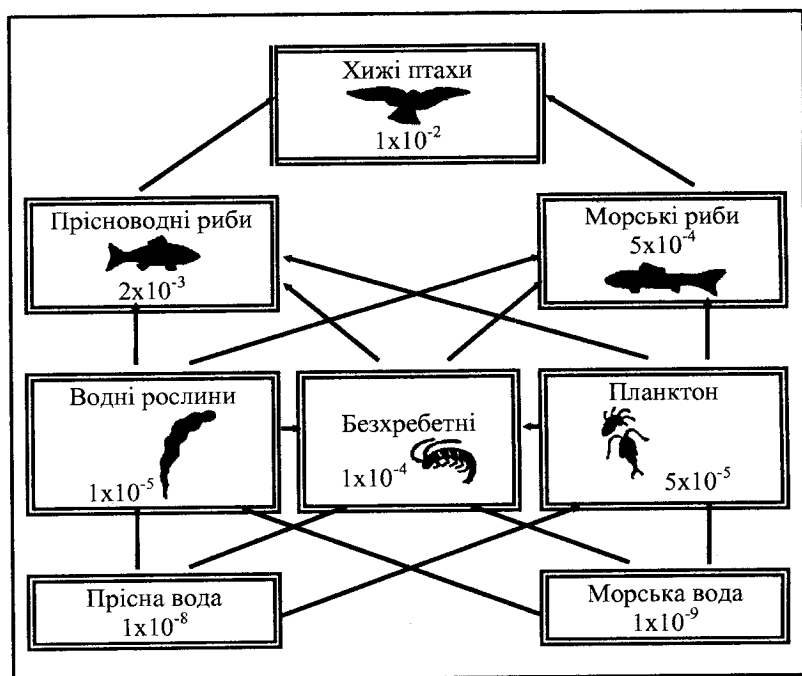


Рис. 31. Вміст ДДТ у ланках харчового ланцюгу (у г/кг) та у воді (у г/л)

З екологічною безпекою пестицидів пов'язаний інший важливий показник – час очікування. Це час, який необхідний для одержання чистої від пестициду сільськогосподарської продукції після обробки їм посівів. Наприклад, хлоросульфурон швидко «зникає» у зернах пшениці після зняття врожаю. Але у цукровому буряку хлоросульфурон практично не розкладається. У багатьох країнах

світу час очікування – це головний показник якості сільсько-господарської продукції.

У результаті довгого використання пестицидів в аграрному виробництві майже всюди відмічається зниження їх ефективності, у зв'язку з розвитком резистентних рас шкідників та розповсюдженням "нових" шкідливих організмів, природні конкуренти яких були знищені пестицидами. З біологічної точки зору резистентність можна розглядати як зміну популяцій в результаті переходу від чутливого штаму до стійкого штаму того ж виду внаслідок відбору, який викликаний пестицидами. Поява цієї властивості у шкідників спочатку примусила піти на збільшення доз препаратів, а потім на періодичну зміну пестицидів та розширення їх асортименту. Наприклад, використання абразивних матеріалів, які під час контакту з комахами своїми гострими частинками зскрібають з хітинових покривів шкідників верхній шар. Через деякий час комага гине від висушування. Нині в якості абразивних інсектицидів використовують такі природні речовини, як корунд (Al_2O_3), пемзу, горну породу діатоміт та ін.

Найефективною та перспективною стала комплексна система захисту рослин. Вона охоплює:

- використання найбільш екологічно чистих пестицидів;
- використання біологічних методів захисту рослин (наприклад, феромонів комах або самих комах-ентомофагів);
- розробка та впровадження нових інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

5.4. Добрива. Загальна характеристика добрив. Процеси трансформації Нітрогену в ґрунті.

Суттєвим є той факт, що хімічний компонент абіотичного фактору середовища впливає на життя організмів в екосистемах. Людина значним чином змінила цей хімічний компонент. Одним з прикладів такої зміни є внесення до ґрунту мінеральних добрив, а також інших хімічних агентів, які впливають на різні функції рослин.

Добрива – органічні та мінеральні речовини, які містять

елементи живлення рослин (головним чином, Нітроген, Фосфор, Калій) – породжують екологічну небезпеку там, де їх використання не збалансовано. Дози добрив повинні бути точно розраховані для конкретних ґрунтових і кліматичних умов. Перевищення доз веде до змиву частини добрив, яка не засвоїлась рослинами, дощовими та паводковими водами в річки. Ці змиви забруднюють водойми та викликають розвиток у них хвороботворних організмів. Надлишок добрив може призвести до падіння врожайності, так як Нітроген, Фосфор і Калій, які потрапили у ґрунт починають чинити токсичний вплив на рослини.

Ефективність використання добрив визначається приростом врожаю (P) на 1 га ріллі при збільшенні внесеного добрива на 1 кг. Показник (P) розраховується за формулою:

$$P = \frac{P_n - P_o}{NPK}$$

де P – приріст врожаю на 1 кг добрива;

P_n – врожайність при внесенні добрив, кг/га;

P_o – врожайність без внесення добрив, кг/га;

NPK – сума азотних (N), фосфорних (P), калійних (K) добрив, кг/га.

Нестача та надлишок поживних речовин порушують режим живлення рослин, що приводить до їх ослаблення, в'янення та загибелі. При надлишку – страждають перш за все нижні листя, при нестачі – найбільш молоді частини рослин. У табл. 14 наведені деякі ознаки хвороб рослин при нестачі і надлишку поживних речовин.

Фосфорні та калійні добрива широко розповсюджені у вигляді родовищ фосфатних руд – фосфоритів, апатитів ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$), калійних руд – сильвінітів ($(\text{K,Na})\text{Cl}$). Застосовують такі фосфорні добрива: фосфоритне борошно (розмелений фосфорит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$), простий суперфосфат (суміш розчинного кальцій дигідрогенфосфату $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ і нерозчинного кальцій сульфату CaSO_4), подвійний суперфосфат (кальцій дигідрогенфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), преципітат (кальцій гідрогенфосфат CaHPO_4) та ін.

Зовнішні ознаки хвороб рослин при нестачі та надлишку живильних речовин

Поживний компонент	Нестача	Надлишок
Нітроген (N)	<ul style="list-style-type: none"> • затримка росту; • пожовтіння, побуріння та засихання листя; • здерев'яніння стеблин • зменшення квіток 	<ul style="list-style-type: none"> • побуріння листів (обпалені краї) та їх загибель; • скорочення періоду вегетації
Калій (K)	<ul style="list-style-type: none"> • появлення "крайового обпалення" нижніх листів; • ослаблення рослин; • у плодкових та ягідних культур листя блакитно-зелене 	<ul style="list-style-type: none"> • утворення на плодах гіркої слизи
Фосфор (P)	<ul style="list-style-type: none"> • бурі плями між жилками листів; • в'яне листя; • фіолетово-червоний колір на стеблинах, гілках і нижньому боці листів; • загинання листів доверху; • квітки дрібні 	<ul style="list-style-type: none"> • зменшення вегетативного періоду; • зменшення врожайності
Кальцій (Ca)	<ul style="list-style-type: none"> • зупинка росту і розвитку коренів; • верхні листя білясті, нижні - зелені; • відмирання точок росту 	<ul style="list-style-type: none"> • стимуляція розвитку крім корисних мікроорганізмів і шкідливих мікроорганізмів
Купрум (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> • ослаблення листів; • посвітління кольору листів; • виродлива форма листів плодкових рослин; • розтріскування кори; • ослаблення плодоносіння; • в'янення верхівок ("відьмині мітли") 	<ul style="list-style-type: none"> • слабкий розвиток корінців

Складними добривами, що містять, окрім Фосфору, також Нітроген, є амофоси: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Із кісток тварин

готують фосфорне добриво – кісткове борошно.

Як добрива використовують такі сполуки: селітри – NaNO_3 – натрієву, KNO_3 – калієву, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – кальцієву, NH_4NO_3 – амонійну; амоній сульфат – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, амоній хлорид – NH_4Cl , сечовину – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, а також амоніачну воду.

Інтенсивне використання у багатьох регіонах азотних та калійних добрив призвело до появи проблеми нітратів, які забруднюють харчові продукти. Окрім проблеми нітратів є ще один "мінус" використання мінеральних добрив. Фосфор, Нітроген і Калій потрапляючи з полів разом із дощовими та талими водами до природних водойм, стимулюють бурхливий розвиток фітопланктону, який поглинає кисень і виділяє при інтенсивному розмноженні сірководень (H_2S) і амоніак (NH_3). У результаті гине риба, а вода стає непридатною не тільки для пиття, але й для купання.

Нині щорічне виробництво добрив складає близько 23 кг на людину, причому половина всіх добрив – азотні. Органічні і мінеральні добрива, які містять сполуки Нітрогену, в ґрунті перетворюються на нітрати та разом з водою поглинаються рослинами. Процес окиснення Нітрогену, який міститься в ґрунті до нітритної (азотистої) кислоти, а потім до нітратної (азотної) кислоти називається нітрифікацією:



У кореневої системі, стеблинах, листях і плодах нітрати відновлюються під дією ферментів до йонів амонію NH_4^+ , що стає основою синтезу амінокислот і далі білків. Таким чином, мінеральний Нітроген перетворюється на органічний.

За природних умов (наприклад, у лісі) вміст нітратів у рослинах невеликий, тому нітрати повністю перетворюються в органічні форми. Але якщо така рослина вирощується на удобреному полі, то мінеральних солей Нітрогену в неї у 20 разів більше, ніж у природному ґрунті, а при надмірному внесенні добрив – у 40 разів.

Як же впливають нітрати на організм людини?

Підпорогова концентрація амоній нітрату, яка не впливає на

санітарний режим водоймища складає 10 мг/л. Максимальна його концентрація, яка при постійному впливі протягом довгого часу не викликає порушень біохімічних процесів складає 2 мг/л. Смертельна доза нітратів для людини – 8–15 г. Допустима добова доза споживання 5 мг/кг.

Людина відносно легко переносить дозу в 150–200 мг нітратів на добу; 500 мг на добу – гранично допустима доза; 600 мг на добу – токсична доза для дорослих; 10 мг на добу – токсична доза для немовлят.

Під впливом значної дози нітратів спостерігається гостре отруєння. Найбільш небезпечно, коли надлишкові нітрати не встигають виводитися з організму або витрачатися на синтез біомолекул (амінокислот, білків) і перетворюються на нітрити. Останні, потрапляючи у кров, дезактивують дихальні ферменти, що приводить до зниження у крові вмісту гемоглобіну і порушення її транспортної функції.

5.5. Регулятори росту та розвитку рослин. Дефоліанти і десиканти

Серед хімічних регуляторів росту та розвитку рослин визначають фітогормони, природні стимулятори і інгібітори. Усі ці речовини у низьких концентраціях продукуються рослинами і здійснюють стимуляцію важливих фізіологічних процесів. Збалансована дія цих біорегуляторів призводить до послідовної реалізації "програми розвитку рослини" – її росту, цвітіння, плодоношення, листопаду, переходу у стан спокою та ін.

До фітогормонів відносять ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизову кислоту, етилен. На рис. 32 схематично зображена дія цих речовин на деякі процеси розвитку рослин.

Індолілоцтова кислота та її похідні входять до групи ауксинів. Вони стимулюють клітинне ділення, коренеутворення, синтез білків у рослинах. Їх використовують при пересадженні плодкових дерев та для обробки живців з метою їх кращого укорінення.

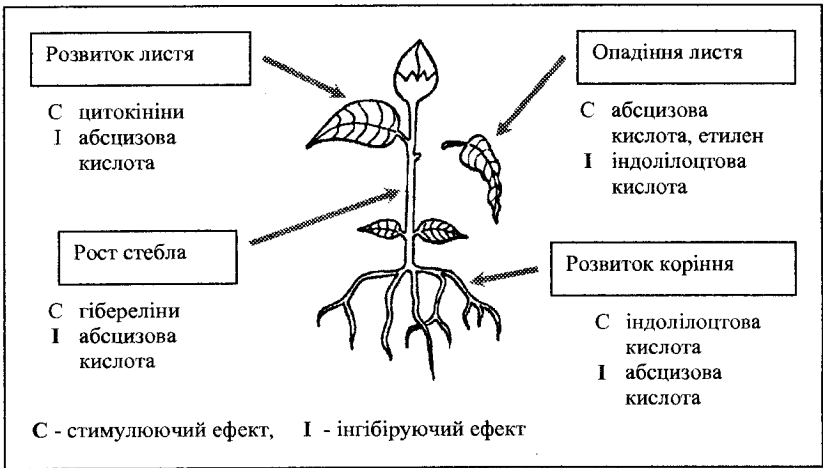
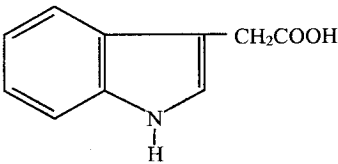
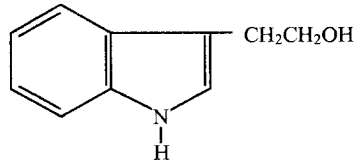


Рис. 32. Схема дії фітогормонів на процеси розвитку рослин

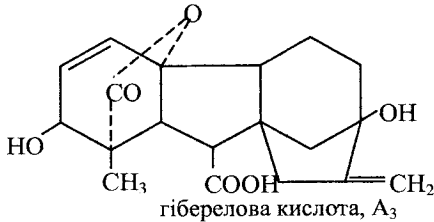


β -(індоліл-3)оцтова кислота або гетероауксин



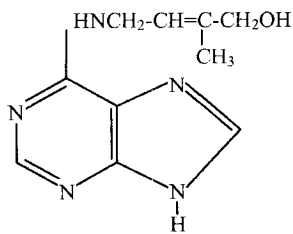
індоліл-3-етанол

Гібереліни прискорюють ріст і цвітіння рослин, проростання насіння. За хімічною природою вони є тетрациклічними моно-, ди- та трикарбоновими кислотами.



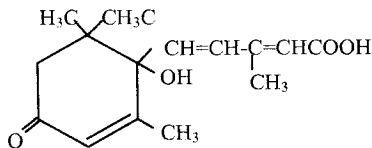
За допомогою спеціальних синтетичних сполук – ретардантів можна порушувати біосинтез гіберелінів і тим самим сприяти формуванню короткостеблинних рослин. У боротьбі із поляганням злаків часто використовується ретардант хлорохолінхлорид: $[Cl-CH_2-CH_2-N^+(CH_3)_3]Cl^-$.

Цитокініни стимулюють клітинне ділення, перешкоджаючи процесам старіння (в'янення) рослин. Одним з представників цього класу речовин є зеатин, який одержаний у 1964 році з кукурудзи.



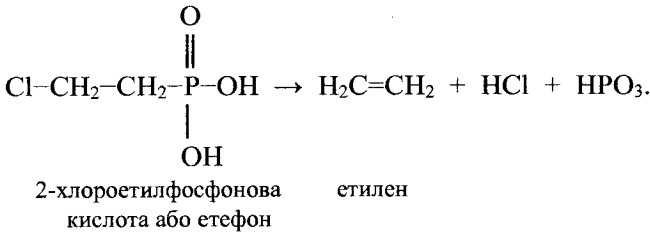
зеатин

Накопичення в тканинах абсцизової кислоти приводить рослину до стану спокою. Цей високоспецифічний інгібітор викликає в'янення та скидання листя і плодів. Абсцизова кислота та її синтетичні аналоги, які використовуються у сільському господарстві є антагоністами гіберелінів.

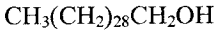


абсцизова кислота або дормін

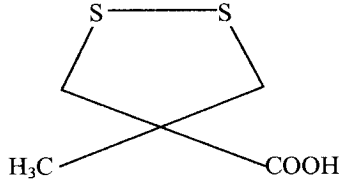
Етилен регулює дозрівання плодів, гальмує ріст пагонів, прискорює скидання листів. Одержані синтетичні препарати, які здатні розкладатись у рослинах з виділенням етилену:



З природних стимуляторів росту, які входять до окремої від фітогормонів групи, можна назвати вищий спирт триаконтанол (одержаний із люцерни), а з інгібіторів росту – аспарагусову кислоту (одержана з заячого холодку).



триаконтанол



аспарагусова кислота

Існує також велика кількість інших хімічних агентів, за допомогою яких людина впливає на різні сторони життя та розвитку культурних рослин. Наприклад, *дефоліанти* – викликають штучний листопад, прискорюючи, таким чином, дозрівання плодів або полегшуючи їх збір (наприклад, бавовни). Найбільш простими за хімічною природою представниками цієї групи є магній хлорат $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, кальцій ціанід $\text{Ca}(\text{CN})_2$, натрій тіоціанат NaSCN та ін. *Десиканти* – це речовини, що викликають висушування рослин. Їх використовують для прискорення дозрівання врожаю. До цієї групи речовин належать магній і кальцій хлорати. Однак деякі дефоліанти і десиканти токсичні для хребетних тварин. У таких випадках необхідний особливо обережний і екологічно вірний підхід під час використання хімічних засобів.

5.6. Білкове голодування як хіміко-екологічна проблема (хімічні джерела їжі).

Щорічно чисельність населення Землі зростає на 80–85 млн чол. (це більше ніж населення найбільш чисельної країни Європи – Германії). Понад 92% цієї кількості дають країни, що розвиваються (у т.ч. країни Африки і Південної Азії – більше 1/2 загального приросту населення планети), у яких демографічна проблема переплітається з цілою низкою життєво небезпечних для суспільства проблем: соціально-економічних, екологічних, продовольчих тощо. Одною з значних проблем, яка стоїть сьогодні перед людством – це поповнення продовольчих ресурсів.

Продукти харчування лише тоді стають їжею, коли вони здатні задовольняти будівельні і енергетичні потреби організму. Головний критерій їжі – білок. Білкове голодування найбільш тяжке і небезпечне. Світовий дефіцит білку складає 15 млн т на рік. Таким чином, при пошуках джерел продовольчих ресурсів необхідно орієнтуватися на такі види, які забезпечили б людство, у першу чергу, білком. Серед трьох типів білку (рис. 33) найбільш перспективним є одноклітинний білок, або мікробіологічний.

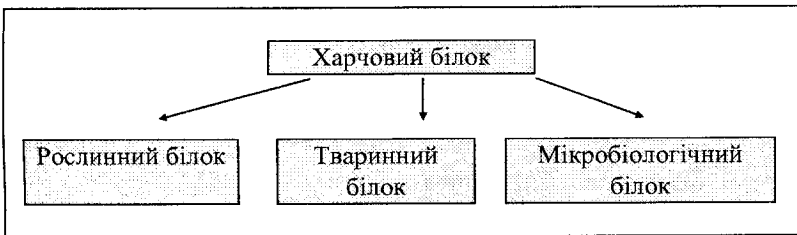


Рис. 33. Типи харчового білку

Мікробіологічний білок – це білок, який одержують з культиваційних мас бактерій, дріжджів, плісневих грибів або нижчих водоростей. Для виробництва рослинного білку необхідні, перш за все, великі площі земельних угідь, значні маси добрив, правильне додержання безлічі сільськогосподарських операцій та правил, які в

багатьох випадках залежать від капризів природи. Для одержання 1 кг тваринного білку необхідно до 10 кг рослинного (табл. 15).

Таблиця 15

Час, який необхідний для подвоєння маси деяким організмам

Продуцент білку	Час подвоєння маси
Бактерії і дріжджі	0,3– 2 год.
Плісеневі гриби і водорості	2–6 год.
Деякі рослини (злаки)	1–2 тижні
Курчата	2–4 тижні
Поросята	4–6 тижні
Крупна рогата худоба	1–2 тижні

Мікробіологічний білок має такі особливості:

- не залежить від сільськогосподарських операцій, що пов'язані з кліматом, добривами, пасовищами та ін.;
- вміщує окрім білку (частка якого дуже велика – до 50–65% сухої маси) інші важливі речовини – вуглеводи, ферменти, мінеральні солі, жири, вітаміни та ін. 1 тонна дріжджів за енергетичною цінністю здатна замінити 7–8 тонн харчових злаків;
- продукується із значно великим виходом (рис. 34);
- як субстрат (сировина) для свого росту мікроорганізми можуть використовувати різноманітні сільськогосподарські відходи;
- одноклітинний білок може підвищувати енергетичну цінність їжі, як додатковий компонент для збалансованості продукту за вмістом амінокислотам (у деяких злаках, кукурудзі, рисі відсутні такі незамінні амінокислоти, як триптофан, лізин та ін.).

Отже, їжу можна синтезувати за допомогою мікроорганізмів. Самі ж мікроорганізми живляться таким первинним набором простих речовин, як вуглекислий газ (CO₂), амоніак (NH₃), водень (H₂), вода (H₂O). Окрім того, за допомогою хімічних речовин, які не мають ніякої цінності для людини (а іноді є шкідливими для біосфери) можна здійснювати біосинтез харчового білку. Нині таке завдання постає перед вченими-дослідниками. Здійснюється дослідницький пошук у розв'язанні таких проблемам:

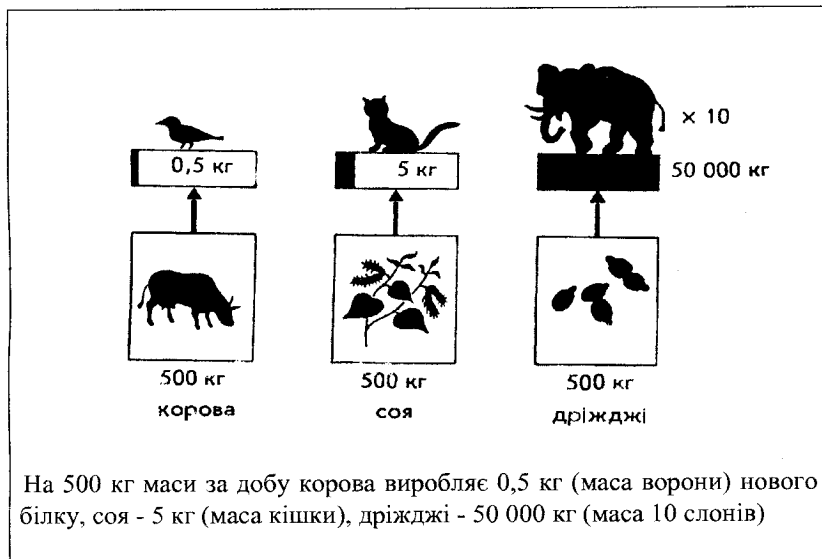


Рис. 34. Порівняльна спроможність синтезувати новий білок тваринами, рослинами та мікроорганізмами.

1. Вибір мікроорганізму, який виступатиме, як "біореактор";
2. Вибір сировини (субстрату), на якому мікроорганізми будуть розвиватися.

Є чотири групи мікроорганізмів, серед яких здійснюється інтенсивний пошук найбільш кращого продуценту білку – дріжджі, бактерії, плісневі гриби, нижчі водорості. Кожна з цих груп має свої переваги і недоліки.

У 1985 р. в Англії з біомаси грибів був одержаний біопродукт – мікопротеїн. За харчовою цінністю він не поступається м'ясу, тому що вміщує близько 45% білку і 13% рослинного жиру. Мікопротеїн додають у різні консерви та напівфабрикати.

З водоростей найбільшу увагу біотехнологів заслуговують: хлорела – зелена водорість, яка вирощується для харчових цілей; спіруліна, анабена, які використовуються на рисових полях із-за їх

властивостей фіксування азоту з повітря, що дає змогу зберігати азотні добрива.

Сировиною для виробництва мікробіологічного білку є:

1. Вуглеводні (метан та інші алкани, продукти переробки нафти);

2. Спирти (метанол, етанол та ін.);

3. Вуглеводи (глюкоза, сахароза, фруктоза, крохмаль та ін.);

4. Відходи переробки сільськогосподарської продукції (м'яса, сирна сироватка, бадилля польових культур, відходи консервного виробництва).

Багатолітні дослідження показали, що одноклітинний білок, який одержаний за допомогою мікроорганізмів на різних і, майже, на отруйних субстратах, нетоксичний для вищих ссавців. У нашій країні мікробіологічний білок, який називають БВК (білково-вітамінний концентрат або паприн) використовують як кормовий додаток у птахівництві, тваринництві та рибному господарстві.

Останнім часом гостро дискутується питання про екологічну безпеку мікробіологічних заводів (м. Кременчук). Однак багато спеціалістів вважають, що БВК небезпечний для людини лише тоді, коли потрапляє у значних кількостях до дихальних шляхів, тобто проявляє себе як алерген. Іншим питанням, що пов'язане із БВК на основі вуглеводнів, є проблема "залишкових парафінів". Справа у тім, що дріжджі, що вирощуються на рідких вуглеводнях, вміщують в протоплазмі «залишкові парафіни». Ці парафіни необхідно вилучати, оскільки останні забруднюють харчовий білок, роблячи його токсичним. Розв'язання цієї проблеми полягає у тім, що в стадії дозрівання дріжджів, їх «саджують на дієту» і вони примушені витратити залишкові вуглеводні.

Отже, потребує удосконалення сама технологія виробництва мікроорганізмів, проводиться її герметичність (без викидів), здійснюється спеціальна обробка кормового концентрату. Так, необхідно розраховувати на екологічну грамотність і відповідальність людини.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке літосфера? Який її склад?
2. Що таке педосфера? Яка найважливіша властивість педосфери?
3. Наведіть аргументи, які стверджують, що ресурси Землі є невичерпаними.
4. Що таке ерозія ґрунтів? Які її види і причини?
5. У чому полягає небезпека безконтрольного використання пестицидів?
6. Як класифікують пестициди відповідно до їх призначення?
7. Наведіть приклади різних механізмів дії пестицидів на живі організми.
8. За якою формулою визначають ступінь дії та небезпечність пестицидів?
9. Що таке «час очікування» для пестицидів?
10. Чому під час тривалого використання пестицидів їхня ефективність знижується?
11. У чому полягає комплексна система захисту рослин?
12. Перелічіть основні ознаки хвороб рослин у разі нестачі та надлишку таких хімічних елементів, як Нітроген, Фосфор, Калій, Кальцій, Купрум.
13. Які причини виникнення проблеми “нітратів”?
14. Наведіть схему процесу нітрифікації, який відбувається у ґрунті під час окиснення Нітрогену за допомогою бактерій.
15. Як впливають нітрати на організм людини?
16. У чому полягає значення регуляторів росту та розвитку рослин?
17. Які стимулятори й інгібітори росту та розвитку рослин ви знаєте?
18. Що таке дефоліанти і десиканти?
19. Назвіть основні види харчового білка?

20. Який з видів харчових білків найперспективніший для розв'язання продовольчої проблеми?
21. Який час необхідний для подвоєння маси бактеріям, рослинам, тваринам?
22. Що використовують як субстрат (сировину) для виробництва мікробіологічного білка?
23. Які екологічні проблеми пов'язані з виробництвом мікробіологічного білка?

ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РАДІАКТИВНОСТІ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

§1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ДЖЕРЕЛА РАДІАЦІЇ. СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ ЕНЕРГІЇ АТОМА

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

- 1.1. Будова атома.
- 1.2. Поняття радіоактивності, види радіоактивного розпаду. Закон зміщення Содді-Фаянса.
- 1.3. Будова ядра атома. Радіоактивні ряди.
- 1.4. Шляхи біологічної дії йонізації на живі клітини.
- 1.5. Джерела радіоактивного опромінювання. Природний фон опромінювання.
- 1.6. Штучна радіоактивність, її джерела. Способи одержання енергії атома.
- 1.7. Розповсюдження радіоактивних забруднень в атмосфері, воді, ґрунті. Проблема поховання радіоактивних відходів.

Ключові слова

<i>Радіоактивність</i>	<i>Radioactivity</i>
<i>Закон Содді-Фаянса</i>	<i>Soddy-Fajans's law</i>
<i>Ядерна реакція</i>	<i>Nuclear reaction</i>
<i>Атом</i>	<i>Atom</i>
<i>Атомна енергетика</i>	<i>Atom energetics</i>
<i>Радіоактивні відходи</i>	<i>Radioactive waste</i>
<i>Термоядерний синтез</i>	<i>Thermonucleus synthesis</i>
<i>Період напіврозпаду</i>	<i>Period half disintegration</i>

1.1. Будова атома

У кінці XIX ст. було встановлено ряд фактів, які свідчили про складність будови атомів. Це, насамперед, відкриття електрона англійським фізиком Дж. Томсоном у 1897р., встановлення факту, що електрони можна вилучити з будь-якого елемента, їх випускають багато речовин під час нагрівання, освітлення, рентгенівського опроміювання, а також того, що електрони є переносниками електричного струму в металах. Таким чином, електрони є в атомах усіх елементів.

Електрон — це елементарна частинка з найменшим негативним електричним зарядом, який тільки може існувати ($1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл); маса електрона дорівнює $9,11 \cdot 10^{-31}$ кг. Атом електронейтральний, тому окрім електронів в атомах повинні бути позитивно заряджені частинки.

Значну роль у розвитку теорії будови атома відіграло відкриття явища радіоактивності, вперше виявленого в сполуках Урану французьким фізиком А.Беккерелем у 1896 р, а в 1898 р. М.Кюрі-Складовська та П.Кюрі відкрили в уранових рудах два нових радіоактивних елементи — Полоній і Радій, які мали більшу радіоактивність, ніж Уран і Торій.

Е.Резерфорд у 1899 р. довів, що радіоактивне випромінювання неоднорідне — під дією магнітного поля воно поділяється на три пучки: α -, β - і γ -промені. Ці промені відрізняються за проникною здатністю, а також за здатністю до взаємодії з електричним полем.

Вивчення радіоактивності підтвердило складність будови атомів.

У 1903 р. англійський фізик Дж.Томсон запропонував модель будови атома. Згідно з цією моделлю атом складається з позитивного заряду, рівномірно розподіленого по всьому об'єму атома, та електронів, що коливаються всередині цього заряду.

Англійський фізик Е.Резерфорд з метою перевірки гіпотези Дж.Томсона виконав серію дослідів з розсіювання α -частинок тонкими металевими пластинками.

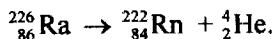
За Е.Резерфордом атом складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів, які обертаються навколо ядра, як планети навколо Сонця. За подібністю будови така модель атома була названа планетарною. Протонне число є дуже важливою характеристикою елемента, воно виражає позитивний заряд ядра його атома. Виходячи з того, що атом електронейтральний, можна дійти висновку, що й число електронів, що обертаються навколо ядра, дорівнює протонному числу елемента.

1.2. Поняття радіоактивності, види радіоактивного розпаду. Закон зміщення Содді-Фаянса

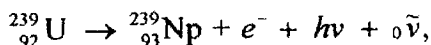
Радіоактивністю називається процес спонтанного перетворення нестійкого ізотопу одного хімічного елементу на ізотоп іншого хімічного елементу, який супроводжується випромінюванням елементарних часток або ядер. Радіоактивність ізотопів елементів, які зустрічаються в природі називають природною радіоактивністю. Радіоізотопи можуть бути одержані штучно. Такі ізотопи проявляють штучну радіоактивність.

Відомі такі типи радіоактивних перетворень: α -розпад, β -розпад, спонтанний (самочинний) поділ ядер. Ці типи радіоактивних перетворень супроводжуються випусканням α -частинок, електронів, позитронів, γ -проміння.

У процесі α -розпаду ядро атома радіоактивного елемента випускає ядро атома Гелію, внаслідок чого заряд ядра атома вихідного радіоактивного елемента зменшується на дві одиниці, а масове число — на чотири. Наприклад, перетворення атома Радію на атом Радону можна записати рівнянням:



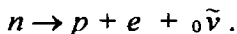
Ядерну реакцію β -розпаду, що супроводжується випусканням електронів, позитронів або захопленням орбітальних електронів, також можна записати рівнянням:



де e —електрон; $h\nu$ —квант γ -випромінювання; ${}_0\nu$ —антинейтрино (елементарна частинка, маса спокою якої і заряд дорівнюють нулю).

Можливість β -розпаду пов'язана з тим, що, згідно з сучасними уявленнями, нейтрон може перетворюватися за певних умов на протон, випускаючи при цьому електрон та антинейтрино. Протон і нейтрон — два стани однієї й тієї самої ядерної частинки — *нуклона*. Цей процес можна зобразити схемою

Нейтрон \rightarrow Протон + Електрон + Антинейтрино, або:

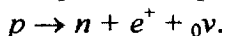


У процесі β -розпаду атомів радіоактивного елемента один із нейтронів, що входить до складу ядра атома, випускає електрон та антинейтрино, перетворюючись на протон. У цьому разі позитивний заряд ядра збільшується на одиницю. Такий вид радіоактивного розпаду називається *електронним β -розпадом*.

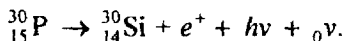
Якщо ядро атома радіоактивного елемента випускає одну α -частинку, утворюється ядро атома нового елемента з протонним числом на дві одиниці меншим, а при випусканні β -частинки — ядро нового атома з протонним числом на одиницю більшим, ніж у вихідного. У цьому і полягає суть *закону зміщення Содді-Фаянса*.

Ядра атомів деяких нестабільних ізотопів можуть випускати частинки, що мають позитивний заряд $+1$ і масу, близьку до маси електрона. Ця частинка називається *позитроном*. Отже, можливе перетворення протона на нейтрон згідно зі схемою

Протон \rightarrow Нейтрон + Позитрон + Нейтрино, або:



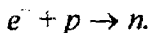
Перетворення протона на нейтрон спостерігається лише в тому разі, коли нестабільність ядра викликана надлишковим вмістом у ньому протонів. Наприклад:



Такий тип радіоактивного розпаду називається *позитронним β^+ -розпадом* (β^+ -розпадом).

Зменшення заряду ядра радіоактивного атома на одиницю може

бути викликане не тільки β^+ -розпадом, а й електронним захватом, внаслідок чого один із електронів найближчого до ядра електронного шару захоплюється ядром. Цей електрон з одним із протонів ядра утворює нейтрон:



1.3. Будова ядра атома. Радіоактивні ряди. Теорію будови ядра атома розробили у 30-х роках ХХ ст. українські вчені Д.Д.Іваненко та Є.М.Гапон, а також німецький учений В.Гейзенберг. Згідно з цією теорією:

- ядра атомів складаються з позитивно заряджених протонів та електронейтральних нейтронів. Відносні маси цих елементарних частинок майже однакові (маса протона 1,00728, маса нейтрона — 1,00866);

- протони і нейтрони (нуклони) утримуються в ядрі дуже міцними ядерними силами. Ядерні сили діють тільки на дуже малих відстанях порядку 10^{-15} м;

- силу утримування нуклонів можна обчислити за законом Ейнштейна:

$$E = mc^2.$$

При цьому слід виходити з так званого дефекту мас, тобто зменшення маси ядра порівняно з сумою мас нейтронів і протонів, що входять до його складу.

- Енергія зв'язку нуклонів у ядрі атома дуже велика, вона в мільйони разів перевищує енергію зв'язку атомів у молекулі. Ось чому під час хімічних реакцій ядра атомів не змінюються. Наприклад, під час утворення ядра атома Гелію з двох протонів та двох нейтронів маса зменшується на 0,030376 і виділяється $2,7 \cdot 10^{11}$ Дж енергії. Ця кількість енергії приблизно дорівнює тій кількості, яку виробляє протягом години Дніпрогес. Отже, *енергія, що виділяється під час утворення ядра з протонів і нейтронів, називається ядерною енергією і характеризує його стабільність.*

Вважають, що в ядрах атомів нуклони розміщуються шарами, які можуть бути заповненими, і отже стійкими, і незаповненими –

нестійкими. Якщо в ядерних шарах розміщено 2, 8, 14, 20, 28, 50, 82 протонів або нейтронів, то такі шари називаються заповненими, а наведені числа нуклонів – “оболонковими” або “магічними”. Ядра можуть містити магічні числа протонів ${}_{28}\text{Ni}$, ${}_{50}\text{Sn}$; подвоєні магічні числа: ${}^4_2\text{He}$, ${}^{28}_{14}\text{Si}$, ${}^{40}_{20}\text{Ca}$.

Окрім оболонкової теорії, існують ще дві теорії будови ядра: краплинна, в якій ядро розглядається як краплина рідини, до якої входять менші краплини, та узагальнююча теорія, що охоплює дві попередні теорії.

Елементи, розміщені наприкінці періодичної системи елементів, не мають стабільних ізотопів. Вони зазнають радіоактивного розпаду і перетворюються на нові елементи. Якщо новоутворений елемент також радіоактивний, він розпадатиметься з утворенням третього, четвертого та ін., доки не утворяться атоми стабільного нукліда. Результатом спонтанного, самочинного поділу ядер атомів важких елементів є два і більше ядер атомів елементів, розміщених у середній частині періодичної системи.

