

В.І. ДОРОХОВ

Г.В. ПАВЛЮК

Б.М. ФЕДИШИН

Біогеохімія

*НАВЧАЛЬНИЙ
ПОСІБНИК*

Дорохов В.І., Павлюк Г.В., Фецишин Б.М.

БІОГЕОХІМІЯ

За редакцією В. І. Дорохова

Навчальний посібник
для студентів заочної форми навчання
за спеціальністю
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

ЖИТОМИР «ПОЛІССЯ» 2004

ББК 28.080.3
УДК 546:547:550.47
Д69

*Друкується за рішенням вченої ради Державного
агроекологічного університету, протокол № 6 від 27.01.2004 р.*

Рецензенти:

Бойко В.І., ст. наук. співр. ІОХ НАН України,
кандидат хімічних наук.

Листван В.М., доцент кафедри хімії ЖДПУ,
кандидат хімічних наук.

Д 3704030000 — 206 Без оголош.
2004

ISBN 966—655—090—3

© Дорохов В. І., Павлюк Г. В.,
Федишин Б. М., 2004.

Зміст

ЗМІСТ	3
ПЕРЕДМОВА	6
ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	7
Вступ	7
Біосфера як вища природна система	7
Хімічні елементи - основа живої та неживої природи. Біогеохімічна міграція речовин	7
Біогеохімічні цикли деяких хімічних елементів	8
Фізіологічна роль деяких макро- і мікроелементів. Біогеохімічні ендемії й принципи біогеохімічного районування. Вплив геохімічного середовища на розвиток і хімічний склад рослин	10
Ноосфера й техногенез. Глобальні екологічні проблеми й стан навколишнього середовища в Україні	11
ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.	12
Вступ	12
Передумови виникнення біогеохімії	14
В. І. Вернадський – основоположник вчення про біосферу та її перетворення в ноосферу	15
Сучасні напрямки й завдання біогеохімії	20
Біосфера та її межі	22
Склад біосфери	24
Хімічні елементи як основа живої та неживої природи	26
Біогенна міграція речовин	29
Кругообіг Карбону, Оксигену та Гідрогену (води)	37
Кругообіг Нітрогену, Фосфору, Сульфуру та Кальцію	41
Геохімія та фізіологічна роль деяких макроелементів	49
Геохімія та фізіологічна роль деяких мікроелементів	53
Біогеохімічні ендемії та принципи біогеохімічного районування	56
Вплив геохімічного середовища на розвиток та хімічний склад рослин	59
Ноосфера та техногенез	63
Глобальні екологічні проблеми та стан навколишнього середовища в Україні	66
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	69
Робота №1. Якісний аналіз модельного розчину, що містить	

іони найважливіших біогенних елементів	69
Робота №2. Оцінка особливостей біологічного кругообігу хімічних елементів у різних біоценозах	74
Робота №3. Характеристика хімічного складу природних вод. Відбір, консервація та зберігання проб води	81
Робота №4. Комплексонометричне визначення твердості води, вмісту Кальцію та Магнію	88
Робота №5. Аналіз природних вод. Визначення кислотності, лужності, компонентів карбонатної системи та агресивного CO ₂	90
Робота №6. Фотометричне визначення загального заліза у воді	94
Робота №7. Визначення розчиненого у воді кисню іодометричним титруванням	96
Робота №8. Потенціометричне визначення нітратів у ґрунті та рослинній продукції за допомогою йоноселективних електродів	98
Робота №9. Фотометричне визначення нітроген діоксиду в повітрі за реакцією із заміщеним етилендіаміном	104
Робота №10. Визначення фтору в повітрі титриметричним методом	106
Робота №11. Визначення аерозолі лугів	107
Робота №12. Визначення аміаку в атмосферному повітрі за утворенням індофенолу	108
Робота №13. Колориметричне визначення іонів амонію у воді	111
Робота №14. Визначення хлоровмісних отрутохімікатів методом тонкошарової хроматографії	112
КОНТРОЛЬНА РОБОТА	116
Контрольні питання	116
Контрольні задачі	121
Задача №1	121
Задача №2	122
Задача №3	123
Задача №4	123
Задача №5	124
Задача №6	125
Задача №7	126
Задача №8	127
Задача №9	127
Задача №10	128
Задача №11	129

Задача №12	130
Задача №13	130
Задача №14	131
Задача №15	132
Задача №16	133
Задача №17	134
Задача №18	134
Задача №19	135
Задача №20	136
Задача №21	137
Задача №22	137
Задача №23	138
Задача №24	139
Задача №25	141
Задача №26	142
Задача №27	142
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ	145
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	150

ПЕРЕДМОВА

Біогеохімія поєднує між собою знання про живу і неживу природу і згідно концепції екологічної освіти займає важливе місце серед наук екологічного напрямку. Але не зважаючи на це, навчальна література з даної дисципліни практично відсутня.

Даний посібник включає п'ять розділів, в яких розглянуто основні теоретичні й практичні питання біогеохімії із залученням найновіших матеріалів і використанням сучасної української хімічної номенклатури. Подано біогеохімічні цикли найважливіших біогенних елементів, органічних речовин та радіонуклідів. Проаналізовано причини й наслідки розвитку негативних екологічних ситуацій, які пов'язані з техногенною діяльністю людини та висвітлено сучасний екологічний стан біосфери в цілому та України, зокрема. Розглянуто можливості та шляхи подолання екологічної кризи, заходи в галузі охорони навколишнього середовища на основі розвитку біогеохімії та інших наук про довкілля.

Приведені лабораторні роботи та завдання для виконання контрольних робіт із біогеохімії студентами заочної форми навчання.

Укладаючи цей посібник автори врахували власний багаторічний досвід викладання біогеохімії в Державному агроекологічному університеті. Фактичний й теоретичний матеріал сформовано та висвітлено в доступній формі, в обсязі та об'ємі достатніх для досягнення високого рівня підготовки майбутніх фахівців-екологів.

Посібник може бути використаний студентами інших спеціальностей екологічного напрямку при вивченні даної дисципліни, а також відповідних розділів хімії, біології, екології, безпеки життєдіяльності тощо.

З вдячністю приймемо всі пропозиції та критичні зауваження направлені на поліпшення посібника.

Автори

ПРОГРАМА навчальної дисципліни

ВСТУП

Передумови виникнення біогеохімії. Геохімія як наука про історію атомів хімічних елементів у геологічному розвитку Землі. В.І.Вернадський як засновник гео- і біогеохімії. Поняття про "живу речовину" й "біосферу". Вчення В.І.Вернадського про біосферу. Роль живої речовини в геологічному розвитку планети. Біогеохімія як наука про взаємодію між живою й неживою природою. Перетворення біосфери в ноосферу.

Розвиток вчення В.І.Вернадського на сучасному етапі. Місце біогеохімії в системі наук про живу й неживу природу. Об'єкт вивчення й задачі біогеохімії.

БІОСФЕРА ЯК ВИЩА ПРИРОДНА СИСТЕМА

Поняття про природні системи. Система як комплекс компонентів, що знаходяться у взаємодії. Прості та складні системи. Будова, функціонування та розвиток. Історія розвитку. Характерні риси всіх природних систем. Саморегуляція, еволюційність та емерджентність природних систем.

Біосфера як вища природна система, її основні компоненти. Головна властивість біосфери - виникнення "живої речовини" і підтримка умов її існування. Історія розвитку біосфери. Закон Вернадського. Межі компонентів біосфери, її мозаїчність. Закономірності процесу розвитку життя на Землі: а) безперервність; б) оновлення форм життя; в) спливання в часі й просторі; г) циклічність.

ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ - ОСНОВА ЖИВОЇ ТА НЕЖИВОЇ ПРИРОДИ. БІОГЕОХІМІЧНА МІГРАЦІЯ РЕЧОВИН

Хімічні елементи як основа живої й неживої природи. Періодична таблиця елементів і "лінія поживних речовин". Хімічний склад тварин і рослин у порівнянні із хімічним складом

літосфери. Макро- і мікроелементи. Біофільність елементів. Розподіл елементів на органогени й домішки. Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП), елементи накопичення й захоплення.

Біогенна міграція речовин. Геохімічна міграція речовин. Сонце - єдине джерело геохімічних процесів. Поняття про великий геологічний кругообіг речовин. Типи міграції речовин.

Взаємодія між живою й неживою природою - основа біогенної міграції речовин. Поняття про малий біологічний кругообіг хімічних елементів. Енергія живої речовини - рушійна сила геохімічного й біогеохімічного кругообігів речовин. Біогеохімічні цикли та їх тривалість. Компоненти біологічного кругообігу речовин та критерії його оцінки.

Типи біогенного обміну речовин. Поняття про прижиттєві та посмертні типи обміну речовин, їх безперервність як головна умова повноти біогеохімічного кругообігу речовин.

Особливості прижиттєвого обміну речовин, поживні ланцюги як шляхи міграції хімічних елементів. Поглинання хімічних елементів організмами - біогенна акумуляція мінеральних сполук. Повітряні й водні мігранти. Значення фотосинтезу для функціонування біосфери. Функції живої речовини.

Посмертні типи обміну речовин. Утворення гумусу. Розклад органічних залишків як функція живої речовини. Взаємодія між ґрунтом і живою речовиною.

БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ ДЕЯКИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Кругообіг Карбону. Хімічна характеристика Карбону, його вміст у літосфері, атмосфері й живій речовині. Біологічний кругообіг Карбону в системі Сонце – атмосфера – рослина – ґрунт – атмосфера, його характерні риси та об'єми. Техногенний фактор кругообігу. Вплив концентрації CO₂ на клімат. Газообмін між атмосферою й гідросферою, його значення.

Кругообіг Оксигену. Хімічна характеристика Оксигену, його вміст у мінералах, атмосфері, живій речовині. Фотосинтез як єдине джерело атмосферного кисню. Аеробні та анаеробні організми, їх

метаболізм. Біогеохімічний цикл Оксигену, його об'єми та тривалість. Техногенний вплив.

Кругообіг Гідрогену (води). Хімічна характеристика Гідрогену, його вміст у літосфері, атмосфері, живих організмах, гумусі, рослинах. Вода як джерело Гідрогену для утворення органічних речовин. Вода як середовище життя. Загальний вміст води в біосфері. Біогеохімічний цикл води, його тривалість. Забезпеченість питною водою й ступінь її використання в різних країнах. Забруднювачі води, їх класифікація.

Кругообіг Нітрогену. Хімічна характеристика Нітрогену, його вміст в атмосфері, ґрунті, рослинах, тваринах, біосфері. Хімічні стадії кругообігу Нітрогену: фіксації, нітрифікації, денітрифікації, амоніфікації. Вплив людини на біогеохімічний цикл Нітрогену та річний баланс Нітрогену, “нітрифікація біосфери”.

Кругообіг Фосфору. Хімічна характеристика Фосфору, його вміст у літосфері та живій речовині. Особливості міграційної здатності Фосфору, гідросфера як акумулятор Фосфору. Кругообіг Фосфору та вплив на нього людини, “фосфатизація суші”.

Кругообіг Сульфуру. Хімічна характеристика Сульфуру, його вміст у біосфері, літосфері та гідросфері. Анаеробні бактерії та хімічні перетворення Сульфуру. Річний стік Сульфуру, океан як головне джерело сірководню. Кислотні дощі та зростання кислотності ґрунтів, їх негативний вплив на біосферу.

Кругообіг Кальцію. Хімічна характеристика Кальцію, його вміст у літосфері та біосфері. Біологічне значення Кальцію, його поглинання рослинами. Геохімічний та біогеохімічний цикли Кальцію, вплив людини на його кругообіг.

Особливості міграції мікроелементів. Первинне, вторинне та третинне розсіювання мікроелементів у природі. Кругообіг Плюмбуму. Хімічна характеристика, вміст у літосфері та біосфері. Біологічне значення. Вплив людини на кругообіг Плюмбуму.

Кругообігу органічних речовин та радіонуклідів. Вплив органічних речовин на довкілля. Хлорорганічні пестициди (ХОП). Біогеохімічний цикл ДДТ. Основні закономірності біогеохімічної міграції радіонуклідів. Типи розподілу радіонуклідів між компонентами екосистем. Коефіцієнти концентрування, накопичення та переходу. Міграції радіоактивних речовин вздовж трофічних ланцюгів. Біогенна акумуляція радіонуклідів.

**ФІЗІОЛОГІЧНА РОЛЬ ДЕЯКИХ МАКРО- І
МІКРОЕЛЕМЕНТІВ. БІОГЕОХІМІЧНІ ЕНДЕМІЇ Й
ПРИНЦИПИ БІОГЕОХІМІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ. ВПЛИВ
ГЕОХІМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА НА РОЗВИТОК І
ХІМІЧНИЙ СКЛАД РОСЛИН**

Геохімія та фізіологічне значення основних макроелементів: Карбону, Оксигену, Гідрогену, Нітрогену, Фосфору, Сульфуру, Кальцію, Калію, Магнію, Феруму, Силіцію, Натрію.

Геохімія та фізіологічне значення найважливіших мікроелементів: Мангану, Бору, Купруму, Цинку, Молібдену, Кобальту, Іоду, Флуору, Стронцію й Цезію.

Поняття про біогеохімічні ендемії. Роль мікроелементів у виникненні ендемічних захворювань.

Біогеохімічне районування за В.В.Ковальським і А.П.Виноградовим. Поняття про біогеохімічну провінцію (субрегіон). Зональні та інтразональні провінції.

Ландшафтно-геохімічне районування України. Зональні та інтразональні провінції в Україні, ендемічні захворювання в Україні.

Значення рослинності у формуванні біосфери планети. Рослини-автотрофи як основа "поживних ланцюгів". Вплив людини на рослинність Землі.

Фактори, що впливають на хімічний склад рослин у системі "середовище – рослина". Залежність хімічного складу рослин від концентрації хімічних елементів. Вплив форм знаходження хімічних сполук на хімічний склад рослин. Основні форми хімічних елементів у земній корі. Розподіл елементів по органах рослин. Біологічні властивості рослин та їх хімічний склад. Відносний вміст хімічних речовин у рослині (ВВХР), рослини-концентратори і деконцентратори. Вплив кліматичних умов на вміст хімічних елементів у рослинах.

Вплив геохімічного середовища на еволюцію рослин. Рослини-адаптогени: індеферентні до змін концентрації хімічних елементів, звичайні та незвичайні концентратори, рослини-ендеміки.

НООСФЕРА Й ТЕХНОГЕНЕЗ. ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ Й СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В УКРАЇНІ

Антропогенний етап розвитку біосфери. Поняття про ноосферу. Ноосфера як закономірний крок розвитку Землі. Характерні риси ноосфери: а) виникнення нових ландшафтів (культурних, техногенних, агроландшафтів); б) людина як головна діюча сила ноосфери, техногенна міграція хімічних речовин; в) значне збільшення об'ємів інформації, нові типи інформації; г) використання енергії біосфери. Умови (за В.І.Вернадським) повного перетворення біосфери в ноосферу.