Ряд елементів, що утворилися один з одного внаслідок такого розпаду, називається **радіоактивним рядом**. Наприклад, ряд Урану починається з ${}^{238}_{92}\text{U}$ ($T_{1/2}=4,51 \cdot 10^9$ років) і закінчується стабільним нуклідом ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Проміжними продуктами є: ${}^{230}_{90}\text{Th}$, ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, ${}^{218}_{84}\text{Po}$, ${}^{210}_{84}\text{Po}$.

Відомо чотири радіоактивних ряди: ряд Торію; ряд Нептунію; ряд Урану – Радію; ряд Урану – Актинію.

1.4. Шляхи біологічної дії йонізації на живі клітини

Наслідками поглинання біологічними системами всіх перерахованих видів радіації є деформація електронних оболонок атомів клітин, в результаті чого атоми в клітинах йонізуються.

Ступінь витривалості різних організмів, а також клітин та тканин до дії іонізуючого випромінювання називається **радіочутливістю**.

Визначають два типи біологічних пошкоджень, які викликані радіацією (рис. 35).

Перший тип – фізичний або "кульовий". У цьому випадку вибиті електрони руйнують молекулярні зв'язки безпосередньо в структурі, де вони були вибиті. При опромінюванні така пряма, безпосередня дія електронів є головною причиною пошкодження ДНК у ядрах клітин, що веде до генетичних змін та порушень.

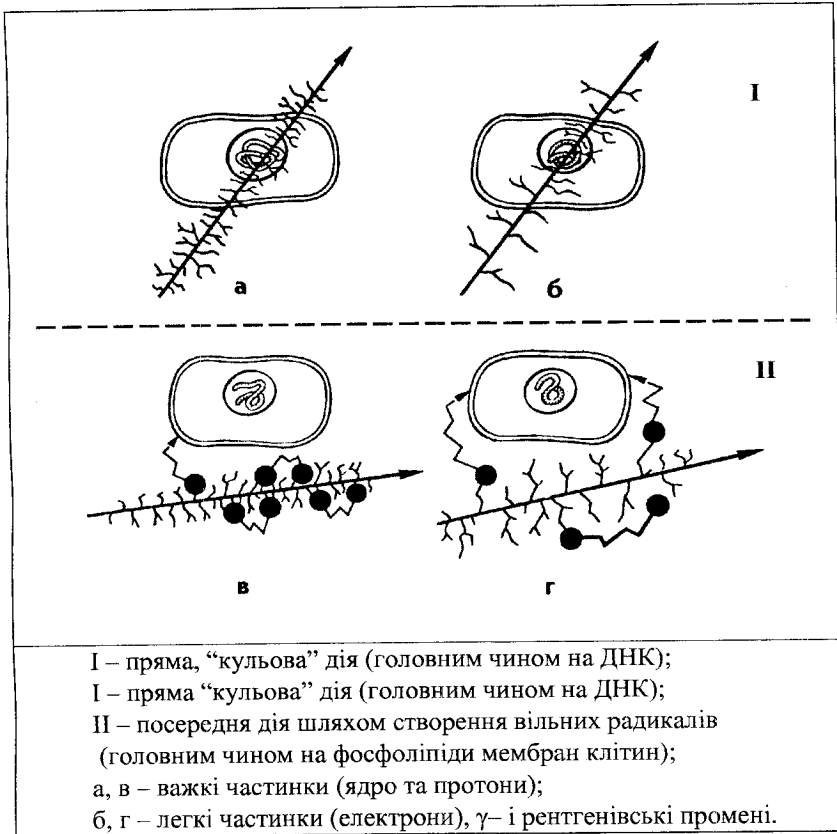


Рис. 35. Шляхи біологічної дії йонізації на живі клітини

Другий тип – хімічний або посередній. У цьому випадку біологічна структура пошкоджується реакційними частками, які

утворились поза цієї структури. Наприклад, кисень, який вміститься в клітині, захоплюючи вибиті електрони, перетворюється на йон-радикал O_2^- . Цей токсичний йон-радикал здатний активно окислювати фосфоліпіди мембран, порушуючи їх цілісність та функціонування.

При першому типі біологічного пошкодження важка йонізуюча частка (наприклад, α -частинка), проходячи через ядро клітини, руйнує обидві молекули ДНК з більшою ймовірністю, ніж β -частинка, що проявляє слабку йонізацію. Однак при другому посередньому типі дії легкі частинки, утворюючи під час проходження через клітину низьку локальну концентрацію повільних йонів-радикалів більш небезпечні, ніж важкі частки. Справа у тім, що чим менше концентрація радикалів, тим менше здійснюється реакцій рекомбінації між радикалами. Тобто, ймовірність того, що радикал зруйнує клітинну структуру дуже велика.

За біологічною дією α -частинки більш небезпечні, чим β -, γ - або рентгенівські промені. Міжнародною комісією з радіологічного захисту (МКРЗ) радіоізотопи, які випромінюють α -частинки (уран, радій, торій) визнано найтоксичнішими з усіх радіоактивних елементів.

Наслідками поглинання біологічними системами усіх перерахованих видів радіації є деформація електронних оболонок атомів клітин, в результаті чого атоми в клітинах йонізуються.

1.5. Джерела радіоактивного опромінювання.

Природний фон випромінювання

Джерелами радіоактивного випромінювання людини, окрім фонової радіації можуть бути:

- природні радіоізотопи високої концентрації;
- радіоактивні осади (як природного, так і антропогенного походження);
- викиди і відходи ядерних реакторів;
- випробування ядерної зброї;

• підприємства по хімічній переробці ядерного палива (наприклад, уранових руд).

При випробуванні ядерної зброї, обробці радіоактивних руд, а також при викидах та аваріях на атомних станціях (АЕС) до біосфери надходять осколки від поділу ядер атомів урану і плутонію — радіоактивні ізотопи йоду ^{131}I , барію ^{140}Ba , стронцію ^{90}Sr , цезію ^{137}Cs . У зв'язку з аварією на Чорнобильській АЕС великі території України стали радіоактивно забрудненими. На Україні забруднено близько 5 млн га, у тім числі на сільськогосподарські угіддя припадає 3,5 млн га, на ліси – 1,5 млн га. 32 адміністративні райони шести областей постраждали від радіації, майже 60 тис. осіб проживають у зоні жорсткого контролю. Жителі 1028 сіл (близько 1 млн чол.) живуть у районах, забруднених цезієм-137. Радіологічну обстановку в районах Чорнобильської АЕС головним чином визначають чотири елемента: ^{131}I , ^{90}Sr , ^{134}Cs і ^{137}Cs , ^{239}Pu і ^{240}Pu .

Особливо небезпечним є радіоізоотоп ^{131}I , який концентрується у щитовидній залозі і випромінює сильні β -промені. Із радіоактивним забрудненням біосфери пов'язане зростання захворювань лейкемією, відхилення і вродливості розвитку немовлят, а також скорочення тривалості життя.

Дуже важлива розробка експлуатації безпечних ядерних джерел. На початку XXI ст. ядерна енергетика буде виробляти близько 20% загального обсягу електроенергії. Нині в світі працює близько 370 енергетичних реакторів. Дані комісії МАГАТЕ свідчать, що сумарне число імовірних смертей від виходу захованих під землею радіоактивних відходів до біосфери менше 0,001 від числа смертей, які викликані забруднювачами, які утворились під час спалення вугілля (при одержанні однакової кількості енергії). Канцерогени – сполуки Берилію, Кадмію, Ніколу, Хрому, які утворюються при спаленні традиційного палива, викликають в 1000 разів більше смертельних наслідків, ніж заховані ядерні залишки.

Радіоактивність – невід'ємна характеристика довкілля (фонова радіація), яка існувала ще до появи на планеті людини. Довгий час

на фонову (природну) радіацію вчені не звертали увагу. Її як би не існувало. Однак сьогодні вчені вважають, що фонову (природну) радіація здійснює свій внесок у загальний рівень радіоактивного забруднення, який викликаний діяльністю людини. Природними джерелами радіоактивного випромінювання є космічні промені, вулканічна діяльність, окремі гірські породи (граніт, фосфогіпс та ін.).

Отже, *природним фоном випромінювання* — це еквівалентна доза йонізуючого випромінювання, яка створюється космічним випромінюванням та випромінюванням природних радіоізотопів, які знаходяться у поверхневому шарі Землі, атмосфері та організмі людини.

У різних місцях планети природний радіаційний фон неоднаковий. У Бразилії є місто, де природний рівень радіаційного фону перевищує нормальний у 800 разів. Аномально високий рівень радіаційного фону зустрічається також в окремих місцях Індії, Франції, Ірану та інших країнах. Тільки в різних районах Миколаївської області природний радіаційний фон коливається в широких межах від 16 мкр/год до 30 мкр/год (на північному сході області). Зустрічаються окремі ділянки гранітних кар'єрів з природним рівнем 60-70 мкр/год. В середньому радіаційний фон по Миколаївській області дорівнює близько 20 мкр/год.

1.6. Штучна радіоактивність, її джерела.

Способи одержання енергії атома

Природні ізотопи – це ті, що є у природі. Штучні—це такі, що не трапляються в природі, а утворюються під час ядерних реакцій. Взагалі відомо природні ізотопи 94 природних елементів. Є штучні ізотопи всіх 110 елементів, тобто поняття “штучні ізотопи” та “штучні елементи” не завжди збігаються. У штучних елементів усі ізотопи штучні. Їх можна одержати для всіх природних елементів.

Радіоактивні — це нестійкі ізотопи, що спонтанно перетворюються на інші нукліди, виділяючи енергію. Всі штучні та частина природних ізоотопів - радіоактивні. Вони *називаються*

радіонуклідами. Внаслідок Чорнобильської катастрофи утворилося багато штучних радіонуклідів, дуже небезпечних для людей: Cs, Sr, I, Pu. Існує понад 2 тисяч радіонуклідів 110 елементів. Відомо 273 стабільних нуклідів природних елементів.

Джерелами радіоактивного опромінення людини, крім природної (фонові) радіації, можуть бути: природні радіоізотопи високої концентрації; радіоактивні осадки (як природного, так і антропогенного походження); викиди і відходи ядерних реакторів; випробування ядерної зброї; робота підприємств хімічної переробки ядерного палива (наприклад, уранових руд).

Радіоактивні ізотопи застосовуються в наукових дослідженнях (як мічені атоми, що дозволяють стежити за перебігом хімічних та біологічних перетворень), у промисловості, медицині, сільському господарстві.

Відомо, що, на відміну від м'яса, сало не забруднюється радіонуклідами. Тому в Англії при вирощуванні свиней для одержання бекону час від часу контролюють товщину шарів сала та м'яса, даючи тваринам короткоживучі радіонукліди та вимірюючи радіоактивність м'яса тварин.

Транспорт, промисловість, побут — словом, все, що ми розуміємо під "благами цивілізації", залежить в першу чергу від кількості корисної енергії та її доступності. Розглядаючи енергетику, як галузь практичної діяльності людства, необхідно особливу увагу звертати на екологічні аспекти енергетичних проблем. Взаємозв'язок екологічних і хімічних аспектів енергетики показано на рис. 36.

Використання традиційних енергоносіїв (нафта, вугілля, природний газ та ін.) ставить перед людством дві головні проблеми:

- використання їх приводить до забруднення навколишнього середовища;
- нині необхідний інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії через реальну загрозу вичерпання традиційних енергоносіїв.

Альтернативними джерелами енергії є:

- використання енергії атома;
- використання енергії Сонця.

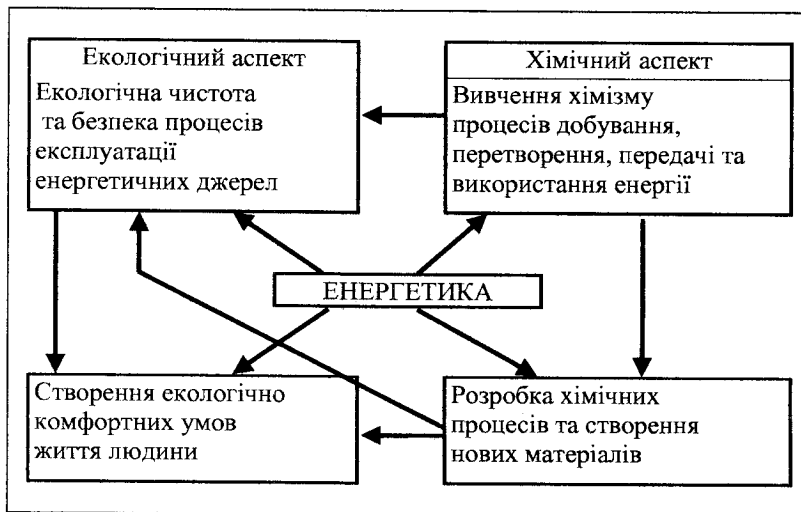
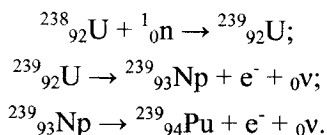


Рис. 36. Взаємозв'язок екологічних і хімічних аспектів енергетики

Окрім того, існують ідеї та проекти одержання енергії за допомогою рослинної біомаси, використання водню як палива та інші.

Вирішальну роль у розвитку ядерної хімії відіграло відкриття у 1939 р. поділу ядер атомів Урану.



Це відкриття започаткувало розвиток атомної енергетики. Для здійснення ядерної реакції частинка, що бомбардує ядра атомів повинна мати велику енергію. Існують спеціальні установки (циклотрони, синхрофазотрони та інші прискорювачі), що дають змогу надавати елементарним та іншим частинкам енергію, достатню для здійснення ядерних реакцій. В ядерних реакціях використовують пучки нейтронів, що виникають у процесі роботи ядерних реакторів, а також α -частинки, протони, дейтрони. Ядерні реакції можна також

здійснювати, використовуючи γ -проміння.

Для атомної енергетики важливою сировиною є Уран, особливо ^{235}U , вміст якого у природній урановій руді досягає 0,7%. Захоплюючи нейтрони, ядра атомів Урану-235 розпадаються на два осколки з приблизно однаковими масами. Під час цього розпаду випускаються кілька нейтронів (вторинні нейтрони), і виділяється величезна кількість енергії:

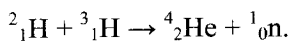


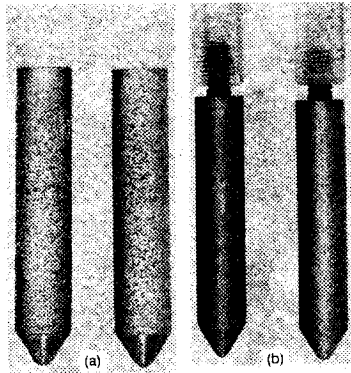
Під час розпаду 1 г Урану-235 виділяється $75 \cdot 10^9$ Дж енергії. За наявності критичної маси Урану-235 реакція набуває ланцюгового характеру. Для підтримання безперервного процесу розпаду маса шматка ^{235}U повинна бути не меншою, ніж критична маса. У невеликому шматку урану ланцюгова реакція може обірватися, оскільки вторинні нейтрони вилітатимуть за межі шматка, не встигнувши зіткнутися з ядром атом нукліда. Під час розкладу атомів Урану-235 і Урану-238, на яких працюють атомні станції, утворюються атоми практично всіх елементів періодичної системи, але з різним періодом напіврозпаду $T_{1/2}$ (період напіврозпаду – це час, протягом якого число ядер радіоізоотопу в результаті самовільних перетворень знижується у 2 рази) і різними характеристиками. Одна з них — здатність поглинати нейтрони. Якщо атоми сильно поглинають нейтрони, то ядерна реакція йде на спад, якщо слабо — реакція продовжується. Кожний з "осколкових" атомів також розкладається і зникає.

У разі неконтрольованого розпаду Урану ланцюговий процес може набути характеру вибуху (на цьому ґрунтується дія атомних бомб). Для керування реакцією розпаду Урану слід регулювати швидкість і число вторинних нейтронів. Для цього застосовуються спеціальні стержні, що поглинають зайві нейтрони.

Джерелом ядерної енергії для промислових цілей використовують Плутоній-239, Уран-233, Уран-235.

Джерелом енергії може бути *термоядерний синтез*:





- а) сталеві стержні були занурені у бензин, який містить метанол;
б) стержні, які були занурені у звичайний бензин.

Рис. 44. Метанол адсорбує воду і стає корозійно-агресивним

Під час використання метанолу вміст шкідливих домішок в автомобільних викидах зменшується, але метанол сам по собі токсичний. Тривала дія метанолу може призвести до сліпоты та руйнуванню мозку.

Окрім того, 1 літр метанолу дає на 40% менше енергії, ніж 1 літр бензину. Це означає, що автомобіль буде возити більш важкий бак з паливом і повинен частіше заправлятися.

Чи існують альтернативні шляхи розв'язання проблеми палива?

Удосконалення конструкції двигуна, ефективні каталізатори, ретельний підбор сумішей – це співвідношення, завдяки якому бензин залишається основним видом палива, не дивлячись на проблеми, пов'язані із необхідністю зниження викидів, та різні нововведення.

Світові запаси нафти обмежені, і вже сьогодні необхідно серйозно подумати з приводу можливих альтернатив у майбутньому. Таким чином, запрошуємо вас подумати над тим, які альтернативні види палива можуть бути використані у якості моторного.

Розподіл радіоактивних ізотопів у водоймищах

Ізотоп	Вода	Ґрунт	Біомаса	Ізотоп	Вода	Ґрунт	Біомаса
³² P	10	28	62	⁹⁵ Nb	0	85	15
³⁵ S	93	3	4	¹⁰⁵ Ru	27	40	33
⁵¹ Cr	76	12	12	¹¹⁵ Cd	35	13	52
⁵⁹ Fe	3	8	17	¹³¹ I	58	13	29
⁶⁰ Co	21	58	21	¹³⁷ Cs	6	90	4
⁶⁵ Zn	4	78	18	¹⁴⁴ Ce	9	40	51
⁷¹ Ge	70	25	5	²⁰³ Hg	8	22	77
⁸⁶ Rb	23	29	48	⁹¹ V	0	92	8
⁹⁰ Sr	48	27	25				
⁹⁵ Zr	4	77	19	Середнє	27	45	28

Вода, яка займає за масою 85% планети, містить 27% радіоізотопів, а біомаса, що охоплює 0,1% маси, містить 28% радіоізотопів.

На поведінку радіоактивних речовин у річках значно впливає хімічний склад води, ступінь її мінералізації, кількість та характер суспендованих часток. У річках, де суспендовані тверді частинки мають тенденцію до осадження в окремих місцях, більша частина радіоактивних продуктів затримується саме у таких місцях, утворюючи локальні осередки забруднення.

Міграція радіоактивних речовин у ґрунті значно залежить від гідрологічного режиму ґрунту, властивостей йонів, які контактують із ґрунтом, наявності в ґрунті мікрокількостей хімічних елементів, які споріднені радіоактивним елементам у хімічному відношенні. Наприклад, Кальцій споріднений Стронцію-90, Калій — Цезію-137.

Будь-яке переміщення радіоізотопів у ґрунті до їх асиміляції живими організмами здійснюється за участю води. Найменша сорбційна ємність хара ктерна для піщаних ґрунтів. Глини, суглинки, чорноземи мають високу сорбційну ємність, в результаті чого переміщення в них радіоактивних речовин здійснюється дуже повільно. Сорбційні властивості чорноземних ґрунтів визначаються

наявністю в них гумусу, котрий містить високомолекулярні речовини у колоїдному стані, які мають добру обмінну поглинальну місткість.

На інтенсивність та повноту поглинення радіоактивних речовин та тривалість закріплення їх твердою фракцією ґрунту впливає рН середовища. Тривалість закріплення ^{90}Sr у ґрунті тим вище, чим більше в ній обмінних основ. Чим більше обмінного Кальцію міститься у ґрунті, тим більше затримується в ній Стронцію-90. Добре адсорбується ґрунтом і Цезій-137.

Глобальні викиди обумовили незначне забруднення рослин радіоактивними речовинами (табл. 17). Відомості таблиці показують, що радіоактивне забруднення рослин, які культивуються на території пострадянських країн поки не перевищує норми безпеки!?

Таблиця 17

Середній вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs у рослинах, які культивуються на території пострадянських країн, Бк/кг сухої маси

Культура	^{90}Sr	^{137}Cs
Пшениця (зерно)	2,849	10,730
Жито (зерно)	2,701	7,400
Ячмінь (зерно)	3,101	6,210
Морква	0,555	1,887
Капуста	0,469	2,109
Картопля	0,185	1,406
Буряк	0,666	1,702
Яблука	0,333	1,998

Однак, екологічні дослідження тварин, які живляться багатолітніми рослинами і мають відносно велику поверхню тіла (останнє визначає здатність організму сорбувати радіоактивні аерозолі) визначили значний вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs в організмах. Це обумовлено властивістю живих організмів накопичувати шкідливі радіоактивні речовини.

Головна екологічна проблема, що пов'язана із використанням атомної енергії — це поховання радіоактивних відходів. Заслужують на увагу, як найбільш безпечні в екологічному та

гігієнічному відношеннях, два методи поховання:

1. Поховання в ізольованому виді. Для цього радіоактивні відходи переводять у склоподібний стан, перемішуючи з керамікою або цементом, потім розміщують у контейнерах, котрі витримують великий тиск. Після чого їх транспортують та розміщують у спеціальних місцях.

2. Поховання відходів у розведеному виді. У цьому випадку в море скидають слабоактивні відходи або розведені високоактивні відходи.

Отже, атомна енергетика окрім своїх переваг має значні недоліки, це по-перше, проблема поховання радіоактивних відходів, по-друге, велика небезпека при аваріях на атомних станціях, яка пов'язана з викидами і швидким розповсюдженням радіоактивних речовин на значні відстані. Але, на думку деяких вчених, (наприклад, академік І.В. Петрянов-Соколов (1907–1996), атомна енергетика має велике майбутнє і є найбільш екологічно чистою порівняно з іншими галузями виробництва енергії.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке радіоактивність?
2. Схарактеризуйте основні види радіоактивного розпаду.
3. Сформулюйте закон Содді-Фаянса.
4. Які типи біологічних пошкоджень ви знаєте?
5. Які радіоактивні сполуки визначають радіаційний фон у районі Чорнобильської АЕС?
6. Що таке радіочутливість?
7. Назвіть основні джерела радіоактивного випромінювання.
8. Що таке природний фон випромінювання? Які гірські породи мають підвищену природну радіоактивність?
9. Які чинники сприяють поширенню радіоактивних речовин у повітряному середовищі?
10. Які особливості накопичування радіоактивних речовин водою, ґрунтом, біомасою?

11. Які види ґрунтів мають найбільшу поглинальну місткість?
12. Як впливає на міцність затримання ґрунтом радіоіотопів кількість обмінних основ у ґрунті? Наведіть приклад.
13. Закінчити рівняння реакцій радіоактивного розпаду:
 - а) ${}_{90}^{232}\text{Th}$ (α -розпад) \rightarrow
 - б) ${}_{93}^{239}\text{Np}$ (β^- -розпад) \rightarrow
 - в) ${}_{27}^{55}\text{Co}$ (β^+ -розпад) \rightarrow
 - г) ${}_{19}^{40}\text{K}$ (β^- -захоплення) \rightarrow
14. Який тип радіоактивного розпаду спостерігається під час таких перетворень: а) ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn}$; б) ${}_{93}^{239}\text{Np} \rightarrow {}_{94}^{239}\text{Pu}$;
в) ${}_{62}^{152}\text{Sm} \rightarrow {}_{60}^{148}\text{Nd}$; г) ${}_{46}^{111}\text{Pd} \rightarrow {}_{47}^{111}\text{Ag}$.
15. Ядро атома ізотопу ${}_{92}^{238}\text{U}$ в результаті радіоактивного розпаду перетворюється на ядро ${}_{88}^{226}\text{Ra}$. Скільки α - і β^- -частинок випустило у такому випадку вихідне ядро?
16. Які існують взаємозв'язки екологічних і хімічних аспектів енергетики?
17. Які способи одержання енергії ви знаєте?
18. Назвіть основні способи одержання атомної енергії.
19. У чому полягає принцип ланцюгового розпаду ядер?
20. Що таке період напіврозпаду?
21. Який відсоток від початкового числа атомів у зразку ізотопу ${}^{128}\text{I}$ ($T_{1/2}=25$ хвилин) не зазнає розкладу після його зберігання протягом 2,5 години? (Відповідь: 1,56%)
22. Знайти масу ізотопу ${}^{81}\text{Sr}$ ($T_{1/2}=8,5$ години), що залишиться за 25,5 годин зберігання. Якщо початкова маса його складала 200 мг. (Відповідь: 25 мг).
23. Період напіврозпаду β^- радіоактивного ізотопу ${}^{24}\text{Na}$ дорівнює 15,0 годин. Написати рівняння реакції розпаду та визначити, скільки грамів дочірнього продукту утворюється з 24 г ${}^{24}\text{Na}$ за 30,0 годин. (Відповідь: 18 г)
24. Зазначте основні недоліки і переваги атомної енергетики.
25. У чому полягає принцип термоядерного синтезу?

§2. ДОБУВАННЯ ЕНЕРГІЇ З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

- 2.1. Використання енергії Сонця.
- 2.2. Принципи біоенергетики.
- 2.3. Способи добування енергії з водню.

Ключові слова

<i>Енергія Сонця</i>	<i>Energy of Sun</i>
<i>Фотосинтез</i>	<i>Photosynthesis</i>
<i>Біометаногенез</i>	<i>Biomethanogenesis</i>
<i>Водень</i>	<i>Hydrogen</i>
<i>Воднева енергетика</i>	<i>Hydrogenous energetics</i>
<i>Біогаз</i>	<i>Biogas</i>

2.1. Використання енергії Сонця.

Без Сонця існування життя на Землі було б неможливо. Постійний приток сонячної енергії забезпечує підтримку температури земної поверхні і існування життєво важливих хімічних процесів. Деякі характеристики Сонця подано на рис. 38.

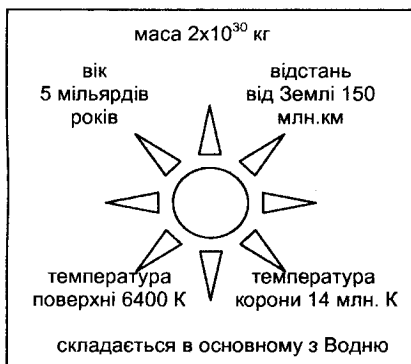


Рис. 38. Наше Сонце

Сонячна енергія може спричинювати фотохімічні реакції. У стратосфері сонячне випромінювання викликає дисоціацію молекул кисню і появу атомів Оксигену. Більша частка високоенергетичного сонячного випромінювання поглинається у стратосфері молекулами озону. Випромінювання, яке досягло тропосфери достатньо для здійснення інших типів фотохімічних процесів, наприклад, фотосинтезу.

Більша частина наших енергетичних потреб задовольняється за рахунок продуктів фотосинтезу минулих епох: вугілля, нафти, природного газу, деревини. Оскільки запаси палива обмежені, у наступному столітті людству необхідні будуть нові джерела енергії. Можливо, це буде ядерна та сонячна енергія. У майбутньому паливо буде використовуватися у менших кількостях по мірі того, як його будуть замінювати іншими джерелами енергії (рис. 39).

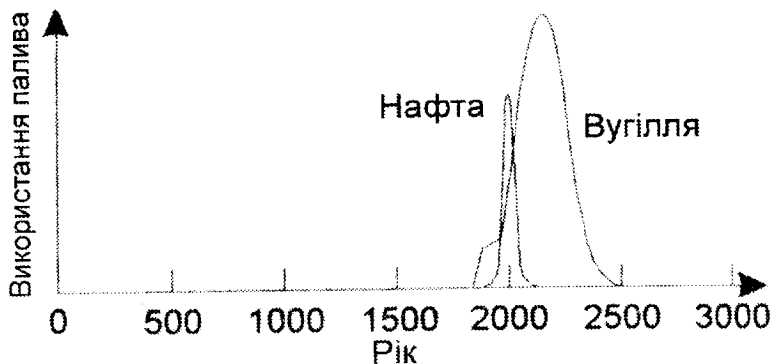
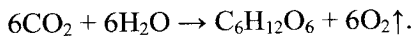


Рис. 39. Зміна у потребі людством вугілля і нафти.

У зелених рослинах, які містять хлорофіл на світлі здійснюється реакція фотосинтезу:



Вуглеводи – це паливо, так що під час фотосинтезу здійснюється накопичування сонячної енергії. Сьогодні сільськогосподарські культури здатні перетворювати сонячну енергію на хімічну з ефективністю тільки у 2 – 3%.

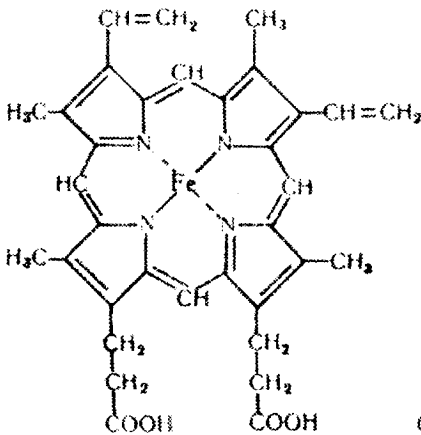
Яким чином можна покращити ситуацію?

Один з шляхів – це підвищення росту рослин. Інший шлях – спробувати створити хімічні системи, які б імітували процес фотосинтезу. Для цього потрібно чітко розуміння хімічної природи цього процесу.

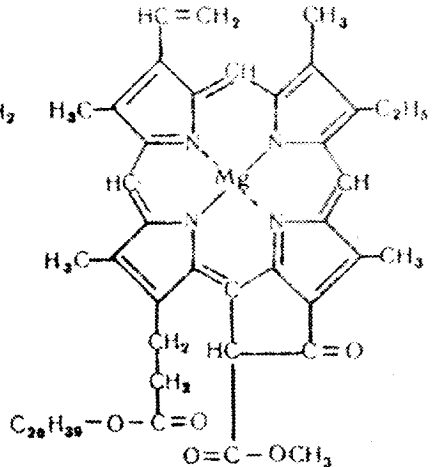
Сонячне світло, що досягає поверхні Землі, - це випромінювання різної довжини хвиль. Частина цього випромінювання сприймається оком як видиме світло різних кольорів. Для фотосинтезу необхідне видиме світло. Однак не всі кольори видимого світла однаково ефективні під час фотосинтезу.

У рослинах присутні молекули різних пігментів. Найбільш розповсюджений природний пігмент, - це хлорофіл *a*.

До складу хлорофілу *a* входить атом Магнію, оточений чотирма атомами Нітрогену. Характер зв'язку між ними такий же, як між йонами Купруму і лігандами амоніаку у комплексному йоні $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Чотири атоми Нітрогену - це частина складної порфіринової структури. У крові тварин є подібна структура - гемоглобін:



Гемін



Хлорофіл *a*

Табл. 18 показує, як швидко перебігають процеси під час фотосинтезу:

Тривалість процесів під час фотосинтезу.

Поглинання фотону; утворення збудженої молекули хлорофілу	10^{-15} с
Реакції переносу електрону	$10^{-12} - 10^{-3}$ с
Відновлення CO_2 і утворення продуктів фотосинтезу	$10^3 - 1$ с
Використання продуктів фотосинтезу рослинами	$1 - 10^3$ с

Кінцеві продукти фотосинтезу забезпечують людство їжею і теплом.

Фотосинтез

Біомаса	Викопне паливо
<ul style="list-style-type: none"> • їжа; • біогаз; • торф; • деревина; • олії; • спирти 	<ul style="list-style-type: none"> • вугілля; • нафта; • природний газ

На фотосинтез витрачається тільки дуже невелика частина сонячної енергії, що досягає поверхні Землі: всього 0,03%. А що здійснюється з рештою? Це подано на рис. 40.

Сонце постачає на нашу планету близько $1,7 \cdot 10^{17}$ Вт енергії електромагнітного випромінювання. Майже 1% площі планети, що покрита колекторами випромінювання з ефективністю 10%, може зібрати 10^{11} кВт енергії (разом у світі використовується близько 10^{10} кВт).

Існують труднощі, що пов'язані з удосконаленням технології уловлювання та переробки енергії Сонця на іншу форму енергії. Між тим, з кожним роком масштаби використання енергії Сонця продовжують зростати. Нині доступні такі методи переробки енергії Сонця:

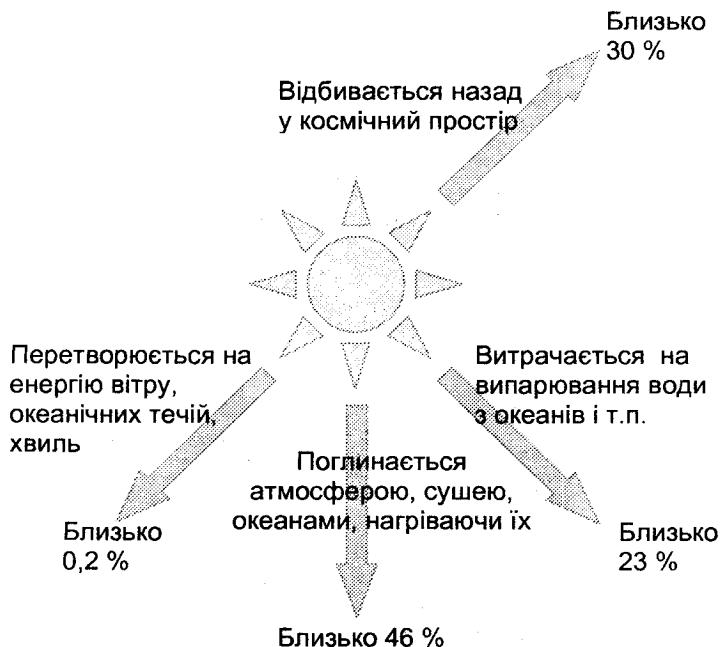


Рис. 40. Що здійснюється з енергією, що надійшла до Землі від Сонця і не приймає участь у фотосинтезі?

1. Фотогальванічні елементи (ФГЕ). Вони перетворюють сонячне світло на електричну енергію. Такі сонячні батареї можуть працювати протягом майже 30 років як джерела живлення калькуляторів, годинників, штучних супутників.

Механізм їхньої дії полягає в тому, що потік фотонів від Сонця, потрапляючи на поверхню двошарового напівпровідника, збуджує електрони. Останні мігрують до поверхні розділу між кремнієвими пластинами (р- та n-типів) та генерують там різницю потенціалів (рис. 42).



Рис. 41. Ви подякували сьогодні дереву?

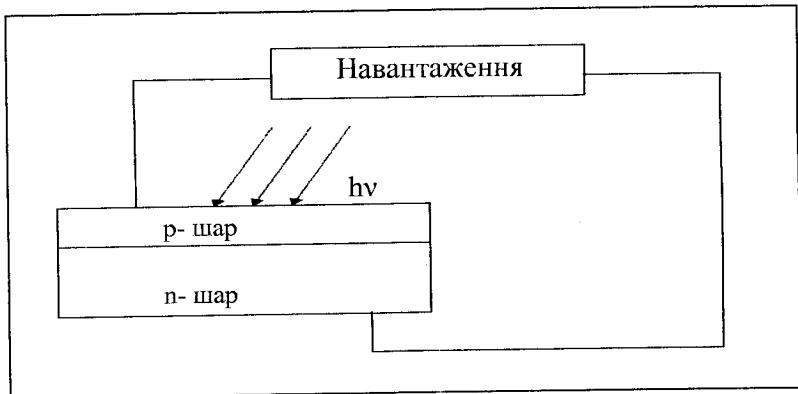


Рис. 42. Схема фотогоальванічного елемента (ФГЕ)

Одна з складностей у виробництві ФГЕ — одержання бездомішкових, високочистих напівпровідників, наприклад з кремнію, з високим ступенем монокристалічності. Для ФГЕ є характерними екологічна чистота та невичерпаність джерела енергії (на відміну від ядерного палива).

2. Сонячні термоустановки (дзеркальні геліоконцентратори). Ці системи перетворюють сонячну енергію в теплову. Вони прості у будові та досить розповсюджені. Система дзеркал, що спостерігає за Сонцем, фокусує його промені та збирає їхню енергію, щоб довести до кипіння робочу рідину (H_2O або $NH_3(p)$). Кип'ятильник працює, як звичайна тепла машина і може виробляти електричну енергію, віддаючи теплову електрогенератору.

Створення легких дзеркал і використання рідин з високою теплопровідністю, наприклад розплавів солей, може суттєво поліпшити якість сонячних термоустановок.

3. Цікавим є проект розміщення ФГЕ на спеціальних платформах, які обертаються навколо Землі. До Землі зібрана енергія буде надходити у вигляді потоку випромінювання з перетворюючою частотою — мікрохвильового променя. На Землі ці промені можна прийняти та перетворити на електричну енергію, яка буде використана для одержання водню. Останній можна зберігати, транспортувати та легко, за мірою необхідності, використовувати як пальне (зокрема знову одержувати енергію).