Поняття про техногенез. Два типи техногенних процесів: притаманні й непритаманні біосфері.

Технофільність хімічних елементів та кількість відходів. Класифікація відходів за В.А.Ковдою, їх середня кількість за рік у світі. Техногенез і техногенні геохімічні аномалії (за А.І. Перельманом) – позитивні, негативні й нейтральні, глобальні, регіональні та локальні.

Об'єктивні та суб'єктивні причини виникнення глобальних екологічних проблем та шляхи їх вирішення.

Основні компоненти біосфери (атмосфера, гідросфера, рослинність, ґрунт, жива речовина) та їх глобальні аномалії.

Контроль стану навколишнього середовища як одне з головних завдань біогеохімії. Охорона природних вод, аналіз природних та стічних вод. Класифікація забруднювачів води. Поняття про ГДК. Відбір, консервація та зберігання проб води. Характеристика хімічного складу природних вод, методи аналізу та їх можливості. Інтегральні та диференційні показники якості води, їх визначення.

Стан навколишнього середовища в Україні: характеристика атмосфери, водних ресурсів, ґрунту, лісової рослинності та "живої речовини". Прогноз розвитку екологічної ситуації у світі і в Україні на майбутнє.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Вступ

Біогеохімія – наука про геохімічні процеси за участю живих організмів.

Як відомо, з історії, на певних етапах розвитку суспільства домінували різні науки. Так, у XVI – XVIII ст. лідером була механіка, у XIX – фізика, у XX – хімія та ядерна фізика. На сучасному етапі такою наукою стала екологія. Вона перетворилася із суто біологічної дисципліни на науку про стратегію й тактику виживання людства.

Ідеї розвитку й взаємозв'язку природних явищ були присутні уже в працях І. Канта, І. Лайше, М.В. Ломоносова, Ж.Б. Ламарка, Ж. Сент-Айлера, Н.Ф. Рульє, та інших.

Проблему впливу зовнішніх умов на розвиток тварин було порушено у другій половині XVIII сторіччя в працях французького природодослідника Ж. Бюффона (1707–1788). Вважаючи можливим "переродження" видів, Ж. Бюффон підкреслював, що основними причинами перетворення одного виду на інший є вплив таких зовнішніх чинників як "температура, клімат, якість їжі та гніт одомашнювання". У XIX ст. з'явилися перші спеціальні роботи, присвячені впливу кліматичних чинників на біологію тварин. Російський учений К.Ф. Рульє (1852) стверджував, що в зоології, поряд із класифікацією окремих організмів, потрібно розглядати "явища способу життя". Погляди К.Ф. Рульє глибоко вплинули на напрями й характер праць його учня М.О. Северцова (1827–1885). Першою у світі екологічною монографією, яка побачила світ раніше 1866 року, була праця М.О. Северцова "Періодичні явища в житті звірів, птахів і гадів Воронежської губернії" (1854). Науковою основою екології стало вчення М. Дарвіна про боротьбу організмів за існування. Воно інтенсивно розвивалося у другій половині XIX ст.

На початку XX сторіччя накопичення фактичного матеріалу про взаємозв'язок природних явищ досягло тієї критичної величини, коли потрібна була наявність суб'єктивного фактора для приведення даних у систему. Людиною, яка це зробила, був В.І. Вернадський. Саме він виявився тією людиною, яка змогла

всебічно й сміливо підійти до вирішення нових проблем. "В.І. Вернадський, – "пише академік А.П. Виноградов, – це ціла епоха в розвитку нашої науки: блискучий мінералог, кристалограф, геолог, геохімік, біогеохімік, радіогеолог, вчений – енциклопедист, який глибоко цікавився філософією, історією науки і суспільним життям. Він бачив у науці на багато років уперед. Створюючи нові галузі науки про Землю, він передбачив їх велике значення і зв'язок із практичною діяльністю людини". Вивчаючи історію мінералів, міграцію хімічних елементів у земній корі, В.І. Вернадський виявляє грандіозну роль живої речовини в геохімічних процесах на нашій планеті. Для вивчення ролі живої речовини в біосфері були потрібні знання біології, геології, хімії, саме на їх основі створилась нова наука – біогеохімія.

Специфіка й значення біогеохімії полягає у тому, що об'єкт її досліджень лежить на перехресті двох фундаментальних структурних рівнів матерії – атомарного й біосферного. У земних умовах атомарний рівень організації матерії представлений 92 різновидами елементів, об'єднаних періодичною системою Д.І. Менделєєва. Через ланцюг дуже складних хімічних реакцій, у процесі еволюції хімічна форма руху й хімічний рівень структури речовини закономірно переходить у біологічний, а далі – у біосферний структурний рівень організації матерії з властивими йому біологічними формами руху. Таким чином, завдяки специфічним, внутрішньо притаманним живій речовині якостям, вона, захоплюючи все нові простори, здійснює на навколишнє середовище "тиск" (В.І. Вернадський). Кінцевим результатом безперервно зростаючого "тиску" життя є екологічні кризи. Вони різноманітні й відомі не лише у зв'язку з появою людини. Можливо, що саме до числа глобальних криз належить вимирання археоціат у середньому кембрії, трилобітів і граптолітів у пізньому силурі, згасання амфібій у пізній пермі й багато інших загадкових подій у тваринному й рослинному світах далекого минулого. Сучасна неконтрольована стихійна діяльність людства може призвести до вимирання людини як виду.

Ідея детального вивчення біосфери, як оболонки життя на нашій планеті, виявилась дещо передчасною. Думки В.І. Вернадського про біосферу спочатку не привернули потрібної уваги. Тільки поширення радіоактивних та отруйних речовин по

ланцюгах живлення у біоценозах, наслідки урбанізації, забруднення промисловими відходами річок, океанів і атмосфери змусило повернутися до вчення В.І. Вернадського про біосферу. Це вчення поширилося у всьому світі, у першу чергу, у Франції й США. Поняття про біосферу проникло в екологію, географію, стало науковою основою природоохоронної політики.

Передумови виникнення біогеохімії

Поява на початку ХХ сторіччя біогеохімії – закономірний результат теоретичних досягнень як у геохімії, так у хімічній науці в цілому. Взагалі, історія її становлення невідривна від розвитку геохімії.

У ХІХ ст. німецький мінералог І. Брейтгаупт установив, що хімічні елементи та мінерали в природі розподіляються не хаотично, а у певній закономірності. У другій половині ХІХ ст. росіянин Ю.Д. Лукашевич зробив важливий висновок про те, що різноманітні процеси, які проходять у земних надрах, проявляються у зовнішній оболонці земної кори.

У 1859 р. Г.Р. Кірхгоф і Р. Бунзен розробили метод спектрального аналізу. Це зробило можливим не тільки дослідити склад різних об'єктів, але й порівняти його. Виявилось, що у різних земних породах, золі рослин і тварин і, навіть, у спектрах далеких зірок, зустрічаються одні й ті ж елементи. Практично одночасно з цими відкриттями, Ю. Лібіх (1803–1873 рр.) та його колеги з'ясували роль зольних елементів у житті рослин, значення внесення у ґрунт добрив. Російський учений – ґрунтознавець В.В. Докучаєв (1899 р.) зробив важливий висновок про те, що ґрунт – це продукт взаємодії живої й неживої природи.

Говорячи про історію становлення біогеохімії, не можна обминути і два найважливіші відкриття ХІХ ст., які вплинули на весь комплекс природничих наук. Це відкриття періодичного закону Д.І. Менделєєва (1869 р.) і відкриття явища радіоактивності А. Бекерелем (1896 р.).

Наступний крок зробив американський геохімік Ф.У. Кларк (1847–1931 рр.). Він використав усі відомі на той час методи аналізу гірських порід і склав таблицю розповсюдження хімічних елементів у земній корі. Це була кропітка праця, якій Ф.У. Кларк

присвятив усе своє життя. Сучасники й нащадки вшанували такий науковий подвиг тим, що середню величину вмісту хімічних елементів у літосфері називають **кларком**.

Український учений В.І. Вернадський (1863–1945 рр.) узагальнив усі досягнення у вивченні хімії земної кори та вперше визначив завдання геохімії як науки.

Геохімія – це наука про історію атомів хімічних елементів у геологічному розвитку планети Земля та шляхи їх міграції на Землі.

Вклад В.І. Вернадського у геохімію не обмежився узагальненнями. Він виявив закономірності розсіяння елементів у земній корі, одним із перших зрозумів значення природної радіоактивності. Крім того, він виконав глибокі дослідження по геохімії Силіціюму, Мангану та Карбону.

Таким чином, початок ХХ століття ознаменувався значними досягненнями у вивченні хімічного складу як земної кори, так і живих організмів. Величезна кількість фактів свідчила про наявність спільних рис у хімічній будові між цими двома компонентами природи. Розвиток науки викликав потребу поєднати всі відомі факти у цілісну теорію. Це міг зробити лише вчений, який поєднував би енциклопедичні знання із світоглядом філософа. Саме такі риси біли властиві нашому видатному землякові Володимирі Івановичу Вернадському, першому президентові Української академії наук.

В. І. Вернадський – основоположник вчення про біосферу та її перетворення в ноосферу

У 1926 р. спочатку на російській, потім на французькій мові вийшла у світ робота В.І. Вернадського “Біосфера”. У ній він започаткував нову науку – біогеохімію, розвинув її ідеї й завдання.

Біогеохімія – це наука, яка вивчає геохімічні процеси, які протікають за участю живих організмів.

Основними ідеями роботи В.І. Вернадського були:

- учення про біосферу;
- ідея про "живу речовину".

Термін "біосфера" запропонував у 1875 р. австрійський геолог Едуард Зюсс. Він означив біосферу як одну з геологічних оболонок

планети, нарівні з літосферою, гідросферою та атмосферою. Але помилкою Зюсса було те, що він протиставляв біосферу іншим геосферам: "Одне здається іншорідним на цьому великому, яке складається зі сфер, небесному тілі, а саме – органічне життя." Вернадський довів, що біосфера – *це не окрема сукупність організмів, не тільки місце мешкання живих істот, а цілісне планетарне середовище*. Його не можна розділити на живі й неживі компоненти й розглядати окремо.

Вернадський вважав, що: *“З появою біосфери всі хімічні реакції на планеті протікають за участю живої речовини, або в середовищі, фізико-хімічні умови якого обумовлені діяльністю живих організмів”*.

Це положення отримало назву **закону Вернадського**.

У результаті обмінних процесів змінюються не тільки самі організми, але й оточуюче їх абіотичне середовище. Горні породи, повітря, усі поверхні суші під впливом організмів набувають нових якостей, стають біогенними. Це означає, що змінюється хімічний склад компонентів неживої природи, стає іншою динаміка фізичних і хімічних процесів, які проходять у них, з'являються нові закономірності взаємодії й розвитку тіл неживої природи, що, у свою чергу, зумовлює нові зміни у сукупності організмів, які її населяють.

Абіотичні фактори біосфери (ріки, озера, моря, океани, льодовики, повітряні маси, різні форми рельєфу тощо) склались задовго до появи життя і в міру виникнення й розвитку органічного світу виявилися залученими в біогенну міграцію речовини, яка стала початком всієї сукупності змін на земній поверхні. В цьому знаходить прояв така закономірність: *з появою більш складної форми руху, простіші форми структурно включаються у неї й стають функціонально підпорядковані їй, навіть якщо вони виникли раніше*.

В умовах біосфери провідним фактором змін є жива речовина.

Без вчення про біосферу неможливо зрозуміти біологічні проблеми, проблеми виникнення життя й закономірності його розвитку, важко також дослідити причини виникнення багатьох видів корисних копалин, що заважає розробці їх методів пошуку.

Багаточисленні дослідження показали, що більшість матеріалів поверхні нашої планети – фосфатів, карбонатів, кремнистих, галогідних, сірчаноокислих, бітумозних та інших порід – органічні за своєю природою, тобто в їх формуванні чи безпосередньо, чи опосередковано приймали участь живі істоти.

На думку В.І. Вернадського, незважаючи на те, що маса живої речовини у конкретних умовах існування завжди збалансована з абіотичним середовищем, у цілому організми продовжують наступати на неживу природу, виборюють нові місця проживання, цим розширюють межі біосфери. Це явище отримало назву тиску життя.

Крім тих живих істот, що живуть сьогодні на Землі, В.І. Вернадський уключав у біосферу істот минулих епох, від яких до нашого часу дійшли товщі гірських порід органічного походження (такі, як вапняки чи вугілля). Їх учений називав «палеобіосферами».

У цілому біосфера дуже схожа на єдиний гігантський суперорганізм, у якому автоматично підтримується гомеостаз – динамічна сталість фізико-хімічних та біологічних властивостей середовища та стійкість його основних функцій. Узагальнюючи результати досліджень у галузі геології, палеонтології, біології та інших природничих наук, В.І. Вернадський дійшов висновку, що біосфера – це «стійка динамічна система, рівновага в якій встановилася в основних своїх рисах... з археозою й незмінне діє протягом 1,5–2 мільярдів років».

Стійкість біосфери, за Вернадським, виявляється в сталості її загальної маси (10^{19} т), маси живої речовини (10^{15} т), енергії, зв'язаної з живою речовиною (10^{18} ккал) і середнього хімічного складу всього живого. Оскільки всі функції живих організмів у біосфері не можуть виконуватись організмами якогось одного виду, а лише їх комплексом, то звідси впливає важливе положення, розроблене Вернадським:

- біосфера Землі з самого початку сформувалась як складна система з великою кількістю видів організмів, кожен із яких виконував свою роль у загальній системі.

Вернадському належить відкриття й такого **основного закону біосфери**: *“кількість живої речовини є планетною константою з часів архейської ери, тобто за весь геологічний час”*.

Під **"живою речовиною"** розуміють сукупність живих організмів у біосфері.

"Жива речовина" втягує неорганічну матерію в неперервний кругообіг за рахунок трансформації сонячного випромінювання. Вернадський писав: "На земній поверхні немає хімічної сили більш могутньої та постійно діючої по своїм кінцевим наслідкам ніж живі організми взяті в цілому".

Біосфера, як планетарна оболонка зародилася 3–4 млрд. років тому. Лише 2 млн. років минуло від появи людини. В.І. Вернадський вважав, що з виникненням людини й розвитком її виробничої діяльності до людства починає переходити роль основного геологічного фактору усіх змін, які відбуваються на поверхні планети. Ця теза була підтверджена багатим фактичним матеріалом у працях учня В. І. Вернадського А.С. Ферсмана.