4. Заслуговує на увагу проект "Генератор Океан–Сонце". Робота цього генератору полягає у використанні різниці температур у океані. Поверхневі води у тропіках звичайно нагріваються Сонцем до $20\text{--}25^\circ\text{C}$, на глибині $1\text{--}2$ км температура знижується до 5°C . Залишається тільки створити конструкцію з безперервним робочим циклом типу теплової машини, де, наприклад, амоніак (NH_3) міг би по черзі конденсуватись у нижній частині агрегату (глибоководній) і кипіти у верхній. Такий колектор, принцип якого ґрунтується на температурному градієнті, має бути ефективнішим, ніж ФГЕ або геліоконцентратори, тому що він добуває енергію, накопичену океаном за попередній час опромінювання.

2.2. Принципи біоенергетики

Енергію можна добувати з рослинної біомаси. Про це люди знали давно, з тих пір як почали розпалювати вогнища. Можливі способи добування енергії з біомаси наведено на рис. 43.

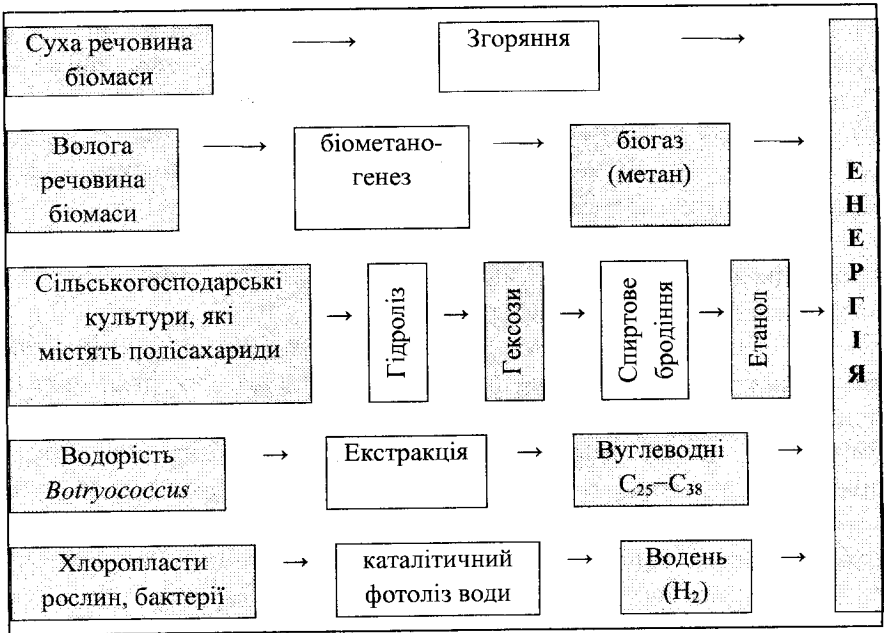
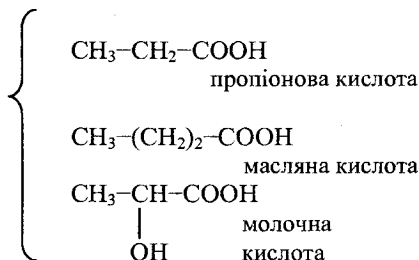
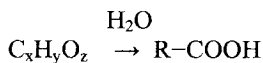


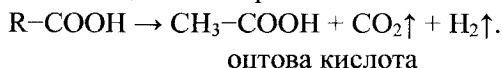
Рис. 43. Можливі способи добування енергії з біомаси

Розглянемо деякі особливості наведених способів виробництва біоенергії за допомогою рослин та мікроорганізмів.

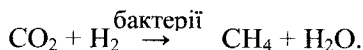
1. Одержання біогазу (біометаногенез). Процес біометаногенезу здійснюється в три стадії за допомогою бактерій. На першій стадії відбувається розчинення та гідроліз складних органічних сполук до карбонових кислот (пропіонової, масляної, молочної):



Друга стадія — це *ацидогенез* (одержання оцтової кислоти) під дією оцтовокислих бактерій:

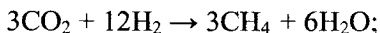
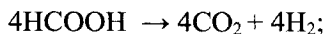
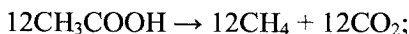
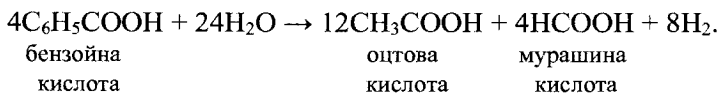


Третя стадія — *метаногенез* (одержання метану):



Біогаз — це газ, який складається з метану (65%) та вуглекислого газу (30%).

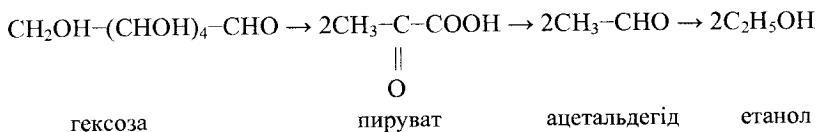
Метан можна одержати з ароматичних сполук, наприклад з бензойної кислоти. Цей процес використовують під час утилізації відходів. У природі цим шляхом йде біотрансформація деяких біоцидів:



Сільськогосподарські відходи та екскременти тварин, а також каналізаційні та промислові викиди можна використовувати для одержання значних кількостей палива у вигляді метану в спеціальних реакторах. Є країни (Індія, Китай, Філіппіни), які розробили національні енергетичні програми виробництва метану.

2. Як альтернативне паливо в двигунах внутрішнього згорання можна використовувати етанол і метанол.

Перспективнішим за хімічний синтез є процес виробництва етилового спирту за допомогою мікроорганізмів (спиртове бродіння). Сировиною для виробництва етанолу можуть бути сільськогосподарські культури, такі як буряк, сорго, кукурудза, тростина та ін. Ферментативний процес спиртового бродіння має такі стадії:



Окрім етанолу при спиртовому бродінні можна одержати метанол, ацетон, *n*-бутанол, які також використовують як альтернативне паливо в двигунах внутрішнього згорання.

Упроваджуючи такі способи одержання біоенергії деякі країни (наприклад, Бразилія) розв'язують деякою мірою проблему економії енергоресурсів і забруднення повітря викидами транспортних засобів.

3. Виробництво вуглеводнів за допомогою мікроорганізмів. Цікаво, що вуглеводні можна одержати за допомогою одноклітинної водорості *Botryococcus brauni*, яка містить від 15% до 75% алкенів з числом атомів Карбону від 25 до 38. Вони одержали назву ботріококкцени. Ботріококкцени, які виробляються цією водорістю можна використовувати як сировину для нафтохімічної промисловості (тобто як альтернативний матеріал нафти).

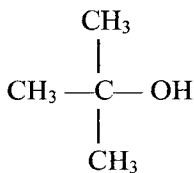
Існують переваги і недоліки відносно використання метанолу, як палива. Розглянемо їх.

Метанол добре згоряє у автомобільному двигуні. Його згорання більш повне, ніж бензину, так що кількість викидів, зокрема CO, значно зменшується. При цьому не виділяється канцерогенних парів бензолу та інших ароматичних вуглеводнів. У метанолу високе октанове число (114), і для його використання потрібні тільки незначні зміни у двигуні та паливному насосі. Окрім того, метанол дешевий продукт.

Чому тоді ми не використовуємо метанол як автомобільне паливо? В решті решт, у гонках “Формули 1” його використовують протягом тривалого часу. Метанол менш леткий, ніж бензин, і менш вибухонебезпечний.

Деякі країни, наприклад, Німеччина, США використовують метанол як присадку до бензину.

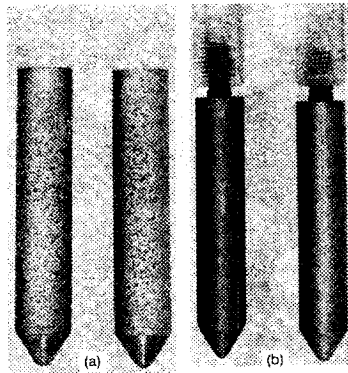
Основна проблема під час використання разом метанолу і бензину – це проблема змішування двох рідин. Метанол і бензин мають тенденцію до розшарування, а для роботи у двигуні потрібна однорідна рідина. Так, наприклад, у Німеччині роблять таким чином: додають до метанолу більш вищий спирт, ТБС (трет-бутиловий спирт). ТБС добре розчиняється і в метанолі, і в бензині.



трет-бутиловий спирт (ТБС)

Іншою проблемою є те, що суміш бензину і метанолу гігроскопічна, поглинає водяну пару з повітря. Вода, що міститься у метанолу викликає корозію деталей двигуна (рис. 44).

Коли вміст води досягає критичної маси (близько 0,5%), виникає розшарування: зверху утворюється шар бензину, знизу – шар воднево-метанолової суміші.



- а) сталеві стержні були занурені у бензин, який містить метанол;
б) стержні, які були занурені у звичайний бензин.

Рис. 44. Метанол адсорбує воду і стає корозійно-агресивним

Під час використання метанолу вміст шкідливих домішок в автомобільних викидах зменшується, але метанол сам по собі токсичний. Тривала дія метанолу може призвести до сліпоти та руйнуванню мозку.

Окрім того, 1 літр метанолу дає на 40% менше енергії, ніж 1 літр бензину. Це означає, що автомобіль буде возити більш важкий бак з паливом і повинен частіше заправлятися.

Чи існують альтернативні шляхи розв'язання проблеми палива?

Удосконалення конструкції двигуна, ефективні каталізатори, ретельний підбор сумішей – це співвідношення, завдяки якому бензин залишається основним видом палива, не дивлячись на проблеми, пов'язані із необхідністю зниження викидів, та різні нововведення.

Світові запаси нафти обмежені, і вже сьогодні необхідно серйозно подумати з приводу можливих альтернатив у майбутньому. Таким чином, запрошуємо вас подумати над тим, які альтернативні види палива можуть бути використані у якості моторного.

2.3. Способи добування енергії з водню.

Якщо викопне паливо замінити на водень, то ніяких забруднень навколишнього середовища не буде. Це основна теза водневої енергетики.

За допомогою водню значно легше здійснювати передачу енергії на великі відстані. Гідроген – найпоширеніший елемент на планеті, запаси його практично невичерпані. Водень можна використовувати як пальне для літаків і частини наземного транспорту. Теплотворність водню (у перерахунку на одиницю маси) вище, ніж у інших видів палива:



У металургії у разі використання водню в доменних печах виділялась би чиста водяна пара, а під час переробки руди — елементарна сірка і вода. Навіть коли водень буде згорятиме не повністю, то це не буде призводити до забруднення атмосфери: цей газ не є токсичним і легко дифундує до верхніх атмосферних шарів.

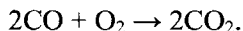
Однак у природі немає запасів вільного водню. Головним чином він зв'язаний з киснем і утворює воду, увіходить до складу вуглеводнів нафти, газу та інших органічних сполук. Тому перш ніж використовувати, його треба виділити із природних сполук. Для цього використовують різні способи.

Способи одержання водню:

1. Синтез Боша:



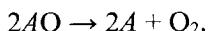
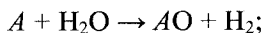
Зі складу водяного газу (CO + H₂) карбон(II) оксид вилучається окисненням:



Але вугілля — обмежений ресурс, тому перспективним джерелом водню є вода.

2. Терморозклад води — нерентабельний процес (вихід водню близько 1% при T=2000°K).

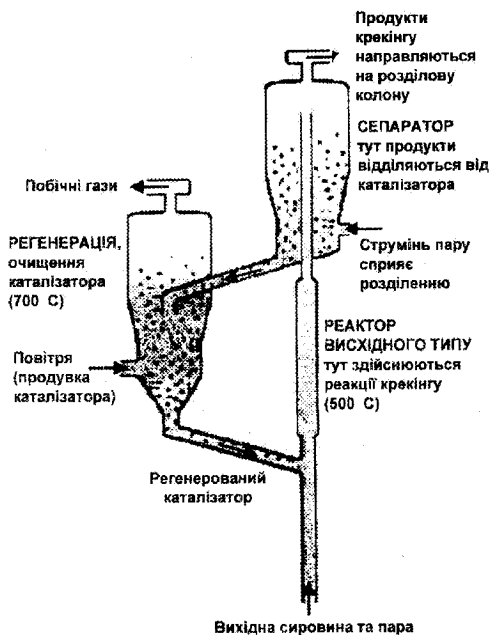
3. Хімічний процес з будь-якою речовиною A через стадію утворення оксиду:



4. Крекінг вуглеводнів.

Крекінг — високотемпературна переробка нафти, під час якої в результаті розщеплення речовини з більшою молекулярною масою утворюються речовини з меншою молекулярною масою.

Під час крекінгу завжди одержують багато різних речовин, що відокремлюють один від одного у спеціальних колонах. Важливу роль у цьому процесі відіграють цеоліти (рис. 45).



5. Електроліз води або водного розчину натрій хлориду NaCl .

Під час проходження електричного струму крізь водні розчини солей активних металів, розміщених у ряду електрохімічних потенціалів до алюмінію включно, на катоді відновлюватимуться не йони металу, а молекули води. Так, електроліз водного розчину натрій хлориду відбувається за схемою:

Рис. 45. Схема каталітичного крекінгу

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які методи переробки енергії Сонця ви знаєте?
2. У чому полягає принцип дії ФГЕ?
3. Опишіть принцип дії сонячних термоустановок.
4. Назвіть основні недоліки та переваги сонячної енергетики.
5. Які способи добування енергії з біомаси ви знаєте?
6. Що таке біогаз?
7. Наведіть хімічні рівняння способів одержання етанолу.
8. Назвіть основні переваги та недоліки водневої енергетики.
9. Які способи одержання водню ви знаєте?
10. Щорічно $3 \cdot 10^{24}$ Дж сонячної енергії досягає поверхні Землі. Розвідані запаси викопного палива на Землі складають $3 \cdot 10^{22}$ Дж. Потреби людства в енергії оцінюються близько $3 \cdot 10^{20}$ Дж на рік.
а) Яку частину земної поверхні (у відсотках) необхідно покрити сонячними колекторами з ККД у 10% для того, щоб забезпечити потребу людства в енергії саме за рахунок сонячного випромінювання?
11. Підраховано, що якби уся енергія, що надходить до поверхні Землі від Сонця за 1 день, повністю перетворювалася під час фотосинтезу на хімічну енергію вуглеводів, то синтезованих вуглеводів було б достатньо для того, щоб нагадувати людство протягом року. Назвіть причини, по яким тільки невелика частина сонячної енергії перетворюється рослинами на вуглеводи.

МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

§1. ПОНЯТТЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ТА ЙОГО ВИДИ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

- 1.1. Види моніторингу довкілля (санітарно-гігієнічний, екологічний, біосферний).
- 1.2. Біоіндикація стану довкілля. Загальні поняття та принципи біоіндикації.
- 1.3. Біодіагностика стану природного середовища за рослинами.
- 1.4. Біодіагностика вмісту мікроелементів у ґрунті.

Ключові слова

<i>Моніторинг довкілля</i>	<i>Monitoring</i>
<i>Санітарно-гігієнічний моніторинг</i>	<i>Sanitary hygienic monitoring</i>
<i>Екологічний моніторинг</i>	<i>Ecological monitoring</i>
<i>Біосферний моніторинг</i>	<i>Biosphere's monitoring</i>
<i>Біоіндикація</i>	<i>Biological indication</i>
<i>Біосенсор</i>	<i>Biosensor</i>

1.1. Види моніторингу довкілля (санітарно-гігієнічний, екологічний, біосферний).

Моніторинг довкілля – це комплексна система спостережень, оцінки і прогнозу змін біосфери та її окремих компонентів під впливом антропогенних факторів. Дві альтернативних концепції було розроблено на початку 70-х рр. ХХ ст. Ю. Израєлем та І. Герасимовим.

Ю. Израєль (1974, 1979 рр.) визначав моніторинг довкілля як систему спостережень, оцінки та прогнозу антропогенних змін стану

абіотичних компонентів біосфери, зворотної реакції екосистем на ці зміни та антропогенних змін, що пов'язані з господарською діяльністю людини.

За І. Герасимовим (1975 р.), моніторинг – це система спостережень, контролю та управління станом довкілля.

На підставі цих визначень система моніторингу охоплює три рівня: санітарно-гігієнічний, екологічний та біосферний.

Санітарно-гігієнічний моніторинг – це система спостережень за якістю довкілля, головним чином з точки зору охорони здоров'я населення. У межах цього соціально важливого рівня моніторингу здійснюється спостереження за ступенем забруднення природного середовища шкідливими токсичними речовинами і впливом цього забруднення на людину, рослинність та тварин. При санітарно-гігієнічному моніторингу визначають наявність фізичних видів забруднення (електромагнітних, шумових), забруднень алергенами, патогенними мікроорганізмами, запашними речовинами; здійснюється контроль за вмістом у атмосфері оксидів сульфуру, нітрогену, карбону, сполук важких металів, радіаційним фоном. У водних об'єктах визначається ступінь їх забруднення різноманітними органічними речовинами, нафтопродуктами. При спостереженнях використовують санітарні норми та показники, що характеризують стан середовища з точки зору його можливого впливу на організм людини.

Екологічний моніторинг контролює стан екологічних систем (біогеоценозів) і природних комплексів, зміну стану окремих видів природних ресурсів (водних, земельних, рослинних, ресурсів тваринного світу та ін.). Нині у системі екологічного моніторингу не має єдиної системи показників і стандартів стану природних ресурсів. У зв'язку з цим ступінь порушення природних комплексів, екосистем та інших компонентів біосфери визначається порівняно з показниками аналогічних систем та компонентів біосфери. Про ступінь антропогенної дії судять, наприклад, по забрудненню поверхових водоймищ, по зниженню родючості земель. Ступінь і характер порушення у природних комплексах оцінюють порівняно із

аналогічними екосистемами стаціонарних дослідних майданчиків або природних територій (заповідників), які особливо охороняються.

Біосферний (глобальний) моніторинг призначений для спостереження за фоновим станом довкілля на значних територіях. Об'єктами його спостережень є радіаційний рівень, наявність в атмосфері вуглекислого газу, озону, зміна кліматичних характеристик, ступінь забруднення Світового океану та інші параметри. Програму глобального моніторингу (Глобальна система моніторингу навколишнього середовища – ГСМНС) було прийнято в Найробі в 1974 р. Вона передбачає систематичне вивчення довкілля за єдиною програмою та уніфікованими методиками на 8 континентальних, 77 базових та 616 біосферних регіональних станціях, які розташовані у різних точках земної кулі. У країнах СНД спостереження за програмою ГСМНС здійснюються гідрометеослужбою та на територіях біосферних заповідників.

Залежно від території, яка охоплюється спостереженнями моніторинг розділяють на три види: базовий (глобальний або загально-біосферний), регіональний та імпактний (локальний). Окрім того, залежно від методів, які використовують при визначенні стану довкілля, та об'єктів спостереження, виділяють такі види моніторингу:

- фізичний (геліофізичний, гравіметричний, магнітометричний, йоносферний, метеорологічний, гідрологічний, сейсмологічний, радіометричний та ін.),
- хімічний (гідрохімічний, біогеохімічний та ін.),
- геоморфологічний (геодезичний, ерозійний та ін.),
- біологічний (ботанічний, зоологічний, мікробіологічний, альгологічний та ін.),
- ґрунтовий,
- гео(еко)системний,
- аерокосмічний.

Найбільш певні та повноцінні результати дає комплексний підхід до оцінки стану довкілля, який охоплює різні методи моніторингу.

1.2. Біоіндикація стану довкілля. Загальні поняття та принципи біоіндикації.

Індикація – це кількісне та якісне визначення хімічних речовин в об'єктах навколишнього середовища, в організмах людей і тварин.

Серед різних методик одне з провідних місць посідає біоіндикація факторів зовнішнього середовища, яка ґрунтується на врахуванні морфологічних змін живих організмів відповідно до умов розвитку. Цей метод набув значного поширення через ряд переваг живих індикаторів.

Біоіндикатори — організми, присутність, кількість та особливості розвитку яких є показниками природничих процесів, умов або антропогенних змін середовища існування. Біоіндикатори сумують усі без виключення біологічно важливі дані про оточуюче середовище і відображають його стан загалом; показують швидкість перебігу змін у природному середовищі; вказують шляхи і місця накопичення в екологічних системах різного роду забруднень і можливі шляхи переміщення останніх по ланцюгах живлення.

Під *біоіндикацією* розуміють комплекс специфічних реакцій живого організму або біологічного елементу на дію визначеної речовини, причому ці реакції можна реєструвати та за цими результатами давати оцінку наявності забруднювача та його концентрації. Методи біоіндикації ненові. Ще у минулому столітті шахтарі брали з собою до шахти канарок для визначення гримучого газу. Приклади використання методів біоіндикації можна знайти на будь-якому етапі розвитку людства та у різноманітних видах діяльності людей: у полюванні, для визначення перспективних місць рибальства, прогнозу стихійних лих, під час пошуку корисних копалин та ін. Біоіндикацію перспективних районів ловлі риби здійснюють спеціальні судна, які орієнтуються у своїй діяльності на кількість та склад планктону. У цьому випадку планктон грає роль позитивного стресору та біоіндикатору, стан якого визначає можливі запаси риби у визначеному районі.

Використання для цілей визначення стану довкілля живих організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів, грибів, лишайників)

пов'язано з тим, що деякі з них дуже чутливі до різних факторів середовища існування (до кліматичних та погодних умов, хімічному складу повітря, ґрунтів, води). Унаслідок своєї видової толерантності (здатності організму переносити несприятливий вплив того або іншого фактору середовища "екологічної витривалості") живі організми можуть існувати тільки в окремих межах (діапазонах) дії факторів. Так, склад планктону у водоймах, з одного боку, свідчить про ступінь сприятливості умов існування, а з іншого — характеризує локальні (імпактні) умови існування. Лишайники та хвойні дерева можуть визначати чистоту повітря і наявність промислових забруднень. Видовий склад нижчих рослин і тварин, які мешкають у ґрунтах, є специфічним для різних ґрунтових комплексів, і тому якісні та кількісні зміни цих видів можуть визначати забруднення ґрунтів хімічними речовинами або зміни ґрунтів під впливом господарської діяльності.

Найбільш широко біоіндикація використовується для оцінки ступеня та характеру забруднення поверхневих вод, які використовують для питного водопостачання та господарських цілей, а також для біотестування стічних вод різної ступені очистки з метою оцінки роботи очисних споруд.

Характерними морфологічними порушеннями у рослин, які відчують великий температурний або хімічний стрес, є відмирання органічних ділянок тканини — різні типи некрозів (рис. 46). Найбільш часто некрози спостерігають у дерев, які ростуть у промислових містах на вулицях, де зимою посипають солями (наприклад, NaCl). Додатковий розвиток некрозів викликають вихлопи автомобілів. За деякий час появи хлорозів і некрозів в більшості випадків спостерігається дефоліація (скидання листів).

Значний вплив на рослини чинить радіоактивне випромінювання. У цьому випадку крім багаточисельних появ некрозів з'являються виродливі скривлення та надуття пагінців і листів, зміни числа частин квіток, зміна полу, а іноді здійснюється загибель рослин.

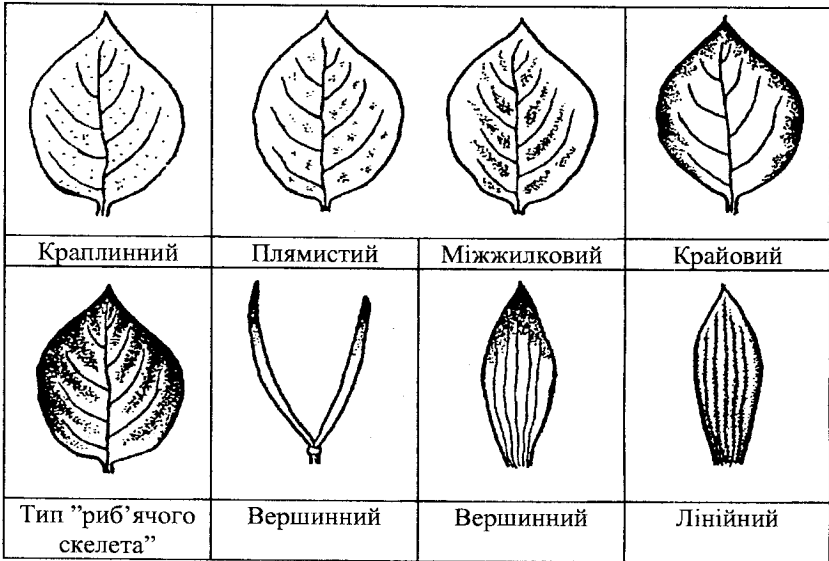


Рис. 46. Форми некрозів листя двосім'ядольних та односім'ядольних рослин та на хвої

Одним з найрозповсюджених систем контролю за забрудненнями, де використовуються живі організми, є метод визначення БСК (біологічне споживання кисню). За цим методом фіксують метаболічну активність мікроорганізмів, які окиснюють речовини, які містяться у пробі води. Чим більш забруднена вода, тим у більших кількостях потрібний кисень мікроорганізмам. Саме для швидкого визначення БСК води було розроблено перші біосенсори. *Біосенсор* – це аналітичний пристрій, головною частиною якого є чутливий електрод, який містить ферменти або мікроорганізми між напівпроникними мембранами. Завдання останніх — відреагувати на появу в зоні електроду забруднювача, причому ця реакція, як правило, специфічна. Ферменти, групи клітин або мікроорганізми "впізнають" тільки комплементарний їм хімічний агент. Далі електрод перетворює цю реакцію-відповідь на електричний сигнал, який повинен бути інтерпретований дослідником.

Реакції, які здійснюють біокаталізатори, проходять з великими швидкостями, і тому ферменти у біосенсорах дозволяють робити аналіз практично миттєво, що є дуже цінною характеристикою для екологічного контролю.

У найближчому майбутньому біосенсиори знайдуть широке використання саме в галузі аналізу стану довкілля. Вже зараз їх використовують для виявлення таких токсикантів, як поліхлородифеніли, похідні ДДТ, ароматичні вуглеводні та ін. У деяких випадках біосенсиори використовують для оцінки якості продуктів харчування. Так, у Канаді та Японії виробляють рибні напівфабрикати, на упаковці яких показана біосенсорна оцінка вмісту у рибі ксантинів, проміжних продуктів обміну нуклеїнових кислот, які підлягають виведенню з організму.

Сучасний біосенсор — це продукт двох технологій: адже біомолекула, надсилаючи сигнал про виявлену речовину, повинна бути зв'язаною з реєструючими цей сигнал датчиками — мікроелектродами або оптичними волокнами (табл. 19).

Таблиця 19

Приклади біосенсорів та реєструючих їх сигнал фізичних датчиків, які використовуються для виявлення деяких забруднювачів

Речовина, що виявляється	Біосенсор	Фізичний сенсор
Канцероген бензо(а)пірен	Антитіло до бензо(а)пірену	Флуорометр на оптичному волокні
Етанол	Фермент дегідрогеназа з коферментом NADH	Окисно-відновний електрод
Газ нервово-паралітичної дії	Рецептор ацетилхоліну	Вимірювання електропровідності
Інсектицид паратіон	Антитіло до паратіону	П'єзокристал

На думку американського еколога Ю.Одума (1975 р.), вибираючи біоіндикатор необхідно враховувати такі положення:

1. Стенотопні види (тобто види, які пристосовані до існування у суворо визначених умовах), більш рідкі в угрупованнях, як правило, є найкращими індикаторами, на відміну від евритопних видів (широко розповсюджені, мають широкий діапазон екологічної витривалості).

2. Під час спостережень протягом тривалого часу крупні види є найкращими індикаторами, ніж дрібні, тому що швидкість обігу останніх у біоценозах вища і вони можуть не попасти у пробу на момент дослідів.

3. При виділенні виду (або групи видів), які використовують як індикатор дії будь-якого фактору, необхідно мати польові та експериментальні дані про лімітні значення цього фактору, враховуючи можливі компенсаторні реакції організму і толерантність виду (групи видів).

4. Чисельне співвідношення різних видів (популяцій або угруповань) є більш надійним та найкращим індикатором, ніж чисельність одного виду ("ціле краще, ніж частина", відображує загальну суму умов).

При активних методах спостережень за станом довкілля види-індикатори можуть укорінюватися в екосистему штучно. Спостереження за організмами-індикаторами в екосистемах, як правило, мають пасивний характер і називаються пасивним моніторингом.

У ряді випадків розрізняють накопичувальні та чутливі індикатори. Накопичувальні індикатори концентрують забруднюючі речовини у своїх тканинах, окремих органах та частинах тіла, які потім використовують для визначення ступеня забруднення довкілля за допомогою хімічного аналізу. Моніторинг з використанням подібних біоіндикаторів потребує складного та коштовного обладнання, трудомістких методик і під силу тільки спеціалізованим лабораторіям. Прикладом подібних індикаторів можуть служити хітинові панцирі ракоподібних личинок комах, які мешкають у воді, мозок, нирки, селезінка, печінка ссавців, черепашки молюсків, мохи.

Чутливі біоіндикатори реагують на зміни стану довкілля зміною чисельності, фенотипу, пошкодженням тканин, соматичними

проявами (у тому числі виродливістю), зміною швидкості росту та іншими добре помітними (візуально або за допомогою простіших оптичних приладів) ознаками. Прикладами чутливих біоіндикаторів є лишайники, хвоя дерев (її хлороз, некроз) та інші зміни. Проте за допомогою чутливих біоіндикаторів не завжди можливо встановити причини змін, тобто факторів, які визначають чисельність, зовнішній вигляд або форму біоіндикатора. Це є одним з основних недоліків біоіндикації, оскільки ефект, що спостерігається може породжуватися різними причинами або їх комплексом. Треба відмітити, що різниця між чутливими та накопичувальними біоіндикаторами недостатньо чітка, тому що при тривалому впливі шкідливих факторів поряд із зовнішніми (що визначаються візуально) змінами, можуть проявлятися морфологічні (до патологічних) зміни у тканинах і генетичні наслідки, які дослідник під час короткочасних спостережень може не зафіксувати.

Біоіндикацію середовищ (грунту, повітря, води) найбільш корисно використовувати разом з інструментальним контролем стану навколишнього природного середовища, який застосовується при імпактному або локальному моніторингу джерел (об'єктів) забруднення. У даному випадку живі організми-біоіндикатори можуть бути "біодатчиками" забруднення екосистем, які дозволяють з'ясувати, з одного боку, масштаби та закономірності накопичення забруднюючих речовин у живих організмах, а з іншого – виявити потенційні джерела попадання забруднюючих речовин до більш високих ланок харчових ланцюгів.

У результаті глобального та регіонального антропогенного забруднення з повітрям і водою, а також при скиді та похованні відходів до ґрунту надходять підвищені кількості речовин, що вміщують катіони металів. Це призводить до збільшення їх надходження до організму рослин та накопиченню в органах і тканинах. Підвищена кількість мікроелементів і сполук важких металів викликає порушення метаболізму окисних процесів тканин рослин і відповідні ознаки надмірного вмісту, аж до токсичного вмісту в тканинах та загибелі рослин. За умов різкої нестачі чи

надлишку одного чи кількох хімічних елементів виникають адаптовані або неадаптовані форми рослин. У адаптованих рослин надлишок хімічних елементів або виводиться з організму, або концентрується ньому. В останньому випадку порушується нормальний обмін речовин, і виникають нові фізіологічні або анатомічно-морфологічні стійкі форми, з яких поступово відособлюються ендемічні різновиди.

Наукові основи фітоіндикації під час пошукових робіт на корисні копалини ґрунтуються на дослідженні геоботанічних аномалій на бруньках, які вказують на поклади нафти, природного газу, рудних тіл, мінералів.

Поява будь-яких відхилень у морфології або аномалії рослин не може бути єдиним критерієм біоіндикації. Попирення організмів у природі залежить не тільки від наявності необхідних речовин, співвідношення і стану критичних фізичних факторів, а також від діапазону толерантності (стійкості) самих організмів до цих чи інших компонентів середовища. Знаючи цей діапазон, можна оцінювати ґрунти та фізичні умови відповідно до видового складу біоценозу.

Табл. 20 містить приклади ознак надмірного вмісту мікроелементів у ґрунті.

Таблиця 20

Ознаки надмірного вмісту мікроелементів у ґрунті

Мікроелемент	Ознаки
1	2
Цинк	Тканина некротична, хлороз листя, молоде листя жовтіє, верхинні бруньки відмирають, більш старе листя може опадати без в'янення, жилки забарвлюються у червоні або чорні кольори (на ранніх стадіях пошкодження схожі з нестачею заліза). Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, при цьому пошкоджується вся рослина.
Манган	Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, пошкодження місцеві. Тканина некротична, хлороз розвивається між жилками молодих листів, перетворюючи їх на жовті або білуваті з темно-коричневими або майже білими некротичними плямами, листя скривляється та зморщується (у цьому основна відзнака від голодування).

1	2
Ферум	Тканина не є некротичною. Хлороз розвивається між жилками молодих листів, жилки залишаються зеленими, пізніше весь лист стає жовтим або білуватим, що схоже з голодуванням.
Купрум	Хлороз молодого листа, жилки залишаються зеленими.
Фосфор	Перші ознаки з'являються на дорослих рослинах, пошкоджується вся рослина. Тканина некротична, загальне пожовтіння листя; жовтуваті або коричневі кінці та краї більш старого листя; поява яскравих некротичних плям; опадання листя, у деяких рослин схоже з калійним голодуванням, у інших – з надлишком Нітрогену.
Магній	Листя трохи темніють і зменшуються; іноді спостерігається згортання та морщення молодого листя, на пізніх стадіях росту кінці їх утягнуті та відмирають, особливо при ясній погоді.
Калій	Тканина не є некротичною. На ранніх стадіях слабкий ріст рослин, світло-зелене забарвлення листя; на пізніх стадіях ріст сповільнюється, на листях з'являються плями, листя в'яне та опадає.
Сульфур	Загальне огрубіння рослин; листя маленькі, тьмяно-зелені, стебла тверді, пізніше листя згортаються усередину та покриваються наростами, краї їх стають коричневими, потім блідо-жовтими.
Хлор	Загальне огрубіння рослин; листя маленькі, тьмяно-зелені, стебла тверді, у деяких рослин на старих листях з'являються пурпурно-коричневі плями, що призводить до їх опадання.
Нітроген амонійний або нітратний	Пошкодження місцеві. Тканини некротичні; хлороз розвивається на краях листів та розповсюджується між жилками, з'являється коричневий некроз, кінці листів згортаються, потім листя опадає (пошкодження у багатьох рослин схоже з голодуванням).
Кальцій	Хлороз розвивається між жилками з білуватими та некротичними плямами, які можуть бути забарвлені або мати наповнені водою концентричні кільця; у деяких рослин відбувається ріст листових розеток, відмирання паростків і опадання листя (за пошкодженнями схожі на нестачу Магнію та Феруму).
Бор	Хлороз кінців та країв листя, який розповсюджується усередину, особливо між жилками, доки весь лист не стане блідо-жовтим або білуватим; опіки країв листів та некроз із загортанням країв, опадання листя.
Кобальт	У деяких рослин уздовж основних зелених жилок з'являються прозорі, наповнені водою ділянки; між жилками розвивається також некроз; пізніше листя стають коричневими та опадають.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке моніторинг довкілля?
2. У чому різниця визначень поняття "моніторинг" за Ю. Ізраєлем і І. Герасимовим?
3. Назвіть і схарактеризуйте різні рівні моніторингу.
4. Які види моніторингу залежно від території ви знаєте?
5. Назвіть види моніторингу залежно від методів аналізу.
6. Що таке індикація та біоіндикація? Наведіть приклади використання методів біоіндикації.
7. За допомогою яких ознак у рослинах можна визначити забруднення довкілля?
8. Опишіть принцип дії біосенсору.
9. Які положення варто враховувати під час вибору біоіндикаторів?
10. Наведіть приклади ознак надмірного вмісту мікроелементів.
11. Наведіть приклади накопичувальних та чутливих біоіндикаторів.

§2. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕЯКИХ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ

Про що ви дізнаєтесь у цій темі?

- 2.1. Відбір проб. Підготовка зразків до аналізу.
- 2.2. Характеристика основних фізико-хімічних методів.

Ключові слова

<i>Відбір проб</i>	<i>Sampling</i>
<i>Якісна реакція</i>	<i>Qualitative reaction</i>
<i>Гравіметрія</i>	<i>Gravimetry</i>
<i>Титриметрія</i>	<i>Titrimetry</i>
<i>Колориметрія</i>	<i>Colorimetry</i>

2.1. Відбір проб. Підготовка зразків до аналізу.

Для якісного проведення фізико-хімічного аналізу природних об'єктів необхідно правильно провести пробовідбір.

Відбір проб ґрунту

Відбір ґрунтових зразків краще провести у весняний або осінній період. Рекомендується складати об'єднані (змішані, середні) зразки проби з 5–8 індивідуальних, взятих в різних точках ділянки площею від 100 кв. м до 1 га. Ґрунт на багаторічному покладі відбирають з глибини 0–10 см; на ріллі – з глибини 0–20 см; на територіях, зайнятих лісом, – з лісової підстилки; на болотяних ґрунтах — верхній торфовий шар 0–20 см. На практиці для відбору ґрунтових зразків часто використовують метод конверта (рис. 47).

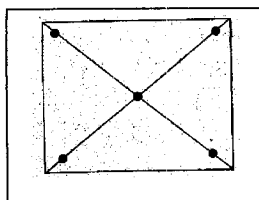


Рис. 47. Відбір ґрунтових зразків методом конверта (* — точки відбору індивідуальних зразків)

Підготовка ґрунту до аналізу складається у подрібненні матеріалу, видаленні сторонніх домішок, просіюванні через сито з діаметром отворів 1 мм і зменшення до невеликої маси (близько 500 г). Для зменшення проби користуються різними методами. Один з них — метод квартування (рис. 48). Подрібнений матеріал ретельно

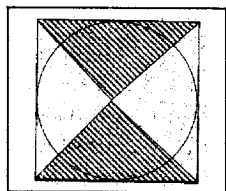


Рис. 48. Підготовки первинної проби методом квартування

перемішують, розсипають рівним тонким шаром у вигляді квадрата або кола, ділять на чотири сектори. Вміст двох протилежних секторів відкидають, а дві інших з'єднують разом. Операцію квартування проводять багато разів, після чого середню пробу висушують до повітряно-сухого стану і зберігають в картонних коробках або паперових пакетах з етикетками.

З отриманого у такий спосіб однорідного матеріалу роблять різні витяги (водні, сольові, кислотні).

Приготування водного витягу

Водний грантовий витяг використовують частіше за все для визначення водорозчинних сполук, а також для визначення актуальної кислотності ґрунту. Для її приготування 20 г повітряно-сухого просіяного ґрунту поміщують в колбу на 100 мл, додають 50 мл дистильованої води, збовтують протягом 5–10 хв і фільтрують.

Приготування сольового витягу

Для визначення обмінної кислотності ґрунту сольовий витяг готують, таким чином. 10 г повітряно-сухого ґрунту поміщують у колбу, додають 25 мл 1М розчину калій хлориду (або натрій хлориду). Вміст добре збовтують і залишають до наступного дня, після чого фільтрують.

Гідролітичну кислотність ґрунту визначають у сольовому ґрунтовому витягу, виготовленому з використанням гідролітично-лужної солі (частіше за все натрій ацетату). У колбу насипають 40 г повітряно-сухого ґрунту, додають 100 мл 1М розчини натрій ацетату, вміст збовтують протягом 1 години (бажано на ротаторі), потім фільтрують.

Приготування кислотного витягу

1 г повітряно-сухого ґрунту помішують у колбу, додають близько 100 мл 10% розчину соляної кислоти. Вміст добре перемішують, нагрівають до кипіння, кип'ять протягом 5-7 хв. Витяг охолоджують, відфільтровують, фільтрат випаровують, додавши 8-10 мл концентрованої нітратної (азотної) кислоти. До сухого залишку після випаровування додають 15-20 мл дистильованої води і концентровану соляну кислоту (до розчинення осаду під час слабкого нагрівання).

Приготування витягу для визначення мікроелементів

Розчини для екстракції і умови приготування ґрунтових витягів для визначення в ній мікроелементів (важких металів) наведено у табл. 21.

Таблиця 21

Розчини для екстракції і умови приготування ґрунтових витягів для визначення мікроелементів

Елемент	Екстрагуючий розчин	Співвідношення ґрунт : розчин	Час взаємодії ґрунту з розчином
В	H ₂ O	1:5	5 хвилин при кип'ятінні
Мо	Оксалатний буферний розчин, рН 3,3	1:10	1 година збовтування
Мп	0,05 М розчин H ₂ SO ₄	1:10	Те ж
Сu	1 М розчин HCl	1:10	Те ж
Zn	1 М розчин KCl	1:10	Те ж
Со	1 М розчин HNO ₃	1:10	Те ж
Мп, Сu	Ацетатний буферний розчин, рН 4,8	1:10	Те ж
Мп, Сu	Ацетатний буферний розчин, рН 4,8	1:5	40 хвилин збовтування
Р, К	0,2 М розчин HCl	1:5 (для мінерального)	15 хвилин
Р, К	0,05 М розчин H ₂ SO ₄	1:25	3 хвилини
Р, К	0,5 М розчин CH ₃ COOH	1:25	19-21 години

Відбір проб води

Виділяють три групи стічних вод:

- побутові або господарсько-фекальні, які містять 46–53 мг/л амонійного Нітрогену, 53–60 мг/л хлоридів, 10–12 мг/л фосфатів, 20 мг/л Калію, 35–45 мг/л органічних речовин;

- виробничі стічні води, які в свою чергу поділяються на умовно чисті та брудні. Кількісний і якісний склади забруднень визначаються характером виробництва;

- атмосферні води, які утворюються внаслідок випадання атмосферних опадів, які вимивають з повітря продукти промислового і побутового походження.

Проба води для аналізу, може бути отримана декількома способами:

- шляхом однократного відбору всієї кількості води, потрібного для аналізу;

- змішенням проб, відібраних через певні проміжки часу в одному місці водоймища, що досліджується;

- змішенням проб, відібраних одночасно у різних місцях водоймища, що досліджується.

Під час відбору проб води використовують посуд з безбарвного скла або поліетилену марок, дозволених для контакту з питною водою. Посуд має бути ретельно вимитий миючими засобами, багато разів ополосканий водопровідною і дистильованою водою, і безпосередньо перед відбором води посуд декілька разів обполіскують водою, що досліджується. Пробки бажано використати скляні або поліетиленові; коркові або гумові пробки обгортають поліетиленовою плівкою.

На практиці зручно користуватися пляшкою. У місцях з утрудненим доступом до води пляшку можна прикріпити до жердини. Для відбору проб з певної глибини використовують саморобний батометр, що складається з пляшки (1 л), з прикріпленим до неї тонким міцним шнуром необхідної довжини. Пляшку закривають пробкою зі шнуром і поміщують у футляр, який має

грузило і петлю. До петлі прив'язують шнур з відмітками, які вказують глибину занурення. На потрібній глибині висмикують пробку з пляшки і після наповнення ємкості водою підіймають її.

Відбір проб води на проточних водоймищах здійснюється на 1 км вище за найближчий за течією пункт водокористування (водозабір для питного водопостачання, місця купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту), а на непроточних водоймищах і водосховищах — на 1 км у обидві сторони від пункту водокористування.

Як правило проби води відбирають в трьох точках (у обох берегів і в фарватері); у разі обмежених технічних можливостей або у невеликих водоймищах допускається відбір проб в одній, двох точках (у місцях найбільш сильної течії). Частіше за все проби відбирають у 5–10 м від берега на глибині 50 см. Об'єктом особливої уваги повинні стати забруднені течії.

Якщо на річці є місця скидів стічних вод від промислових підприємств, тваринницьких ферм і т.п., то відбір проб води проводять нижче за місцем скидання стоків на 500 м, що дозволяє контролювати ступінь забруднення води у річці стічними водами (для порівняння можна взяти пробу на 500 м вище за місце скидання стічних вод).

Якщо передбачається, що унаслідок скидання стічних вод у придонних шарах накопичуються шкідливі речовини, які можуть стати джерелом вторинного забруднення води, відбирають придонні проби на висоті 30–50 см від дна.

У водосховищах, озерах, ставках, де течія води різко уповільнена, якість води може бути неоднорідною на різних ділянках (тут можливе виникнення вторинних джерел забруднення), тому в цих водоймищах, як правило, відбирають серію проб на різних глибинах.

Відразу після відбору проби необхідно зробити запис про умови відбору, напрям вітру, указати дату і час відбору води.

Підготовка води до аналізу

Для одержання достовірних результатів аналіз потрібно

провести як можливо швидше. У воді відбуваються процеси окиснення-відновлення, фізико-хімічні, біохімічні, викликані діяльністю мікроорганізмів, сорбції, десорбції, седиментації і т.п. Можуть змінюватися і органолептичні властивості води — запах, колір, каламутність та ін. Деякі речовини здатні адсорбуватися на стінках посудини (сполуки Феруму, Алюмінію, Купруму, Кадмію, Мангану та ін.), а зі скла пляшок можуть вилуджуватися мікроелементи. У разі неможливості дослідити воду у встановлені для відповідних показників терміни її охолоджують або консервують. Біохімічні процеси у воді можна сповільнити, охолодивши її до 4°C. За цих умов повільніше руйнуються органічні речовини.

Універсального консервуючого засобу не існує, тому проби для аналізу відбирають у декілька пляшок. У кожній з них на місці відбору пробу консервують, додаючи різні реагенти (табл. 22).

Таблиця 22

Способи консервації та терміни аналізу води

Показники якості води	Терміни зберігання		Спосіб консервації і кількість консерванту на 1 л води
	без консервації	з консервацією	
1	2	3	4
Смак і присмак	2 год.		—
Запах	2 год.		—
Каламутність	4 год.	1–2 доби	2–4 мл хлороформу
Прозорість	4 год.		—
Колір	6 год.	1–2 доби	2–4 мл хлороформу
Зважені речовини	4 год.	1–2 доби	2–4 мл хлороформу
pH	під час відбору		—
Здатність до окиснення	4 год.	1 доби	50 мл H ₂ SO ₄ (1:3) (для перманганатної)
			50 мл H ₂ SO ₄ (для дихроматної)
Жорсткість	2 доби		—
Сухий залишок	6 год.	1–2 доби	2 мл хлороформу

Продовження таблиці 22

1	2	3	4
Розчинений кисень	1 доба		–
БПК	3 год.		–
Амоніак та йони амонію	4 год.	1–2 доби	1 мл H_2SO_4 або 2–4 мл хлороформу
Нітрати	4 год.	1–2 доби	те ж
Нітрити	4 год.	1–2 доби	2–4 мл хлороформу
Сульфати	7 діб	1 місяць	3 мл HCl або HNO_3 (до pH 2)
Сірководень і сульфід	1 доба		–
Фосфати	8 год.	1 доба	2–4 мл хлороформу
Фториди	7 діб		–
Хлориди	7 діб		–
Хлор	На місці відбору		–
ПАР	8 год.	1–2 доби	2–4 мл хлороформу
Феноли	8 год.	1–2 доби	4 г $NaOH$
Al, Bi, Mo, Cd, Co, Mn, As, Ni, Hg, Pb, Sr, Ti, Zn, W	4 год.	1 місяць	3 мл HCl або HNO_3 (до pH 2)
Mg, Cr(III) и Cr(VI) окремо	8 год.		–
Cr сумарний	4 год.	1–2 доби	2–4 мл хлороформу
Fe	4 год.	1 доба 1–2 доби	3 мл HCl або HNO_3 (до pH 2)

Підготовка води безпосередньо перед аналізом полягає:

- консервовані проби за необхідністю нейтралізують, а охолоджені нагрівають до кімнатної температури;
- якщо визначенню заважають каламутність і кольоровість, то проводять спеціальну підготовку; проби фільтрують, коагулюють або відстоюють, іноді освітлюють;
- якщо у воді міститься велика кількість комплексуютьовачів і органічних речовин, то для виявлення металів рекомендується провести мінералізацію проби.

Забруднюючі речовини, що знаходяться у природній і питній воді мають, як правило, дуже маленькі концентрації. Для того, щоб визначити присутність цих забруднювачів в умовах навчальної лабораторії, потрібно провести *концентрування* цих домішок одним з вказаних нижче способів.

Методи концентрування:

- Упарювання води. Відбирають 100–1000 мл води (залежно від передбачуваного вмісту компоненту, що визначається, величини ГДК і чутливості методу), що досліджуються і упаровують на закритій електричній плитці, до об'єму близько 50 мл.

- Екстракція домішок, що визначаються в органічний розчинник (метод досить трудомісткий).

- Виморожування води (при цьому домішки, розчинені у воді, збираються у середній частині). Наливають певний об'єм води у високу консервну банку і ставлять в морозильну камеру холодильника. За 3–4 год. банку дістають і виймають крижаний циліндр (заздалегідь нагрів дно і боки банки гарячою водою). На аналіз беруть воду, отриману під час розмороження внутрішньої частини крижаних кубиків. Для збільшення концентрації домішок можна провести декілька послідовних заморожувань проб води, кожного разу вибираючи середню частину крижаного кубика з попереднього заморожування. Якщо під час аналізу проводилося концентрування проби, то для подальших розрахунків необхідно враховувати, об'єм початкового зразка води.

Відбір проб снігу

Відбір проб снігу проводиться один раз на рік в січні–лютому–березні на початку танення. Сніг треба брати по всій глибині його відкладення у скляні банки (зручніше трьохлітрові). Відразу після танення проби, коли температура талої води порівняється з кімнатною, провести її аналіз.

Відбір проб дощу

Для відбору проб дощової води можна використати велику хімічну склянку, кристалізатор або пляшку з широкою воронкою.

Ретельно промитий, сполосканий дистильованою водою і висушений посуд поставити перед дощем на вулицю.

Після дощу виміряти кількість осаду (мм), виміряти рН за допомогою індикаторного паперу або рН-метру, визначити електропровідність і вміст різних хімічних речовин.

Для аналізу роси воду зручніше збирати з чашечок, що утворюються листками манжетки.

Відбір рослинних проб

Правильний відбір рослинних проб має велике значення у хімічному аналізі. Проба повинна відображати типовий склад рослин на ділянці, що обстежується. Для цього відбір об'єднаних проб проводять з великого числа рослин (до 100) у ранкові часи (але не під час роси або після дощу). Необхідні частини (хвоя, листя та ін.) повинні бути відібрані з рослин одного виду, очищені від забруднень ґрунтом і пилом, не мати механічних пошкоджень і пошкоджень від комах. У деяких випадках рекомендується протирати рослини вологою тканиною (що особливо ефективно для гладкого листя).

Якщо аналіз не може бути проведений відразу, зразки рослинного матеріалу висушують. Сушку проводять на повітрі, уникаючи прямого сонячного світла, або у термостаті за температурою 60–80°C. Висушені і подрібнені зразки гігроскопічні, тому їх зберігають в банках з притертими пробками або у поліетиленових пакетах, куди вкладають етикетку з номером і адресною довідкою.

Підготовка рослинних зразків

Перед аналізом підготовлений рослинний матеріал озольють. У практиці біохімічного аналізу використовують в основному два методи зоління — сухе і мокре. В обох випадках процедура забезпечує мінералізацію всіх елементів. Мокре зоління передбачає окиснення рослинного матеріалу сумішшю кислот. Мокре зоління — процес більш швидкий, ніж сухе, однак він пов'язаний з постійним спостереженням за ходом процесу. Як сильні окисники частіше за все

використовують концентровані сульфатну (сірчану) і нітратну (азотну) кислоти.

Метод сухого зоління використовуються для аналізу вмісту в біологічному матеріалі майже всіх макро- і мікроелементів. Сухе зоління рослинних проб проводять в електричній муфельній печі в фарфорових тиглях за температурою 450–500°C.

Після охолодження до золи повільно додають 5–20 мл 6 н розчину хлоридної кислоти і розчиняють неорганічні солі під час нагрівання на киплячій водянній бані протягом 30 хвилин. Потім вміст тиглю кількісно переносять до центрифужної склянки, центрифугують, чистий розчин декантують у мірну колбу, доводять об'єм водою до мітки, ретельно перемішують. Такий розчин придатний для визначення вмісту в початковій пробі багатьох мінеральних елементів різними хімічними і фізико-хімічними методами.

Відбір проб атмосферного повітря

Відбір проб повітря здійснюється або шляхом пропущення потоку повітря через спеціальний прилад протягом певного часу із заданою швидкістю (у деяких випадках порцію повітря протягають через різні поглиначі з подальшим їх аналізом), або шляхом заповнення спеціальної посудини відомого об'єму і подальшим аналізом проби у лабораторних умовах. Існують прилади – газоаналізatori, які можуть здійснювати відбір проби з фізико-хімічним аналізом її складу.

Проби поділяються на разові (з періодом відбору до 30 хвилин) і добові, які визначаються шляхом осереднення не менше 4 разових проб атмосферного повітря, які відібрані через рівні проміжки часу протягом доби.

2.2. Характеристика основних фізико-хімічних методів аналізу (якісні реакції, гравіметричний метод, титриметричний метод, колориметричний метод)

Системи контролю забруднення за допомогою хімічних методів аналізу поділяють на:

- аналітичні методи аналізу;
- сучасні сенсорні (дозволяють проводити експресний та безперервний контроль за хімічними забруднювачами).

Аналітична хімія – наука про визначення хімічного складу речовин, вона складається з якісного та кількісного аналізу.

У загальному випадку хімічний аналіз складається з таких етапів:

1. Переведення досліджуваної речовини у розчин;
2. Відокремлення елементів, що визначаються від інших та їх концентрування;
3. Якісне виявлення і кількісне визначення.

Для відокремлення, концентрування і визначення елементів застосовуються хімічні реакції різних типів.

Принцип, на якому базуються різноманітні методи аналітичної хімії, полягає у використанні кількісного зв'язку між хімічним складом і властивостями речовини.

Важливим завданням аналітичної хімії є знаходження чіткої залежності між складом і властивостями речовин, кількісного вираження цієї залежності, створення простих та надійних засобів і приладів вимірювання властивостей досліджуваних матеріалів, розробка нових методів аналізу, оцінки їх метрологічних характеристик (відтворення результатів аналізу, межі концентрацій, в яких методи дають точні результати), виявлення об'єктів, в аналізі яких ці методи можуть бути застосовані.

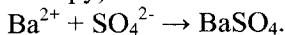
Для хімічного аналізу речовин беруть різні кількості досліджуваного розчину і відповідно до цього – різну кількість реактивів. Метод аналізу, для якого беруть 0,1–1 г речовини, називається *макрометодом*, якщо використовують менше 0,01 г речовини – *мікрометодом*. Проміжний метод аналізу називається *напівмікрометодом*. У більшості випадків користуються напівмікрометодом. Існує і *ультрамикрометод*, коли для аналізу беруть дуже малу кількість речовини, і зовнішній ефект реакції спостерігається під мікроскопом.

Для проведення реакції можна використати одну або кілька краплин розчинів досліджуваної речовини на смужках фільтрувального паперу або на годинниковому скельці. Такий метод називається *краплинним*.

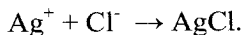
На чутливість реакцій впливає також наявність сторонніх йонів. Реакції, проведенню яких не заважають сторонні йони, називаються *специфічними*. Специфічною реакцією є реакція якісного виявлення йона амонію за допомогою луку, їй не заважають ніякі інші йони. На жаль, таких високоспецифічних реакцій дуже мало. Ось чому під час розробки методів виявлення різних йонів передбачається відокремлення та зв'язування сторонніх йонів.

Ми не ставимо за мету наводити усі відомі якісні реакції. Це є предмет вивчення аналітичної хімії. Наведемо тільки деякі приклади якісних реакцій на певні йони.

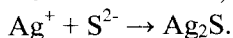
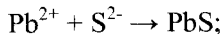
Сульфат-йони можливо виявити за допомогою дії барій хлориду (утворюється осад білого кольору):



Хлорид-йони визначаються за допомогою дії йонів аргентуму (утворюється білий осад):



Сульфід-йони можливо виявити дією йонів плюмбуму (Pb^{2+}) або йонів аргентуму (Ag^+) (в обох випадках утворюється чорний осад):



Для багатьох природних процесів має велике значення величина водневого показника (рН). Так, рослини ростуть нормально лише тоді, коли рН ґрунту має певний інтервал, характерний для певного виду рослин. Корозійна активність природних вод також залежить від рН (нормальна величина рН природних вод має значення близьке до 7). рН крові людини і тварин має певне значення і зміна його може бути показником тієї чи іншої хвороби. Ось чому необхідно частіше визначати точне значення рН ґрунту, біологічних об'єктів, води тощо. Для визначення рН користуються індикаторним (за

допомогою спеціальних індикаторів – фенолфталеїн, лакмус та ін.) та потенціометричними методами. Наприклад, шлунковий сік має рН – 1; розчин цукру – близько 6; розчин питної соди – 9; напій кока-кола – 3; молоко і питна вода – 7; слина здорової людини – 7,3; слина людини за наявності зубного каменю – 4,5–5,0; кофе чорний – 5,0; сухе вино – 3,5; морська вода – 8,8; розчин мила – 8,4; розчини пральних порошків – 10,9; нашатирного спирту – 11,9.

У сучасних системах сенсорів як чутливі елементи-детектори використовують:

а) напилені шари оксидів металів з напівпровідниковими властивостями – ZnO , TiO_2 , NiO та ін. у разі попадання молекул на поверхню такого шару електричний опір останнього різко змінюється, що і реєструє прилад;

б) керамічні солі з сумішей оксидів, наприклад $CrO_3-Al_2O_3-V_2O_5-TiO_2$, $Fe_2O_3-SnO_2$ та ін., які змінюють свою електричну провідність під час сорбції ними деяких хімічних компонентів середовища;

в) тонкі шари металів, наприклад міді або алюмінію, у яких хімічні речовини, що адсорбуються, збуджують кванти плазмових коливань у ІЧ-діапазоні;

г) електрохімічні сенсоры, у яких здійснюються електрокаталітичні перетворення хімічних речовин, які адсорбуються на електродах, а далі аналізуються вольт-амперні характеристики цих процесів;

д) мембранні сенсоры, які мають підвищену селективність виявлення компонентів середовища за рахунок того, що реєструюча система відокремлена від досліджуваного середовища спеціальними мембранами або прошарками, які вміщують чутливі молекули — біологічно активні речовини, ферменти та ін.

Аналітична хімія має широкий арсенал засобів та методів визначення різноманітних компонентів середовища. У табл. 23 наведено порівняльні характеристики деяких найпоширеніших методів аналізу.

Таблиця 23

Характеристика деяких методів аналізу забруднюючих речовин

Метод	Обладнання	Компонент визначення	Відносна селективність	Чутливість	Тривалість аналізу, год.
Гравіметрія	Стандартне лабораторне	Основні компоненти	Добра	0,1–1 г	1–2
Титрування	Стандартне лабораторне	Основні і напівмікрокомпоненти	Добра	10^{-2} – 10^{-7} моль/л	0,25–0,5
Спектрометрія у видимій частині	Калориметр спектрофотометр	Напівмікрота мікрокомпоненти (сліди металів)	Задовільна	10^{-2} – 10^{-7} моль/л	0,5–1
Ультрафіолетова спектрофотометрія	УФ-спектрофотометр	Напівмікрота мікрокомпоненти	Задовільна	10^{-2} – 10^{-7} %	0,5–1
Полум'янева емісійна спектроскопія	Полум'яневий фотометр і спектрофотометр	Металеві мікрокомпоненти	Добра	10^{-3} – 10^{-7} %	0,25–0,5
Атомно-адсорбційна спектроскопія	АА-спектрофотометр	Металеві мікрокомпоненти	Відмінна	10^{-3} – 10^{-7} %	0,25–0,5
Рідинна хроматографія	Рідинний хроматограф під високим тиском	Головним чином органічні сполуки	Добра	10^{-4} – 10^{-7} %	0,5–1
Газова хроматографія	Газовий хроматограф	Органічні та металурганічні сполуки	Відмінна	10^{-1} – 10^{-3} %	0,25–0,5

Окрім дослідження довкілля на вміст поллютантів, особлива увага в екологічному моніторингу приділяється визначенню радіоактивного забруднення. Визначити та виміряти радіоактивність можливо за допомогою багатьох фізико-хімічних і фотохімічних методів.

До основних методів належать:

1) Йонізаційний метод. У лічильнику Гейгера-Мюллера використовують ефект йонізації інертного газу аргону під дією радіоактивного випромінювання:



Позитивні йони Ar^+ рухаються до катоду, електрони – до аноду. Імпульс струму, який виникає при цьому, можливо підсилувати і реєструвати.

2) Сцинтиляційний метод. Деякі речовини, наприклад ZnS , у разі попадання на них радіоактивного випромінювання випромінюють видиме світло. Спалахи світла під час бомбардування радіоактивними частинками датчика, покритого шаром ZnS , реєструють за допомогою сцинтиляційного лічильника.

3) Фотохімічний метод (авторадіографія). Якщо на шар фотографічної емульсії, яка містить галогеніди аргентуму (AgBr і AgCl), розмістити радіоактивний зразок, останній залишить слід, подібний до того, що привів А. Бекереля у 1896 р. до відкриття радіоактивності. Після проявлення фотоплівки радіоактивність зразка оцінюється під час розглядання fotocутливого шару під значним збільшенням. Пляма на рентгенівській пластині діаметром 1 мм відповідає приблизно 10^4 розпадам, або при 30-хвилинній експозиції частинки з активністю $1,5 \cdot 10^{-4}$ мкКи ($1 \text{ Ки} = 3,700 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$). Для визначення вмісту Радону ^{222}Rn у повітрі як сорбент використовують активоване вугілля (норма дорівнює $0,03\text{--}1,1 \cdot 10^{-12} \text{ Ки/л}$)

Останнім часом значно підвищилася роль локальної та регіональної комплексної системи спостереження, оцінки і прогнозу змін стану елементів біосфери. Локальна і регіональна інформаційна системи моніторингу дозволяють повною мірою реалізувати найважливіший принцип екологічної діяльності людини на планеті: «Мислити – глобально, діяти – локально»!

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Опишіть правила відбору проб ґрунту, води.
2. Для чого та яким чином здійснюють консервацію проб води?
3. З яких операцій складається підготовка проб води до аналізу?
4. Опишіть методи концентрування проб води.
5. Яким чином здійснюються відбір та підготовка до аналізу рослинних зразків?
6. Що вивчає аналітична хімія?
7. Що таке специфічні реакції? Наведіть відповідні приклади.
8. Які методи хімічного аналізу ви знаєте?
9. Назвіть основні фізико-хімічні методи аналізу.
10. Якими методами можна визначити радіоактивність?

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторна робота №1

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВІДНОВЛЕНOSTІ СЕРЕДОВИЩА У ГРУНТАХ ТА ДОННИХ ВІДКЛАДЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОГРАФІЇ НА ФОТОПАПЕРІ

Мета: Ознайомлення з методикою визначення активності відновних процесів у ґрунтовому середовищі автографічним методом. Набування навичок лабораторного експерименту.

Окисно-відновні умови у ґрунтах та мулах здійснюють помітний вплив на розвиток рослинних та тваринних організмів цих субстратів. У аеробному середовищі за достатньої кількості вологи процеси мінералізації органічних рештків перебігають досить інтенсивно. Утворюються повністю окисненні форми сполук, наприклад нітрати, фосфати та аніони інших хімічних елементів.

При малому вмісті кисню у субстраті розвиваються анаеробні процеси. За цих умов розклад органічних рештків уповільнюється; у середовищі накопичуються відновники, які негативно впливають на розвиток рослин. Однак тимчасовий стан відновлення у ґрунтах має й позитивну сторону, оскільки стають рухливішими інші хімічні елементи, які є необхідними для рослинних організмів (наприклад, Ферум, Манган, Бор та ін.). Відбувається накопичування солей амонію у ґрунті, підвищується активність багатьох ґрунтових ферментів (дегідрогеназ, пероксидаз та ін.).

Отже, чергування аеро- та анаеробних процесів у ґрунті є необхідною умовою для нормальної життєдіяльності живих організмів. Однак, тривалий анаеробізм (як й аеробіоз) для них небажаний.

Розклад органічних рештків у ґрунтах та мулах відбувається завдяки діяльності мікроорганізмів, груповий склад яких залежить від рівня рН середовища. Таким чином, мікроорганізми можуть служити біоіндикаторами окисно-відновних умов середовища.

В окисненому середовищі переважають аероби, для розвитку яких необхідний кисень. У середовищі, де кисню недостатня кількість містяться відновники (водень, сірководень, метан та ін.) та переважно розвиваються анаероби.

Кількісний вміст аеробів та анаеробів у субстратах можливий, але методично досить складний і виконується у спеціалізованих мікробіологічних лабораторіях. Однак для оцінювання рівня окиснення (відновлення) середовища існують доступні методики. Зокрема, рівень відновлення ґрунту, донних відкладень можна визначити за допомогою аплікаційного метода – автографії на фотопапері.

Метод заснований на відновленні аргентум броміду, що міститься в емульсії засвіченого фотопаперу. Під час процесу в емульсійному шарі утворюється чисельна кількість частинок металевого срібла у вигляді чорних та бурих плям. Інтенсивність забарвлення плям залежить від вмісту відновників у середовищі: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag^0$ (окисник; процес відновлення).

Оскільки відновні умови здійснюються завдяки діяльності анаеробів, фотопапір тим самим реєструє рівень активності цих мікроорганізмів у ґрунті, або придонних відкладеннях. Аероби кольору фотопаперу не змінюють, і він залишається білим.

Таким чином, одночасно визначається як рівень відновлення середовища, так й рівень активності анаеробних мікроорганізмів.

Відновлені та окиснені ділянки на фотопапері чітко розрізняються за кольором. Темні плями свідчать про високу концентрацію відновлених речовин – продуктів життєдіяльності анаеробів. Слабко забарвлена поверхня фотопаперу відповідає окисним умовам.

На відбитках, що називаються аплікаціями, або автографіями розподіл окиснених та відновлених зон має точковий характер.

Чорні, відновлені ділянки фотопаперу відповідають скупченням продуктів життєдіяльності біля мертвих органічних рештків, де умови розвитку аеробів є сприятливими.

Автографії мулів, як правило, забарвлені рівномірно.

Дослідження на штучних середовищах з чистими культурами анаеробних мікроорганізмів засвідчили, що їх різні групи створюють різний рівень відновлення середовища. Так, сульфурпродукуючі бактерії, основу виділень яких складає сірководень H_2S , забарвлюють фотопапір у інтенсивний чорний або темно-коричневий колір. У культурах клостридій, основу виділень яких складає метан CH_4 , водень H_2 , ацетон $CH_3C(O)CH_3$, переважає коричневий колір. Ще слабкіше забарвлений фотопапір у культурах плектридій.

Ці факти можна пояснити більшою активністю сірководню, як відновника, завдяки його добрій розчинності у воді порівняно з воднем або метаном.

У природних зразках ґрунту або мулу потемніння фотопаперу є сумарний результат діяльності усіх груп анаеробів.

Аплікаційний метод є добрі результати під час екологічного оцінювання ґрунтів техногенних територій та під час вивчення стану водойм за донними відкладеннями. Промислові викиди у більшості випадків шкідливі для мікроорганізмів. Наприклад, викиди, що містять сполуки Нітрогену пригнічуючи діють на процеси амоніфікації та нітрифікації та сприяють створенню анаеробних умов, які можна виявити за допомогою аплікацій.

У забруднених водоймищах, що втратили здатність до самоочищення, вода збіднена на кисень, та донні відкладення являють собою токсичний субстрат, непридатний для життя донних тварин.

Під час дослідження водоймища аплікаційний метод уможливує визначення найзабрудніших його ділянок та виявити його причини.

Перед відбором проб необхідно провести візуальне обстеження об'єкту дослідження, визначити та відмітити на карті-схемі забруднені ділянки (скиди заводів, ферм, відстійники та ін.) відносно

чисті та чисті (прозора вода без запаху та плівки та ін.).

Вивчається водна та прибережна рослинність; за необхідністю робиться її гербарій. Відмічаючи на карті-схемі ділянки відбору проб, необхідно пам'ятати, що від частоти точок відбору залежить точність дослідження та об'єктивність оцінювання екологічного стану об'єкту. З однієї точки відбору рекомендується відбирати не менше 2–3 зразків на відстані 20–30 см один від одного.

Усереднений зразок мулу поміщується у поліетиленовий пакет, у який заливається близько 100 мл води з водоймища, що досліджується. Пакет зі зразком перевертається, до нього прикріплюється етикетка, де вказується дата і місце відбору, приблизна глибина, з якої взятий зразок, температура повітря, інші погодні умови.

Зразки мулу залежно від цілей та завдань дослідження відбирають черпаком з поверхового шару безпосередньо з берега або з човна.

Методика роботи

Прилади та реактиви: зразки ґрунту, або мулу (для відбору зразків – поліетиленові пакети та шпатель); смужки фотопаперу (4x9 см); хімічні стакани на 500 мл, або 1000 мл у кількості зразків, що досліджуються; дистильована вода; 25% розчин натрій гіпосульфїту; фільтрувальний папір; металева лінійка, або ніж з широким лезам.

1. У хімічній лабораторії зразки ґрунту або мулу, відібрані напередодні, але не більше ніж за добу до початку досліду, поміщують у хімічні стакани на 1000 мл, або на 500 мл. Зразки ґрунту заливають дистильованою водою, а мулу – водою з водоймища, що досліджується (шар води має бути близько 1 см над поверхнею зразка). Для заповнення водою усіх ділянок зразкам дають час відстоятися близько 1 години.

2. Смужки фотопаперу нумерують відповідно до взятих зразків та поміщують вертикально у субстрати. Для цього торцем металевої

лінійки або ножем з широким лезом роблять у зразку отвір глибиною близько 8,5 см і шириною 4–5 см та занурюють у неї смужку фотопаперу. Не рекомендується тримати фотопапір на світлі понад 15–20 хвилин. Цього часу досить для нарізки, маркірування та установлення її у субстрат.

3. Після 72-годинової експозиції фотопапір витягують із субстрату, швидко промивають у проточній, потім у дистильованій воді та закріплюють протягом 5 хвилин у 25% розчині $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Потім фотопапір знову промивають у дистильованій воді.

4. Смужки фотопаперу висушують на фільтрувальному папері, так щоб емульсійний шар був зверху. Для того, щоб результати експерименту можна було порівнювати, бажано користуватися фотопапером однієї партії та закладати її у субстрати в однаковий час. Якщо зразки ґрунту відібрано без порушень їх структури, аплікації покажуть окрім рівня відновлення (інтенсивність забарвлення) середовища ще й розподіл відновлених зон у зразках.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке ступінь окиснення?
2. Дайте визначення понять: «окисно-відновна реакція», «окисник», «відновник».
3. Наведіть приклади типових окисників і відновників.
4. Визначите ступінь окиснення елементів у сполуках: H_2 ; H_2O , H_2SO_4 , NO , NO_2 , NaNO_3 , CO , CO_2 , O_2 , CaCO_3 , KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2O_2 , SO_2 , SO_3 , CuCl , CuCl_2 , FeO , Fe_2O_3 .
5. Які з перелічених нижче часток можуть бути відновниками: Na^+ , Cl^- , Cl_2 , SO_4^{2-} ?
6. Які методи складання окисно-відновних реакцій ви знаєте?
7. Які умови самовільного перебігу окисно-відновних реакцій ви знаєте?
8. Наведіть приклади окисно-відновних реакцій, що відбуваються в промисловості і техніці.
9. Яка біологічна роль окисно-відновних реакцій у живому

організмі?

10. Складіть рівняння розчинення ферум(II) сульфід у концентрованій нітратній кислоті за методом електронного балансу.
11. У водному розчині можна провести такі реакції:
- $$\text{MnSO}_4 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Mn(OH)}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4;$$
- $$2\text{Mn(OH)}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{MnO}_3;$$
- $$\text{H}_2\text{MnO}_3 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2;$$
- $$\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}.$$
- Які з перелічених реакцій належать до окисно-відновних? Складіть до останніх електронний баланс, визначіть окисники і відновники.
12. Сечовина $(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO}$ – кінцевий продукт метаболізму білків у тварин – може потрапляти як забруднювач у водойми, де розкладається під дією аеробних бактерій:
- $$(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO} + 4\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^-.$$
- Визначіть ступені окиснення елементів.
13. Окресліть сутність методу автографії на фотопапері. Які окисно-відновні реакції мають місце під час проведення визначення рівня відновленості середовища?
14. Коротко опишіть методику проведення дослідження рівня вмісту відновників методом автографії на фотопапері.
15. Які переваги та недоліки методу автографії на фотопапері.

Лабораторна робота №2

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА

Мета: Ознайомлення з методикою визначення деяких екологічних показників якості повітря, а саме: запиленості повітря та вмісту вуглекислого газу. Набування навичок лабораторного експерименту.

Роль атмосфери у природних процесах біосфери величезна. Атмосфера визначає загальний тепловий режим поверхні нашої планети, захищає її від шкідливого космічного та ультрафіолетового випромінювання. Циркуляція атмосфери впливає на місцеві кліматичні умови, а через них — на режим річок, ґрунтово-рослинний покрив та процеси рел'єфоутворення.

Атмосфера складається з суміші молекулярних і йонізованих газів, що знаходяться на різних висотах, між якими відбуваються численні реакції.