Нині положення про людство як геологічний фактор майже ні в кого не виникає сумнівів, оскільки зміни, викликані людиною на планеті, мають глобальний характер.

У зв'язку з цим перед людиною виникає цілий комплекс завдань не тільки науково-технічного, але й соціального порядку, які зводяться до однієї мети – не допустити, щоб зміни природної сфери спричиняли шкоду людині та іншим формам життя, надати їм розумно направлений характер. У цьому випадку біосфера буде переведена регулюючою діяльністю людей у якісно новий стан, для відображення якого потрібно відповідне поняття. Оскільки цей стан викликає як функція розумової діяльності людей В.І. Вернадський запропонував використати поняття "ноосфера".

Ноосфера – це цілісна планетна оболонка Землі, яка населена людьми і раціонально перетворена ними відповідно законом збереження й підтримування життя для гармонійного існування суспільства з навколишніми умовами.

В останній час термін "ноосфера" інколи використовують дуже не визначено. Деякі вчені вважають, що ноосфера вже утворилася як самостійна оболонка планети (крім біосфери). А деякі думають, що ноосфера – це майбутній стан тієї частини планети, яка буде перебудована людьми. Є і такі, що взагалі заперечують

використання терміну "ноосфера" як такого. Вони вважають його розпливчастим, штучним. На їхню думку це може викликати плутанину в науковій теорії.

Багатозначність терміну "ноосфера" має давню історію. Його автори, французькі вчені Е. Леруа та П. Тейляр де Шарден, спочатку використовували його в дещо іншому значенні. Коли Е. Леруа вперше використав це поняття у 1927 році, він мав на увазі лише формування мислячого пласта планети з виникненням і розвитком на ній істот, які володіють розумовими здібностями. Таким самим визначенням продовжував користуватися його друг Тейлер де Шарден (книга "Феномен людини").

Етимологія самого слова була взята від сполучення грецьких слів "noos" та "sphaina", що означає "сфера розуму".

В.І. Вернадський розглядав якісно нову сферу Землі на такому етапі розвитку цивілізації і біосфери, коли людство стане "єдиним цілим" та "вільно мислячим". У цьому значенні поняття ноосфера глибше й ширше за змістом, ніж визначення ноосфери, як зони проживання людей на Землі.

Поверхня планети, заселена людьми і якісно перетворена ними, – це ще не ноосфера, оскільки відсутня вказівка на характер перетворення. Такій поверхні скоріше відповідає поняття "антропосфера". У цьому випадку мається на увазі саме заселення людьми певних ділянок планети. У тому випадку, коли мова йде не тільки про проживання людей у біосфері, але й про зміни, що вносяться виробничою діяльністю як локального, так і глобального масштабу, то доцільно використовувати поняття "техносфера". Поняття "техносфера" – більш широке, ніж "антропосфера", оскільки охоплює не лише всі області на планеті, куди проникають технічні засоби, але й всю сукупність техногенних змін на ній. Наприклад, зміна під впливом діяльності людини складу атмосфери чи гідросфери в цілому. За об'ємом поняття "техносфери" фактично співпадає з технічним аспектом поняття "ноосфера", але не співпадає за змістом. Воно включає не лише свідомо направлені відхилення природних об'єктів від природного стану, але й стихійно утворені.

Якщо врахувати великі масштаби впливу людини на природу, то, на основі вчення про біосферу як цілісну систему, слід розробити наукові основи господарської діяльності людини, які б

враховували навіть віддалені наслідки кожної зміни, яка при цьому вноситься. Чим потужнішими засобами дії на природу володіє людина, тим повніше повинне бути наукове обґрунтування наслідків цієї дії за відношенням до природи. Головною перешкодою на цьому шляху є те, що людська цивілізація – гетеротрофна. Вона використовує біоенергію та біопродукцію минулих біосфер. Для того щоб перетворитися в ноосферу, потрібно оволодіти механізмами автотрофності. Вернадський запропонував такі шляхи переходу до автотрофності:

- використання енергії сонця, вітру, морських припливів;
- висококультурне, розумне землеробство, садівництво;
- розвиток аквакультури;
- обмеження народжуваності.

В.І. Вернадський у своїх ідеях набагато випередив сучасну науку. Біосфера постала як глобальна екосистема, стабільність і функціонування якої ґрунтується на екологічних законах забезпечення балансу речовини й енергії. На сучасному етапі ці ідеї Вернадського одержали подальший розвиток у галузі охорони та вивчення оточуючого середовища з метою збереження біологічної рівноваги й біологічна різноманіття. Зрозуміло, що зовсім не використовувати біопродукцію і не втручатися у біосферу не можливо, але шляхи зменшення техногенного тиску на природу, запропоновані великим гуманістом, не втратили своєї актуальності й нині.

Сучасні напрямки й завдання біогеохімії

Біогеохімія виникла на стику біології й геології, тому вона тісно пов'язана з цими науками і є закономірним продовженням екології. Усі основні положення біогеохімії ґрунтуються на закономірностях існування, розвитку та функціонування біосфери – однієї з геохімічних оболонки Землі.

Об'єкти вивчення біогеохімії це:

- жива та нежива природа та її хімічний склад;
- вплив хімічного складу неживої природи на живі організми;
- дія живої речовини на неживу природу.

Завданнями біогеохімії як науки є:

- вивчення хімічного складу живих організмів та дослідження впливу різних хімічних елементів на їх формування та розвиток;
- визначення ролі хімічних елементів в еволюції живих організмів;
- виявлення взаємодії між різними хімічними елементами у біохімічних процесах;
- аналіз впливу геохімічного середовища на формування та життєдіяльність живих організмів;
- встановлення оптимальних потреб живих організмів у різних хімічних елементах;
- виявлення ролі живої речовини в геохімічних процесах, процесах ґрунтоутворення та вивітрювання (ерозії);
- визначення ролі живих організмів у біологічному кругообігу хімічних елементів;
- аналіз біогеохімічних циклів міграції хімічних елементів.

Біогеохімія, як і будь-яка наукова галузь, тісно пов'язана з практичним виробництвом. Наведемо лише деякі приклади практичного застосування досягнень біогеохімії. Деякі групи мікроорганізмів здатні перетворювати нерозчинні мінерали у розчинні форми й навпаки. Ця здатність може використовуватися як для очищення ґрунтів від шкідливих речовин, так і для збагачення ґрунту корисними речовинами. Окремі види мікробів, рослин і тварин надзвичайно чутливо реагують на зміну геохімічного середовища. Такі види можуть бути індикаторами вмісту окремих хімічних сполук чи елементів. Загальновідомим індикатором закислення ґрунту є хвощ, який у народі називають сосонкою. Живі організми використовуються для пошуку корисних копалин. Адже наявність рослини-індикаторів у даній місцевості може вказувати на високу концентрацію хімічного елементу. Живі організми, які здатні до підвищеного, у порівнянні з іншими видами, накопичення забруднювачів також використовуються як індикатори. Наприклад, серед лісових продуктів гриби можуть бути індикаторами забруднення важкими металами, радіонуклідами.

Біосфера та її межі

Біосфера – це одна із зовнішніх оболонок земного шару, відкрита термодинамічна система, в якій розвивається життя у формі різноманітних живих організмів

Всі природні тіла можна розглядати як системи – складні об'єкти, утворені з окремих компонентів, що зв'язані між собою певними зв'язками та відносинами. Такий підхід, вперше запропонований австрійським біологом Людвігом фон Берталанфі, дуже зручний. Він дозволяє чітко виявити складові частини й ієрархію різних сукупностей, означити основні закономірності їх організації й функціонування. Під організацією будь-якої системи розуміють кількість компонентів та їх взаємовідносини (ієрархію). Кожна природна система має декілька рівнів організації, при цьому компоненти ускладнюються від нижчих рівнів до вищих. Функціонування системи – це сукупність реакцій, що виникають у ній у відповідь на зовнішній вплив, що приводить до її саморозвитку. Крім того, системний підхід дозволяє моделювати й прогнозувати поведінку цих сукупностей. обов'язковим етапом у застосуванні системного підходу є етап формалізації – спрощення й виділення головних параметрів.

Характерні властивості всіх природних систем:

- стійкість;
- саморегуляція;
- еволюціонування;
- емерджентність.

Стійкість – це здатність до збереження рівноваги у своєму розвитку. Чим складніша природна система – тим вона більш стійка. **Саморегуляція** полягає у здатності підтримувати рівновагу власними силами. **Еволюціонування** – розвиток природних систем у напрямку ускладнення. Усе життя на Землі – результат еволюції. **Емерджентність** – властивість системи, якою не володіє ні один із її компонентів. Наприклад, емерджентність біосфери полягає у виникненні живої речовини й підтримання умов її існування. Окремо ні один компонент біосфери не може це зробити.

Біосфера як геохімічне середовище, включає в себе багатокілометровий шар атмосфери, всю гідросферу, частину літосфери.

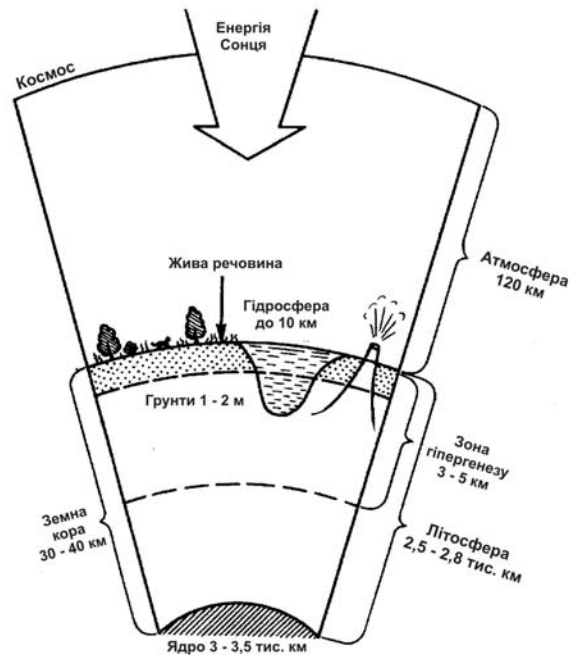


Рис. 1. Межі біосфери.

Верхньою межею біосфери можна вважати озоновий шар атмосфери, який знаходиться на висоті 25–30 км. Він захищає живі організми від жорсткої космічної радіації. Найбільш населений шар атмосфери – 1–1,5 км. Тут мешкають різні мікроорганізми, комахи, птахи. У літосфері життя обмежується температурою гірських порід та тиском. Максимальна глибина біосфери на суші приблизно 4 км. Максимальна концентрація живої речовини у літосфері – в її верхньому шарі. Тут живі організми можуть знаходитися як на поверхні, так і безпосередньо у ґрунті. За кількістю видів та щільністю біомаси ґрунт на багато перевищує наземну частину. Гідросфера – це колыска життя. В океані нижня межа біосфери знаходиться на глибині 10–11 км. Як і для інших

геологічних середовищ, для гідросфери характерно те, що максимальна концентрація живої речовини припадає на верхні, найбільш освітлені й прогріті шари.

Аналіз розподілу живих організмів у різних частинах біосфери по горизонталі свідчить про те, що щільність живої речовини дуже нерівномірна. Вона має мозаїчний характер. Мозаїчність біосфери викликана:

- різноманітністю у хімічному складі ґрунтів;
- різним хімічним складом природних вод та атмосфери;
- відмінностями у рельєфі та кліматі;
- наявністю достатньої кількості води у рідкому стані.

Життя, головним чином, сконцентроване на поверхні планети, особливо щільно – у теплих та помірних широтах. Але знайти у межах біосфери незаселені регіони практично неможливо. Живі організми зустрічаються у найнесподіваніших місцях: у термальних джерелах із температурою до 100 °С і на вершинах Гімалаїв на висоті 8300 м. Навіть на стінках пошкодженого Чорнобильського реактора були знайдені мікроорганізми. У наш час життя на поверхні Землі повністю відсутнє лише у кратерах діючих вулканів та у центральній частині Антарктиди. У цих місцях воно обмежується надвисокими температурами або відсутністю рідкої води.

Склад біосфери

Основними компонентами біосфери є: атмосфера, гідросфера, педосфера (ґрунт), літосфера (земна кора), жива речовина (рис. 2).

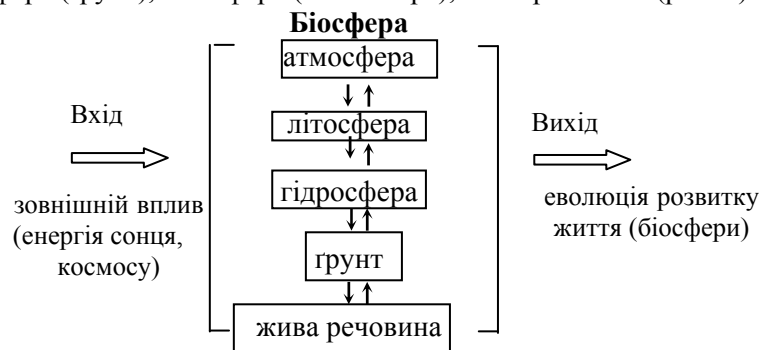


Рис. 2. Блок-схема біосфери

Усю сукупність хімічних сполук, які формують біосферу, можна поділити на такі групи:

- жива речовина або біомаса – сукупності всіх живих організмів (тварини, рослини, мікроорганізми);
- біогенна речовина – сукупність органо-мінеральних і органічних продуктів життєдіяльності живих організмів (продукти обміну й фотосинтезу);
- біокістякова речовина – сукупність мінеральних речовин, утворених в результаті взаємодії живої й неживої природи (грунт, кора вивітрювання, природні води);
- кістякова речовина – мінеральні речовини, в утворенні яких жива речовина не приймала участі (радіоактивні елементи, мінерали).

Особливостями біосфери є:

- біосфера – це область, де є рідка вода;
- на біосферу падає потужний енергетичний потік (Сонце);
- наявність поверхні розділу фаз між речовинами в твердому, рідкому та газоподібному станах.

За сучасними даними вважається, що сонячна система утворилась 4,5 – 5 млрд. років тому назад, Земля – 4–4,5 млрд. років тому назад; стерильний період розвитку Землі – 3–4,5 млрд. років, пізніше виникло життя – 3–1,5 млрд. років тому назад. Перші представники живих організмів на Землі – синьо-зелені водорості та різноманітні фотосинтезуючі бактерії (анаероби) .

Вихід рослин на сушу – 300–500 млн. років тому назад.

Виникнення людини – 1–2 млн. років тому назад.

Останній льодовиковий період – 10–15 тис. років тому назад.

Біосфера – ланцюг в системі: КОСМОС – ЗЕМЛЯ – БІОСФЕРА.

Земля щорічно отримує 6-8 млн.тон космічного пилу та 10^{21-22} ккал енергії. У космосі переважають такі ж хімічні елементи, що й на Землі: С, N, O, H, але більше Карбону та Оксигену. Крім того, у космосі виявлено 15 різновидів органічних речовин. Постійне випадання на поверхню Землі цих сполук могло привести до виникнення життя (А.І.Опарін) – гетеротрофних бактерій. Однак повне біологічне перетворення Землі відбулося під дією

автотрофних організмів (бактерій, водоростей, рослин): утворилася киснево–азотна атмосфера, ґрунт, змінився склад гідросфери.

За визначенням Шипунова: “Біосфера є геологічна земна оболонка не тільки охоплена життям, але ним і організована”.

Основна (емерджентна) властивість біосфери – виникнення живої речовини та підтримання умов її існування. Біосфера – це стійка природна система в квазі-рівноважному стані. Рівновага може порушуватись в окремих частинах (вулкан, людська діяльність...), однак біосфера та її компоненти можуть відновити рівновагу, але на більш низьких рівнях та розпочати розвиток до вищого рівня.

З виникненням життя на Землі енергія сонця почала акумулюватися в більшій кількості в складі живої речовини та її похідної – гумусі. Жива речовина існує в 3-х виглядах: фіто-, зоо- та мікробіомаси.

Вплив живої речовини на геологічні та геохімічні процеси (де існує біосфера – зона гіпергенеза) проявляється в різних формах та носить назву процес розвитку життя на Землі. Закономірності цього процесу:

- життя носить безперервний характер;
- форми прояву життя безперервно поновлюються (одні зникають – інші з’являються);
- зміни форм життя відбуваються в часі та просторі;
- розвиток життя протікає циклічно в залежності від форм (цикли можуть тривати від хвилини до сотні та тисячі років).

Хімічні елементи як основа живої та неживої природи.

До складу живих організмів входить більше 80 елементів таблиці Д.І.Менделєєва в різних кількостях. У залежності від цього їх поділяють на **мікро-, макро- та ультраелементи**.

Макроелементами називають елементи, які входять до складу живої речовини в кількості від $10^{-2}\%$ до $10^1\%$ від маси речовини.

Наприклад: O; H >10%; C, N, Ca – 1-10%; S; P; K; Si від $10^{-1}\%$ до 1%; Mg; Fe; Na; Cl; Al – 10^{-2} - $10^{-1}\%$.

Всього 14 макроелементів.

Мікроелементами називають хімічні елементи, які входять до складу живої речовини в кількості від $10^{-2}\%$ до $10^{-4}\%$ від маси речовини

Наприклад: Zn; Br; Mn; Cu – 10^{-3} - $10^{-2}\%$;
I; As; B; F; Pb; Ti; V; Ni; Sr – 10^{-3} - $10^{-4}\%$.

Ультраелементи – це хімічні елементи, які входять до складу живої речовини в кількості від $10^{-4}\%$ до $10^{-12}\%$. До ультраелементів належать всі інші елементи: Ag, Ba, Au та ін.

Відмічено, що хімічний склад тварин та рослин не однаковий. В організмі тварин більше міститься N, P, S, C, Ca, менше, ніж у рослинних організмах Si, Mn, Al та зовсім немає В.

У порівнянні з літосферою в рослинах та тваринах N, O, H у десятки разів більше, в декілька разів більше P і Sb, але при цьому в тисячі разів менше, ніж у літосфері Mg, Ba, F, Fe.

Відмічено, що поглинання рослинами хімічних елементів залежить від їх властивостей: поляризації, валентності тощо. Але найголовніша властивість – це положення даного елемента в періодичній таблиці Д.І.Менделєєва за відношенням до “лінії поживних речовин”. Життєвонеобхідні елементи лежать на лінії, домішки – поруч.

“**Лінією поживних речовин**” називають лінію між K, C та Fe.

С.М.Ткалич вивів правило, за яким визначають “корисність” хімічних елементів:

- хімічні елементи, що лежать на лінії поживних речовин найбільш розповсюджені в біосфері;
- вміст хімічних елементів у золі рослин зменшується в міру віддалення від лінії поживних речовин;
- в міру віддалення хімічних елементів від лінії поживних речовин їх КБП (коефіцієнт біологічного поглинання) зменшується:

$$КБП = \frac{X}{K_X}$$

де: X – вміст хімічних елементів у золі рослин, %;

K_X – вміст хімічних елементів у літосфері (кларк), %;

- при збільшенні атомної маси елемента збільшується його токсичність.

У залежності від значення КБП А.І.Перельман розділив елементи на дві групи:

1. Елементи, які мають КБП від 1 до 100 та більше називають елементами **біологічного накопичення**, це – P, Br, Cl, I, S, Ca, K, Mg, B, Se, Si... (крім C, H, O, N, для яких КБП неможливо розрахувати).

2. Елементи, для яких КБП менше 1 називають елементами **біологічного захоплення** (Cu, Co, Sn, Pb, Ba, Mn, F ...).

У залежності від біологічної ролі Б.Б.Полинов розділив хімічні елементи на **органогени** (21 хімічний елемент) та **домішки** (більше 50). Органогени практично співпадають з елементами біологічного накопичення, а домішки – з елементами біологічного захоплення.

Елементи-органогени поділяють на:

- **абсолютні органогени** (8 елементів) – без яких неможливе існування життя на Землі: O, H, C, N, Mg, K, P, S;
- **спеціальні органогени** (13 елементів) – елементи, які необхідні багатьом, але не всім видам живих організмів: Si, Na, Ca, Fe, Sb, F, Mn, Sr, B, Br, Cu, I, Zn.

Елементи-домішки поділяють на:

- **екологічні домішки** – елементи, які частково споживаються рослинами та можуть накопичуватись у деяких із них;
- **абсолютні домішки** – елементи, які не тільки не споживаються рослинами, але й не можуть накопичуватись у них (благородні гази, деякі розсіяні елементи).

Для кількісної оцінки до якої з цих груп належить хімічний елемент А.І.Перельман запропонував визначати його **біофільність**.

Біофільність визначають майже так само, як і КБП (безрозмірна величина):

$$B = \frac{X}{K_x},$$

де: X – вміст елементів у живій речовині, %;

K_x – (кларк) вміст елементів у літосфері, %.

Найбільш біофільними елементами є:

$$\begin{array}{llll} B(C) = 7800; & B(N) = 160; & B(H) = 70; & \\ B(O) = 1,5; & B(Cl) = 1,1; & B(S) = 1,0; & B(P) = 0,75. \end{array}$$

Біогенна міграція речовин

До виникнення життя на Землі протікали тільки геохімічні процеси, джерелом яких є енергія Сонця. Всі геохімічні процеси проявляються в міграціях.

Типи міграцій хімічних елементів:

- механічний переніс у вигляді мінералів, порід без їх хімічної зміни;
- водна міграція елементів у вигляді істинних та колоїдних розчинів – самий розповсюджений тип для Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ;
- повітряна міграція – переніс різноманітних газів, аерозолів, попелу;
- біогенна міграція – утворилася при виникненні біосфери;
- техногенна – цей тип міграції визначає діяльність людини.

Перших три типи існували до виникнення біосфери. Міграції хімічних елементів зв'язані між собою в єдиний цикл називають **великим геологічним кругообігом хімічних елементів**. Цей кругообіг направлений на формування земної кори: вік – 3,5–4 млрд. років, рушійна сила – енергія Сонця. Головним геохімічним фактором є вода (H_2O). Щорічний стік в океан хімічних елементів – 3171 млн.т.

Елемент	Річний стік, млн.т	%
Cl^-	228	7,2
SO_4^{2-}	432	13,3
HCO_3^-	1692	53,4
Na^+ , K^+	217	6,8
Mg^{2+}	117	3,7
Ca^{2+}	494	15,6

Великий геологічний кругообіг продовжується на сучасному етапі, але є різниця: рушійною силою після виникнення біосфери є жива речовина.

Біогенна міграція або **малий біологічний кругообіг (МБК)** хімічних елементів – це сукупність процесів утворення, відмирання та розкладу живої речовини в системі: “середовище – жива

речовина – середовище”. Повний (замкнутий) у часі біологічний кругообіг речовин називають біологічним або біогеохімічним циклом. Його тривалість залежить від типу живого організму.

У результаті біологічного кругообігу відбувається перерозподіл хімічних елементів із гірських порід у ґрунти, рослини та тваринні організми.

Елемент	Літосфера (%)	Ґрунт (%)	Рослини (зола) (%)
Li	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Na	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$
K	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
Ca	$2,96 \cdot 10^{-3}$	$1,37 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
Mg	$0,63 \cdot 10^{-3}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$
P	$9,3 \cdot 10^{-2}$	$8,0 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$
S	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$

Великий геологічний та малий біологічний кругообіги протікають одночасно та активно впливають один на одного.

Біологічний кругообіг включає два типи обміну речовин: прижиттєвий та посмертний.

Прижиттєвий тип направлений на синтез органічних сполук та формування живих організмів, їх розвиток. Він характеризується поглинанням хімічних елементів з оточуючого середовища та їх частковому поверненні.

Посмертний тип – це розклад органічних речовин та повернення хімічних елементів в оточуюче середовище. Але поділ на ці типи обміну для біогенезів (екосистем) умовний, так як вони йдуть безперервно та одночасно.

Малий біологічний кругообіг на відміну від великого геологічного характеризується більшою повнотою обміну, яка досягає 90-98% (втрати біологічного кругообігу – 2-10%). Ця повнота МБК обумовлює його стійкість у часі, рівновагу складу та гармонійність взаємодії між живою та неживою природою.

У біологічному кругообігу приймає участь три компоненти:

- жива речовина (тварини, рослини, мікроорганізми);
- біогенна речовина, що утворилася при відмиранні живих організмів (гумус);

- біокосна речовина (мінеральні сполуки, які утворені живою речовиною).

За В.А. Ковдою виділяють три рівні біогеохімічних циклів (БГХЦ):

- БГХЦ на рівні мікробних популяцій, що відповідають за мінералізацію органічних залишків;
- БГХЦ на рівні нижчих безхребетних організмів ґрунту та вод – відповідають за акумуляцію (накопичення) гумусу в ґрунті;
- БГХЦ у лісних та трав'янистих біоценозах – загальна маса його досягає 10^{12} - 10^{13} тон, при фотосинтезі за рік рослинністю акумулюється приблизно 10^{19} Дж енергії, попадає у ґрунт з мертвою органічною речовиною – 10^7 - 10^8 Дж/рік.

Гумус є акумулятором сонячної енергії на Землі У ньому вже накопичено (за В.А.Ковдою) $4 \cdot 10^{19}$ - 10^{20} Дж енергії, яка, на відміну від енергії нафти та вугілля, є біологічно активною.

Газоподібні елементи (Н, С, О, N) у геохімії називають повітряними мігрантами. Вони складають 98% живої речовини, на долю Оксигену припадає 70%, H_2O – 50-90% від маси живого організму.

Розчинні у воді елементи називають водними мігрантами – Са, К, S, Fe, Si, P, Al.

Склад хімічних елементів, що входять до складу живих організмів визначає характер обміну між організмом та середовищем. Обмін повітряними (газоподібними елементами) мігрантами здійснюється в процесі дихання. Водні мігранти надходять з їжею (для геретрофів), для автотрофів безпосередньо з оточуючого середовища у вигляді водних розчинів.

Основами харчових або трофічних ланцюгів є автотрофні живі організми (рослини). Харчові ланцюги визначають шляхи міграції в різних системах:

- ґрунт → рослини.
- ґрунт → мікроорганізми.
- рослини → тварини (травоїдні) → тварини (хижаки).
- водні розчини → живі організми (зоопланктон).
- водні розчини → рослини (океан).
- риби → риби-хижаки.

Кінцевою ланкою міграцій є людина.

Для всіх цих ланцюгів характерне переважання поглинання хімічних елементів організмами з середовища над їх поверненням. Цей процес називають **біогенною акумуляцією мінеральних сполук** живими організмами в ході їх розвитку та росту.

На відміну від природних біоценозів, в яких втрати хімічних елементів складають 2-10%, в агроценозах - втрати здійснюються безповоротно, у величезних масштабах і кожний рік (із врожаєм):

- для суші біомаса складає 10^{12} - 10^{13} тон,
- річний фотосинтез – $1,5$ - $5 \cdot 10^{10}$ тон,
- річне повернення зольних елементів та Нітрогену з опадами – 10^8 - 10^9 тон,
- сумарний хімічний стік річок $3,9 \cdot 10^9$ тон,
- сумарний твердий стік річок – $1,6 \cdot 10^{10}$ тон.

Основні функції живої речовини в процесі прижиттєвого обміну речовин:

- газообмін – поглинання та виділення O_2 , CO_2 , NH_3 , парів H_2O ;
- окиснення (здійснюється мікроорганізмами в ґрунтах та водних середовищах);
- відновлення – здійснюється мікроорганізмами-анаэробами;
- концентрування та акумулювання хімічних елементів з розсіяного стану. Наприклад, для С – в природі кларк 0,02%, в живій речовині – 18%, в ґрунтах 2-3%, в атмосфері – 0,01%. Жива речовина відповідає за утворення вугілля, фосфатів тощо.
- синтез та розклад. Наприклад: фотосинтез.

У посмертному типі розкладу речовин змінюється напрямок та характер обміну. Головним стає розклад органічних залишків, їх мінералізація із звільненням зольних (мінеральних) елементів та синтезом якісно нових органо-мінеральних сполук типу гумусу. Разом з утворенням гумусу при посмертному типі обміну речовин утворюються різні солі, оксиди, гідроксиди та інші сполуки (вторинні глинні мінерали). У всіх цих процесах приймають участь живі організми.

Запаси біомаси, гумусу та енергії (за В.А. Ковдою):

біомаса	-	$3,5 \cdot 10^{12}$ тон
маса гумусу	-	$2,4 \cdot 10^{12}$ тон
енергія в живих організмах	-	$6,2 \cdot 10^{19}$ Дж

енергія в гумусі $- 5,5 \cdot 10^{19} - 10^{20}$ Дж

Біомаса та гумус за вмістом органічних речовин та енергії мають один порядок, тому ґрунт, який містить гумус – активніший компонент біосфери, який одночасно є:

- джерелом хімічних елементів;
- акумулятором мертвої органічної речовини (хімічних елементів та енергії).

Розрізняють чотири типи розкладу органічних речовин:

- консервування рослинних залишків (відповідає за торфоутворення);
- гниття органічних залишків за участю анаеробних мікроорганізмів;
- аеробний розклад органічних залишків (відповідає за процес гуміфікації організмів і здійснюється тільки на суші);
- сухе тління органічних залишків (здійснюється в умовах жарких та сухих пустель).