Основні складові атмосфери поділяються на три групи: постійні, змінні і випадкові.

До першої групи належать кисень (21% за об'ємом), азот (близько 78%) і благородні гази (близько 1%). До другої групи - вуглекислий газ (0,02-0,04%) і водяна пара (до 3%). До третьої групи - випадкові компоненти, визначені місцевими умовами.

Так, поблизу металургійних заводів повітря часто містить сульфур (IV) оксид, техногенні домішки важких металів; у місцях, де відбувається розпад органічних залишків – амоніак та інші газоподібні і рідкі речовини.

Джерел антропогенного характеру, що спричиняють забруднення атмосфери, а також серйозні порушення екологічної рівноваги у біосфері безліч. Однак найбільш важливими з них є два: транспорт і важка індустрія.

Під час роботи двигунів на етильованому бензині у вихлопних газах містяться оксиди нітрогену, сполуки плюмбуму (кількість

плюмбуму в повітрі знаходиться у прямій залежності від інтенсивності руху і може досягати 4-12 мг/м³). Під час роботи на сульфуровмісному паливі у вихлопах з'являється сульфур(IV) оксид. Як правило, вміст токсичних речовин у вихлопах бензинових і дизельних двигунів перевищує гранично допустимі концентрації в десятки і сотні разів.

Тисяча автомобілів з карбюраторними двигунами протягом доби викидає близько 3 т чадного газу, 100 кг оксидів нітрогену, 500 кг сполук неповного згоряння бензину. Під час спалення горючих копалин (вугілля, нафти, природного газу) значна частина сульфуру, що міститься в них перетворюється на сульфур(IV) оксид.

Від індустрії до атмосфери потрапляють різні забруднювачі, найбільш розповсюджений – це сульфур(IV) оксид, оксиди карбону, амоніак, сірководень, фенол, хлор, вуглеводні, сірковуглець, флуоровмістні сполуки, сульфатна (сірчана) кислота, аерозольний пил, важкі метали, радіоактивні сполуки та викиди багатьох інших шкідливих речовин. Кислоти разом з дощем можуть впливаючи на ґрунт, рослинність та живі організми. Відомо, що в нейтральному середовищі значення рН = 7, а дощова вода у відносно чистому повітрі внаслідок впливу вуглекислоти має рН = 5,6. Крім викидів хімічних забруднювачів, серйозними забруднювачами атмосфери є викиди великої кількості водяної пари, шум, електромагнітне випромінювання, теплове забруднення (викиди великої кількості нагрітого повітря).

Оцінку стану повітряного середовища можна зробити, використовуючи як кліматичний моніторинг, так й моніторинг забруднень. До основних параметрів метеорологічних досліджень належать температура повітря (максимальна, мінімальна, добова, середньодобова); характеристики вітру (швидкість і напрям вітру); вологість повітря; атмосферні явища (види хмар, осадки рідкі і тверді); стан поверхні ґрунту в радіусі до 100 м від місця спостереження (трава зелена що або пожовтіла; ґрунт сухий, вологий, мокрий; сніг і т.д.).

Як правило кліматичний моніторинг проводиться на

метеомайданчику.

Частина параметрів визначається візуально, а для деяких з них потрібні спеціальні прилади: термометри; анемометри для визначення швидкості вітру; осадкоміри; психрометри для визначення вологості повітря.

Моніторинг забруднень передбачає дослідження впливу атмосферних забруднень на організм людини, тварин і рослин; вивчення найважливіших причин, що призводять до скорочення чисельності і видового різноманіття тварин, рослин, захворюваності людини.

2.1. Визначення запиленості повітря

Методика роботи

Прилади та реактиви: терези аналітичні; фільтрувальний папір (синя стрічка); листки паперу А4; ножиці

Запиленість повітря визначають шляхом збору листів з дерев поблизу і у видаленні від дороги. З однакової листової поверхні зривають пил, фільтрують і зважують масу осадку після висушування.

Одержаний результат дає кількість пилу. Відразу після змиву пилу розраховують кількість обмитих листів (Π_1), зривають 5 листочків, краще різних за розміром, протирають їх від води і обводять кожний лист на папері. Потім вирізають по контуру і зважують вирізані проекції листа (M_1). З того ж паперу вирізають квадрат 10×10 см і зважують його (M_2). Розраховують поверхню обмитого листа за формулою:

$$S = \frac{M_1 \cdot \Pi_1}{5 \cdot M_2}$$

Після цього можна визначити, скільки пилу осаджується на 1 м^2 поверхні листа. Знаючи точний час накопичення пилу (від моменту останнього дощу до досліджень), можна підрахувати швидкість осадження пилу за добу.

2.2. Експрес-метод визначення вуглекислого газу

Методика роботи

Прилади та реактиви: шприц на 100 мл; 0,005% розчин натрій карбонату; розчин фенолфталеїну.

У шприц об'ємом 100 мл набирають 20 мл 0,005% розчину соди з фенолфталеїном, який має рожеве забарвлення, потім набирають 80 мл повітря та струшують протягом 1 хвилини. Якщо забарвлення не зникає, повітря з шприца обережно виводять, залишаючи в ньому розчин, набирають нову порцію повітря і знову струшують протягом 1 хвилини. Цю операцію повторюють 3-4 рази, після чого додають повітря невеликими порціями 10-20 мл, кожного разу необхідно струшувати шприц 1 хвилину доки забарвлення розчину не зникне. Підрахувавши загальний об'єм повітря, яке пройшло через шприц, визначають концентрацію CO₂ у повітрі за табл. 24.

Таблиця 24

**Залежність вмісту CO₂ від об'єму повітря,
яке знебарвлює 20 мл 0,005% Na₂CO₃**

Об'єм повітря, мл	Концентрація CO ₂ , %	Об'єм повітря, мл	Концентрація CO ₂ , %	Об'єм повітря, мл	Концентрація CO ₂ , %
80	3,20	330	1,16	410	0,84
160	2,08	340	1,12	420	0,80
200	1,82	350	1,08	430	0,76
240	1,56	360	1,04	440	0,70
260	1,44	370	1,00	450	0,66
280	1,36	380	0,96	460	0,60
300	1,28	390	0,92	470	0,56
320	1,20	400	0,88	480	0,52

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Перелічіть основні складові атмосфери.
2. Опишіть основні джерела забруднення атмосфери у великих містах.
3. Охарактеризуйте основні забруднювачі, які потрапляють до атмосфери під час роботи автотранспорту.
4. Чим обумовлена небезпека забруднення навколишнього середовища пилом?
5. Опишіть сутність визначення запиленості повітря.
6. *Обґрунтуйте небезпеку подвоєння сучасної кількості кисню в атмосфері Землі.
7. *В яку погоду забруднення повітря в містах особливо небезпечне?
8. *Чим пояснюється передбачення тієї обставини, що концентрація озону у стратосфері зменшуватиметься ще кілька десятиріч, хоча розвинені країни припиняють застосування фреонів та інших галогеновмісних сполук?

Лабораторна робота №3

ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ПОБУТОВОЇ ТА ПРИРОДНОЇ ВОДИ

Мета: Ознайомлення з комплексонометричним методом якісного аналізу води. Опрацювання методики визначення твердості води за допомогою комплексонів. Набування техніки титрування, роботи з лабораторним обладнанням та хімічними реактивами.

Умістом у природній воді йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} зумовлена її твердість. У твердій воді не піниться мило (мило — натрієва сіль вищих карбонових кислот, наприклад стеаринової, пальмітинової тощо). Утворені за реакцією обміну кальцієві і магнієві солі цих кислот у воді не розчинні.

Під час кип'ятіння твердої води на стінках посуду (котлів) утворюється осад (накип), що складається з карбонатів кальцію і магнію — продуктів термічного розкладання розчинних у воді гідрогенкарбонатів і CaSO_4 . Розчинність $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ зменшується з підвищенням температури.

Застосування твердої води неможливе у ряді виробництв. У разі тривалого використання твердої води утворюється товстий шар накипу, який не тільки зумовлює зниження теплопровідності стінок апаратів, у яких кип'ятиться вода, а й може призвести до вибуху внаслідок перегрівання цих апаратів.

Сумарний вміст солей магнію і кальцію у воді називається її загальною твердістю.

Загальну твердість води поділяють на *тимчасову*, або *карбонатну*, і *постійну*, або *некарбонатну*.

Тимчасова твердість води зумовлена наявністю кальцій і магній гідрогенкарбонатів, її можна усунути тривалим кип'ятінням води:

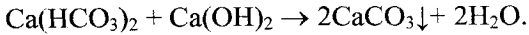


Постійна твердість води зумовлена наявністю у воді солей сильних кислот — магній і кальцій сульфатів і хлоридів; кип'ятінням постійну твердість води усунути неможливо.

Твердість води прийнято виражати числом міліеквівалентів (мекв) йонів Mg^{2+} і Ca^{2+} що містяться в 1 л води (1 мекв = 20,04 мг/л Ca^{2+} або 12,16 мг/л Mg^{2+}).

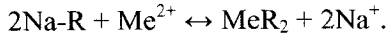
Воду, що містить менш ніж 4 мекв/л йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , називають м'якою, від 4 до 8 — середньої твердості, понад 8 — твердою.

Існує кілька способів зм'якшення води. Тимчасову твердість усувають *кип'ятінням*. Якщо ж вода містить багато гідрогенкарбонатів, то її зм'якшують *добавлянням ванна*, яке переводить кислі солі у середні:



Якщо твердість зумовлена наявністю кальцій і магній сульфатів і хлоридів, то до води добавляють соду або $Ca(OH)_2$. У цьому разі осаджуються всі солі магнію і кальцію у вигляді $CaCO_3$ і $MgCO_3$. Замість соди для зм'якшення води іноді використовують натрій ортофосфат або натрій поліметафосфат. Ортофосфат осаджує йони Ca^{2+} і Mg^{2+} , поліметафосфат утворює з ними розчинні комплексні сполуки, які не дають накипу і не послаблюють мийну дію мила.

Усунути твердість води можна також методом *йонного обміну* або *катіонуванням*. Для цього тверду воду слід пропустити крізь шар катіоніту, який здатний обмінювати йони:



Оскільки ця реакція оборотна, то катіоніт легко піддається регенерації. Для цього крізь катіоніт достатньо пропустити концентрований розчин $NaCl$, і його знову можна буде використовувати.

Найм'якша вода у природі — це дощова та снігова.

У лабораторних дослідженнях для визначення твердості води використовують метод комплексометрії, який є підрозділом об'ємного аналізу. Їхньою основою є реакції утворення комплексних і малодисоційованих сполук. Нині широко використовується нова

група органічних реактивів, відома під загальною назвою “комплексони”. Комплексони є похідними імінодіоцтової кислоти

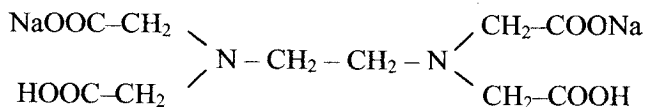


Точку еквівалентності індикатору при застосуванні комплексноутворення встановлюють двома способами:

1. За допомогою індикатору, що утворює з одним із реагуючих йонів забарвлену або малорозчинну сполуку. Забарвлення (або осад) повинні виникати лише після того, як усі йони, що їх визначають, будуть зв'язані відповідними йонами робочого розчину в комплексну сполуку.

2. За зміною рН визначають еквівалентне співвідношення реагуючих речовин. Для цього використовують звичайні кислотно-лужні індикатори.

Деякі комплексони, наприклад дивалентна сіль етилендіамінотетраоцтової кислоти (сама кислота у воді не розчиняється), або трилон Б, утворюють з катіонами металів стійкі комплексні сполуки. Формула трилону Б:



Схематичне позначення цієї сполуки – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{X}$. Трилон Б утворює стійкі комплексні сполуки з великою кількістю катіонів (Плюмбуму, Купуруму, Кадмію, Феруму, Ніколю, Кобальту, Мангану, Цинку, Торію, Індію, Галію, Кальцію, Магнію, Стронцію тощо). Це зумовлено присутністю в його молекулі кількох солетворних карбоксильних груп і комплексуючих атомів Нітрогену.

Реакція між трилоном Б і катіонами дво- і тривалентних металів відбувається за співвідношенням 1 : 1 при різних кислотностях розчину, що дає змогу одні метали визначати в присутності інших.

Найбільш цінною властивістю трилону Б є його здатність вступати в реакцію з катіонами лужноземельних металів, для яких комплексно утворення з іншими адентами не характерне. Взаємодія

трилону Б з лужноземельними металами є основним методом їх кількісного визначення.

Точку еквівалентності при тригонометричному титруванні можна встановити за допомогою так званих метал індикаторів – речовин, які утворюють з катіонами металів забарвлені комплексні сполуки, і за зміною кислотно-основних властивостей системи під час титрування.

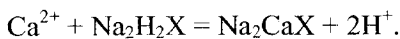
Металіндикатори не реагують з робочим розчином, а утворюють забарвлені сполуки з катіонами металів, що визначають. Розчини метал індикаторів мають власне забарвлення, і коли в точці еквівалентності зникає забарвлення комплексної сполуки індикатору з катіоном металу, з'являється власне забарвлення метал індикатору. Найпоширенішим металіндикатором є еріохром чорний Т. Трилонометричні визначення з цим індикатором проводяться при рН = 7–11. У цих умовах більша кількість індикатору перебуває у вигляді аніонів HIn^{2-} синього кольору.

Методика роботи

Прилади та реактиви: штативи для бюреток 2-3 шт; бюретки для титрування 2-3 шт; мірна колба 1000 мл 1 шт; конічні колби для титрування на 250 мл 9-10 шт; мірні циліндри на 5-10 мл і 20-25 мл; реторта для індикатора; 0,1 н розчин трилону Б (див. нижче); розчин еріохром чорного (див. нижче); амонійний буферний розчин (див. нижче); проби природних і побутових вод.

Комплексонометричне визначення загальної твердості води полягає в титруванні точно відміряного об'єму води 0,1 н. розчином трилону Б у присутності металіндикатору еріохром чорного Т.

Рівняння хімічної реакції можна подати у вигляді такої схеми:



Реакція відбувається у слабо-лужному середовищі, для створення якого перед титруванням додають буферний розчин (суміш NH_4Cl і $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Трилон Б відповідає вимогам, які ставляться до вихідних речовин. Робочий розчин 0,1 н трилону Б готується безпосередньо з наважки (відносна молекулярна маса препарату $M_r=372$). З рівняння взаємодії трилону Б з солями кальцію (магнію), видно, що еквівалентна маса трилону Б дорівнює $1/2$ молярної маси. Для виготовлення 0,1 н. розчину на аналітичних терезах зважують з точністю до 0,0001 г 18,6 г трилону Б, переносять у мірну колбу на 1000 мл, розчиняють у дистильованій воді, доводячи об'єм розчину до риски.

Розчин індикатору готують так: еріохром чорний масою 0,5 г розчиняють у суміші буферного розчину об'ємом 20 мл (20 г NH_4Cl + 100 мл 25%-ного NH_3 в 1 л води) і етилового спирту об'ємом 80 мл. Індикатор у лужному середовищі має синій колір.

Для визначення загальної твердості води відбирають такий її об'єм, щоб загальний вміст солей кальцію і магнію не перевищував 0,5 мекв (на титрування повинно витратитись не більше 5 мл 0,1 н. розчину трилону Б). Пробу досліджуваної води розводять дистильованою водою до об'єму 100 мл, доливають 5 мл буферного розчину і декілька крапель розчину індикатору до утворення винно-червоного забарвлення. Титрують робочим розчином трилону Б до переходу червоного кольору в синій.

Твердість води у міліеквівалентах обчислюють за формулою:

$$T_v = \frac{N_{\text{тр}} \cdot V_{\text{тр}} \cdot 1000}{V_{\text{води}}},$$

де $N_{\text{тр}}$ і $V_{\text{тр}}$ – нормальність і об'єм робочого розчину трилону Б, витраченого на титрування, мл;

$V_{\text{води}}$ – об'єм проби води, мл.

Одержані дані заносять у табл. 25.

Таблиця 25

№ проби	$N_{гр}$	$V_{води}$, мл	$V_{гр}$, мл	$V_{гр}$ (серед.), мл	T_v , мекв/л
1.	0,1				
2.					
3.					

Обґрунтовуються відповідні висновки.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чим обумовлена твердість води?
2. Що таке загальна, тимчасова та постійна твердість води?
3. Опишіть методи усунення твердості води. Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
4. З якою метою застосовують у титриметричному аналізі буферні суміші?
5. Які індикатори використовують у комплексометрії для встановлення точки еквівалентності?
6. Опишіть сутність комплексометричного методу визначення твердості води.
7. Які сполуки називають комплексонами?

Лабораторна робота №4

ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ СЕРЕДОВИЩА

Мета: Ознайомлення з потенціометричним методом аналізу. Опрацювання методики визначення рН різних об'єктів. Набування умінь роботи з рН-метром, буферними розчинами.

Потенціометричний аналіз належить до електрохімічних методів аналізу. Суть його полягає у визначенні вмісту йонів за допомогою вимірювання електрохімічного потенціалу електрода, зануреного у досліджуваній розчин. Потенціометричний аналіз був розроблений наприкінці XIX ст., після того, як В.Г. Нернст вивів рівняння, яке пов'язує величину потенціалу металічного електрода з концентрацією йонів цього ж металу у розчині:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln C_{ME}, \quad (1)$$

де E — потенціал металічного електрода за даної концентрації іонів металу у розчині; E_0 — потенціал цього ж електрода у розчині з концентрацією іонів, рівній одиниці (1 моль/л) — нормальний потенціал; C_{me} — концентрація йонів металу; R — газова стала (8,313 Дж); T — абсолютна температура; F — число Фарадея (96500 К); n — заряд йона металу.

Якщо підставити в рівняння (1) відповідні значення R і T ($t = 25$ °С) і врахувати коефіцієнт переходу від натуральних логарифмів до десяткових (2,3026), то рівняння Нернста матиме такий вигляд:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \ln C_{ME}, \quad (2)$$

Електродний потенціал — це різниця потенціалів, яка виникає між металевою пластинкою і розчином його солі.

Нормальний (стандартний) потенціал — це потенціал, який виникає при зануренні металу у розчин з концентрацією йонів металу 1 моль/л.

Часто вимірювання проводять у розчинах, що містять іони одного і того самого металу в різних ступенях окиснення. У цих

випадках застосовують інертний металічний електрод, частіше платиновий, потенціал якого залежить від співвідношення концентрацій окисленої і відновленої форм іонів:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[\text{ок.}]}{[\text{відн.}]}, \quad (3)$$

Отже, рівняння (2) і (3) лежать в основі потенціометричних методів аналізу.

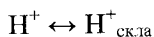
Існують два основних варіанти використання рівнянь (2) і (3) в аналітичній хімії. Перший варіант — це вимірювання потенціалу металічного електрода, зануреного у досліджуваній розчин, та обчислення концентрації іонів, що визначають, безпосередньо за рівнянням (2). Такий спосіб застосовується тільки для визначення концентрації водневих іонів у розчині і називається *абсолютною потенціометрією*. Потенціометричний метод вимірювання рН майже повністю витіснив інші методи.

Потенціометричний метод аналізу призначений для визначення вмісту йонів Гідрогену у широкому діапазоні рН (від 0 до 14) і температур (від 0 до 100°C).

У потенціометрії використовують два типи електродів: індикаторний і стандартний або електрод порівняння. Величини потенціалів електродів порівняння відомі. Це дає змогу застосовувати їх в абсолютній потенціометрії, коли необхідно визначати абсолютну величину потенціалу індикаторного електрода, а не тільки зміну цієї величини у процесі титрування. Найчастіше використовують такі стандартні електроди: каломельний та хлорорібний.

Вимоги до індикаторних електродів можуть бути різними залежно від того, де вони використовуються — в абсолютній потенціометрії чи в потенціометричного титруванні. В обох випадках індикаторні електроди повинні бути оборотними, тобто їхній потенціал повинен змінюватися із зміною концентрації йонів металу в розчині відповідно з рівнянням Нернста. Використовують такі індикаторні електроди: водневий, хінгідронний, скляний.

В останні роки широко використовується скляний електрод, що являє собою кульку з дуже тонкого спеціального скла, в яку наливають електропровідний розчин. У цей розчин занурюють срібну дротину, на поверхню якої наносять аргентум хлорид. Електродна функція у скляному електроді полягає в обміні йонами Гідрогену між рідкою фазою (рН якої вимірюється) і склом:



Потенціал скляного електрода перебуває у певній залежності від концентрації йонів Гідрогену, що дає змогу використовувати його для вимірювання рН.

рН середовища – один з найважливіших показників довкілля. Величина концентрації йонів Гідрогену має велике значення для хімічних і біологічних процесів. Від величини рН залежить розвиток та життєдіяльність водневих рослин, тварин, стійкість різноманітних форм міграції елементів, агресивна дія води на метали і бетон та т.п.

Вміст йонів Гідрогену у природних водах в основному визначається кількісним співвідношенням концентрацій карбонатної кислоти та її йонів:

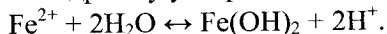


Тому води, які містять велику кількість розчиненого CO_2 , мають кислу реакцію. Магній та Кальцій гідрогенкарбонати визначають лужну реакцію водних розчинів за рахунок реакції гідролізу. Для поверхневих вод, які містять невелику кількість CO_2 характерна лужна реакція.

Зміна величини рН безпосередньо пов'язана з процесами фотосинтезу (внаслідок поглинання вуглекислого газу водневою рослинністю) і розпаду органічних речовин.

Джерелом йонів Гідрогену є гумусові кислоти, які є у кислих ґрунтах, гної та болотних водах.

Гідроліз солей важких металів має значення у тих випадках, коли у воду потрапляють значні кількості сульфатів феруму, купруму та інших металів. Під час гідролізу утворюються йони Гідрогену:



Цей процес характерний для вод рудників, шахт.

У фумарольних водах, пов'язаних з вулканічною активністю, величина рН дуже низька, у зв'язку з наявністю вільних сильних кислот. Сильні кислоти та основи можуть міститися в стічних водах промислових підприємств.

Величина концентрації йонів Гідрогену (рН) у річкових водах коливається в межах 6,5–8,5, в атмосферних опадах 4,6–6,1, болотах 5,5–6, в океані 7,9–8,3.

Унаслідок виникаючих у воді хімічних і біологічних процесів та втрат карбонатної кислоти, рН води може швидко змінюватися, тому цей показник потрібно визначати відразу після відбору проби.

Реакція ґрунту значно впливає на розвиток рослин і ґрунтових мікроорганізмів, на швидкість і напрямок хімічних і біохімічних процесів. За природних умов рН ґрунтового розчину коливається від 3 (у сфагнових торфах) до 10 (у солонцевих ґрунтах). Частіше за все кислотність не виходить за межі 4–8. Зв'язок між кислотністю ґрунту і величиною рН наведений у табл. 26.

Таблиця 26

Залежність кислотності ґрунту від рН

рН	Ступінь кислотності ґрунтів	рН	Ступінь кислотності ґрунтів
<4,5	Сильно-кислі ґрунти	5,6–6,0	Близькі до нейтральних
4,5–5,0	Середньо-кислі ґрунти	6,1–7,0	Нейтральні ґрунти
5,1–5,5	Слабко-кислі ґрунти	>7,1	Лужні ґрунти

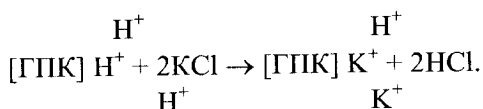
Розрізняють два основних види ґрунтової кислотності: актуальну і потенційну.

Актуальна (активна) кислотність — кислотність ґрунтового розчину. Таку кислотність визначають у водному витягу з ґрунтів. Актуальна кислотність безпосередньо впливає на коріння рослин і ґрунтові мікроорганізми.

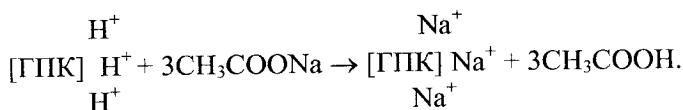
Потенційна (прихована) кислотність ґрунту зумовлена наявністю йонів Гідрогену в ґрунтово-поглинаючому комплексі. Йони Гідрогену не витісняються водою, вони можуть бути витіснені під час впливу на ґрунт катіонів розчинених солей. Залежно від того,

за допомогою яких саме солей йони Гідрогену витісняються в розчин, потенційна кислотність поділяється на обмінну та гідролітичну.

Та частина йонів Гідрогену, яка може бути витіснена і витягнута з ґрунту у вигляді кислот під час взаємодії нейтральних солей (KCl або NaCl), називається *обмінною кислотністю*:



Потенційна кислотність, що визначається шляхом обробки ґрунту розчином гідролітично лужних солей (наприклад, CH₃COONa), має назву *гідролітичної кислотності*:



Величина гідролітичної кислотності більше обмінної. Для більшості ґрунтів рН водного витягу декілька вище (а кислотність, що визначається, — нижче), ніж величина рН сольового витягу, оскільки в сольовий витяг переходять йони Гідрогену, що знаходяться не тільки в ґрунтовому розчині, але й у поглиненому стані.

Актуальну (активну) кислотність визначають у водному ґрунтовому витягу. Для цього поміщують у пробірку або колбу 2 г ґрунту, додають 10 мл дистильованої води. Одержану суспензію 1:5 добре струшують, дають відстоятися осаду. Кислотність може бути виміряна як у витягах, так і в суспензії ґрунту (без попереднього фільтрування).

Методика дослідження

Прилади і реактиви: лабораторний рН-метр зі скляним індикаторним електродом і хлоросрібним електродом порівняння; термометр з ціною поділки 1–0,5°C; колби мірні на 1000 мл – 3 шт;

фільтрувальний папір; склянки поліетиленові для зберігання буферних розчинів на 1000 мл – 3 шт; стакани хімічні на 100–150 мл – 2–3 шт; фталатний 0,05 М буферний розчин (рН=4,01), фосфатний буферний розчин (рН= 6,86), боратний 0,01 М буферний розчин (рН=9,18), питна вода, дистильована вода, фруктовий сік, сухе вино, молоко, водний розчин слини, розчин мила або прального порошку, конц. розчин амоніаку, зразки ґрунту та ін.

Перед безпосереднім вимірюванням рН необхідно підготувати рН-метр до роботи. Для цього перевіряють і встановлюють "механічний нуль" приладу перед його включенням. Включають рН-метр і після прогріву та встановлення "електричного нуля" коректують його шкалу по двом буферним розчинам.

Новий скляний електрод вимочують у 0,1 н. розчині соляної кислоти протягом не менш 8 год. Між визначеннями електрод зберігають зануреним у дистильовану воду.

Хлоросрібний електрод порівняння заповнюють і періодично доповнюють насиченим розчином калій хлориду.

На штативі закріплюють попередньо вимочений скляний електрод, електрод порівняння і термометр. Електрод порівняння встановлюють так, щоб його нижній кінець був нижче кульки скляного електрода. Електроди занурюють у стакан з буферним розчином. Розчин повинен повністю покривати кульку скляного електрода. На поверхні скляного електрода і у гніті електрода порівняння не повинно бути бульбашок повітря. Вимірюють величину рН буферного розчину, визначив його температуру, компенсуючи вплив температури ручкою температурної компенсації. За 2–3 хвилин повторюють вимірювання.

Перед кожним вимірюванням електроди і термометр промивають дистильованою водою. Краплі води знімають чистим фільтрувальним папірцем.

Після корекції шкали прилад готовий до вимірювання рН досліджуваних розчинів.

Електроди і термометр ретельно промивають дистильованою водою, потім досліджуваною водою. Досліджувану рідину наливають у стакан і вимірюють рН. За 3 і 5 хвилин повторюють вимірювання. Останні два показника приладу мають бути однаковими.

Показники рН записують у табл. 27.

Таблиця 27

№/п	Об'єкт дослідження	Значення рН
1.		
2.		
3.		

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У чому суть потенціометричного методу аналізу?
2. Що таке електродний потенціал?
3. Що таке нормальний електродний потенціал?
4. Напишіть рівняння Нернста. Що пов'язує це рівняння?
5. Що таке індикаторний електрод? Які ви знаєте індикаторні електроди? Дайте характеристику кожного з них.
6. Що таке електрод порівняння? Назвіть приклади електродів порівняння і дайте характеристику кожного з них.
7. Що являє собою рН-метр?
8. Опишіть процес дисоціація води. Що таке водневий показник?
9. Які чинники формують рН поверхових вод?
10. Від яких чинників змінюється рН ґрунту?
11. Коротко опишіть методи визначення рН розчинів.
12. Перелічіть види ґрунтової кислотності.
13. Що таке актуальна кислотність?
14. Що таке обмінна та гідролітична кислотність?
15. Опишіть сутність методу визначення актуальної кислотності.

Лабораторна робота №5**ВИЗНАЧЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ,
ФЕНОЛІВ І ХЛОРУ У ВОДІ**

Мета: Ознайомлення з методом якісними та кількісними методами аналізу. Опрацювання методики визначення нафтопродуктів, фенолів, залишкового хлору у воді. Набування умінь роботи з лабораторним обладнанням.

Нафта — це складна суміш органічних речовин. Основні компоненти нафти:

- парафіни (насичені вуглеводні);
- циклопарафіни (циклічні, насичені вуглеводні);
- ароматичні вуглеводні;
- сполуки Сульфуру, Нітрогену, металоорганічні комплекси;
- природні радіоактивні елементи (Уран, Торій).

Нафтові забруднення (табл. 28) частіше виникають через екологічно безграмотну діяльність людини.

Таблиця 28

Надходження нафти в океани (млн т/рік)

Джерела	Середнє надходження
Природне надходження	0,6
Прибережне добування	0,08
Транспортування	2,13
Берегові очисні споруди	0,2
Муніципальні скиди	0,3
Індустріальні скиди	0,3
Змив з міських територій	0,3
Винесення річками	1,6
Разом	6,11

Після розвантаження нафтотранспортні судна заповнюють морською водою, яка утворює з нафтопродуктами стійку емульсію.

Цю емульсію потім зливають недалеко від порту. Нафта, що надійшла до морів або океанів, швидко розтікається у вигляді тонкої плівки, яка перешкоджає надходженню у воду вільного кисню.

Частина нафти, що виявилася у водоймищах, утворює з водою емульсію, яка згубно діє на живі організми. При концентраціях нафтопродуктів більше 0,05 мг/л, зменшується кількість фітопланктону, гине молодь риб. Найтоксичний вплив нафтопродуктів для мешканців прибережної зони.

Найнебезпечнішими для живих організмів є ароматичні вуглеводні, які містяться в нафті, їх присутність в кількостях 10^{-6} – $10^{-5}\%$ викликає швидкі та часто значні зміни у біологічному середовищі водоймищ, за рахунок чого відбуваються порушення збалансованих процесів у ланцюгах живлення.

Морські хижакі, які полюють на дрібних тварин і риб, реагують на органічні речовини при концентраціях останніх у морській воді 10^{-8} – $10^{-7}\%$.

Ароматичні компоненти нафти придушують роботу відповідних рецепторів морських хижаків, порушують процеси, важливі для налагодженої роботи екосистем.

Під час аварій на нафтотранспортних судах та значних скидах нафти може відбуватися практично повне вимирання морських риб, птахів та інших тварин.

5.1. Визначення нафтопродуктів у воді

Методика дослідження

Прилади і реактиви: фільтрувальний папір

Найпростіші способи виявлення домішок нафти:

- райдужна плівка на поверхні води;
- масляна пляма на фільтрувальному папері після висихання нанесеної проби води;
- знебарвлення підкисленого розчину перманганату калію.

Виявлення забруднення водоймищ плівкою нафти проводять візуально-описово як показник “плаваючі домішки” за приведеною нижче шкалою (табл. 29).

Оцінка забруднення водоймищ плівкою нафти

Зовнішній вигляд водоймища	Бал
Відсутність плівок і плям	1
Окремі плями і сірі плівки на поверхні води	2
Плями та плівки на поверхні води. Окремі промазки нафти по берегах та прибережній рослинності. Купатись неприємно через нафту	3
Нафта у вигляді плям та плівок покриває велику частину поверхні водоймища. Береги та прибережна рослинність вимазані нафтою. Купатися неможливо через присутність нафти	4
Поверхня ріки покрита нафтою, що видна й під час хвилювання. Береги і прибережні споруди вимазані нафтою. Купатися неможливо	5

5.2. Визначення фенолів у воді

Фенол, оксибензен, карболова кислота C_6H_5OH — це безбарвна, кристалічна речовина з характерним запахом, яка має рожеве забарвлення під час зберігання. Фенол має слабокислі властивості, у воді розчиняється погано, утворюючи азеотропну суміш. Фенол застосовують для виробництва фенолформальдегідних смол (бакелітів), капролактаму, пікринової кислоти, різноманітних барвників, пестицидів, ліків, а також як антисептик для дезінфекції. На основі фенолу синтезуються алкілфеноли, які є добавками до високоякісних масел та сировиною для виробництва поверхово-активних речовин.

Фенол та його похідні — сильні отрути. Механізм отруєння такий: блокуються сульфургідрильні угруповання життєво важливих ферментів, у результаті чого порушуються окисно-відновні реакції у клітинах організму. Пари фенолу у повітрі стають небезпечними при концентрації 0,001 мг/л. Майже 90% пару затримується у легенях. Під час хронічного отруєння пошкоджуються дихальні шляхи, з'являються нудота, м'язова слабкість та пітливість.

ГДК фенолу коливається від 0,1 мг/л у нехлорованій воді до 0,001 мг/л у хлорованій. Така різниця не випадкова. Основний метод

дезінфекції води у нашій країні — це хлорування. У цьому випадку фенол, якщо він присутній у воді, перетворюється на пентахлорофенол (у 250 раз більш токсичний, ніж фенол) та 2,4,6-трихлорофенол (канцероген). Подальше перетворення цих речовин призведе до утворення діоксинів.

Усі промислові скиди, які містять фенол, підлягають обов'язковому очищенню. На жаль, фенол часто, обминаючи очищення, потрапляє у річки та озера. Крім того, фенол може утворюватися у водоймищах під час гниття залишків деревини. Особливо небезпечні затоплені вирубки лісів, затори колод на лісоплавках. У воді фенол інтенсивно поглинає кисень, виникають замори, вода стає неприємною на смак, а риба, накопичуючи фенол у тканинах, стає непридатною для вживання у їжу.

Лабораторні методи визначення фенолів трудомісткі, тривалі та вимагають спеціальних приладів і реактивів. Саме просте визначення — якісне (за появою запаху хлорофенолів).

Методика дослідження

Прилади і реактиви: конічна колба на 250 мл; розчин хлорного вапна; електроплитка.

У конічну колбу об'ємом 250 мл вносять 100 мл води, що досліджуються, потім додають невелику кількість розчину хлорного вапна або хлорну воду. За 10 хвилин визначають (спочатку на холоді, а потім під час нагрівання), чи з'явився характерний для хлорофенолів "аптечний" запах.

5.3. Визначення залишкового хлору у водопровідній воді

Для забезпечення надійності дезінфекції необхідно, щоб після завершення процесу хлорування у воді містилося 0,3–0,5 мг/л вільного залишкового хлору.

Методика дослідження

Прилади і реактиви: конічна колба на 500 мл; бюретка для титрування; ацетатний буферний розчин (див. нижче); 10% розчин калій йодиду;

0,005 н розчин натрій тіосульфату; 1% розчин крохмалю.

У конічну колбу об'ємом 500 мл наливають 250 мл водопровідної води (перед відбором проби необхідно деякий час випускати воду з крану), 10 мл буферного розчину з рН 4,6 і 5 мл 10% розчину калій йодиду. Потім титрують йод, що виділився, 0,005 н розчином натрій тіосульфату до світло-жовтого забарвлення, доливають 1 мл 1% розчину крохмалю і знов титрують розчин до зникнення синього забарвлення.

Вміст залишкового хлору у воді (X , мг/л) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{V_1 \cdot K \cdot 0,177 \cdot 1000}{V},$$

де V_1 — об'єм 0,005 н розчину натрій тіосульфату, який витрачено на титрування, мл;

K — концентрація натрій тіосульфату;

0,177 — маса активного хлору, яка відповідна 1 мл 0,005 н розчину натрій тіосульфату, мг;

V — об'єм води, відібраний для аналізу, мл.

Приготування буферного розчину.

Для приготування буферного ацетатного розчину з рН 4,6 змішують 102 мл 1 М розчину оцтової кислоти (60 г 100% кислоти в 1 л води) і 98 мл 1 М розчину ацетату натрію (136,1 г кристалічної солі в 1 л води) і доводять об'єм до 1 л прокип'яченою дистильованою водою.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чому забруднення нафтопродуктами виявляється небезпечним для природних вод?
2. Опишіть сутність визначення нафтопродуктів у воді.