Всі ці типи відрізняються за швидкістю звільнення хімічних елементів, що відбивається на тривалості біологічних циклів. Самим довгим типом розкладу є консервування, особливо в вологому та прохолодному кліматі (Полісся).

Для оцінки особливостей біогеохімічних циклів у різних біоценозах використовують спеціальні критерії: зольність, біомаса, її структура й приріст, ємність біологічного кругообігу та інші. Всього їх запропоновано різними вченими 12. Розглянемо їх більш детально.

1. **Зольність.** Вміст хімічних елементів (крім H, O, C, N) у золі біомаси називають її зольним складом. До **зольних елементів** належать всі нелеткі хімічні елементи. Як правило, завжди враховують макроелементи (Si, Ca, Mg, Na, S, P, Fe, Al), а іноді також і мікроелементи.

Суму всіх зольних елементів називають **зольністю** рослини або всієї біомаси, визначають у відсотках на суху речовину. Вміст окремих хімічних елементів, що входять до складу золи, також визначають у відсотках й розраховують або на загальну зольність рослини, або на її суху масу.

При визначенні загальної кількості одного елемента (або декількох), який зайнятий у біологічному циклі, розраховують його

масовий вміст у масовій одиниці всієї біомаси на одиницю площі. Цей показник виражається в г/м^2 , кг/м^2 , кг/га , ц/га , т/га і т. д.

Зольність рослин, зольний склад, масовий вміст елементів дозволяють оцінити ємність біологічного кругообігу, об'єм втрат, долю участі зольних елементів у формуванні органічної речовини (у галофітів вона досягає 20–45%, у трав – 5–19%, у дерев – 5–10%). У природних біоценозах об'єм втрат невеликий (2–10%). В агроценозах втрати біологічного кругообігу складають 60–70% від суми елементів, які одержує рослина із середовища існування (винос елементів урожаєм). Цей винос складає 200–600 кг/га хімічних елементів.

2. **Біомаса** – це кількість живої матерії, накопиченої до даного моменту часу біоценозом на одиницю площі (в кг/га , ц/га , т/га). Відмерлі рослини враховують окремо у вигляді опаду, відпаду і лісових підстилок або степового войлоку. Під **опадом** розуміють щорічно відмираючу біомасу (листя, плоди, стебла, квіти, відмерлі корені); під **відпадом** – тільки стовбуровий опад деревинного ярусу.

Лісова підстилка – особливий шар, що поєднує між собою мінеральну частину ґрунту і наземні органи рослин і в якому відбуваються різноманітні мікробіологічні та біохімічні процеси, у результаті яких утворюються гумусові речовини.

Для оцінки загальної кількості біомаси використовують поняття **запасу біомаси**, тобто всієї маси живої речовини.

3. **Структура біомаси** – це склад і кількісне співвідношення всіх компонентів біомаси, що дозволяє дати оцінку частки різних компонентів біоценозу в накопиченні органічної речовини. Для цього враховують співвідношення між різними вертикальними ярусами рослинної асоціації (надземні й підземні частини рослин), деревинними й чагарниковими, деревинними й трав'яними рослинами і т. д.

4. **Приріст біомаси** визначають у кг/м^2 , ц/га , і т. д. Розрізняють первинний, вторинний і фактичний (істинний) приріст. **До первинного приросту** відносять масу живої речовини на одиницю площі біоценозу, утворену за одиницю часу зеленими рослинами автотрофами. За **вторинний приріст** приймають масу живої речовини рослин-гетеротрофів.

Фактичний (істинний) приріст – це кількість органічної речовини, що утворена за один біогеохімічний цикл (добовий, річний, столітній) без врахування опаду.

5. Відношення всієї біомаси до маси річного приросту (П). Цей критерій запропонував В.А.Ковда і характеризує середню протяжність періоду синтезу й мінералізації біомаси в даних екологічних умовах у певному біоценозії на суші Землі в цілому:

$$P = \frac{\text{ЗАПАС БІОМАСИ (т/га)}}{\text{ПРИРІСТ БІОМАСИ (т/га)}}$$

Він дозволяє визначити протяжність (довжину) біогеохімічного циклу хімічного елемента (елементів) у кожному конкретному біоценозі.

6. Швидкість біологічного кругообігу – період, за який хімічний елемент проходить шлях від початку його поглинання живим організмом (рослинами) до повернення в середовище існування, виражається в одиницях маси (г, кг, ц, т) за біогеохімічний цикл (доба, рік, століття).

Швидкість кругообігу хімічних елементів залежить, в основному, від особливостей геохімічного середовища і біологічного виду організму. Серед рослин найбільша швидкість характерна для трав'янистих біоценозів, найменша – для деревинних.

7. Інтенсивність біологічного кругообігу – це величина, що відображає швидкість накопичення хімічних елементів у фітоценозі і визначається як маса зольних хімічних елементів у прирості за одиницю часу (добу, місяць, рік). Цей показник дозволяє дати оцінку енергетичним особливостям фітоценозу й силі його впливу на процес ґрунтоутворення.

8. Відношення загальної кількості хімічних елементів в біомасі річного приросту до річного стоку. Критерій оцінює яку роль відіграє жива речовина в біогеохімічному циклі як фактор геохімічної міграції елементів.

Підраховано, що жива речовина (головним чином рослини) щорічно поглинає 10^8 - 10^9 т зольних елементів. Таку ж кількість елементів складає хімічний стік за рік (відношення близько до одиниці) і це свідчить про те, що всі хімічні елементи перед тим як потрапити у великий геологічний кругообіг проходять стадію біогенної міграції.

Для конкретних біогеоценозів це відношення може порушуватись, що відображає мозаїчність біосфери.

9. **Відношення суми елементів в біомасі річного приросту до суми цих елементів, що виносяться водами даного басейну.** Цей критерій доповнює попередній стосовно конкретних біоценозів одного басейну (або його частини) і кількісно характеризує мозаїчність біосфери, дає уяву про те, які хімічні елементи затримуються рослинами даного біоценозу, а які піддаються виносу. Показник відображає вплив на біологічний кругообіг таких факторів як клімат, рельєф, гірські породи, тип рослинності й тому дуже змінюється в просторі і не залишається постійним не тільки в різних, а й в однакових кліматичних умовах, режимах зволоження, типах рослинності.

Як правило, при промивному режимі зволоження в біоценозах утримуються елементи-біофіли N, P, C, O, H і інтенсивно виносяться Cl, S, Mg.

10. **Відношення маси підстилки до маси річного опаду** характеризує інтенсивність розкладу опаду й тривалість збереження підстилки. Найбільше значення показника характерне для умов, при яких процеси розкладу й мінералізації опаду сповільнені (накопичуються органічні залишки, навіть формуються торф'яники). Це явище характерне для тайгових районів. В умовах високих температур і оптимального зволоження показник близький до одиниці. Це характерно для степів і пустель.

11. **Ємність біологічного кругообігу** виражається кількістю (масою) хімічних елементів, що знаходяться в складі біомаси (фітомаси) зрілого фітоценозу. При розрахунках на суху речовину враховують лише зольні елементи й Нітроген. Вода й органічні компоненти – леткі сполуки й випаровуються при спалюванні під час аналізу (ВПП – втрати при прожарюванні).

$$\text{Ємність (M}_e\text{)} = M_6 - \text{ВПП} ,$$

де: M_6 – маса біомаси;

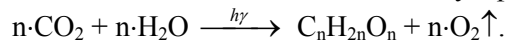
M_e – маса зольних елементів.

12. **Контрастність біологічного кругообігу** дає порівняльну оцінку ємностей біологічного кругообігу в різних біоценозах.

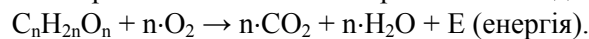
Кругообіг Карбону, Оксигену та Гідрогену (води)

Кругообіг Карбону.

До утворення біосфери Карбон знаходився у вигляді графіту, алмазу, карбідів – у літосфері, в атмосфері – у вигляді летких вуглеводнів та CO_2 , при чому CO_2 складав 91% атмосфери. Після утворення біосфери відбулася корінна зміна розподілу Карбону в природі. В атмосфері його вміст став 0,03%, у літосфері – у вигляді карбонатів (CO_3^{2-}), його вміст – 0,35%, в живій речовині – 18% від маси. Таким чином, жива речовина – акумулятор Карбону на Землі. Двигуном, що змінив зовнішній вигляд планети був фотосинтез:



Організми, для яких єдиним джерелом вуглецю є CO_2 називають автотрофами. Зворотний процес (зі звільненням енергії) окиснення живої речовини киснем повітря називають диханням:



Ці два процеси (фотосинтез та дихання) – основа існування біосфери.

Кругообіг Карбону починається з фіксації атмосферного CO_2 при фотосинтезі. Основний шлях кругообігу: CO_2 – жива речовина – CO_2 . Але частина Карбону при цьому вилучається з кругообігу у вигляді осадових порід (карбонатів).

Розраховано, що рослинність суші засвоює весь атмосферний Карбон за 3-4 роки, тобто для CO_2 тривалість біогеохімічного циклу складає 3-4 роки. Для гумусосфери тривалість циклу кругообігу Карбону – 300-400 років, де він складає 2-3% від її загальної маси (приблизно $5 \cdot 10^{10}$ тон).

При фотосинтезі за рік поглинається $2 \cdot 10^{10}$ тон Карбону, а повертається в процесі дихання $1,1 \cdot 10^{10}$ тон.

На сучасному етапі до цих двох процесів додається ще й техногенний фактор, він складає 6-10% від загального об'єму кругообігу Карбону ($5-6 \cdot 10^9$ тон).

Повний кругообіг Карбону в біосфері складається з двох циклів: наземного та морського. Морський цикл в основному автономний та мало залежить від наземного.

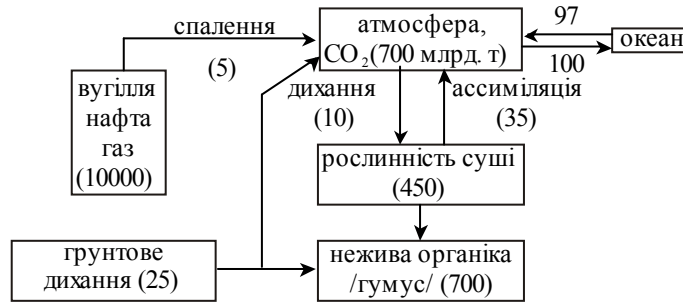
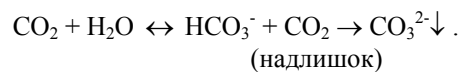


Рис. 3. Блок-схема наземного кругообігу Карбону (10^9 т/рік).

Газообмін між океаном та атмосферою регулює кількість CO_2 в атмосфері:



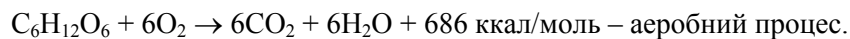
При надлишку CO_2 в атмосфері відбувається накопичення карбонатів у гідросфері.

Кругообіг Оксигену

Оксиген – найсильніший окисник за своїми властивостями. Він входить до складу більшості мінералів (складає 49% їх маси), живої речовини (65-70% від її маси) та атмосфери (21%). Живою речовиною Оксиген поглинається в газоподібному стані (O_2), у вигляді CO_2 , H_2O , оксидів, гідроксидів та різних органічних залишків.

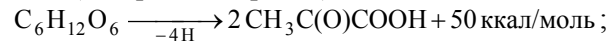
Роль вільного кисню подвійна:

- O_2 – продукт життєдіяльності живої речовини (фотосинтез);
- O_2 – основа окислювального метаболізму живих організмів (кисневе дихання):

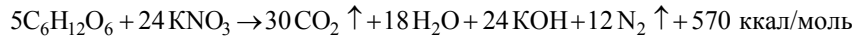
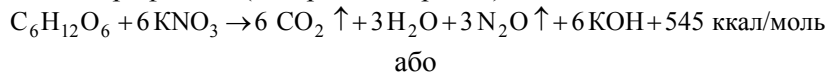


Крім aerobicних процесів дихання існують анаеробні (безкисневі) процеси, наприклад:

– бродіння (анаеробний процес):



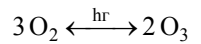
– денітрифікація (анаеробний процес):



– десульфатизація (анаеробний процес):

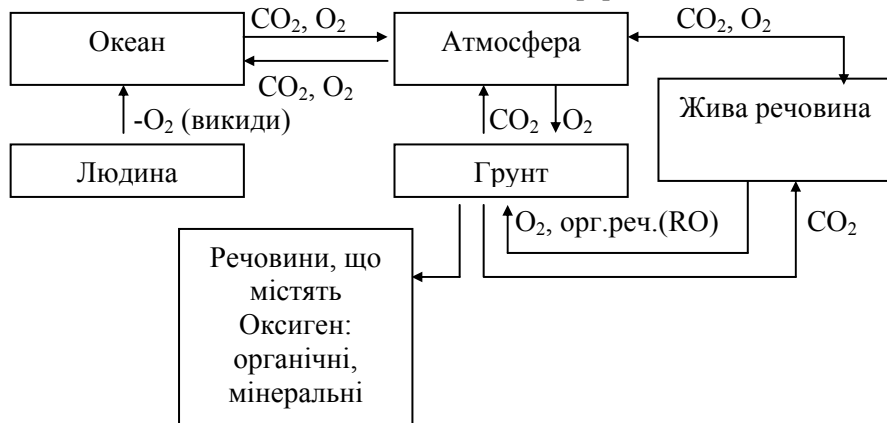


Крім того, що атмосферний O_2 – основа життя, він є й джерелом озону на Землі:



Підраховано, що весь атмосферний кисень проходить через живу речовину за 2000 років.

Кругообіг Оксигену дуже складний, тому покажемо тільки його обмін між основними компонентами біосфери:



CO_2, O_2

Рис.4. Блок-схема кругообігу Оксигену.

Діяльність людини порушує обмін Оксигену та Карбону, але запаси вільного кисню настільки великі, що для підтримання його балансу необхідне збереження живої речовини, як основної геохімічної сили.

Запаси O_2 на Землі – $590 \cdot 10^{20}$ тон

Кругообіг Гідрогену (води)

Водень являє собою газ, який володіє сильними відновними властивостями, тому в кисневій атмосфері він може існувати у вигляді H_2O та різних гідроксидів. У безкисневому середовищі основним джерелом водню були вуглеводні.

У вільному стані він виявлений тільки у верхніх шарах атмосфери (та його там дуже мало).

Вміст Гідрогену в літосфері – 0,9%, гумусі – 5%, рослинах – 6,5%, тваринних організмах – 9,4%.

Основним джерелом Гідрогену для синтезу органічних речовин є H_2O . Кругообіг води в біосфері припускає, що кількість води, що випарувалась дорівнює кількості опадів. Тривалість циклу кругообігу H_2O в системі гідросфера – атмосфера – літосфера – біосфера – гідросфера складає 2 млн.років.

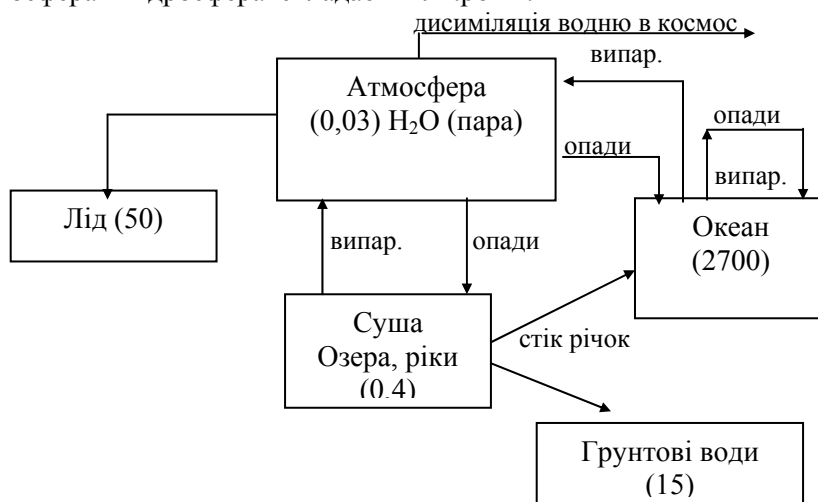


Рис.5. Блок-схема кругообігу води ($10^{18}г$).

Вода – це не тільки джерело водню, але й середовище життя, більша частина води використовується організмами не на фотосинтез, а на транспірацію.

Основна кількість вловлюваної рослинами енергії йде на випарювання вільної H_2O (у середньому 4,5 мм у день), тільки 1% від падаючої енергії йде на фотосинтез.

Наприклад: для одержання 20 тон врожаю необхідно біля 2000 тон H_2O , із них зв'язаної в процесі фотосинтезу виявляється тільки 3т (0,15%), все інше йде на транспірацію.

Загальний вміст H_2O в біосфері оцінюється в 1,5 млрд.кілометрів кубічних.

На прісну воду припадає тільки 3%, із них $\frac{3}{4}$ (75%) складають полярні шапки та льодовики, тільки $\frac{1}{4}$ частина придатна для харчування.

Основна проблема води – її забруднення.

Забрудненням за ЮНЕСКО називають безпосереднє або непряме внесення людиною у водойми речовин або енергії, які спричиняють шкідливий вплив на біосферу.

Виділяють п'ять типів забруднювачів:

- харчові речовини;
- органічні речовини (до 10^{10} тон в рік) – найбільш небезпечні;
- взмучені тверді часточки (10^9 - 10^{10} у рік);
- теплова дія;
- радіоактивні відходи.

Забезпеченість прісною водою в Україні складає в середньому 52-53 млрд.м³ за рік, із них використовується – 32,2 млрд.м³ за рік, ступінь використання 62,1%. Для порівняння: ФРН – ступінь забезпечення – 92 млрд.м³ ; використання – 14 млрд.м³ за рік, ступінь використання – 15%.

Біогеохімічні цикли Нітрогену, Кальцію, Фосфору та Сульфуру

Кругообіг Нітрогену

Нітроген – один із самих розповсюджених елементів у природі, його біофільність – 160 (другий після Карбону). У космосі за розповсюдженістю він займає 4 місце після Гідрогену, Гелію та Оксигену.

Атмосфера, у цьому полягає головна біогеохімічна особливість міграції Нітрогену, є найбільшим його резервуаром у природі у вигляді N_2 . Вміст азоту у повітрі 78,09% за об'ємом і 75,6% за масою. Головними джерелами азоту в атмосфері є живі організми. Крім того, запаси азоту, аміаку, амоній хлориду та оксидів Нітрогену можуть поповнюватися за рахунок вулканічних газів (ювенільні надходження). Останнім часом значну кількість газоподібних сполук Нітрогену виділяє в атмосферу промисловість – $(200-350) \cdot 10^6$ т.

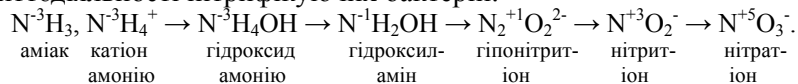
Нітроген атмосфери може повертатися в ґрунт і у воду океанів та прісноводних водоймищ двома шляхами. Оксиди Нітрогену, взаємодіючи з водяним паром, утворюють кислоти, які разом з опадами повертаються на землю. Аналогічним шляхом може повернутися й аміак. Але найбільш значимим у потоці атмосфера → ґрунт є фіксація атмосферного азоту живими організмами. Азотфіксація властива лише прокаріотичним організмам: синьо-зеленим водоростям, анаеробним бактеріям та бульбочковим бактеріям бобових рослин. Результатом азотфіксації є перетворення нітрогеновмісних газів у форму розчинних солей, які можуть бути використані рослинами.

Коренева система рослин засвоює тільки іонні форми Нітрогену – катіон амонію NH_4^+ і нітрат-іон NO_3^- . Це так званий мінеральний Нітроген ґрунту. Його вміст складає, як правило, біля 1% від загальної кількості ґрунтового Нітрогену. Рослини повертають Нітроген у ґрунт із листовим опадом і відмерлими частинками, тобто у формі органічного Нітрогену. Основною формою ґрунтового Нітрогену є гумус.

Мінералізація органічного Нітрогену мікроорганізмами проходить повільно і тому ґрунти часто бідні мінеральним Нітрогеном. Загальна схема мінералізації (**амоніфікації Нітрогену**) виглядає так:

Гумус і не розкладені білки → амінокислоти → амоніфікація (NH_3, NH_4^+).

Перетворення аміаку або катіону амонію в нітрат-іони називають процесом **нітрифікації**, який проходить у результаті життєдіяльності нітрифікуючих бактерій:



Важливим для кругообігу Нітрогену є те, що утворювати азот можуть лише бактерії. Процес мікробіологічного відновлення Нітрогену із нітратів у нижчі оксиди (NO, N₂O) і молекулярний азот (N₂), який називають **денітрифікацією**, протікає через наступні стадії:



Побічними продуктами нітрифікації і денітрифікації є утворення оксидів Нітрогену, які відіграють значну роль у підтриманні існуючого озонового шару Землі (рис.6).

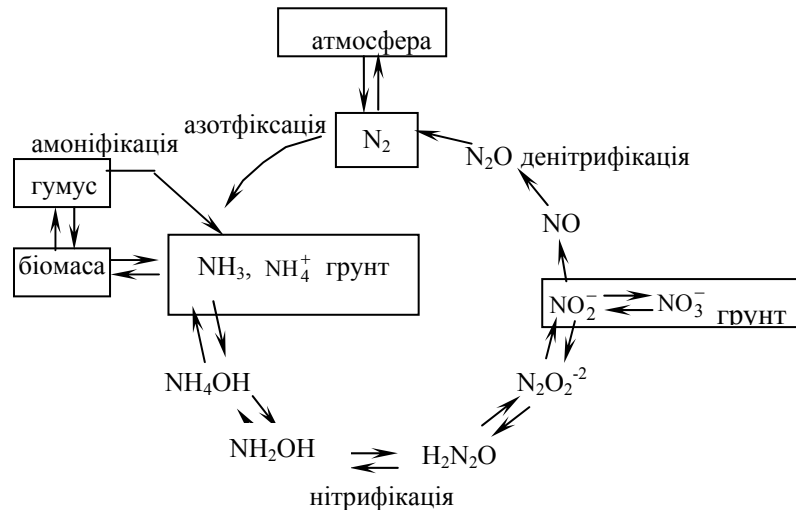


Рис. 6. Хімічні стадії кругообігу Нітрогену.

За час існування біосфери накопичилось більше 150·10⁹ тон фіксованого Нітрогену. Однак він розподілений нерівномірно. У ґрунтах – біля 150·10⁹ тон, рослинах – 10⁹ тон, у тваринах 6,7·10⁷ тон.

Значна частина нітрогеновмісних сполук акумулюється у нафті, торфі та кам'яному вугіллі. Після спалювання цих продуктів Нітроген повертається в атмосферу у вигляді різних газів.

Джерела надходження Нітрогену	Кількість (п. 10 ⁶ т)
Біологічна фіксація:	54
Грунтова	44
Морська	10
Промислова фіксація	30
Атмосферна фіксація	7,6
Ювенільні надходження	0,2
Всього прихід	91,8
Витрати:	
Денітрифікація у ґрунті	43
Денітрифікація у морі	40
Відкладення	0,2
Всього витрат	83,2
Залишок	8,6

З урахуванням викидів від спалювання пального загальна надлишкова кількість Нітрогену складає близько $19 \cdot 10^6$ т/рік, що веде до “нітрифікації” біосфери. Концентрація нітратів у природних водах перевищує ГДК (45 мг/л NO_3^-) іноді в десятки разів (особливо в агропромислових районах), що приводить до отруєння споживачів (нітрати переводять гемоглобін у метгемоглобін, що не здатний переносити кисень і утворюють канцерогенні речовини типу $\text{R}_2\text{N} - \text{N}=\text{O}$ – нітрозаміни).

Кругообіг Фосфору

Фосфор – важливий елемент, входить до складу нуклеїнових кислот, без нього неможливий синтез білка. Середній вміст у земній корі – 0,085% (в основному у вигляді фосфоритів та апатитів). На відміну від N, C та H, Фосфор володіє низькою міграційною здатністю, так як не утворює летких сполук. Біофільність низька – 0,75 одиниць, його вміст у живій речовині – 0,07%. Біосфера за час існування накопичила $2,1 \cdot 10^{11}$ тон Фосфору.

У природних умовах відбувається **дефосфатизація суші**. Гідросфера – акумулятор та накопичувач Фосфору.

Діяльність людини призвела до того, що в оточуючому середовищі відбувається накопичення P, йде **фосфатизація суші**. У

ґрунті міститься 0,1-0,2% Р. При цьому тільки 0,4 засвоюється (з усієї кількості, а 0,6 потрапляє з стоком назад у гідросферу) (рис.7).

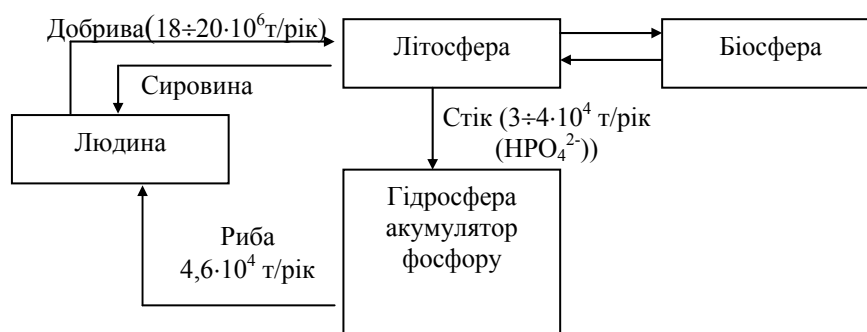


Рис. 7. Блок-схема кругообігу Фосфору

Фосфатизація суші найбільш яскраво виражена в промислових районах (особливо в агропромислових). Надлишок Фосфору у воді веде до її “цвітіння” (розмноження анаеробних бактерій), тому для Фосфору введена ГДК – 15мг/л.

Кругообіг Сульфуру

Сульфур – 15-й за значенням елемент у земній корі, але у біологічних системах його роль значно вища. Особливістю міграції Сульфуру є те, що цей елемент може мати ступені окиснення від -2 до +6 із перехідною формою +4. Через значну хімічну мінливість сполуки Сульфуру у природі існують у різних формах: газоподібній і аерозольній, водній, ґрунтовій, мінеральній, біологічній.

Сульфур відповідає за третинну структуру білків, входить до складу вітаміну В₁ і деяких ферментів. Вміст Сульфуру у біосфері 0,1%, у літосфері – 0,04%, у гідросфері – 0,017%. Кларк його у земній корі дорівнює $5 \cdot 10^{-2}$ масових відсотків. Сульфур є важливим біофільним елементом, його біофільність 2,5, активно захоплюється живою речовиною.

Джерелом Сульфуру на планеті є літосфера. Особливе місце у міграціях Сульфуру посідає жива речовина. Саме вона є рушійною

силою, яка здатна змінювати хімічну форму сульфуровмісних сполук, забезпечувати рух цього елемента у природі.

Сульфур утворює леткі сполуки H_2S , SO_2 . Ця здатність значно прискорює та повністю замикає біогеохімічний цикл Сульфору через атмосферу. У ґрунті Сульфур знаходиться у вигляді сульфатів, в основному $CaSO_4$ і Na_2SO_4 , та сульфідів FeS , Na_2S .

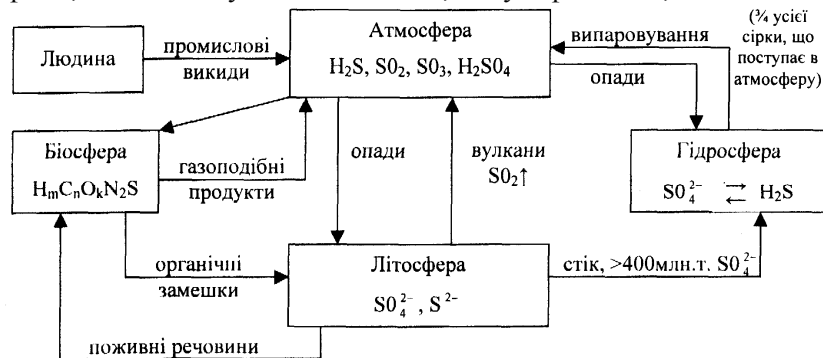
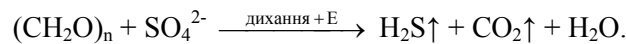


Рис. 8. Блок-схема кругообігу Сульфору.

Завдяки високій розчинності сульфатів, вони з атмосферними опадами й ґрунтовими водами потрапляють в океан і повертаються в атмосферу у вигляді аерозолів. Аерозолі утворюються під час шторму у морській піні і переносяться на відстані в тисячі кілометрів вітрами. Значний внесок у кругообіг Сульфору вносять вулкани, виділяючи в атмосферу $23 \cdot 10^{12}$ г/рік Сульфору.