3. Які джерела постачання фенолів у природні води?
4. Чим обумовлена токсична дія фенолів на живий організм?
5. Опишіть сутність якісного визначення фенолів у воді.
6. Схарактеризуйте сутність визначення хлору у питній воді.
7. У чому полягає небезпека вмісту залишкового хлору у питній воді?

Лабораторна робота №6**ВИЗНАЧЕННЯ СУХОГО ЗАЛИШКУ, КАРБОНАТ-,
ХЛОРИД-, СУЛЬФАТ- ТА НІТРАТ-ЙОНІВ
ГРУНТОВОГО ВИТЯГУ**

Мета: Ознайомлення з гравіметричним методом та методами якісного аналізу ґрунту. Набування техніки зважування, приготування хімічних реактивів, роботи з лабораторним обладнанням.

Сухий залишок ґрунтового витягу — це загальний вміст розчинних солей (хлоридів, сульфатів, нітратів, карбонатів та ін.) у водному ґрунтовому витягу. Його визначають шляхом випаровування у фарфоровій чашці певного об'єму фільтрату. Прожарюванням можна розділити сухий залишок на мінеральний і органічний.

За кількістю мінерального залишку визначають засоленість ґрунту (табл. 30).

Таблиця 30

**Взаємозв'язок між вмістом солей в ґрунті та ступенем його
засоленості**

Вміст солей, у % від маси сухого ґрунту	Ступінь засоленості ґрунту
<0,3	Не засолена
0,3 – 1,0	Слабо засолена
1,0 – 2,0	Засолена
2,0 – 3,0	Сильно засолена
>3,0	Солончак

Найточніше визначення ступеня засоленості ґрунту дає визначення щільності водного витягу з ґрунту ареометром або за допомогою пікнометру (зважуванням).

Методика дослідження

Прилади і реактиви: лабораторні електронні ваги; фарфорові чашки; мірні циліндри на 25 або 50 мл; електроплитка; сушильна шафа; конічні колби на 250 мл; фільтрувальний папір, лійка.

Визначення сухого залишку

У прожарену і зважену фарфорову чашку наливають за допомогою мірного циліндру по 25–50 мл фільтрату водного витягу стільки разів (по мірі випаровування), щоб в сумі одержати від 100 до 250 мл витягу (залежно від засоленості ґрунту; чим вище засоленість, тим менше об'єм витягу на аналіз). Після випаровування рідини чашку поміщують у сушильну шафу і висушують її вміст при температурі 105°C протягом 3–4 год. (до постійної маси). Вміст сухого залишку виражають у відсотках:

а) до повітряно-сухого ґрунту:

$$X_1 = [(m_1 - m_2) \cdot V_1 / (m \cdot V_2)] \cdot 100\%$$

б) до абсолютно сухого ґрунту:

$$X_2 = (m_1 - m_2) \cdot V_1 / (m \cdot V_2) \cdot (100 / (100 - B)),$$

- де m_1 — маса чашки з сухим залишком, г;
 m_2 — маса порожньої чашки, г;
 V_1 — загальний об'єм фільтрату, мл;
 V_2 — об'єм фільтрату для аналізу, мл;
 m — маса ґрунту для приготування витягу, г;
 B — вологість повітряно-сухого ґрунту, %.

Якщо вміст чашки після зважування озолити і прожарити, то втрата від прожарювання дає орієнтовний вміст у витягу органічних речовин, а залишок у чашці — вміст мінеральних солей. Озолення і прожарювання можна провести на газовому пальнику або у муфельній печі при температурі не вище 525°C. Розрахунок здійснюють аналогічно розрахунку сухого залишку (мінеральна частина); органічний залишок визначають за різницею між сухим залишком і мінеральною частиною.

Визначення карбонат-йонів

Прилади і реактиви: фарфорові чашки; мірні піпетки;
10% розчин хлоридної кислоти.

Невелику кількість ґрунту поміщують у фарфорову чашку і додають піпеткою декілька крапель 10% розчину хлоридної кислоти. Карбон(IV) оксид CO_2 , що утворюється під час реакції, виділяється у вигляді пухирців (ґрунт — "шипить"). За інтенсивністю виділення вуглекислого газу роблять висновок про більш або менш значний вміст карбонатів.

ґрунт, що "скипає" від 10% розчину соляної кислоти, відносять до групи карбонатних ґрунтів. Для такого ґрунту проводять аналіз водного витягу. Якщо ґрунт не "скипає", то для якісних реакцій готують не водний, а солянокислий витяг.

Визначення хлорид-йонів

Прилади і реактиви: штатив з пробірками; водний ґрунтовий витяг; 10% розчин нітратної кислоти; 0,1 М розчин аргентум нітрату.

До 5 мл фільтрату додають декілька крапель 10% розчину нітратної (азотної) кислоти і по краплях 0,1 М розчин нітрату аргентуму. Осад, що утворюється, у вигляді білих пластівців вказує на наявність хлоридів у кількості десятих часток відсотку і більше. У випадку вмісту сотих і тисячних часток відсотку хлоридів осад не випадає, але розчин мутніє.

Визначення сульфат-йонів

Прилади і реактиви: штатив з пробірками; водний ґрунтовий витяг; розчин концентрованої хлоридної (соляної) кислоти; 20% розчин барій хлориду.

До 5 мл фільтрату додають декілька крапель концентрованої соляної кислоти і 2–3 мл 20% розчину барій хлориду. Барій сульфат, що утворюється, випадає у вигляді білого дрібнокристалічного осаду, свідчить про наявність сульфатів у кількості декількох десятих відсотку і більше. Помутніння розчину також вказує на вміст сульфатів — соти частки відсотку. Слабке помутніння, помітне лише

на чорному фоні, відбувається у разі незначного вмісту сульфатів — тисячні частки відсотку.

Визначення нітрат-йонів

Прилади і реактиви: штатив з пробірками; водний ґрунтовий витяг; розчин дифеніламіну у сульфатній кислоті;

До 5 мл фільтрату по краплях додають розчин дифеніламіну в сульфатній (сірчаній) кислоті (0,05 г дифеніламіну розчинити у 10 мл концентрованої сульфатної кислоти). У випадку наявності нітратів і нітритів розчин забарвлюється у синій колір.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що визначає сухий залишок ґрунтового витягу?
2. Опишіть суть методу визначення сухого залишку?
3. Напишіть якісні реакції на сульфат, хлорид-йони?
4. За допомогою якого реактиву якісно визначають нітрат-йони?
5. Напишіть реакцію, за допомогою якої якісно визначають карбонат-йони.
6. Як ступінь засоленості ґрунту впливає на його родючість?

Лабораторна робота №7

ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИДІЛЕННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ГРУНТОМ ЯК БІОТЕСТ НА ЩІЛЬНІСТЬ ЇЇ ЗАСЕЛЕННЯ ЖИВИМИ ОРГАНІЗМАМИ

Мета: Ознайомлення з методикою біологічного тестування ґрунту на предмет визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу живими організмами. Набування титрування, приготування хімічних реактивів, роботи з лабораторним обладнанням.

Екологічно чистий ґрунт щільно населений живими організмами – мікробами, комахами та ін. У чорноземних ґрунтах на один гектар поверхні ґрунту приходить від 12,5 мільйону до 2 мільярдів різних безхребетних тварин, а в 1 грамі ґрунту мешкає до 10 мільярдів мікроорганізмів. Усі ці організми дихають, поглинаючи кисень та виділяють вуглекислий газ.

Тому в ґрунтовому повітрі кисню міститься менше, ніж в атмосферному, а вуглекислого газу – більше (табл. 31).

Таблиця 31

Повітря	O ₂ , %	CO ₂ , %
Атмосферне	21	0,034
Ґрунтове (верхні шари 15–30 см)	11–21	0,034–8,0

Чим щільніше заселений ґрунт, тим більше у ньому міститься вуглекислого газу. Ґрунтові організми у даному випадку виступають у ролі біоіндикаторів ґрунтового середовища. Кількісним показником біоіндикації є швидкість виділення організмами вуглекислого газу – маса CO₂, що виділяється з одного гектара за годину (кг/га за годину). Чим більше ця швидкість, тим біологічно активніший та екологічно чистий ґрунт.

За умов доброї повітряної проникності виділення CO₂ у літній період може досягати 7,5 кг/га за годину, а у донних відкладеннях

чистого водоймища – 2,02 кг/га за годину, а дуже забруднені промисловими відходами мули практично “не дихають”, швидкість виділення CO_2 складає близько 0,0096 кг/га за годину.

За складом ґрунтового ґрунту неможливо визначити швидкість виділення вуглекислого газу. Наприклад, при малому вмісті CO_2 швидкість його виділення може бути високою, якщо проникність ґрунту добра та CO_2 вільно вилучається в атмосферу. Та навпаки, значне накопичування вуглекислого газу у ґрунтовому повітрі може спостерігатися при слабкому виділенні вуглекислоти ґрунтовими організмами за умов поганого газообміну між ґрунтом та атмосферою.

Отже, для оцінки рівня біологічної активності ґрунту, потрібно безпосередньо виміряти кількість CO_2 , яке виділяє ґрунт або інший субстрат, наприклад донні відкладення.

Методика роботи

Прилади і реактиви: чашка Петрі; посудина-ізолятор; бюретка для титрування; мірний циліндр на 10 мл; хімічний стакан на 500–600 мл; піддон; ваги аналітичні; реторта; 0,2 н розчин КОН; 0,05 н розчин HCl; розчин фенол-фталеїну; зразки ґрунту або мулу.

Принцип вимірювання складається у тім, що невелику ділянку поверхні ґрунту ізолюють від навколишнього повітря посудиною, усередині якої поміщують чашку з розчином луґу, який поглинає CO_2 . За деякий проміжок часу посудину-ізолятор знімають та луґ із чашки відтитровують кислотою (рис. 49).

У дослідженнях, де потрібна висока точність результатів, враховують вихідну кількість вуглекислого газу, що знаходиться в атмосферному повітрі під посудиною-ізолятором. Цю кількість CO_2 вичитають з маси вуглекислого газу, що було поглинуто луґом під час досліду. Потрібно відмітити, що ця поправка дуже мала та, як

правило, її можна не враховувати.

Для визначення швидкості виділення CO_2 з ґрунту або іншого субстрату виконують послідовно такі операції:

Основою лабораторної установки є широкий піддон з невеликим (2–3 см) шаром води. Усередині посудини-ізолятора поміщують чашку Петрі з 10 мл розчину лугу KOH , а також хімічний стакан із субстратом, що досліджується (ґрунтом, мулом водоймища та ін.). Посудину-ізолятор встановлюють так, щоб його нижня кромка була занурена у воду на піддоні.

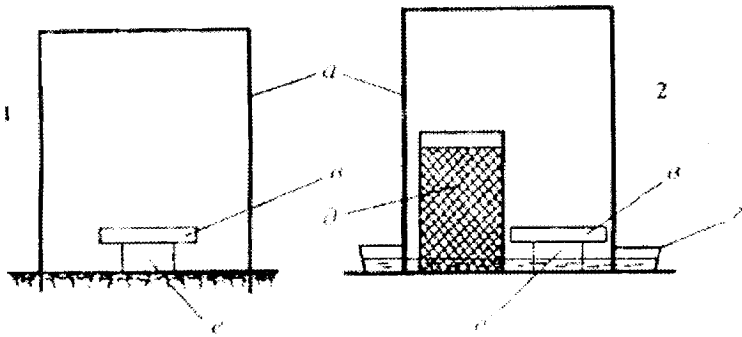


Рис. 49. Визначення «дихання» ґрунту (мулу) за методом Шатнова:

- 1 – установка на ґрунті в польових умовах;
- 2 – установка в лабораторії;
- а – судина-ізолятор;
- в – чашка з лугом;
- г – піддон;
- д – хімічна склянка з ґрунтом (мулом);
- е – підставка.

Час експозиції для першого визначення вибирають у межах 4–6 годин. Якщо інтенсивність виділення CO_2 мала і декілька паралельних титрувань дають великий (10% і більше) розбіг даних, час експозиції збільшують.

Вихідний розчин лугу титрують в лабораторії 0,05 н розчином хлоридної (соляної кислоти) за наявності фенолфталеїну до знебарвлення розчину. Розчин з чашки Петрі після експозиції відтитровують тим же розчином НСІ.

Швидкість виділення вуглекислого газу з ґрунту визначають за формулою:

$$X = \frac{(a - b) \cdot 1,1}{S \cdot t \cdot 100}, \text{ де}$$

X – кількість CO₂, що виділяється з ґрунту, кг/га за годину;

a – кількість 0,05 н НСІ, що пішло на титрування вихідного розчину лугу, мл;

b – кількість 0,05 н НСІ, що пішло на титрування лугу з чашки Петрі після експонування на ґрунті, мл;

1,1 – маса CO₂, еквівалентна масі НСІ, що міститься у 1 мл 0,05 н розчині хлоридної кислоти, мг/мл;

S – площа ґрунту під посудиною-ізолятором, м²;

t – час експозиції, год.

За допомогою лабораторної установки можна вивчити вплив різних забруднювачів на біологічну активність ґрунтів та мулів. Так, дослідження донних відкладень річки Південний Буг, забруднених сполуками важких металів показали досить низьку швидкість виділення CO₂ – від 0,098 кг/га (найбільш забруднені) до 0,997 кг/га (відносно чисті).

Експериментально було встановлено, що додавання органічних залишків типу листвяних опадів у донні відкладення збільшують біологічну активність мулів на 15–20%.

Визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу ґрунтами та донними відкладеннями водоймищ є складовою частиною комплексних досліджень у процесі вивчення степені забруднення водоймищ та ґрунтів.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть чому інтенсивність виділення CO_2 ґрунтом та іншим субстратом може служити показником їх екологічної чистоти ?
2. У чому полягає суть методу визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу ґрунтом?
3. Як приготувати 0,05 н робочий розчин хлоридної кислоти (густина 1,19 г/мл, 37,2%)?
4. Поясніть суть методу нейтралізації у ти триметричному аналізі.
5. Що таке процес титрування?
6. За допомогою чого визначають точку еквівалентності під час кислотно-основного титрування?
7. Які чинники впливають на інтенсивність виділення вуглекислого газу ґрунтом або іншим субстратом?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Тестові завдання можуть бути використані на етапі усвідомлення нової навчальної інформації, на етапі перевірки знань (поетапний, узагальнюючий контроль), а також на етапі закріплення (застосування знань на практиці).

Тестові завдання розділяються на декілька груп:

1. *“Вибрати правильну відповідь (правильні відповіді)”*.

Потрібно вибрати правильну відповідь з наведених чотирьох, або одну чи дві відповіді з наведених п'яти, шести і більше варіантів.

2. *“Вставити пропущене слово (слова)”*.

Потрібно у речення, висловлення, визначення вставити пропущене слово, або слова, які означають термін, прізвище вченого, назву речовини та ін., залежно від змісту питання.

3. *“Підібрати пари”*.

Потрібно з термінів та речень скласти пари таким чином, щоб одержати правильні визначення.

4. *“Заповнити схему”*.

Потрібно доповнити наведену схему найменуваннями речовин, термінами, назвами наук та ін., з'єднавши частини схеми в єдине ціле.

5. *“Доповнити відповідь”*.

Потрібно доповнити відповідь на поставлене питання шляхом продовження переліку термінів, характеристик основних екологічних проблем, методів моніторингу та ін.

6. *“Написати (дописати) рівняння реакції”*.

Потрібно написати або закінчити рівняння хімічної реакції, визначивши вихідні речовини, продукти реакції, умови при яких відбувається реакція. При необхідності написати йонне рівняння реакції.

Переважають завдання першої, другої та третьої груп. Окрім того, є завдання, де потрібно перерахувати декілька ознак, прикладів або причин того або іншого явища.

Існує декілька підходів до оцінювання відповідей під час

тестування:

1. За кожен варіант відповіді у тестовому завданні ставиться 1 бал (1 правильна відповідь – 1 бал).

Оцінку за тести можна виставити за такою шкалою:

Кількість набраних балів	Оцінка
до 4	"незадовільно"
5–7	"задовільно"
8–9	"добре"
10	"відмінно"

У наведених тестових завданнях сума балів складає – 10. Тому дуже легко підраховувати суму балів під час тестування і оцінювати результати.

2. За кожне тестове завдання – 1 бал, у випадку неповної відповіді – 0,5 балів. Оцінку за тести в такому випадку можна виставити за сумою балів.

Коефіцієнт засвоєння студентами навчального матеріалу визначають за формулою А.А. Киверялга:

$$K = \frac{N_i}{nN} \cdot 100\%,$$

де K – коефіцієнт засвоєння знань;

N_i – сума правильних відповідей студентів;

n – загальна кількість студентів, які виконували роботу;

N – кількість правильних відповідей, що містяться у тестах.

Коефіцієнт доступності навчального матеріалу визначають за формулою:

$$K_{\text{дост}} = \frac{K}{100},$$

де K – коефіцієнт засвоєння навчального матеріалу за А.А. Киверялгом

Доступним та засвоєним є матеріал, якщо $K_{\text{дост}}$ виявляється не менше, ніж 0,6, що відповідає оцінці “3”. Коефіцієнт засвоєння навчального матеріалу (K) при цьому не менше, ніж 60%.

Тестові завдання до вступу та розділу I

Варіант 1.1	
<p>1. <u>Вибрати правильну відповідь:</u> Екологія (у широкому значенні) – це</p> <p>а) частина біології, яка вивчає взаємовідносини організму з середовищем;</p> <p>б) комплексна інтегральна наука, котра досліджує навколишнє середовище (екосферу планети), його вплив на суспільство та зворотну реакцію природи на діяльність людства;</p> <p>в) дисципліна, яка вивчає загальні закономірності функціонування екосистем різноманітного ієрархічного рівня;</p> <p>г) наука, яка вивчає становлення морфологічних та фізіологічних особливостей організмів, а також зміну їх чисельності в залежності від умов середовища існування;</p> <p>д) загальнонаукова галузь знань, котра розглядає любую сукупність предметів та явищ з точки зору будь-якого центрального об'єкту (як правило живого або за участю живого).</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>2. <u>Підібрати правильні пари</u></p> <p>а) сполука або фізичний агент, що провокують генетичні зміни;</p> <p>б) сполука або фізичний агент, що сприяють розвитку злоякісних новоутворень;</p> <p>в) сполука, вплив якої на організм приводить до аномалії в його розвитку;</p> <p>г) сполука, яка синтезується організмом у процесі його життєдіяльності.</p> <p>1. Біоген 2. Канцероген 3. Тератоген 4. Мутаген</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>3. <u>Вставити пропущене слово</u> Вмісту організмі людини знаходиться на постійному рівні та випадкові значні відхили від цього рівня не викликають серйозних ускладнень для життя</p>	
<p>4. <u>Підібрати пари</u></p> <p>а) найпоширеніший елемент на планеті;</p> <p>б) важливий будівельний матеріал неживої природи;</p> <p>в) надзвичайно токсичний елемент для живого організму.</p> <p>1. Меркурій 2. Оксиген 3. Силіцій</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Вставити пропущене слово

5. Будь-яке угруповання живих організмів і його середовище існування, об'єднане в єдине функціональне ціле на основі взаємозалежності між його складовими називається.....

Варіант 1.2.

1. Підбрати пару

Хто і в якій праці вперше запропонував термін «екологія»?

- | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1. Чарльз Дарвін, 1859 р. | <input type="checkbox"/> | а) «Біосфера» | <input type="checkbox"/> |
| 2. Платон (427–347 рр. до н.е.) | <input type="checkbox"/> | б) «Загальна морфологія організмів» | <input type="checkbox"/> |
| 3. Ернст Геккель, 1866 р. | <input type="checkbox"/> | в) «Походження видів» | <input type="checkbox"/> |
| 4. Вернадський В.І., 1940 р. | <input type="checkbox"/> | г) «Апологія Сократа» | <input type="checkbox"/> |

2. Підбрати пари

- а) на підставі досліджень встановлено, що в тих місцях, де люди часто хворіють на базедову хворобу (захворювання щитовидної залози), значно знижений вміст цього елемента в атмосфері, воді, ґрунті;
- б) цей елемент необхідний для ефективного засвоєння організмом Феруму. З продуктів харчування багато цього елемента в молоці, маргарині, меді, а найбільше – у горіхах і овочах;
- в) незамінний елемент для нітрогенофіксуючих мікроорганізмів. Нестача цього елемента у середовищі досить поширене явище, з цим пов'язують карієс зубів, захворювання суглобів, кісток, а також порушення роботи залоз внутрішньої секреції людини;
- г) досить поширений мікроелемент, різниця між позитивною і шкідливою дозою якого дуже мала, в цьому полягає велика небезпека додавання цього елемента в воду.
1. Купрум (Cu) 2. Молібден (Mo) 3. Йод (I) 4. Флуор (F)

3. Вставити пропущене слово

Явище, коли в процесі еволюції різні групи організмів мають ідентичні хемомедіатори називається

4. Підбрати пари

- а) важливий будівельний матеріал неживої природи;
- б) дуже важливий для рослин і обов'язковий для тварин;
- в) приймає участь у фотосинтезі як компонент хлорофілу.
1. Силіцій 2. Ферум 3. Бор

5. Вставити пропущене слово

Організми, які живляться органічними речовинами, синтезованими автотрофами, безпосередньо або через інші організми, називаються

1. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Одним із ознак, характерних для агросистеми є:		
a) чисельні види живих організмів різних екологічних груп, які спільно мешкають на визначеній території;		
б) здатність до саморегуляції та тривалому сталому розвитку;		
в) переваження природного відбору в розвитку агросистеми;		
г) потреба у додатковому вкладанні енергії з боку людини.		
2. <u>Підібрати пари</u>		
a) незамінний фактор нормального використання організмом Феруму. Отруєння цим елементом може статися внаслідок вживання фунгіцидів, препаратів для боротьби з грибами;		
б) до водоймищ надходить з промислових підприємств, що виробляють целюлозу, фарби, електротехнічні прилади, термометри. Крім того, джерелом цього елемента в біосфері є різні фунгіциди, якими обробляють зерно перед сівбою;		
в) сприяє розвитку кісток в організмі;		
г) основний компонент повітря;		
д) найпоширеніший елемент на планеті.		
1. Кальцій (Ca)	2. Купрум (Cu)	3. Нітроген (N)
4. Меркурій (Hg)	5. Оксиген (O)	
3. <u>Вставити пропущені слова</u> Колообіг Карбону та Оксигену забезпечується за допомогою двох взаємодоповнюючих (комплементарних) процесів		
4. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Наслідком порушення глобального колообігу Карбону на Землі є:		
a) збільшення транспортних викидів до атмосфери;		
б) вичерпання озонового шару;		
в) скорочення чисельності видів рослин;		
г) "парниковий ефект".		
5. <u>Вставити пропущене слово</u> Автотрофи, які шляхом фотосинтезу або хемосинтезу запасують потенційну енергію у вигляді органічних речовин з простих неорганічних складових називаються		

1. Вибрати правильну відповідь

Хімічна екологія – це:

- а) наука, яка вивчає хімічні основи екологічних явищ та проблем;
- б) міждисциплінарний напрямок досліджень біохімічних основ взаємовідносин рослин та тварин;
- в) наука, яка досліджує всю сукупність хімічних зв'язків у живій природі та хімічні взаємодії, які пов'язані з життям;
- г) дисципліна, яка досліджує взаємовідносини організмів та їх угруповань з геохімічним середовищем, а також геохімічні відносини особин та їх угруповань.

2. Підібрати пари

- а) один із найдефіцитніших макроелементів. У багатьох екосистемах є лімітуючим фактором. Постачає живим організмам енергію;
 - б) колообіг цього елемента здійснюється завдяки функціонуванню двох фундаментальних процесів: фотосинтезу та клітинному диханню;
 - в) найтоксичніший елемент, його концентрація у природі мала, та рухомість в біосфері низька. Одним із джерел у біосфері є різні фунгіциди;
 - г) здатний накопичуватися у кістках тварин та контактує з кров'ю. На клітинному рівні існують антагонізм між цим елементом та Кальцієм
1. Меркурій (Hg) 2. Стронцій-90 (Sr-90) 3. Фосфор (P) 4. Карбон (C)

3. Вставити пропущене слово

Колообіг..... у біосфері пов'язаний з процесами обміну речовин в рослинах і тваринах. На відміну від інших біофільних елементів цей елемент в процесі міграції не утворює газової фази. Часткове повернення його до суші йде за рахунок рибальства та життєдіяльності морських птахів.

4. Вставити пропущені слова

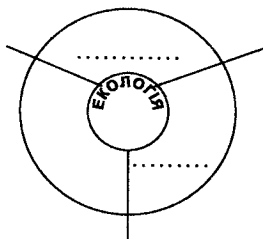
Сполуки, які перешкоджають різким скороченням (колапсу) об'єму клітин при зниженні температури називаються і

Приклад

5. Вставити пропущене слово

Процес синтезу органічних речовин з вуглекислого газу за рахунок енергії окислення аміаку, сірководню та інших речовин, який здійснюється мікроорганізмами у процесі їх життєдіяльності називається

1. Заповнити схему



На межі яких наук розвивається сучасна екологічна наука?

2. Підібрати пари

- а) має здатність заміщувати Кальцій у кістках;
- б) основний компонент повітря;
- в) найпоширеніший елемент на планеті;
- г) джерела надходження цього елемента – заводи з виробництва алюмінію. Надлишок у питній воді викликає пошкодження емалі на зубах, великі дози порушують утворення колагену.

1. Нітроген (N) 2. Флуор (F) 3. Плюмбум (Pb) 4. Оксиген (O)

3. Вибрати правильну відповідь

Причиною порушення глобального колообігу Нітрогену на Землі є:

- а) скорочення чисельності видів рослин;
- б) розширення сівби бобових;
- в) збільшення транспортних викидів до атмосфери;
- г) інтенсивний розвиток агротехніки;
- д) спалення органічного палива.

4. Вставити пропущене слово

Речовина або фізичний агент, що пригнічуючи діють на еритроцити крові та сприяють розвитку злоякісних утворень називається

5. Вставити пропущене слово

Організми, які в процесі життєдіяльності перетворюють органічні рештки на неорганічні речовини (бактерії та гриби) називаються

1. Підібрати правильні пари

- а) Сполуки чужорідні по відношенню до живих організмів, які не входять до природних циклів. Їх поява в біосфері прямо або побічно пов'язана з господарською діяльністю людини.
- б) Токсичні сполуки антропогенного походження, які викликають серйозні порушення в структурах екосистем.
- в) Хімічні сполуки, які забруднюють довкілля, синонім – забруднювачі.
- г) Сполуки, які володіють у малих дозах міцною токсичною дією поліфункціонального характеру. Для них фактично втрачає зміст поняття граничнодопустимої концентрації (ГДК).
 - 1. Екотоксиканти
 - 2. Полютанти
 - 3. Суперекотоксиканти
 - 4. Ксенобіотики

2. Вставити пропущене слово

Найнижчий шар атмосфери, котрий простягається до висоти 8–10 км в полярних широтах і до 16–18 км біля екватору називається Тут зосереджено майже 80% всієї маси атмосфери та найбільша її густина.

3. Вибрати правильну відповідь

До основних екологічних проблем Світового океану належать:

- а) гідробудівництво
- б) “парниковий ефект”
- в) збільшення озонної діри
- г) видобування біологічних ресурсів
- д) транспортні викиди

4. Вибрати правильну відповідь

Основними причинами хімічного забруднення ґрунтів є:

- а) відходи промислового виробництва
- б) використання пестицидів
- в) транспортні викиди
- г) гідробудівництво
- д) радіоактивне забруднення

5. Вставити пропущене слово

Максимальна кількість полютанту в одиниці об'єму повітря або води, яка при щоденній дії на організм людини протягом тривалого часу не викликає патологічних змін або захворювань, а також не порушує нормальної життєдіяльності називається.....

1. Доповнити відповідь

За просторовим розподілом (розміром територій) забруднення поділяються на
 а) глобальні (фоново-біосферні) в).....
 б)..... г).....

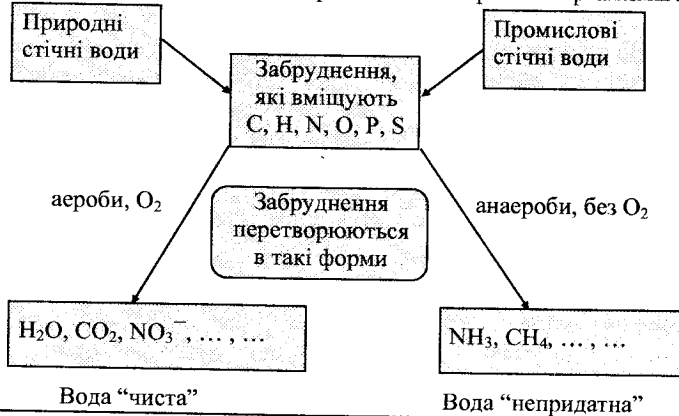
2. Вибрати правильну відповідь

Радикал Хлору, який виділяється під дією ультрафіолетових променів з молекул фреону, руйнує:

- а) 1 молекулу озону в) до 100 молекул озону
 б) до 10 молекул озону г) до 100 000 молекул озону

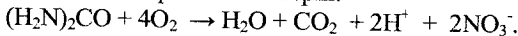
3. Заповнити схему

Які хімічні речовини утворюються під час скиду природних та промислових відходів у водойми під впливом аеробних та анаеробних організмів?



4. Вибрати правильні відповіді

Сечовина (H₂N)₂CO – кінцевий продукт метаболізму білків у тварин – може попадати як забруднювач у водне середовище, де сечовина розкладається за допомогою аеробних бактерій:



Визначити повне біологічне споживання кисню (БСК) води об'ємом 1000 л під час потрапляння до неї 30 г сечовини.

- а) 0,64 г/л в) 0,0064 г/л
 б) 0,064 г/л г) 0,00064 г/л

5. Вставити пропущене слово

Штучне відновлення родючості ґрунтів і рослинного покриву після техногенного порушення природи називається.....

1. Вибрати правильні відповіді

За джерелами виникнення забруднювачі поділяються на:

- а) промислові (наприклад SO₂)
- б) регіональні
- в) транспортні (CO, NO_x)
- г) сільськогосподарські (пестициди)
- д) глобальні
- е) точкові

2. Вибрати правильну відповідь

Одним з головних джерел збільшення концентрації CO₂ в атмосфері є

- а) спалення палива
- б) розведення великої рогатої худоби
- в) електричні розряди у стратосфері
- г) автотранспортні вихлопи

3. Вибрати правильні відповіді

До основних забруднювачів Світового океану належать:

- а) вуглеводні нафти
- б) оксиди сульфур
- в) фреони
- г) важкі метали
- д) оксиди нітрогену

4. Підібрати правильні пари

- а) Пестициди, які використовуються для знищення комах
- б) Пестициди, які використовуються для знищення бур'янів
- в) Пестициди, які використовуються для захисту рослин від грибкових захворювань

1. Фунгіциди 2. Інсектициди 3. Гербіциди

5. Вставити пропущене слово

Процес руйнування гірських порід, ґрунтів чи будь-яких інших утворень із зміною властивостей і цілісності її поверхні, як правило супроводжується перенесенням часток з одного місця на інші називається

1. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Властивість деяких хімічних елементів або їх сполук і біогенних речовин згубно впливати на живі організми (рослини, тварини, гриби, мікроорганізми) та здоров'я людини називається	
а) продуктивністю	<input type="checkbox"/>
б) біологічним акумулюванням	<input type="checkbox"/>
в) токсичністю	<input type="checkbox"/>
г) розчинністю	<input type="checkbox"/>
2. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Одними з головних джерел збільшення кількості SO ₂ в атмосфері є:	
а) спалення палива	<input type="checkbox"/>
б) виділення океанів	<input type="checkbox"/>
в) промислове виробництво (вилавка металів)	<input type="checkbox"/>
г) розклад органічної речовини	<input type="checkbox"/>
д) використання фреонів	<input type="checkbox"/>
3. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Окрім методів біологічної очистки стічних вод існують ефективні хімічні методи. До хімічних методів очистки стічних вод належать:	
а) сорбція активованим вугіллям	<input type="checkbox"/>
б) поля фільтрації	<input type="checkbox"/>
в) біологічні очисні ставки	<input type="checkbox"/>
г) нейтралізація	<input type="checkbox"/>
д) фільтрація	<input type="checkbox"/>
4. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Найперспективнішим є виробництво одного з трьох типів харчового білку –	
а) рослинного	<input type="checkbox"/>
б) тваринного	<input type="checkbox"/>
в) мікробіологічного	<input type="checkbox"/>
Бактеріям та дріжджам для подвоєння маси потрібний час:	
1) 1–2 тижні	<input type="checkbox"/>
2) 1–2 місяці	<input type="checkbox"/>
3) 0,2–2 години	<input type="checkbox"/>
4) 10–20 годин	<input type="checkbox"/>
5. <u>Підібрати правильні пари</u>	
а) у тим місцях, де люди часто хворіють на базедову хворобу (захворювання щитовидної залози) значно знижений вміст цього елемента в атмосфері, у воді та ґрунті	<input type="checkbox"/>
б) необхідний для нормального засвоєння організмом Феруму	<input type="checkbox"/>
в) незамінний елемент для нітрогенофіксуючих організмів, з нестачею цього елемента у довкіллі пов'язують карієс зубів, захворювання кісток	<input type="checkbox"/>
1. Купрум (Cu)	2. Молібден (Mo)
	3. Йод (I)

<p>1. <u>Підібрати правильні пари</u> Між якими існує зв'язок вибіркового накопичування деяких елементів в органах ссавців?</p> <p>а) волосся, нігті <input type="checkbox"/> в) нирки <input type="checkbox"/> б) шлунок <input type="checkbox"/> г) мозок <input type="checkbox"/></p> <p>1. Cd, Hg, Mn 2. Cu 3. Sn 4. As, Hg, Al</p>
<p>2. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Причинами збільшення «озонової діри», або зменшення озонового шару є:</p> <p>а) зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері <input type="checkbox"/> б) використання хлоро-, флуороорганічних вуглеводнів, як холодоагентів <input type="checkbox"/> в) запуск штучних супутників Землі та польоти надзвукових літаків <input type="checkbox"/> г) викиди теплоелектростанцій та хімічних підприємств сульфур оксидів <input type="checkbox"/> д) інтенсивне використання азотних добрив в аграрному виробництві <input type="checkbox"/></p>
<p>3. <u>Вибрати правильну відповідь</u> До складу багатьох синтетичних миючих засобів входить органічний аніон:</p> $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_9 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{SO}_3^{2-}$ <p>Після прання вода стає брудною та аероби розкладають цей аніон: $2\text{C}_{18}\text{H}_{29}\text{SO}_3^{2-} + 51\text{O}_2 \rightarrow 36\text{CO}_2 + 28\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$ Визначити повне БСК (біологічне споживання кисню) води, у 100 л якої міститься 10 г цієї речовини</p> <p>а) 0,00025 г/л <input type="checkbox"/> в) 0,25 г/л <input type="checkbox"/> б) 0,025 г/л <input type="checkbox"/> г) 0,0025 г/л <input type="checkbox"/></p>
<p>4. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Інтенсивне використання азотних та калійних добрив, які містять NH_4NO_3, KNO_3, NaNO_3, призвело до появи проблеми нітратів, які забруднюють харчові продукти. Верхня межа норми нітратів на 1 людину на добу, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), дорівнює</p> <p>а) 0,325 г <input type="checkbox"/> в) 32,5 г <input type="checkbox"/> б) 3,25 г <input type="checkbox"/> г) 325 г <input type="checkbox"/></p>
<p>5. <u>Вставити пропущене слово</u> Хімічна сполука, яка використовується з метою захисту рослин, продуктів аграрного виробництва і боротьби з переносниками небезпечних захворювань називається</p>

Тестові завдання до розділу III

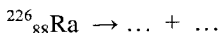
Варіант 3.1

1. Вставити пропущене слово

Процес спонтанного перетворення нестійкого ізотопу одного хімічного елемента в ізотоп другого елемента, який супроводжується виділенням потоків елементарних часток або ядер називається

2. Дописати рівняння реакції

Радіоактивний інертний газ радон використовують в медичній практиці, наприклад для лікування злоякісних пухлин. Напишіть рівняння реакції α -розпаду Радію-226



3. Вибрати правильні відповіді

Нетрадиційні енергетичні джерела – це:

- а) нафта;
- б) енергія Сонця;
- в) біоенергія;
- г) вугілля;
- д) газ

4. Вставити пропущені слова

Біогаз – це суміш газів і, які знаходяться в такому відсотковому співвідношенні% : % .