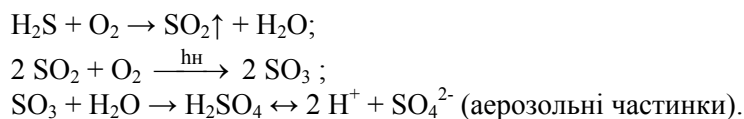
Світовий стік у вигляді SO_4^{2-} досягає $423 \cdot 10^6$ т/рік. При цьому 1/4 частина – промислові відходи, а 3/4 дає природний кругообіг Сульфору. Саме в океані відбуваються процеси перетворення сульфатів у сульфіди. Найбільш відомим об'єктом, місцем життя сульфурфіксуєчих бактерій є Чорне море (нижче 100 м –сірководень):



З біосфери в атмосферу Сульфур повертається у вигляді газоподібних речовин – продуктів життєдіяльності різних

організмів, а в літосферу з органічними залишками. Так замикається кругообіг Сульфуру в природі (рис. 8).

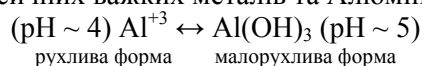
У присутності кисню в повітрі відбуваються хімічні перетворення сірководню в сульфур (VI) оксид через наступні стадії:



Велика роль у кругообізі Сульфуру належить людині. Унаслідок роботи різних промислових підприємств, ТЕС, автотранспорту в атмосферу у великих кількостях (більше 200 млн. т/рік) потрапляють оксиди Сульфуру, де вони окиснюються киснем повітря до SO_3 і з атмосферною вологою утворюють H_2SO_4 .

Це приводить до того, що в промислових районах у сотні разів зростає кислотність дощів, із природним $\text{pH} = 6-6,5$ до $\text{pH} = 4,6-5,7$, а в окремих випадках зафіксовано $\text{pH} = 2,7-3,5$.

Як наслідок зростає кислотність ґрунтів, вимиваються важливі поживні елементи (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), підвищується концентрація й рухливість токсичних важких металів та Алюмінію:



рухлива форма малорухлива форма

Навпаки, зменшення кислотності ґрунтів переводить токсичні елементи, як правило, у малорухливі форми, які практично не всмоктуються рослинами. Тому вирішення проблеми “**кислотних дощів**” – актуальне завдання, яке стоїть перед людством.

Кругообіг Кальцію

Кальцій належить до елементів, найпоширеніших у природі. Середній вміст Кальцію у літосфері – 2,96%, у біосфері – 0,1%, у ґрунті – 1,37%, біофільність менше одиниці (0,34). Ресурси Кальцію практично не обмежені. Він зустрічається у вигляді численних відкладів вапняків і крейди, а також мармуру, які являють собою природні різновидності кальцій карбонату CaCO_3 . У великих кількостях зустрічається також гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, фосфорит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ і різні силікати, що містять Кальцій.

Фізіологічні функції Ca^{2+} ґрунтовані на комплексоутворенні з різними біолігандами. Малорозчинні солі Кальцію відіграють роль конструкційного матеріалу в організмах рослин і тварин. Дрібні кристали гідроксилапатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ – неорганічні компоненти скелету хребетних. Мінеральною основою клітинних стінок рослин, панцерів моллюсків, шкаралупи яєць служить кальцій карбонат CaCO_3 .

Кальцій входить до складу гумусу та ґрунтового вбирного комплексу (ГВК), який відповідає за кислотність ґрунтів. Він дуже важливий для росту рослин. Рослини споживають Ca: у лісостепу – 50 кг/га, у степу – 30–37 кг/га, в тундрі – 8–9 кг/га, сільськогосподарські рослини – 30–50 кг/га. В агроценозах 30–50% Кальцію відчужується з врожаєм кожного року.

Первинним джерелом Кальцію служать силікатні й карбонатні породи. В умовах вологого клімату катіони Ca^{2+} вимиваються з ґрунтів і виносяться у річки, моря, океани, де вони засвоюються морськими організмами (моллюсками, коралами, планктоном), після відмирання яких утворюються карбонатні породи.

Подібно до Фосфору Кальцій здійснює замкнутий кругообіг тільки через живу речовину, але володіє більш високою рухливістю (рис. 9).

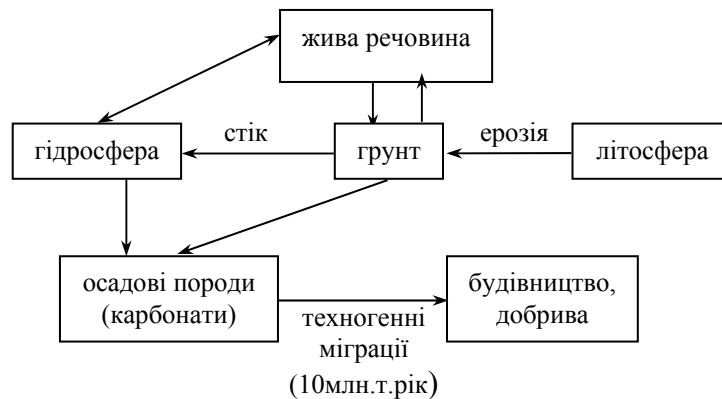
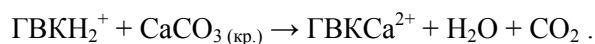


Рис. 9. Блок-схема кругообігу Кальцію.

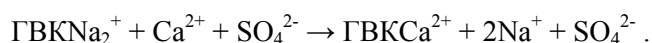
Кругообіг Кальцію порушуються техногенним фактором. Сполуки Кальцію широко використовуються в будівництві:

конструкційні (вапняки), обробні (мармури) і в'язучі матеріали (цемент, вапно). Кальцій карбонат вносять у ґрунти для хімічної меліорації, цілями якої є усунення підвищеної кислотності ґрунтів, шкідливої для багатьох сільськогосподарських культур (вапнування) і усунення надлишкової лужності ґрунтів (гіпсування).

Вапнування ґрунту ґрунтується на взаємодії CaCO_3 із катіонами H^+ ґрунтового вбирного комплексу (ГВК):



Гіпсування зводиться до внесення у ґрунт гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Внаслідок його досить високої розчинності відбувається реакція:



Добре розчинний натрій сульфат вимивається з ґрунту. Кальцій, відчужений з ґрунту з урожаєм сільськогосподарських культур перевозять з одних районів в інші, що порушує його баланс біологічного кругообігу.

За В.А. Ковдою у світі використовують Кальцію 10^6 – 10^7 т/рік, добувають – $2 \cdot 10^8$ т/рік.

Геохімія та фізіологічна роль деяких макроелементів

Макроелементи ($\geq 10^{-2}\%$) O, H, C, N, Ca, S, P, K, Si, Mg, Fe, Na, Cl, Al

Карбон – неметал, найбільш відомі три його ізотопи: два стабільних: ^{12}C (99%) і ^{13}C (~ 1%), один радіоактивний ^{14}C з періодом напіврозпаду 5600 років.

За даними В.В. Кесарева, вміст Карбону в земній корі та верхній мантії досягає 0,32%, а за даними А.П. Виноградова – 0,35%.

Карбон міститься в багатьох мінералах, у першу чергу слід відмітити мінерали групи кальциту: кальцит, магнезит, сидерит, доломіт та ін., а також мінерали групи арагоніту: арагоніт, визеріт,

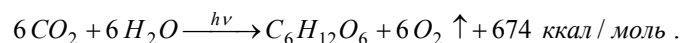
стронціаніт та ін. Особливу роль грають такі самородні мінерали Карбону, як графіт і алмаз.

Карбон вважається основою життя на Землі. Акумулятором Карбону є жива речовина (18%). У рослинах частка Карбону складає 45% від сухої ваги, у тварин до 64%, у гумусі – 58% від сухої ваги. Загальна біомаса суші складає $(0,3-1) \cdot 10^{13}$ тон, Карбон із цієї кількості – $(0,1-0,5) \cdot 10^{13}$ тон.

Карбон входить до складу органічних речовин, міститься в кожній клітині рослин і тварин. Цей елемент називають елементом біологічної сфери Землі, так як він накопичується в органічному світі. Крім того він входить до складу живого організму у формі макромолекул (полімерів із високою молекулярною масою). Біополімери можна розділити на кілька великих класів, основні з яких білки і вуглеводи. В їжі тварин білки й вуглеводи є найважливішими джерелами енергії. Крім того полімерні вуглеводи виконують функції найважливіших будівельних матеріалів, що надають форми рослинним організмам, а білки відіграють аналогічну роль у тварин. Також Карбон входить до складу ферментів, гормонів, вітамінів тощо.

Однією з найважливіших і переважаючих форм існування Карбону в природі є вуглекислий газ (карбон діоксид). Ця сполука має особливі фізичні та хімічні властивості, завдяки чому є циркулюючою формою неорганічного Карбону. Нормальна кількість цього газу в повітрі невелика – 0,032% (за об'ємом), або 0,57 мг/л.

У клітинах рослин, обов'язково в присутності хлорофілу, карбон діоксид взаємодіє з Гідрогеном, що міститься у воді та іншими речовинами, утворюючи складні органічні сполуки – білки, жири, вуглеводи. Цей процес відбувається лише при поглинанні енергії сонячного світла, тому його називають фотосинтезом і він складається з великої кількості реакцій. Проте сумарний результат виражається простим рівнянням, оскільки в ході фотосинтезу в листках рослин карбон діоксид і вода перетворюються у вуглевод – глюкозу, одну з різновидів цукрів, і цей процес супроводжується виділенням кисню:



При фотосинтезі за рік поглинається $2 \cdot 10^{10}$ тон Карбону, а повертається в процесі дихання $1,1 \cdot 10^{10}$ тон.

Фотосинтез має велике значення для існування біосфери. Земні рослини при фотосинтезі щорічно вносять до складу органічних речовин близько 170 млрд. т Карбону.

Оксиген – в елементарному стані – газ, знаходиться в атмосфері, є продуктом життєдіяльності рослин. Входить до складу тварин – 13%, рослин – 42%, гумусу – 28%. Без кисню неможливе існування високоорганізованої живої матерії на Землі.

Жива речовина споживає кисень при диханні та живленні (як мінеральному так і органічному). Найбільш розповсюдженою сполукою є H_2O .

Гідроген – в складі рослин міститься 6,5%, тварин – 9,4%, гумусу – 5% від маси сухої речовини. Гідроген входить до складу всіх органічних сполук, приймає участь у біологічних процесах гідролізу, синтезу, відновлення, без яких неможливе виникнення та розвиток життя.

Іони H^+ визначають важну властивість ґрунтів, їх кислотність, входять до складу ґрунтового вбирного комплексу (ГВК). Іони H^+ володіють високою рухливістю та приймають участь в обмінних процесах, вони впливають на поступання різних катіонів та аніонів з оточуючого середовища до рослин.

Нітроген – у вільному стані інертний газ N_2 , акумулюється в атмосфері (72%). Тільки невелика частина Нітрогену знаходиться в зв'язаному стані у вигляді селітр (нітрати Ca, Na, Mg), у гумусі ґрунтів, у вугіллі, нафті. Середній вміст у рослинах – 1,5%, тваринах – 5%, гумусі – 5%. У живій речовині знаходиться в складі амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, біогенних амінів. Поглинається рослинами з ґрунту у вигляді NH_4^+ або NO_3^- .

Фосфор – неметал (металоїд). Вміст у живій речовині від 0,1 до 0,5%. Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) фосфору більше 100 одиниць. Фосфор входить до складу нуклеїнових кислот та нуклеотидів (АТФ), фосфоліпідів. Без P неможливі азотний, білковий та вуглеводний обміни. В організмі людини більше всього Фосфору міститься в крові (0,12-0,17%), м'язах (0,22-0,27%), у мозковій тканині (0,38%), в емалі зубів (17%). Оптимальне співвідношення між P та Ca – $P/Ca = 1/1,3$. З ґрунту P поглинається рослинами у вигляді гідрофосфат-іонів HPO_4^{2-} . У продуктах його

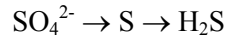
більше всього міститься: у курячих яйцях (0,17%), овочах (0,1%), сирі (0,5-0,6%).

Сульфур – металоїд, у живій речовині міститься приблизно 0,1%, КБП – 1-10 одиниць. У рослинах Сульфур зустрічається у вигляді сульфатів (SO_4^{2-}), ефірів органічних кислот, складних ефірів сульфатної кислоти.

Сульфур входить до складу білків, амінокислот, вітамінів, відповідає за третинну структуру білків.

З ґрунту поглинається у вигляді сульфат-іонів та частково у вигляді газу SO_2 з повітря.

Мікроорганізми – є єдині живі організми, що продуцують елементарну сірку в природі:



Кальцій – метал. У живій природі вміст 0,1%. КБП – від 1 до 10 одиниць. У тваринах міститься приблизно 1,5%, Са входить до складу ГВК та перешкоджає підвищенню кислотності ґрунтів, приймає участь в обміні речовин у живих організмах. Входить до складу кісток, зубів, крові, стінок судин, у вигляді іонів Ca^{2+} , солей, органічних комплексів. Без Са немає нормального розвитку рослин; із ґрунту поглинається у вигляді розчинних органічних комплексів.

Калій – активний метал, вміст у живій речовині приблизно 0,1%. Його кларк у земній корі – 2,5%, КБП більше 10 одиниць. У гумусі Калію міститься 1,4%. К – один з основних елементів харчування рослин, які одержують його з ґрунтів у вигляді іонів K^+ . У клітинах рослин та тварин К виконує роль осмотичного регулятора (підтримує водний баланс клітин та внутрішньоклітинний тиск).

Магній – активний метал. Кларк – 1,87%. Вміст у живій речовині від 0,1 до 0,01%. КБП – від 1 до 10 одиниць. У рослинах Магній входить до складу хлорофілу, тобто приймає участь у фотосинтезі. Фізіологічно тісно пов'язаний з Са та Р.

Ферум – кларк – 4,85%, КБП – 4,85 одиниць, у живій речовині міститься 0,01%. За своєю фізіологічною дією в живих організмах – біокатализатор. Приймає участь у процесах дихання, входить до складу гемоглобіну та хлорофілу. З ґрунту поглинається у вигляді хелатів органічних комплексів двоцвалентного Феруму Fe^{2+} (Fe^{3+} – малорухливий, погано поглинається).

Надлишок іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} у ґрунті призводить до того, що рослини відчувають недостачу Феруму, вони переводять його в малорухливу форму.

Силіцій – металоїд. Кларк 29,5%, у природі знаходиться у вигляді алюмосилікатів, кремнеземів, а також у вигляді піску (SiO_2) – 87% від всього Силіцію на Землі. Вміст у живій речовині приблизно 0,1%. КБП = 0,1-0,01 одиниць. З ґрунтів деякі рослини та живі організми засвоюють Силіцій у вигляді водних колоїдних розчинів SiO_2 . В рослинах Силіцій накопичується в стінках клітин, утворюючи біоліти – силіційорганічні сполуки. Силіцій поглинається морськими організмами для побудови скелетів. Іони калію та натрію знижують вміст Силіцію у рослинах.