5. Вставити пропущене слово

Час, протягом якого число ядер радіоізоотопу в результаті самовільних ядерних перетворень знижується у 2 рази, називається

Варіант 3.2

1. Доповнити відповідь

Які основні види радіоактивного розпаду ви знаєте:

- а) α -розпад;
- б).....;
- в).....;
- г).....;

2. Вибрати правильну відповідь

Ступінь витривалості різних організмів, а також клітин та тканин до дії йонізуючого випромінювання, називається

- а) радіоактивністю
- б) радіочутливістю
- в) радіацією
- г) реакліматизацією

3. Доповнити відповідь

Технології або методи уловлювання та перетворення енергії Сонця на іншу, більш зручну для людини форму енергії – це:

- а) фотогальванічні елементи;
 б)

4. Доповнити схему

Добування етанолу, як одного з замісників бензинового палива



- а) спалення; г) каталітичний фотоліз; ж) біогаз;
 б) гідроліз; д) спиртове бродіння; з) гексози;
 в) екстракція; е) вуглеводні C₂₅-C₃₈; і) водень.

5. Дописати рівняння реакції термоядерного синтезу

- а) ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow \dots + {}^1_0\text{n} + Q$
 Дейтерій Тритій нейтрон енергія
 б) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow \dots + {}^1_0\text{n} + Q$
 Дейтерій Дейтерій нейтрон енергія

Варіант 3.3

1. Вибрати правильні відповіді

Джерелами радіоактивного опромінювання людини, зокрема фонові радіації можуть бути

- а) діагностичні рентгенівські промені;
 б) підприємства важкої індустрії;
 в) стабільна робота АЕС;
 г) випробування ядерної зброї;
 д) спалення палива.

2. Вибрати правильні відповіді

Підвищену природну радіоактивність має:

- а) пісок;
 б) деревина;
 в) граніт;
 г) фосфогіпс.

<p>3. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Які радіоактивні сполуки склали основу опадів, котрі випали при аварії на Чорнобильській АЕС?</p> <p>а) Йод-131 б) Стронцій-90 в) Цезій-137 г) Кадмій д) Гідроген е) Калій-40</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>4. <u>Вставити пропущені слова</u> Однією із складностей виробництва фотогальванічних елементів (ФГЕ) є одержання, наприклад, із Силіцію (з високим ступенем монокристалічності)</p>	
<p>5. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Якщо викопне паливо замінити на водень, то ніяких забруднень довкілля не буде. Серед багатьох способів добування водню є:</p> <p>а) терморозклад води ($T = 2000^{\circ}\text{K}$); б) спиртове бродіння глюкози; в) із природного газу $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Ni}, 900^{\circ}\text{C}}$ г) окиснення спиртів, альдегідів; д) гідроліз складних ефірів.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>Варіант 3.4</p>	
<p>1. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Природними джерелами радіоактивного випромінювання є:</p> <p>а) космічні промені; б) вулканічна діяльність; в) викиди промислових підприємств; г) викиди транспорту; д) гідроелектростанції; е) окремі гірські породи.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>2. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Стронцій-90 заміщує необхідний для організму елемент:</p> <p>а) Калій; б) Ферум; в) Кальцій; г) Оксиген.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

<p>3. <u>Вставити пропущені слова</u> Згідно з принципом дії сонячних термоустановок: система дзеркал, за якими спостерігають за Сонцем, фокусують його промені та збирають їх енергію для того, щоб довести до кипіння робочу рідину – або – кип'ятильник, що працює як звичайна теплова машина.</p>					
<p>4. <u>Доповнити відповідь</u> Перевагами водневої енергетики є: а) запаси водню практичне невичерпні; б) в) г)</p>					
<p>5. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Геологічні особливості Миколаївської області визначають радіаційний природний фон, який становить: а) 2,5 мікрорентген/год; б) 5 мікрорентген/год; в) 10 мікрорентген/год; г) 20 мікрорентген/год;</p>	<table border="1"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				
<p>Варіант 3.5</p>					
<p>1. <u>Вставити пропущене слово</u> Еквівалентна доза йонізуючого випромінювання, що створюється космічним випромінюванням та випромінюванням природних радіоізоотопів, котрі знаходяться у верхньому шарі Землі, атмосфері та організмі людини називається</p>					
<p>2. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Шляхи забруднення ґрунту техногенними радіоізоотопами в Миколаївській області – це а) атмосферні опади; б) мінеральні добрива; в) поливна вода; г) розробка гранітних кар'єрів; д) автомобільні вихлопи;</p>	<table border="1"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				
<p>3. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Який добування атомної енергії є ізоотоп хімічного елемента: а) Уран-238; б) Плутоній-239; в) Уран-235; г) Нептуній-239; д) Уран-239.</p>	<table border="1"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				

4. Доповнити відповідь
 Недоліками сонячної енергетики є:
 а) залежність від погоди та часу доби;
 б)
 Перевагами сонячної енергетики є:
 а)
 б)

5. Вставити пропущене слово
 Форма фізичного забруднення, яка пов'язана з перевищенням природного рівня вмісту в середовищі радіоактивних речовин, називається

Тестові завдання до розділу IV

Варіант 4.1

1. Вставити пропущене слово
 Система спостережень, оцінки та прогнозу за станом навколишнього середовища (процесами і явищами) називається

2. Вибрати правильні відповіді
 Залежно від території, що охоплюється спостереженнями, моніторинг поділяють на три види:
- а) екологічний;
 - б) локальний;
 - в) фізичний;
 - г) глобальний;
 - д) регіональний;
 - е) біологічний;
 - ж) санітарно-гігієнічний.

3. Вибрати правильні відповіді
 Під час вибору біоіндикаторів враховують такі положення:
- а) як біоіндикатор вибирають stenotopni види (види, які пристосовані для існування у суворо визначених умовах);
 - б) як біоіндикатор вибирають евротопні види (найпоширені, які мають широкий діапазон екологічної витривалості);
 - в) для спостережень протягом тривалого часу крупні види є найкращими індикаторами;
 - г) для спостережень протягом тривалого часу дрібні види є найкращими індикаторами;
 - д) чисельність одного виду є надійним індикатором.

<p>4. <u>Вибрати правильну відповідь</u> За допомогою якої якісної реакції можна визначити присутність у розчині сульфат-аніонів?</p> <p>а) дією аргентум хлориду (AgCl)</p> <p>б) дією нітратної кислоти (HNO_3)</p> <p>в) дією барій хлориду (BaCl_2)</p> <p>г) дією барій сульфату (BaSO_4)</p> <p>Напишіть скорочене йонне рівняння реакції: </p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>5. <u>Вибрати правильні відповіді</u> До хімічних методів аналізу належать:</p> <p>а) біоіндикація;</p> <p>б) нейтралізація;</p> <p>в) титриметрія;</p> <p>г) калориметрія;</p> <p>д) фенологічні спостереження.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>Варіант 4.2</p>	
<p>1. <u>Підібрати пари</u></p> <p>а) спостереження за якістю навколишнього природного середовища з точки зору охорони здоров'я людини:</p> <p>б) спостереження за фоновим станом навколишнього середовища на значних територіях:</p> <p>в) контроль стану екологічних систем (біогеоценозів) та природних комплексів, зміни стану окремих видів природних ресурсів (водних, ґрунтових, рослинних та ін.):</p> <p>1 - екологічний моніторинг 2 - санітарно-гігієнічний моніторинг 3 - біосферний (глобальний) моніторинг</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>2. <u>Вставити пропущене слово</u> Комплекс специфічних реакцій живого організму або біологічного елемента на дію визначеної речовини (причому ці реакції можна реєструвати та за ними давати оцінку наявності забруднювача та його концентрації) – це</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>3. <u>Підібрати пари</u> Методи якісного хімічного аналізу в залежності від кількості досліджуваної речовини поділяються:</p> <p>а) 0,1–1 г речовини:</p> <p>б) <0,01 г речовини:</p> <p>в) дуже мала кількість речовини (зовнішній ефект реакції спостерігають під мікроскопом):</p> <p>1. Макрометод 2. Мікрометод 3. Ультрамикрометод</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

4. Вибрати правильні відповіді
 Наявність в розчині хлорид-йонів можна визначити
 а) дією аргентум нітрату (AgNO_3);
 б) дією барій хлориду (BaCl_2);
 в) дією барій сульфату (BaSO_4);
 г) дією плюмбум(II) нітрату ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)
 Написати скорочене йонне рівняння реакції:

5. Вставити пропущене слово
 Омертвіння окремих органів, їх частин або клітин у живому організмі називається

Варіант 4.3

1. Вибрати правильні відповіді
 Залежно від методів, що використовуються для визначення стану довкілля, та об'єктів спостереження моніторинг поділяють на:
 а) фізичний;
 б) локальний;
 в) біосферний (глобальний);
 г) хімічний;
 д) біологічний;
 е) регіональний.

2. Вставити пропущене слово
 Реакція, на перебіг якої не впливають сторонні йони, називається

3. Підібрати пари.
 Ознаки надлишкового змісту мікроелементів у ґрунті:
 а) хлороз розвивається між жилками молодих листів, жилки залишаються зеленими, пізніше весь лист стає жовтим або білуватим;
 б) загальне пожовтіння листа, жовті або коричневі кінці та краї найбільш старих листів, поява яскравих некротичних плям, опадання листа;
 в) хлороз молодого листа, жилки залишаються зеленими;
 г) хлороз розвивається на кінцях молодих листів та розповсюджується між жилками, з'являється коричневий некроз та кінці листів скручуються, потім листа опадає:

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| 1. Фосфор | 3. Ферум |
| 2. Нітроген амонійний та нітратний | 4. Купрум |

4.	<u>Вибрати правильну відповідь</u> Наука про визначення хімічного складу речовин – це	
	а) санітарно-гігієнічний моніторинг;	<input type="checkbox"/>
	б) аналітична хімія;	<input type="checkbox"/>
	в) екологічний моніторинг;	<input type="checkbox"/>
	г) біосферний моніторинг.	<input type="checkbox"/>
5.	<u>Вставити пропущене слово</u> Логарифм концентрації йонів Гідрогену, взятий з оберненим знаком, називається	
Варіант 4.4		
1.	<u>Вставити пропущені слова</u> Система спостережень, контролю та управління станом навколишнього середовища (за визначенням Герасимова І.П.) називається	
	Система спостережень, оцінки та прогнозу антропогенних змін стану абіотичних компонентів біосфери (за визначенням Ізраєля Ю.А.) називається	
2.	<u>Вибрати правильні відповіді</u> Виявити та вимірити радіоактивність можна за допомогою багатьох фізико-хімічних та фотохімічних таких методів:	
	а) йонізаційний метод;	<input type="checkbox"/>
	б) титриметричний метод;	<input type="checkbox"/>
	в) сцинтиляційний метод;	<input type="checkbox"/>
	г) автографічний метод;	<input type="checkbox"/>
	д) калориметричний метод.	<input type="checkbox"/>
3.	<u>Вибрати правильні відповіді</u> Прикладом накопичуючих індикаторів є:	
	а) хлороз рослин;	<input type="checkbox"/>
	б) некроз рослин;	<input type="checkbox"/>
	в) хітинові панцирі ракоподібних;	<input type="checkbox"/>
	г) зміна чисельності окремих видів тварин.	<input type="checkbox"/>
4.	<u>Вибрати правильні відповіді</u> Наявність у розчині сульфід-йону можна виявити:	
	а) дією катіонів Аргентуму Ag^+ ;	<input type="checkbox"/>
	б) дією катіонів Калію K^+ ;	<input type="checkbox"/>
	в) дією катіонів Плюмбуму Pb^{2+} ;	<input type="checkbox"/>
	г) дією катіонів Кальцію Ca^{2+} .	<input type="checkbox"/>
	Напишіть скорочене йонне рівняння реакції:	

5. <u>Вибрати правильні відповіді</u> Для визначення рН використовуються такі методи:	
а) гравіметрія	<input type="checkbox"/>
б) біоіндикація	<input type="checkbox"/>
в) колориметрія	<input type="checkbox"/>
г) потенціометрія	<input type="checkbox"/>

Варіант 4.5

1. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Стан екологічних систем (біогеоценозів) та природних комплексів, зміну стану окремих видів природних ресурсів (водних, ґрунтових, рослинних, тваринних) контролює:	
а) санітарно-гігієнічний моніторинг;	<input type="checkbox"/>
б) біосферний (глобальний) моніторинг;	<input type="checkbox"/>
в) екологічний моніторинг.	<input type="checkbox"/>

2. <u>Підібрати пари</u> Для таких водних розчинів характерний показник рН:	
а) шлунковий сік;	<input type="checkbox"/>
б) розчин цукру;	<input type="checkbox"/>
в) розчин питної соди;	<input type="checkbox"/>
г) молоко, питна вода;	<input type="checkbox"/>
д) нашатирний спирт.	<input type="checkbox"/>
1. рН = 1 2. рН = 7 3. рН = 6 4. рН = 9 5. рН = 11	

3. <u>Вставити пропущене слово</u> Кількісне та якісне визначення хімічних речовин в об'єктах навколишнього середовища, в організмах людей і тварин називається	
--	--

4. <u>Вибрати правильну відповідь</u> Йон амонію можна виявити:	
а) дією барій карбонату BaCO_3 ;	<input type="checkbox"/>
б) дією натрій гідроксиду NaOH ;	<input type="checkbox"/>
в) дією сульфатної кислоти H_2SO_4 ;	<input type="checkbox"/>
г) дією натрій нітрату NaNO_3 .	<input type="checkbox"/>
Напишіть йонне рівняння реакції:	

5. <u>Вставити пропущене слово</u> Аналізуючий пристрій, головною частиною якого є чутливий електрод, що містить між напівпроникними мембранами ферменти або мікроорганізми, котрі реагують на появу в зоні електрода забруднювача називається	
---	--

ВІДПОВІДІ НА ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

До вступу та розділу I	
Варіант 2.1.	1 б або д
	2 4а, 2б, 3в, 1г
	3 макроелементи
	4 2а, 3б, 1в
	5 екосистема
Варіант 2.2.	1 3б
	2 3а, 1б, 2в, 4г
	3 біохімічна конвергенція
	4 1а, 3б, 2в
	5 консументи
Варіант 2.3.	1 г
	2 2а, 4б, 1в, 3г, 5д
	3 дихання, фотосинтез
	4 г
	5 продуценти
Варіант 2.4.	1 в
	2 3а, 4б, 1в, 2г
	3 Фосфор
	4 кріопротектори, антифризи (жаби – глюкоза)
	5 хемосинтез
Варіант 2.5.	1 технічні, економічні, суспільні науки
	2 3а, 1б, 4в, 2г
	3 б або г
	4 канцероген
	5 редуценти
До розділу II	
Варіант 2.1.	1 а4, б1, в2, г3
	2 тропосфера
	3 а, г
	4 а, б
	5 ГДК (граничнодопустима концентрація)
Варіант 2.2.	1 б) регіональні; в) локальні; г) точкові
	2 г
	3 PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , PH_3 , H_2S
	4 рекультивация
	5 б

Варіант 2.3.	1	а, в, г
	2	а
	3	а, г
	4	а2, б3, в1
	5	ерозія
Варіант 2.4.	1	в
	2	а, в
	3	а, г
	4	в, з
	5	а3, б1, в2
Варіант 2.5.	1	а4, б3, в1, г2
	2	б, в, д
	3	в (у каналізаційних водах БСК – 0,1–0,5 г/л)
	4	а
	5	пестицид
До розділу III		
Варіант 3.1.	1	радіоактивність
	2	$^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Ra} + ^4_2\text{He}$
	3	б, в
	4	CH ₄ , CO ₂ , 65 %, 30 %
	5	період піврозпаду (T _{1/2})
Варіант 3.2.	1	б) β-розпад, в) електронне захоплення, г) спонтанне ділення
	2	б
	3	сонячні термоустановки та ін.
	4	1б, 2з, 3д
	5	а) ^3_2He , б) ^4_2He
Варіант 3.3.	1	а, г
	2	в, г
	3	а, б, в
	4	високочисті напівпровідники Ni, 900°C
	5	а, в
Варіант 3.4.	1	а, б, е
	2	в
	3	вода, амоніак
	4	не забруднює довкілля; Гідроген – найпоширеніший елемент; велика теплотворна здатність водню
	5	г

Варіант 3.5.	1	природний фон випромінювання
	2	а, в, г
	3	а, в
	4	труднощі перетворення сонячної енергії; невичерпне джерело енергії, не забруднює довкілля
	5	радіоактивне забруднення
До розділу IV		
Варіант 4.1.	1	моніторинг
	2	1б, 2д, 3г
	3	а, в
	4	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$ (білий осад)
	5	в, г
Варіант 4.2.	1	1в, 2а, 3б
	2	біоіндикація
	3	1а, 2б, 3в
	4	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ (білий осад)
	5	некроз
Варіант 4.3.	1	а, г, д
	2	специфічна реакція
	3	3а, 1б, 4в, 2г
	4	Б
	5	водневий показник
Варіант 4.4.	1	моніторинг
	2	а, в, г
	3	В
	4	а, в $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{PbS}$ (чорний осад) $\text{Ag}^+ + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}$ (чорний осад)
	5	Г
Варіант 4.5.	1	В
	2	1а, 3б, 4в, 2г, 5д
	3	індикація
	4	$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	5	біосенсор

КОРОТКИЙ ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ

Короткий словник має на меті допомогти студентам засвоїти основні поняття хімічної екології, її термінологію, глибше зрозуміти хімічні причини, що породжують екологічні проблеми сучасності.

Абіотичні фактори (*The Abiotesky factor*) – чинники неживої природи: температура, світло, радіоактивне випромінювання, вологість повітря, сольовий склад води, вітер, течії, рельєф місцевості та ін.

Агроєкосистема (*Agroecosystem*) – нестала система агроценопопуляцій культивованих рослин на оброблювальних ґрунтах. Має певний склад, структуру й режим, які підтримуються і регулюються людиною. За відсутності контролю з боку людини агроєкосистема поступово втрачає свої властивості.

Адаптація (*Adaptation*) – пристосування організмів до середовища існування, що дає можливість організмам вижити і розмножуватись. Розрізняють морфологічні, фізіологічні, анатомічні адаптації.

Алелопатія (*Allelopathy*) – явище, коли деякі вищі рослини за допомогою хемомедіаторів придушують ріст та викликають загибель інших рослин – конкурентів. Серед алелопатичних активних речовин виявлені представники багатьох класів хімічних сполук – органічні кислоти, феноли, терпеноїди, пурини, кумарини та ін.

Алломон(и) (*Allomone*) – хімічні речовини, що сприяють міжвидовим взаємодіям.

Аналітична хімія (*Analytical chemistry*) – наука про визначення хімічного складу речовин, складається з якісного та кількісного аналізу.

Антропогенне навантаження (*Anthropogenous loading*) – міра прямого і непрямого впливу діяльності людини на природу в цілому або на її окремі компоненти.

Антропогенні фактори (*Anthropogenous factors*) – форми діяльності людського суспільства, що приводять до змін природи як

середовища життя інших видів чи безпосередньо відбиваються на їхньому житті.

Атмосфера (Atmosphere) (від грец. *atmos* – пара, *sphaira* – куля) – повітряна оболонка нашої планети. Складається із тропосфери, стратосфери, мезосфери, термосфери, екзосфери.

Атом (Atom) – за Е.Резерфордом, це частинка, що складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів, які обертаються навколо ядра, як планети навколо Сонця. За подібністю будови така модель атома була названа планетарною. Протонне число є дуже важливою характеристикою елемента, воно виражає позитивний заряд ядра його атома. Виходячи з того, що атом електронейтральний, можна дійти висновку, що й число електронів, що обертаються навколо ядра, дорівнює протонному числу елемента.

Атомна енергетика (Atom energetics) – енергетична галузь, де використовується енергія ядерних реакцій. Існують спеціальні установки (циклотрони, синхрофазотрони та інші прискорювачі), що дають змогу надавати елементарним та іншим частинкам енергію, достатню для здійснення ядерних реакцій. В ядерних реакціях використовують пучки нейтронів, що виникають у процесі роботи ядерних реакторів, а також α -частинки, протони, дейтрони. Ядерні реакції можна також здійснювати, використовуючи γ -проміння. Джерелом ядерної енергії для промислових цілей використовують Плутоній-239, Уран-233, Уран-235.

Ацидогенез (acidogenes) – процес одержання ацетатної кислоти.

Аутекологічний редукціонізм (Autecological reductionism) – перший етап розвитку екології, що пов'язаний з працями Е.Геккеля (1834–1919), а також російського вченого К.Ф.Рул'є (1814–1858). Суть його полягає у тім, що, як вважають прихильники відповідної йому течії в екології — факторіальної екології (або аутекології), усі явища, що стосуються розповсюдження та чисельності будь-яких організмів, можуть бути пояснені на основі відомої реакції на ті або інші абіотичні фактори. Екологія на цьому етапі виступає як пряме продовження фізіології в природних умовах. На першому етапі розвитку екології аутекологічний редукціонізм був прогресивною

методологією, що дозволило класифікувати велику кількість даних, відкрити ряд законів та принципів аутоекології (екології виду).

Біогенна міграція хімічних елементів (*Biogene migration of chemical elements*) – переміщення у біосфері хімічних елементів з участю організмів (рослин, тварин і мікроорганізмів). Для цього процесу характерна акумуляція і концентрація елементів у живих організмах та мінералізація в результаті розпаду мертвих організмів.

Біогенні елементи (*Biogenic elements*) – елементи, котрі постійно входять до складу організмів і виконують життєво необхідні біологічні функції (Оксиген, Карбон, Фосфор, Нітроген та ін.).

Біогеоценоз (*Biogeocenosis*) – комплекс взаємопов'язаних видів (популяцій різних видів), які живуть на певній території з більш чи менш однорідними умовами існування. Біогеоценоз на відміну від екосистеми не може бути створений штучно.

Біогаз (*Biogas*) – це газ, який складається з метану (65%) та вуглекислого газу (30%).

Біоіндикація (*Biological indication*) – комплекс специфічних реакцій живого організму або біологічного елементу на дію визначеної речовини, причому ці реакції можна реєструвати та за ними давати оцінку присутності забруднювача та його концентрації.

Біомаса (*Biomass*) – сумарна кількість органічної речовини всієї сукупності особин угруповання з наявною в них енергією. Біомасу виражають в одиницях маси у перерахунку на суху речовину на одиницю площі або об'єму.

Біометаногенез (*Biomethanegenesis*) – процес одержання біогазу.

Біоочистка (*біологічна очистка*) (*Biological purifying*) – видалення сторонніх або шкідливих агентів за допомогою живих організмів, що сприяють їх фільтрації чи розпаду та відновленню первинних властивостей середовища.

Біологічне споживання кисню (*БСК*) (*Biological consumption of oxygen*) – кількість розчиненого кисню, яке необхідне для перетворення всіх органічних рештків у воді. Цей показник характеризує ступінь забруднення води органічними речовинами. БСК₅

– це показник кількості кисню, необхідного для окислення органічних речовин протягом п'яти діб. Як правило, БСК₅ складає 3/4 повної БСК.

Біосенсор (Biosensor) – аналізуючий пристрій, головною частиною якого є чутливий електрод, який у свою чергу містить ферменти або мікроорганізми між напівпроникними мембранами. Завдання останніх – відреагувати на появу в зоні електроду забруднювача, причому ця реакція, як правило, специфічна – ферменти або мікроорганізми "пізнають" тільки комплементарний їм хімічний агент.

Біотичні чинники (Biotic factors) – чинники впливу живої природи.

Біосфера (Biosphere) – за В.І.Вернадським, це глобальна єдина система пов'язаних між собою геохімічних та енергетичних процесів Землі, що пов'язані з життям; та частина планети Земля, у якій існує, або коли-небудь існувало життя і яка постійно зазнає або зазнавала дії живих організмів.

Біохімічна конвергенція (Biochemical convergence) – явище у природі, коли різні групи живих організмів мають ідентичні екорегулятори (хемомедіатори).

Біохімічна функція живої речовини (Biochemical function of natural substances) – здійснюється у процесі обміну речовин у живих організмах (харчування, дихання, виділення) та деструкції мертвих органічних рештків до простих вихідних речовин.

Біоценоз (Biocenosis) – угруповання організмів, які живуть разом і пов'язані між собою; стала система разом існуючих на певній ділянці суші або водойми (біоти) і створеного ними біоценотичного середовища.

Вид (species) – сукупність особин, що характеризуються спадковою подібністю морфологічних, фізіологічних і біохімічних особливостей, вільно схрещуються, дають плодюче потомство, пристосовані до певних умов життя і займають у природі певну область – ареал.

Використання природних ресурсів нераціональне (Use of

natural resources the irrational) – неповне використання природних ресурсів, тобто лише часткова утилізація вилученого у природи й нанесення істотної шкоди природному середовищу та галузям господарства, що базуються на тих самих ресурсах.

Використання природних ресурсів раціональне (Use of natural resources the rational) – повне добування з природного ресурсу всіх корисних продуктів з нанесенням найменшої шкоди природному середовищу й галузям господарства, які базуються на тих самих ресурсах.

Виробництво безвідходне (Manufacture without waste) – господарська діяльність, унаслідок якої практично не утворюється шкідливих для природи відходів.

Відбір проб (Sampling) – операція, що передуює аналізу зразків об'єктів довкілля. Існують певні правила з пробовідбору ґрунту, води, повітря, рослинних зразків та ін. об'єктів.

Воднева енергетика (Hydrogenous energetics) – енергетична галузь, де як паливо використовується водень. Водень можна використовувати як пальне для літаків і частини наземного транспорту. Теплотворність водню (у перерахунку на одиницю маси) вище, ніж у інших видів палива:



Газова функція живої речовини (Gaseous function of natural substances) – обумовлює міграцію газів та їх перетворення, забезпечує газовий склад біосфери.

Гідросфера (Hydrosphere) (від грец. hydros – вода, sphaira – куля) – водна оболонка Землі, що включає океани, моря, озера, ріки, ґрунтові та ін. води. Місце розвитку водних організмів і біоценозів.

Глобальні екологічні проблеми сучасності (Global environmental problems of the present) – проблеми всієї планети Земля. Наприклад: 1) критичний стан атмосфери; 2) виникнення та подальше зростання "парникового ефекту"; 3) руйнування озонового шару; 4) забруднення водного середовища речовинами органічного походження; 5) збільшення об'єму твердих відходів та зменшення земель, придатних для існування; 6) катастрофічне скорочення

видової різноманітності в основних "царствах" живої природи – рослинному і тваринному.

Гравіметрія (Gravimetry) – метод кількісного аналізу, що ґрунтується на визначення різниці мас. Чутливість методу – 0,1–1 г.

Гранично допустима концентрація (ГДК) (Maximum permissible concentration) – норматив, кількість шкідливої речовини (агента) в навколишньому середовищі, що практично не впливає на здоров'я людини, тварини, на рослини і мікроорганізми, а також природні угруповання в цілому. Установлюється законодавчо або за рекомендаціями компетентних установ.

Ґрунт (Soil) – шар, який формується на поверхні кори вивітрювання і є основою земельного фонду біосфери. Ґ. є продуктом спільної дії клімату, рослин, тварин і мікроорганізмів на поверхневі шари гірських порід. За В.І.Вернадським, Ґ. – це біокісне тіло, яке складається разом з живих та кісних (неорганічних) тіл - мінералів, повітря, води, органічних рештків. Найважливіша властивість ґрунту – родючість – здатність забезпечувати умови для продукування рослинами органічної речовини.

Десикант (Desiccant) - речовина, яка викликає висушування рослин. Використовуються в сільському господарстві для прискорення дозрівання врожаю.

Дефоліант (Defoliant) – речовина, яка викликає дефоліацію (скидання листя) – штучний листопад, прискорюючи дозрівання плодів або полегшуючи збір врожаю.

Добрива (Fertilizer) – органічні та мінеральні речовини, які містять елементи живлення рослин (в основному Нітроген, Фосфор, Калій).

Екзогенні речовини (Exogenous substances) (від грец. "екзо" – зовні, "генезис" – походження) – речовини, поява яких пов'язана із діяльністю людини. Термін підкреслює неприродне походження речовин.

Екзометаболіти (Exometabolite(s)) – хімічні речовини, які виділяються живими організмами в зовнішнє середовище і формують його специфічні властивості.

Екологія (Ecology) – у широкому значенні визначається як комплексна інтегральна наука, котра досліджує навколишнє середовище (екосферу планети), його вплив на суспільство та зворотну реакцію природи на діяльність людини. Екологія – це міждисциплінарна наука, яка базується, крім біології, на основах географічних, економічних та соціальних наук. Існує понад 100 формулювань поняття "екологія". Деякі з них наведено у посібнику, в розділі "Вступ".

Екологічна хімія (Ecological chemistry) – дисципліна про хімічні перетворення та взаємодії в навколишньому середовищі, які пов'язані з діяльністю людини. Екологічна хімія займається класифікацією антропогенних хімічних сполук, вивченням їх дії на абіотичні та біотичні складові екосистем.

Екосистема (Ecosystem) – будь-яке угруповання живих організмів і його середовище існування, об'єднане в єдине функціональне ціле на основі взаємозалежності між його складовими (акваріум, космічний корабель). Термін введений англійським вченим А.Тенслі.

Екотоксикант(и) (Ecotoxicant(s)) – отруйні речовини антропогенного походження, які викликають серйозні порушення у структурах екосистем.

Екорегулятори, або хемомедіатори (Ecoregulator, or chemomediator) – хімічні речовини, посередники між живими організмами, між організмами й середовищем.

Ендометаболіт(и) (Endometabolite(s)) – хімічні речовини, які залишаються у живому організмі і пом'якшують вплив зовнішніх факторів середовища (наприклад, речовини-кріопротектори у зимуючих тварин).

Енергетична функція живої речовини (Power function of live substance) – здійснення зв'язку біосферно-планетарних явищ з космічним випромінюванням, переважно з сонячною радіацією.

Ерозія ґрунту (Erosion of soil) – процес руйнування гірських порід, ґрунтів із зміною властивостей і цілісності її поверхні, як правило супроводжується перенесенням часток з одного місця до

іншого. За походженням розрізняють природну і штучну ерозію. Причини ерозії – вода (водна ерозія), вітер (вітрова ерозія), забруднення середовища (хімічне, фізичне), вплив біологічних агентів (витоптування).

Жива речовина (Natural substance) – за В.І.Вернадським, уся сукупність існуючих (або тих, які існували в певний проміжок часу) живих організмів, що характеризуються елементарним хімічним складом, масою та енергією.

Забруднення (Pollution) – привнесення в середовище сторонніх, не властивих йому речовин, які не формуються в ході природних процесів, а є результатом техногенних змін; підвищення концентрації речовин або енергії чи будь-яких агентів понад норми. Забруднення можуть спричинятись як природними, так і антропогенними факторами.

Забруднення антропогенне (Pollution anthropogenous) – забруднення середовища, що виникає внаслідок діяльності людини.

Забруднення атмосфери (Atmosphere pollution) – попадання до атмосфери різних за походженням і хімічним складом забруднюючих речовин, що змінюють склад і властивості значних об'ємів повітряних мас та шкідливо впливають на живі організми. Розрізняють природне і штучне забруднення атмосфери.

Забруднення вод (Water's pollution) – потрапляння до водойм різноманітних забруднювачів (хімічних сполук, мікроорганізмів, фізичних агентів тощо).

Забруднення глобальне (Global pollution) – фонове-біосферне забруднення, що виявляється в будь-якому місці планети далеко від його джерела.

Забруднення ґрунту (Soil pollution) – потрапляння до поверхні і усередину ґрунту забруднювачів, що не розкладаються у процесі самоочищення й змінюють фізичні, хімічні, біологічні властивості ґрунту.

Забруднення локальне (Local pollution) – забруднення сторонніми речовинами середовища невеликого регіону (наприклад, навколо промислового підприємства).

Забруднення радіоактивне (*Pollution radioactive*) – форма фізичного забруднення, пов'язана з перевищенням природного рівня вмісту в середовищі радіоактивних речовин.

Забруднення хімічне (*Pollution chemical*) – зміна природних хімічних властивостей середовища, що перевищує багаторічні коливання (середнє значення) кількості будь-яких речовин, яких, як правило, у ньому не було, або підвищення нормальної концентрації речовин.

Забруднювачі тропосфери (*Pollutions of troposphere*) – забруднювачі, що утворюються головним чином під час роботи промислових підприємств, спалення палива у різних системах (автомобільних та інших двигунах, на енергетичних установках), господарсько-побутової діяльності населення, палінням та ін. Як правило, у багатьох регіонах світу “вклад” автотранспорту в забруднення тропосфери складає 60–75% від загального об'єму забруднювачів.

Закон Содді-Фаянса (*Soddy-Fajans's law*) – якщо ядро атома радіоактивного елемента випускає одну α -частинку, утворюється ядро атома нового елемента з протонним числом на дві одиниці меншим, а при випусканні β -частинки — ядро нового атома з протонним числом на одиницю більшим, ніж у вихідного.

Індикація (*Indication*) – кількісне та якісне визначення хімічних речовин в об'єктах довкілля, в організмах людей і тварин.

Канцероген (*Canzerogene*) – речовина або фізичний агент, які пригнічуючи діють на еритроцити крові і сприяють розвитку злоякісних утворень.

Кислотні дощі (*Acid rains*) – дощі, що містять підвищені концентрації сульфатної, нітратної та ін. кислот. Утворюються у результаті забруднення атмосфери оксидами сульфуру, нітрогену та ін. Негативно впливають на довкілля (значно підвищують кислотність ґрунту, води, чинять біоцидну дію, зокрема загибель риби, сільськогосподарських культур, руйнують будівлі, архітектурні пам'ятники).

Колообіг води (Water circuit) – постійний перенос води з одного міста до іншого, у масштабі всієї планети, головним чином між океаном і сушею. При цьому здійснюється зміна агрегатного стану води, що дозволяє підтримувати рівновагу між сумарним випаруванням і випадінням осадів на планеті. Вода з речовинами, що містяться в ній випаровується і повітряними течіями переноситься на десятки, сотні та тисячі кілометрів. Випадаючи у вигляді осадів, вона сприяє руйнуванню гірських порід, робить їх доступними для рослин та мікроорганізмів, розмиває поверхневий ґрунтовий шар і надходить разом із розчиненими органічними та неорганічними речовинами в океани та моря. Підраховано, що з поверхні Землі тільки за 1 хвилину випарується 1 млрд т води і стільки ж випадає назад у вигляді опадів. Загальна кількість води у поверхневих оболонках Землі, земної кори за даними акад. О.П.Виноградова складає 1 трлн 600 млрд т. Кількість води, яка захоплюється фотосинтезуючими організмами складає 837 млрд т на рік. Період повного обороту всієї води під час утворення живої речовини – 1,9 млн років.

Колообіг речовин і енергії (Substance and energy circulation) – багаторазова участь речовин і енергії в процесах, які відбуваються у географічній оболонці планети. Розрізняють геологічний колообіг планетарного масштабу і біологічний, який відбувається між організмами і середовищем існування. Особливе значення для біосфери мають колообіги біофільних елементів – Нітрогену, Фосфору, Сульфуру та ін.

Колориметрія (Colorimetry) – метод кількісного аналізу, що ґрунтується на різній здатності речовин поглинати світло певної довжини хвилі. Чутливість методу – 10^{-2} – 10^{-7} моль/л.

Консумент(u) (Consumer) – організм, який живиться органічними речовинами, синтезованими автотрофами, безпосередньо або через інші організми. До консументів відносять всі тварини, частину мікроорганізмів, паразитичні і сапрофітні рослини.

Концентраційна функція живої речовини (Concentration function of natural substances) – проявляється у вилученні і

накопиченні живими організмами біогенних елементів оточуючого середовища.

Ксенобіотик(и) (Xenobiotic(s)) (від грец. "ксенос" – чужий, "біос" – життя) – речовини, які чужерідні відносно живих організмів і не входять до природних біогеохімічних циклів. Їх поява в біосфері пов'язана із господарською діяльністю людини.

Культура екологічна (Culture ecological) – стан, складова частина загальнолюдської культури, яка характеризується глибоким усвідомленням насущної важливості гармонійного коеволуційного розвитку природи і суспільства. В її основі – етичне ставлення до живої і неживої природи.

Ланцюги живлення (Feed circuits) – ряди організмів, у яких можна простежити шляхи перетворення хімічних речовин та початкової дози енергії.

Літосфера (Lithosphere) (від грец. *lithos* – камінь, *sphaira* – куля) – верхня "тверда" оболонка Землі, до складу якої входять земна кора і верхня мантія Землі. Потужність літосфери від 50 до 200 км.

Макроелемент(и) (Macroelements) – елементи, котрі використовуються організмами у великих кількостях (Оксиген, Гідроген, Карбон, Нітроген, Ферум, Фосфор, Калій, Кальцій, Сульфур, Магній, Натрій, Хлор та ін.) Макроелементи приймають участь у побудові органічних сполук та неорганічних речовин живих організмів, складаючи основну масу сухої речовини останніх, вони входять до складу білків, нуклеїнових кислот, вуглеводів. Вміст їх змінюється від 60 до 0,001% маси тіла.

Метаболізм (Metabolism) – перетворення речовин у клітинах з моменту постачання до них і до утворення кінцевих продуктів. Синонім – обмін речовин.

Метаногенез (Methanogenesis) – процес одержання метану.

Мікроелемент(и) (Microelements) – елементи, роль який у житті тварин та людини для одних елементів достатньо вивчена, для інших – імовірна. Вони також необхідні для життєдіяльності, як макроелементи, але в значно менших кількостях. Вміст їх змінюється від 0,001 до 0,00001% маси тіла. Мікроелементи входять до складу

ферментів, гормонів, вітамінів та інших біологічно активних сполук, як комплексоутворювачі або активатори обміну речовин.

Моніторинг довкілля (Monitoring) – комплексна система спостережень, оцінки, прогнозу змін біосфери та її окремих компонентів під впливом антропогенних дій. Розроблено дві альтернативних концепції моніторингу (Ю.Ізраель, І.Герасимов). Розрізняють три рівні моніторингу: санітарно-гігієнічний, екологічний, біосферний. Залежно від території розрізняють загальнобіосферний (базовий), регіональний, імпактний (локальний) моніторинги. Також види моніторингу різняться за методами аналізу.

Моніторинг біосферний (Biosphere's monitoring) – комплексна система спостережень, призначена для контролю за фоновим станом довкілля на значних територіях. Об'єктами його спостережень є радіаційний рівень, наявність в атмосфері вуглекислого газу, озону, зміна кліматичних характеристик, ступінь забруднення Світового океану та інші параметри. Програма глобального моніторингу (Глобальна система моніторингу навколишнього середовища – ГСМНС) була прийнята в Найробі в 1974 р. Вона передбачає систематичне вивчення довкілля за єдиною програмою та уніфікованими методиками на 8 континентальних, 77 базових та 616 біосферних регіональних станціях, які розташовані у різних точках земної кулі. У країнах СНД спостереження за програмою ГСМНС здійснюються гідрометеослужбою та на територіях біосферних заповідників.

Моніторинг екологічний (Ecological monitoring) – комплексна система спостережень, що контролює стан екологічних систем (біогеоценозів) і природних комплексів, зміну стану окремих видів природних ресурсів (водних, земельних, рослинних, ресурсів тваринного світу та ін.). Нині у системі екологічного моніторингу не має єдиної системи показників і стандартів стану природних ресурсів. У зв'язку з цим ступінь порушення природних комплексів, екосистем та інших компонентів біосфери визначається порівняно з показниками аналогічних систем та компонентів біосфери.

Моніторинг санітарно-гігієнічний (Sanitary hygienic)

monitoring) – це система спостережень за якістю довкілля, головним чином з точки зору охорони здоров'я населення. У межах цього соціально важливого рівня моніторингу здійснюється спостереження за ступенем забруднення природного середовища шкідливими токсичними речовинами і впливом цього забруднення на людину, рослинність та тварин.

Мутаген (Mutagen) – речовина, яка пригнічуючи діє на генетичний апарат клітини, молекули ДНК. Її дія називається тератогенним ефектом.

Некрози (Necrose) (від грец. *некрос* – мертвий) – мертві органи, частини, тканини або клітини в живому організмі.

Ноосфера (Noosphere) – сфера розуму, еволюційна стадія розвитку біосфери, пов'язана з виникненням і становленням цивілізованого суспільства, коли продумана людська діяльність стає головним, провідним фактором розвитку на Землі.

Нормування якості (грунтів, повітря, води) (Quality rationing) – встановлення меж, у яких допускається зміна природних властивостей середовища.

Озон (Ozone) – газ, у молекулі якого міститься три атоми Оксигену – O_3 (одна з форм існування Оксигену у відному стані). Його запах можливо відчутися після грози, бо у нижньому шарі атмосфери він утворюється під час розряду блискавок, а в стратосфері він утворюється під дією Сонця.

Озоновий шар (Ozonosphere) – газова оболонка на висоті 20-25 км від поверхні Землі, де спостерігається найбільша кількість озону – 0,001%. Товщина цього шару – лише кілька міліметрів. О.е. поглинає ультрафіолетове випромінювання, небезпечне для живих організмів.

Окисно-відновна функція живої речовини (Redox function of natural substances) – хімічні перетворення речовин, що містять атоми із зміненими ступенями окиснення.

Органогену (Organogenic elements) – елементи, що складають основу органічних сполук (Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур, Галогени та деякі метали).

Охорона природного середовища (*Environment protection*) – комплекс міжнародних, державних та регіональних адміністративно-господарських, соціально-політичних і громадських заходів, спрямованих на забезпечення фізичних, хімічних та біологічних параметрів раціонального функціонування природних систем у межах, необхідних для збереження оптимального стану довкілля.

Очищення стічних вод (*Sewage waste water treatment*) – видалення із стічних вод забруднювачів (речовин, організмів) механічними, фізико-хімічними і біологічними методами. Один із важливих заходів охорони природи і навколишнього середовища від забруднення.

Парниковий ефект (*Greenhouse effect*) – тепличний ефект, явище, під час якого плівка (скляна або поліетиленова) вільно пропускає сонячні промені, але непроникна для довгохвильового теплового випромінювання та водяної пари, у результаті чого в теплиці піднімається температура та вологість повітря. Термін «П. е.» використовується також в екології. CO₂, промислова пила, водяна пара, оксиди нітрогену, сульфору та ін., що утворюються у результаті масштабної діяльності людини перешкоджають (як й плівка) тепловому випромінюванню з поверхні Землі за межі приземної атмосфери, що призводить до поступового потепління клімату на планеті. За деякими даними, за останні 30 років середньоглобальна температура приземної атмосфери збільшилася на 1°C.

Педосфера (*Pedosphere*) – ґрунтовий шар, який є самостійною оболонкою.

Період напіврозпаду ($T_{1/2}$) (*Period half disintegration*) – час, протягом якого число ядер радіоізоотопу в результаті самовільних перетворень знижується у 2 рази.

Персистенція (*Persistence*) – характеристика хімічних препаратів, що характеризує їхню стабільність, сталість. Період напіврозпаду препарату.

Пестицид (*Pesticide*) – хімічна сполука, що використовується для захисту рослин, сільськогосподарських продуктів і боротьби з

переносниками небезпечних захворювань. Їх використання негативно впливає на геосистеми будь-якого рівня і здоров'я людини. Існує декілька класифікацій пестицидів: за хімічною будовою, за призначенням (інсектициди, гербіциди, фунгіциди, родентициди, лімациди, дефоліанти та ін.).

Полютант(и) (Contaminant(s)) (від лат. "pollutio" – забруднення) – хімічні сполуки, які забруднюють довкілля. Синонім – забруднювачі.

Поля фільтрації (Filtration fields) – території, визначені для біологічної очистки стічних вод від забруднення, не використовуються в інших цілях.

Популяція (Population) – сукупність особин одного виду, які населяють даний простір, віддалений від сусідніх сукупностей певною формою ізоляції.

Правило Oddo-Гаркінса (Oddo-Harkins's rule) – з двох сусідніх хімічних елементів періодичної системи елементів уміст у земній корі парного елементу взагалі більший. Наприклад, з восьми основних елементів, що утворюють 99% маси земної кори, на частку парних елементів припадає 86%, а на частку непарних – разом 14%.

Природокористування (Use of natural resources) – використання природних ресурсів, природного середовища; комплексна дисципліна, що досліджує, розробляє і впроваджує в господарську практику загальні принципи раціонального використання природних ресурсів людським суспільством.

Природний фон випромінювання (Natural background of radiation) – еквівалентна доза йонізуючого випромінювання, яка створюється космічним випромінюванням та випромінюванням природних радіоізоотопів, що знаходяться у поверхневому шарі Землі, атмосфері та організмі людини.

Продуценти (Producers) – автотрофи, які шляхом фотосинтезу або хемосинтезу запасують потенціальну енергію у вигляді органічних речовин із простих неорганічних складових.

Пил атмосферний (Dust atmospheric) – сукупність завислих у повітрі дрібних твердих часток (10^{-2} – 10^{-4} см), здатних у безвітряну

погоду осідати на поверхню Землі. Джерела пилу можуть бути як природного походження (вивітрювання гірських порід, виверження вулканів, надходження з космосу), так і індустріального (викиди промислових підприємств, видобування корисних копалин та ін.). Основна кількість пилу зосереджена на висотах до 500 м.

Радіоактивність (Radioactivity) – процес спонтанного перетворення нестійкого ізотопу одного хімічного елементу на ізотоп іншого хімічного елементу, який супроводжується випромінюванням елементарних часток або ядер.

Радіоактивні відходи (Radioactive waste) – промислові відходи, що містять радіоактивні елементи, наприклад ^{131}I , ^{90}Sr , ^{134}Cs і ^{137}Cs , ^{239}Pu і ^{240}Pu .

Радіочутливість (Radio-sensibility) – ступінь витривалості різних організмів, а також клітин до дії йонізуючого випромінювання.

Редуцент(и) (Reducer) – організм, який у процесі життєдіяльності перетворює органічні рештки на неорганічні речовини: бактерії і гриби.

Рекультивация (Reclamation) – штучне відновлення родючості ґрунтів і рослинного покриву після техногенного порушення природи.

Релаксації час (Relaxations time) – середній час, що визначається з моменту надходження забруднювачів до середовища або утворення молекул забруднювачів до моменту їхнього руйнування у середовищі.

Світовий океан (World ocean) – безперервна водна оболонка Землі, що оточує сушу (материки та острови) і має загальний сольовий склад. Займає близько 71% земної поверхні. Середня глибина – 3795 м, максимальна – 11022 м (Маріанська впадина у Тихому океані), об'єм води близько 1370 млн км³. Світовий океан поділяється материками на 4 частини: Тихий, Атлантичний, Індійський, Північний Льодовитий океани. За сучасними даними, С.о. – місце первинного виникнення життя на Землі (близько 4 млрд. років тому). У С.о. мешкають близько 20% від загального числа видів

живих організмів Землі. Загальна біомаса С.о. складає близько 30 млрд. т сухої органічної речовини.

Середовище життя (Inhabitancy) – частина природи, що оточує живий організм і з якою він безпосередньо взаємодіє.

Синекологічний редукціонізм (Synecological reductionism) – після ауतेкологічного редукціонізму другий етап розвитку екології, який пов'язаний з виникненням та розвитком концепції популяції, в центрі уваги якої є аналіз взаємодії організмів (популяцій). Разом з тим, недолік синекологічного редукціонізму полягав у тому, що екологи намагались (навіть під час вивчення цілого угруповання) звести суть явища до взаємодії популяцій, тобто розкладали ціле на окремі елементи.

Спонтанне ділення (Spontaneous division) – самочинний розподіл ядер важких елементів на два та більш атомів елементів, які знаходяться в середині періодичної таблиці Д.І. Менделєєва.

Супертоксиант(и) (Supertoxin) (від лат. *супер* – зверху, над) – речовина, що має міцну токсичну дію поліфункціонального характеру.

Теорія О.І. Опаріна (1894–1980) (Theory by Oparin) – теорія, що описує процес виникнення життя на Землі у декілька етапів.

1-й етап. Формування вуглеводних сполук та їх похідних: атоми Карбону з'єднувались між собою та утворювали ланцюги різної довжини. Це початкові ланки в еволюційній низці більш складних органічних сполук, до якої входять жири, вуглеводи та амінокислоти. Найпростіший представник вуглеводнів – метан. Первинна літосфера, гідросфера та атмосфера були буквально насичені вуглеводнями. Умови, які існували на Землі в той час: сильні теплові та радіоактивні процеси, ультрафіолетові випромінювання та інші, – сприяли їх ускладненню.

2-й етап. Первинну атмосферу, яка складалась, головним чином, з амоніаку, метану, водню, вуглекислого газу та водяної пари (у ній не було кисню), пронизували велетенські блискавки. Під дією цих сильних електричних розрядів з суміші газів стали утворюватися амінокислоти. Дослідами багатьох вчених доведено: якщо кризь

суміш амоніаку, вуглекислого газу, водяної пари за температури 80°C та тиску в декілька атмосфер пропускати сильні електричні розряди, утворюються гліцин та інші амінокислоти. Разом із зливними потоками амінокислоти потрапляли на Землю до первородного океану, яким була покрита майже вся первинна планета.

3-й етап. Виникнення предклітинних структур з поліпептидів і полінуклеотидів. Важливу роль у цьому процесі відігравали коагуляти (згустки у колоїдних розчинах). Останні здатні поглинати і накопичувати хімічні сполуки з навколишнього середовища. Усередині них може здійснюватись синтез нових сполук. Під час двигіння Землі вони розкладаються. Усе це слугувало "прообразом" процесів обміну речовин, росту, розмножування. Різноманітні сполучення білків та нуклеїнових кислот є причиною різноманітності життєвих форм на Землі.

Тератогенний ефект (Teratogen affect) – пригнічуюча дія мутагену на генетичний апарат клітини, молекули ДНК.

Термоядерний синтез (Thermonucleus synthesis) – ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Один грам суміші ізотопів Гідрогену виділяє $35 \cdot 10^{10}$ Дж енергії, що в 5 разів більше, ніж при поділу 1 г Урану. Проте, щоб забезпечити перебіг цієї реакції, потрібно досягти температури більше 1 млн. градусів. Нині вдалося здійснити тільки неконтрольовану термоядерну реакцію.

Титриметрія (Titrimetry) – метод кількісного аналізу, який ґрунтується на специфічній взаємодії компонентів у суворо визначених еквівалентних кількостях. Чутливість методу – 10^{-2} – 10^{-7} моль/л.

Токсичність (Toxicity) – властивість деяких хімічних елементів, сполук і біогенних речовин згубно впливати на живі організми (рослини, тварини, гриби, мікроорганізми) і здоров'я людини (бенз(а)пірен, важкі метали, кислотні сполуки, оксиди нітрогену, сульфур та ін.).

Феромони (Pheromone) – хемомедіатори, які приймають участь у відносинах між особами одного виду називають.

Фотосинтез (Photosynthesis) – реакція, що здійснюється у

зелених рослинах на світу: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2\uparrow$.

Фотохімічний смог (Photochemical smog) – забруднення атмосферного повітря пиловими частинками різної хімічної природи, на відміну від звичайних смогів, які утворюються за низької хмарності і високої вологості повітря у холодну погоду, фотохімічний утворюється в ясні, сонячні дні. Він виникає в забрудненій атмосфері під впливом сонячного випромінювання. При цьому утворюються нові речовини, які є токсичнішими від тих, які попадають до атмосфери. Такий смог різко знижує прозорість повітря, викликаючи подразнення слизових оболонок, носа і рота, загострення легневих та алергічних захворювань. Швидко в'януть овочеві і декоративні рослини. Смог викликає корозію металів, розтріскування фарб, гумових виробів, пошкодження одягу та ін.

Функції живої речовини (Functions of natural substances) – концентраційна, енергетична, окисно-відновна, газова, деструктивна.

Фреони (Freones) – група галогеновмісних речовин, які киплять за кімнатної температури, леткі, інертні біля поверхні Землі, використовуються у холодильній промисловості і як розпилювачі в аерозольних упаковках. У стратосфері піддаються фотохімічному розкладу з виділенням йонів Хлору, які є каталізатором хімічних реакцій руйнування молекул озону.

Хемосинтез (Chemosynthesis) – процес синтезу органічних речовин з вуглекислого газу за рахунок енергії окиснення амоніаку, сірководню та інших речовин, який здійснюється мікроорганізмами у процесі їх життєдіяльності.

Хімічна екологія (Chemical ecology) – це комплексна дисципліна, яка вивчає всю сукупність хімічних зв'язків у живій природі та хімічні взаємодії, що пов'язані із життям. Охоплює геохімічну екологію та ряд розділів екології, які вивчають хімічні взаємозв'язки організмів, організмів та середовища та ін.

Цикл біогеохімічний (Cycle biogeochemical) – система незамкнених і незворотних колообігів хімічних речовин у неорганічній природі через рослини і тварини в органічну природу.

Чинники середовища (Factors of environment) – окремі

властивості або частини середовища, що впливають на організми. Можуть впливати на організми як подразники, обмежувачі, модифікатори, сигнали. Екологічні чинники поділяються на абіотичні, біотичні і антропогенні.

Ядерна реакція (Nuclear reaction) – реакція, під час якої утворюються ядра нових хімічних елементів. Рівняння ядерних реакцій (у тім числі реакцій радіоактивного розпаду) мають задовольняти правилу рівності сум індексів: а) сума масових чисел часток, що вступили в реакцію, дорівнює сумі масових чисел часток – продуктів реакції; при цьому маси електронів, позитронів і фотонів не враховуються; б) суми зарядів часток, що вступили у реакцію, і часток – продуктів реакції, дорівнюють.

Якісна реакція (Qualitative reaction) - реакція, проведенню якої не заважають сторонні йони. Наприклад, реакція якісного виявлення йона амонію за допомогою лугу, їй не заважають ніякі інші йони. На жаль, таких високоспецифічних реакцій дуже мало. Тому під час розробки методів виявлення різних йонів передбачається відокремлення та зв'язування сторонніх йонів. Сульфат-йони можливо виявити за допомогою дії барію хлориду (утворюється осад білого кольору): $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$ та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Александров Э. Л.* Озонный щит Земли и его изменение / Э. Л. Александров, Ю. А. Израэль, И. Л. Кароль и др. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 288 с.
2. *Балаян В. М.* Химический язык насекомых / В. М. Балаян, Р. М. Короткий – М.: Агропромиздат, 1987. – 138 с.
3. *Богдановский Г. А.* Химическая экология: учебное пособие / Г. А. Богдановский. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.
4. *Браун Т.* Химия – в центре наук / Т. Браун, Г. Ю. Лемей. - В 2 т. – М.: Мир, 1983. – Ч. 1 – 447 с., Ч. 2 – 520 с.
5. *Буринська Н.* Сучасні підходи до шкільної природничої освіти / Ніна Буринська // Біологія та хімія в школі. – 1996. – № 1. – С. 2–3.
6. *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 1987. – 358 с.
7. *Виноградов А. П.* Введение в геохимию океана / А. П. Виноградов. – М.: Наука, 1967. – 216 с.
8. *Герасимов И. П.* Научные основы современного мониторинга окружающей среды / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР Сер. географ. – 1975. – № 3. – С.13–25.
9. *Дедю И. И.* Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1989. – 408.
10. *Зверев И. Д.* Учебные исследования по экологии в школе. Методы и средства обучения / И. Д. Зверев. – М.: Экология и образование, 1993. – 86 с.
11. *Израэль Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 376 с.
12. *Карнаухов А.И.* Бионеорганическая химия / А. И. Карнаухов, А.Т. Безнис – К. : Вища школа, 1992. – 223 с.
13. *Качинский Н.А.* Почва, ее свойства и жизнь / Н. А. Качинский. – М.: Наука, 1975. – 289 с.
14. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М.: Знание, 1973. – 64 с.

15. *Ковда В.А.* Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1975. – 75 с.
16. *Кораблева А.И.* Антропогенные проблемы экологии / А. И. Кораблева, А. Г. Шапарь, Л. В.Гербильский, С. З. Полищук. – Дніпропетровськ: Промінь, 1997. – 142 с.
17. *Кузнецова М.А.* Полевой практикум по экологии / М. А. Кузнецова, А. К. Ибрагимов, В. В. Неручев, Г. А. Юлова. – М. : Наука, 1997. – 73 с.
18. *Куратова Е. В.* Понятийный аппарат химической экологии / Е. В. Куратова, В. В. Сорокин // Химия в школе. – 1995. – №4. – С. 26 – 32.
19. *Курдюков В.В.* Последствия действия пестицидов на растительные и живые организмы / В. В. Курдюков. – М.: Колос, 1982. – 128 с.
20. *Кыверялг А.А.* Методы исследования в профессиональной педагогике / А. А. Кыверялг. – Таллин : Валгус, 1980. – 224 с.
21. *Ложниченко О.В.* Экологическая химия : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.В. Ложниченко, И.В. Волкова, В.Ф. Зайцев. – М. : Издательский центр «Академия», 2008 . – 272 с.
22. *Лурье Ю.Ю.* Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. – 335 с.
23. *Мітрянсва О. П.* Хімічні основи екології: Навч. посібник / О. П. Мітрянсва. – Київ; Ірпінь: ВТФ «Перун», 1999. – 192 с.
24. *Мітрянсва О. П.* Хімія. Загальна хімія. Хімія доквілля. Навчальний посібник / О. П. Мітрянсва. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2009. – 336 с.
25. *Мітрянсва О. П.* Хімічна екологія: [навчальний посібник] / О. П. Мітрянсва. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2012 – 264 с.
26. *Моисеев Н.Н.* Экология и образование / Н. Н. Моисеев. – М.: Юнисам, 1996. – 192 с.
27. *Моисеев Н.Н.* Человек и ноосфера / Н. Н. Моисеев –М.: Мол.гвардия, 1990. –351с.

28. *Овчинников Ю.А.* Биоорганическая химия / Ю. А. Овчинников. – М.: Просвещение, 1986.
29. *Одум Ю.* Экология : В 2 ч. / Ю. Одум ; Перевод с англ. Б. Я. Виленкина; Под ред. В. Е. Соколова . – Перераб. и сокр. изд. – М. : Мир, 1986 . – Т.1 – 326 с., Т.2 – 376 с.
30. *Орлов Д.С.* Химия почв: Учеб.для студ.вузов / Д. С. Орлов. – М.: МГУ, 1992. – 400 с.
31. *Погребенник В.Д.* Оперативне вимірювання інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів / В.Д. Погребенник. – Львів : СПОЛОМ, 2011. – 280 с.
32. *Петрянов-Соколов И.В.* Атомная энергетика: опасность и безопасность / И. В. Петрянов-Соколов // Экология и жизнь. – 1996. – № 1. – С. 27–30.
33. *Путилов А.В.* Охрана окружающей среды / А. В. Путилов, А. А. Копреев, Н. В. Петрухин. – М.: Химия, 1991. – 223 с.
34. *Ракитская Т.Л.* Низкотемпературная каталитическая очистка воздуха от монооксида углерода: Монография / Т. Л. Ракитская, А. А. Эннан, В. Я. Волкова. – Одесса: Экология, 2005. – 192 с.
35. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник / Н. Ф Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
36. *Родин Л.Е.* Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара / Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич. – М.: Л.: Наука, 1965. – 253 с.
37. *Рудишин С. Д.* Основи біогеохімії: навч. посібник / С. Д. Рудишин. – К. : ВЦ «Академія», 2013. – 248 с.
38. *Скурлатов Ю.И.* Введение в экологическую химию / Ю. И. Скурлатов, Г. Г. Дука, А. Мизути. – М.: Высшая школа, 1994. – 400 с.
39. *Слепян Э.И.* Бластомогены и растения / Э. И. Слепян. – М.: Знания, 1977.–64 с.
40. *Сытник К.М.* Биосфера. Экология. Охрана природы: Справочное пособие / К. М. Сытник, А. В. Брайон, А. В. Гордецкий. – К.: Наукова думка, 1987. – 524 с.

41. *Тарарина Л.Ф.* Экологический практикум для студентов и школьников (Биоиндикация загрязненной среды) / Л. Ф. Тарарина. – М.: Аргус, 1997. – 80 с.
42. *Титаренко Н.* Методичні рекомендації до використання тестових завдань з хімії / Н. Титаренко // Біологія та хімія в школі. – 1997. – № 3. – С. 37–40.
43. *Фелленберг Г.* Загрязнение природной среды: Введение в экологическую химию / Гюнтер Фелленберг; пер. с нем. А. В. Очкина. – М.: Мир, 1997 – 232 с.
44. *Фримантл М.* Химия в действии: В 2 ч. / Майкл Фримантл; Пер. с англ. канд. хим. наук Е. Л. Розенберга. – 2 изд. – М.: Мир, 1998. – Т. 1 – 528 с., – Т. 2 – 620 с.
45. *Химия окружающей среды* / Под ред. Дж.О.М.Бокриса. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
46. *Химический энциклопедический словарь* / Под ред. И. Л. Кнунянца. – М.: Сов.энциклопедия, 1983. – 792 с.
47. *Чернобаев И.П.* Химия окружающей среды: Учеб.пособие для техн. и технолог.спец.вузов / И. П. Чернобаев. – К., 1990. – 190 с.
48. *Шустов С.Б.* Химические основы экологии / С. Б. Шустов, Л. В. Шустова. – М.: Просвещение, 1994. – 239 с.
49. *Экологическая химия* / [Корте Ф., Бахадир М., Клайн В. и др.]; под ред. Фридгельма Корте; Пер. с нем. В. В. Соболя. – М.: Мир, 1997. – 396 с.
50. *Яцимирский К.Б.* Введение в бионеорганическую химию / К. Б. Яцимирский. – К.: Наукова думка, 1976. – 143 с.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Альтман С.	67, 71	Мороока Ю.	102
Аристотель	8	Нернст В.Г.	240
Беккерель А.	162	Овчинников Ю.А.	14
Богдановський Г.А.	14	Одло Дж.	24, 25
Бойль Р.	8	Одум Ю.	9, 201
Бюффон Ж.	8	Опарін О.І.	67
Вернадський В.І.	9, 23, 33	Оргел Л.	67, 71
Вехтершойзер Г.	67, 72	Петрянов-Соколов І.В.	177
Гаппон Є.М.	165	Платон	8
Гаркінс У.	24, 25	Поннамперумі С.	71
Гейзенберг В.	165	Прістлі Д.	47
Геккель Е.	6, 8	Ребек А.	67, 71
Дедю І.І.	14	Реймерс М.Ф.	6, 13
Демокрит	8	Рул'є К.Ф.	8
Докучаєв В.В.	10	Содді Ф.	164
Дука Г.Г.	14	Скурлатов Ю.І.	14
Іваненко Д.Д.	167	Сукачов В.Н.	
Ізраель Ю.	195	Тейяр де Шарден	9
Катазіма Н.	102	Тенслі А.	7, 9
Киверялг А.А.	263	Теофраст	8
Клеменс Ф.	10	Тиміряєв К.А.	10
Ковальський В.В.	13	Томсон Дж.	162
Коммонер Б.	73	Уоккер Дж.	70
Корте Ф.	14	Фаянс К.	164
Куратова О.В.	14	Фелленберг Г.	14
Кюрі-Склодовська М.	162	Фокс С.	71
Кюрі П.	162	Чек Т.	67, 71
Ле Руа	9	Шесле К.	47
Лінней К.	8		
Менделєєв Д.І.	24		
Міллер С.	70		

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Абіотичні фактори	9, 57	Виробництво безвідходне	290
Агросистема	286	Відбір проб	207
Адаптація	63	Воднева енергетика	191, 193
Аллелопатія	59		
Алломон(и)	57		
Аналітична хімія	217	Газова функція живої речовини	34
Антропогенне навантаження	286	Гідросфера	117
Антропогенні фактори	286	Глобальні екологічні проблеми сучасності	290
Атмосфера	93	Гравіметрія	291
Атом	162	Гранично допустима концентрація (ГДК)	84
Атомна енергетика	172	Грунт	137
Ацидогенез	187		
Аутекологічний редукціонізм	8		
Біогенна міграція хімічних елементів	35	Десикант	154
Біогенні елементи	18	Дефоліант	154
Біогеоценоз	6	Добрива	147
Біогаз	187	Екзогенні речовини	58, 76
Біоіндикація	198	Екзометаболіти	58
Біомаса	186	Екологія	6, 7, 8, 10
Біометаногенез	186	Екологічна хімія	13, 15
Біоочищення	131	Екосистема	7
Біологічне споживання кисню	127	Екотоксикант(и)	76
Біосенсор	200, 201	Екорегулятори, або хемомедіатори	59
Біотичні чинники	289	Ендометаболіт(и) (Endometabolite(s))	59
Біосфера	8	Енергетична функція живої речовини	35
Біохімічна конвергенція	64	Ерозія ґрунту	139
Біохімічна функція живої речовини	35		
Біоценоз	298	Жива речовина	33, 34
Вид	289	Забруднення	293
Використання природних ресурсів нерациональне	289	Забруднення антропогенне	293
Використання природних ресурсів раціональне	290	Забруднення атмосфери	93
		Забруднення вод	116
		Забруднення глобальне	293

Забруднення ґрунту	136	води)	85, 298
Забруднення локальне	293		
Забруднення радіоактивне	174	Озон	103
Забруднення хімічне	294	Озоновий шар	104
		Окисно-відновна функція живої речовини	35
Забруднювачі тропосфери	108	Органогени	21
Закон Содді-Фаянса	164	Охорона природного середовища	299
		Очищення стічних вод	130
Індикація	198		
		Парниковий ефект	99
Канцероген	76	Педосфера	137, 299
Кислотні дощі	109	Період напіврозпаду ($T_{1/2}$)	173
Колообіг води	116	Персистентність	143
Колообіг речовин і енергії	33	Пестицид	140
Колориметрія	295	Полютант(и)	76
Консумент(и)	8	Поля фільтрації	131
Концентраційна функція живої речовини	34	Популяція	300
Ксенобіотик(и)	75	Правило Оддо-Гаркінса	24
Культура екологічна	296	Природокористування	300
		Природний фон випромінювання	168
Ланцюги живлення	296	Продуцент(и)	8
Літосфера	136	Пил атмосферний	300
Макроелемент(и)	19	Радіоактивність	163
Метаболізм	296	Радіоактивні відходи	174
Метаногенез	187	Радіочувливість	166
Мікроелемент(и)	19	Редуцент(и)	8
Моніторинг довкілля	195	Рекультивація	301
Моніторинг біосферний (Biosphere's monitoring)	197	Релаксації час	301
Моніторинг екологічний (Ecological monitoring)	196		
Моніторинг санітарно-гігієнічний	196	Світовий океан	116
Мутаген	84	Середовище життя	302
		Синекологічний редукціонізм	9
		Спонтанне ділення	163
		Супертоксиант(и)	76
Некрози	200	Теорія О.І. Опаріна	67, 68
Ноосфера	9	Тератогенний ефект	84
Нормування якості (ґрунтів, повітря,		Термоядерний синтез	174

Титрометрія	303	Хемосинтез	304
Токсичність	84	Хімічна екологія	11
Феромони	57	Цикл біогеохімічний	36
Фотосинтез	48	Чинники середовища	304
Фотохімічний смог	111		
Функції живої речовини	34	Ядерна реакція	164
Фреони	105, 107	Якісна реакція	218, 305

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
ВСТУП	6
1. Предмет екології	6
2. Етапи розвитку екологічної науки	8
3. Предмет і завдання хімічної екології	11
 РОЗДІЛ I. РОЛЬ ТА МІГРАЦІЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПРИРОДІ	
1. ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ В БІОСФЕРІ	18
2. ПОНЯТТЯ ПРО БІОГЕННУ МІГРАЦІЮ ТА КОЛООБІГ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	33
3. БІОГЕОХІМІЧНІ КОЛООБІГИ ОСНОВНИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	36
4. ДРУГОРЯДНІ ЕЛЕМЕНТИ У БІОСФЕРІ	53
6. ГІПОТЕЗИ ВИНИКНЕННЯ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ	67
 РОЗДІЛ II. ОСНОВНІ ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ	
1. РЕЧОВИНИ-ЗАБРУДНЮВАЧІ ДОВКІЛЛЯ	75
2. ТОКСИЧНІСТЬ РЕЧОВИН. СТАНДАРТИ ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА	84
3. ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АТМОСФЕРИ	93
3.1. Будова та склад атмосфери	93
3.2. "Парниковий ефект" атмосфери – причина зміни клімату?	99
3.3. Проблема озонового шару планети. Хімізм руйнування озону. Хімічні заходи з відновлення озонового шару	103
3.4. Забруднювачі тропосфери. Загальна характеристика вторинних компонентів тропосфери.	108
4. ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ГІДРОСФЕРИ	116
4.1. Вода та її значення для життя на Землі	116
4.2. Основні екологічні проблеми Світового океану	118
4.3. Колообіг води та її баланс на планеті	118
4.4. Джерела забруднення Світового океану та внутрішніх вод	120
4.5. Хімічне забруднення природних вод	123
4.6. Методи очищення стічних вод	130
5. ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛІТОСФЕРИ	136
5.1. Будова літосфери та її склад	136
5.2. Ґрунтові ресурси Землі	137
5.3. Хіміко-екологічні проблеми використання пестицидів	140

5.4. Добрива. Загальна характеристика добрив. Процеси трансформації Нітрогену в ґрунті.....	147
5.5. Регулятори росту та розвитку рослин. Дефоліанти і десиканти	151
5.6. Білкове голодування як хіміко-екологічна проблема (хімічні джерела їжі).	155

РОЗДІЛ III. ХІМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РАДІАКТИВНОСТІ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ДЖЕРЕЛА РАДІАЦІЇ. СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ ЕНЕРГІЇ АТОМА	161
1.1. Будова атома	162
1.2. Поняття радіоактивності, види радіоактивного розпаду. Закон зміщення Содді-Фаянса	163
1.4. Шляхи біологічної дії йонізації на живі клітини	166
1.5. Джерела радіоактивного опромінювання. Природний фон випромінювання.....	168
1.6. Штучна радіоактивність, її джерела. Способи одержання енергії атома.....	170
1.7. Розповсюдження радіоактивних забруднень в атмосфері, воді, ґрунті. Проблема поховання радіоактивних відходів.....	174
2. ДОБУВАННЯ ЕНЕРГІЇ З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ.....	179
2.1. Використання енергії Сонця.	179
2.2. Принципи біоенергетики	186
2.3. Способи добування енергії з водню.	191

РОЗДІЛ IV. МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

1. ПОНЯТТЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ТА ЙОГО ВИДИ.....	195
1.1. Види моніторингу довкілля (санітарно-гігієнічний, екологічний, біосферний).	195
1.2. Біоіндикація стану довкілля. Загальні поняття та принципи біоіндикації.....	198
2. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕЯКИХ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ	207
2.1. Відбір проб. Підготовка зразків до аналізу.....	207
2.2. Характеристика основних фізико-хімічних методів аналізу (якісні реакції, гравіметричний метод, титрометричний метод, колориметричний метод).....	216

РОЗДІЛ V. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ	223
№1. Визначення рівня відновленості середовища у ґрунтах та донних відкладеннях за допомогою автографії на фотопапері	223
№2. Екологічна оцінка повітряного середовища	229
2.1. Визначення запиленості повітря.....	231
2.2. Експрес-метод визначення вуглекислого газу	232
№3. Визначення твердості побутової та природної води	234
№4. Визначення кислотності середовища	240
№5. Визначення нафтопродуктів, фенолів і хлору у воді	247
5.1. Визначення нафтопродуктів у воді	248
5.2. Визначення фенолів у воді	249
5.3. Визначення залишкового хлору у водопровідній воді.....	250
№6. Визначення сухого залишку, карбонат-, хлорид-, сульфат- та нітрат-йонів ґрунтового витягу	253
№7. Визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу ґрунтом як біотест на щільність її заселення живими організмами	257
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	262
КОРОТКИЙ ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ	286
ЛІТЕРАТУРА	306
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	310
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	311

Навчальне видання

Мігрясова Олена Петрівна

ХІМІЧНА ЕКОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Видання друге виправлене і доповнене

Дизайн обкладинки: Голубченко О.С.

Верстка: Кривоштаненко Г.В.

Підп. до друку 04.04.2016 р.

Формат 60x84 1/16 Папір офсет. Друк офсет.

Ум. друк. арк. 18,48

Тираж 300 прим.

Видавництво та друк: ОЛДІ-ПЛЮС

e-mail: oldi-ks@i.ua

73033 м. Херсон, а/с № 15

Свід. сер. ХС № 2 від 16.08.2000 р.

ISBN 978-966-289-086-0

The basic principles of chemical ecology set out in the tutorial. There are the main chemical-ecological problems of the atmosphere, hydrosphere, lithosphere and energy, the main concept of the environmental monitoring in the book. The content of the one is aimed to forming knowledge about the whole organization of the world, community living and inanimate nature, about the modern ecological situation. The theoretical material is added the practical work that covers laboratory works, to determine the individual quality of objects.

The tutorial is designed for students, masters, postgraduate of natural directions, including "Environmental protection" and teachers of natural sciences faculties of higher educational institutions and may also be useful for all who are interested in the chemical ecology question.

ISBN 978-966-289-086-0

© O. Mitryasova, 2016



МІТРЯСОВА Олена Петрівна

доктор педагогічних наук, професор,
завідувач кафедри екології та природокористування
Чорноморського державного університету імені Петра Могили.
Випусниця хімічного факультету Одеського національного
університету імені І.І.Мечникова.

Автор понад 200 наукових праць, серед яких одноосібна монографія,
9 навчальних посібників із загальної хімії, органічної хімії, історії хімії,
хімічної екології, моніторингу довкілля для вищих навчальних закладів.
Галузі наукових інтересів: педагогіка вищої школи; методика викладання у
вищій школі; концептуальні підходи, зміст, методи, форми, інструменти
екологічної, природничої освіти та освіти для сталого розвитку; проблеми
збалансованого природокористування.