Натрій – метал. Кларк – 2,5%, володіє високою рухливістю, вміст у живій речовині коливається від $10^{-3}\%$ до 4%. Рослини, які потребують Натрію у великих кількостях називають галофітами (ростуть на засолених ґрунтах). Фізіологічна роль Натрію – регулятор осмотичного тиску клітин.

Геохімія та фізіологічна роль деяких мікроелементів

Незважаючи на незначну кількість у живих організмах, мікроелементи відіграють важливу біологічну роль: вони приймають участь у процесах дихання, фотосинтезу, синтезу білків, вуглеводів, азотних обмінів, синтезу гумусу та ін. При цьому одну й ту ж функцію можуть виконувати різні мікроелементи, замінювати один одного. Крім того мікроелементи можуть впливати один на одного. Наприклад, надлишок Zn призводить до того, що рослини та мікроорганізми не поглинають Кадмій, надлишок Молібдену – погано поглинається Купрум, тому всі організми дуже чутливі не тільки до кількісного, а й до якісного складу мікроелементів.

У біосфері мікроелементи потрапляють у результаті:

- міграції з геохімічного середовища;
- техногенної діяльності людини (Pb , Hg , Cd тощо).

Манган – метал, кларк – 0,1%, КБП – 0,1-100 одиниць. Вміст у рослинах 0,1%, у тваринах менше – 10^{-2} - $10^{-3}\%$. Манган приймає участь у процесах фотосинтезу, азотному та нуклеїнових обмінах.

Через високий окисно-відновний потенціал Mn підтримує в клітинах необхідні окисно-відновні умови. Він активно впливає на кількість поглинання Феруму рослинами з ґрунту: при недостатці Мангану в рослинах накопичується Fe^{2+} у токсичних концентраціях, при надлишку – Fe^{2+} окиснюється в Fe^{3+} , а Fe^{3+} не засвоюється рослинами і вони відчувають нестачу заліза.

Рухливою формою Мангану є Mn^{2+} . У кислих ґрунтах Манган знаходиться у важко розчинних формах.

Бор – амфотерний метал. Кларк – $1,2 \cdot 10^{-3}\%$. КБП – 110 одиниць, міститься в рослинах у кількості 10^{-3} - $10^{-4}\%$, у тваринах В відсутній. Бор приймає участь у вуглеводному, нуклеїновому обміні, фотосинтезі, диханні рослин, впливає на поглинання Нітрогену з ґрунту, збільшує поглинання К та Са. В рослинах накопичується у вигляді багатоатомних борних спиртів та їх ефірів у листках, стеблах та коренях рослин.

Купрум – метал. Кларк – $4,7 \cdot 10^{-3}\%$. КБП – 0,1-1 одиниць, вміст у рослинах $10^{-2}\%$, Купрум утворює 19 ферментів, що відповідають за дихання, фіксацію азоту та інші процеси, впливають на засвоєння Fe, Са та Р; у ґрунтах знаходиться в одновалентному та двовалентному станах, у водорозчинному, обмінному або колоїдному виглядах.

Цинк – метал. Кларк – $8,3 \cdot 10^{-3}\%$, КБП – 10 одиниць, вміст у рослинах $10^{-2}\%$, у тваринах 30-90 мг/кг живої ваги, в ґрунтах до 65 мг/кг. Цинк входить до складу 39 ферментів, що відповідають за різні біохімічні процеси. Особливість: у дикоростучої флори його міститься більше ніж у культурних рослинах. Особливо багато цинку в грибах – 0,01-0,0018%, цибулі, помідорах, ікрі (червоній, чорній), яйцях. Цинк сприяє видаленню з організму CO_2 , розвитку та функціонуванню статевих залоз та підшлункової залози.

Молібден – кларк $1,1 \cdot 10^{-4}\%$. КБП приблизно 1. В рослинах міститься 10^{-3} - $10^{-4}\%$, у ґрунтах 0,2-7,5 мг/кг, при цьому з цієї кількості засвоюється не більше 10%, у тварин Молібдену найбільше в печінці, де він входить до складу ферменту оксидази ксантину. З рослин більше всього його споживають бобові (Молібден відповідає за фіксацію азоту), є антагоністом Алюмінію.

Кобальт – метал. Кларк $1,8 \cdot 10^{-3}\%$. КБП приблизно 0,1. У рослинах міститься $4 \cdot 10^{-4}\%$, у ґрунті – 0,4–4 мг/кг ваги. Кобальт

необхідний для життєдіяльності бульбочкових бактерій. Входить до складу вітаміну В₁₂. Найбільше його міститься в печінці тварин, де він приймає участь у засвоєнні Феруму, синтезі гемоглобіну та формуванні еритроцитів.

Іод – галоген, кларк - $4 \cdot 10^{-5}\%$ - це розсіяний елемент, акумулюється в морській воді та концентрується в деяких морських організмах (до 82%) – водорості (морська капуста), креветки, устриці, губки та ін.

В 8 ц морської води міститься 20-30 мг Іоду, а в 1 т морської капусти – 5 кг. Без Іоду неможливий розвиток червоних водоростей, він входить до складу вільних амінокислот, білків, стимулює розвиток рослин та накопичення ними аскорбінової кислоти, знижує токсичність Купруму, антагоніст Хлору. Найбільше значення має для життя тварин та людини, накопичується в щитовидній залозі, у крові міститься в кількості 10^{-5} - $10^{-6}\%$ і це число називають “йодним дзеркалом крові”.

Флуор – галоген. Кларк – $6,6 \cdot 10^{-2}\%$, міститься в літосфері в основному у вигляді кальцій фториду (CaF₂), стає з підвищенням концентрації токсичним (летальна доза - $8 \cdot 10^{-4}$ г/см³), у малих дозах (для людини доза 1-1,5 мг на добу) Флуор необхідний живим організмам та майже всім рослинам. Більше всього його у чаї – 75-100 мг/кг, петрушці – 32 мг/кг. У людини та тварин входить до складу зубної емалі (0,02%) та відкладається в кістках.

Стронцій та Цезій. Кларк Cs – $6,5 \cdot 10^{-4}\%$, за своїми властивостями є аналогом Калію та Натрію, володіє великою рухливістю, легко засвоюється рослинами, розсіяний елемент. Велику небезпеку спричиняють радіоактивні ізотопи Стронцію: ¹³⁷Cs (T_{1/2} ~30р), накопичуються у верхньому горизонті ґрунту (0-10см) і по харчовим ланцюгам мігрує до людини, здатен до біологічної акумуляції, його вміст у живих організмах може перевищувати фонове значення у 3,5 тис. разів. Період напіввиведення – 100 днів.

Кларк Sr – $3,4 \cdot 10^{-2}\%$, у природі знаходиться у вигляді сульфатів та карбонатів (SrSO₄(целестин), SrCO₃(стронціоніт)), є природні поклади Sr. Аналог Ca, Sr накопичується в кісткових тканинах, при його надлишку спостерігається крихкість кісток, із радіоактивних ізотопів найбільш небезпечний ⁹⁰Sr, період напіврозпаду 28 років,

період напіввиведення – 3-5 років. Стронцій акумулюється вздовж харчових ланцюгів. Наприклад, у риб міститься Стронцію у 90-370 разів більше, ніж у воді.

Біогеохімічні ендемії та принципи біогеохімічного районування

Нормальний розвиток організму можливий тільки при певному споживанні хімічних елементів, яке забезпечується внаслідок наявності в організмі механізмів регуляції. Всі життєво важливі елементи (макроелементи) споживаються з зовнішнього середовища організмами незалежно від їх концентрації, тільки в певних співвідношеннях. Навпаки, мікроелементи накопичуються в організмі пропорційно їх вмісту в навколишньому середовищі. При тривалому порушенні співвідношення між мікроелементами виникають різні захворювання, які називають ендемічними, а саме явище – **біогеохімічними ендеміями**.

У рослин ендемічні захворювання проявляються в ланцюгу: ґрунт–рослина; у тварин – ґрунт–рослина–тварина. У людини можливі два варіанти:

- ґрунт–рослина–людина;
- ґрунт–рослина–тварина–людина.

Біогеохімічні ендемії частіше всього виникають при недостатці або надлишку деякого порогового значення концентрації мікроелементу або порушення співвідношення зв'язаних із ним інших мікроелементів.

Манган – норма – $(4-30) \cdot 10^{-3}\%$, нестача Мангану приводить до затримки в рості та розвитку рослин; надлишок – зменшення концентрації Феруму в рослинах, у тварин та людини надлишок Mn викликає розлад нервової системи.

Бор – споживається тільки рослинами. Норма від $(6-30) \cdot 10^{-4}\%$, нестача В (менше $6 \cdot 10^{-4}\%$) викликає загибель рослин, відбувається всихання точок їх росту.

Кобальт – норма $(7-30) \cdot 10^{-4}\%$, нестача Co у тварин викликає хворобу акобальтоз та авітаміноз (нестача вітаміну B_{12}), що проявляється в руйнуванні волосяного покриву людини та тварин, а також порушується нормальне функціонування печінки, що

приводить до недокрів'я; надлишок Со у рослин викликає безпелюсткову анемону, у тварин – пригнічення синтезу вітаміну В₁₂ – недокрів'я.

Цинк – норма (3–7) ·10⁻³%, недостача приводить до затримки росту рослин та хлорозу, у тварин приводить до затримки розвитку тварини, враження слизових оболонок та шкіри; надлишок викликає морфологічну мінливість у рослин, у тварин та людини – харчовий розлад.

Купрум – норма (15÷60) ·10⁻⁴%, недостача Си у рослин та тварин викликає порушення метаболізму клітин, у рослин це приводить до засихання листків та хлорозу, у тварин – викликає анемію, облісіння; надлишок викликає хлороз рослин, у тварин та людини – анемію, жовтуху, ураження печінки.

Молібден – норма (1,5÷4) ·10⁻⁴%, недостача Мо викликає накопичення Си у рослин та хлороз, надлишок – молібденовий токсикоз у тварин та молібденову подагру у людини.

Іод – норма – 10-15мг на 70 кг ваги людини, недостача викликає ендемічний зоб, а звідси кретинізм, надлишок Іоду – базедову хворобу.

Флуор – норма 0,8-1,5 мг у день, недостача викликає карієс зубів, крихкість кісток, при надлишку Флуору відбувається порушення функцій щитовидної залози, руйнування емалі зубів (флюороз).

Плюмбум – норма – до 10⁻⁴%, надлишок Рb вражає всі органи, але найбільш сильно нервову систему. Плюмбум накопичується в кістках.

На відміну від культурної, дикоростуча флора здатна адаптуватися до надлишку або недостачі того чи іншого хімічного елемента, у результаті чого утворюється нова флора, тому існують “гальмейна”, “свинцева”, “галунова” та інші типи флор.

Для виявлення ендемічних захворювань проводять біогеохімічні районування. В основі цього районування лежить “реакція” живої речовини на характер геохімічного середовища, яка проявляється у вигляді ендемій (у цьому полягає основна відмінність біогеохімічного районування від геохімічного).

Існують два підходи до біогеохімічного районування:

- за А.В.Виноградовим;

- за В.В.Ковальським.

За В.В.Ковальським враховується не просто надлишок або нестача елемента, а його пороговий інтервал концентрацій, при яких забезпечується нормальний розвиток організму. Він ділить біосферу на регіони та субрегіони.

За А.В.Виноградовим основою поділу біосфери є біогеохімічна провінція. Вони бувають зональні й інтразональні.

Біогеохімічна провінція – це просторово-територіальне середовище на поверхні Землі, яке відрізняється від сусідніх територій рівнем вмісту елементів у середовищі існування організмів та їх реакції на нестачу чи надлишок цих елементів. Субрегіони або провінції відбивають мозаїчність біосфери при збереженні її географічної неперервності.

Зональні провінції утворюються в межах однієї ґрунтово-кліматичної зони і можуть займати не всю зону, а тільки окремі її райони.

Інтразональні провінції виділяються тільки на основі вмісту будь-яких хімічних елементів або елементу і зустрічаються в будь-яких ґрунтово-кліматичних зонах.

Кордони інтразональних та геохімічних провінцій співпадають, так як ті й інші виділяють у зв'язку з наявністю рудних тіл та родовищ. Інтразональні провінції перспективні для пошуку рідкісних розсіяних елементів біогеохімічними методами, так як у межах провінції різко виражені:

- своєрідність складу флори та фауни;
- потворні форми рослин;
- нові стійкі види та напіввиди рослин.

При біогеохімічному районуванні та пошуках розсіяних елементів визначають абсолютний та відносний вміст хімічного елементу в природних об'єктах та середовищі існування (ґрунті) і визначають кордони провінцій й родовищ корисних копалин.

В Україні виділяють п'ять біогеохімічних зон:

- лісоболотна – займає 19% території, включає в себе територію Полісся (дерново-підзолисті ґрунти);
- лісостепова – 34%, включає Тернопільську, Рівенську, Вінницьку, Чернівецьку, Львівську, Хмельницьку області – характеризується сірими лісовими ґрунтами та чорноземами;

- північно степова й південно степова – 40%. Південно степова зона включає Херсонську та Миколаївську області, північно степова – Одеську, Дніпропетровську, Донецьку, Кіровоградську (чорноземи).
- лісолукова - 7% території, включає Закарпаття, гірський Крим.

Для лісоболотної та лісостепової зон характерне ендемічне захворювання – зоб ендемічний.

Існують в Україні дві інтразональні провінції: Криворізька та Азово-Чорноморська, їх границі пов'язані з родовищами залізної руди.

Вплив геохімічного середовища на розвиток та хімічний склад рослин

Ліси та трав'яниста рослинність відігравали й відіграють визначальну роль у формуванні біосфери:

- її біоенергетичних ресурсів (приблизно 10^{20} Дж за рік);
- ґрунтів;
- складу атмосфери та прісних водойм суші.

Енергія та хімічні сполуки, що зв'язані в фітомасі ($3,4 \cdot 10^{12}$ т) сухої речовини або 99,2% від всієї біомаси біосфери, забезпечують існування тваринного світу та більшості мікроорганізмів, сумарна маса яких $0,02 \cdot 10^{12}$ т або 0,8% від всієї біомаси біосфери.

В.І.Вернадський писав: “Якби не існували зелені рослини, то через декілька сотень років на поверхні Землі не залишилось би і сліду вільного кисню та головні хімічні перетворення на Землі зупинились би”.

Рослина – це єдина форма життя, яка для свого харчування використовує енергію Сонця та хімічні елементи літосфери. Всі інші форми життя – гетеротрофні, тобто використовують готові органічні речовини.

Як довів В.І.Вернадський всі процеси в біосфері носять циклічний характер та є практично замкнені. Рослини, що живуть на межі трьох сфер – атмосфери, літосфери та гідросфери – найважливіші компоненти всіх біогеохімічних циклів. При цьому

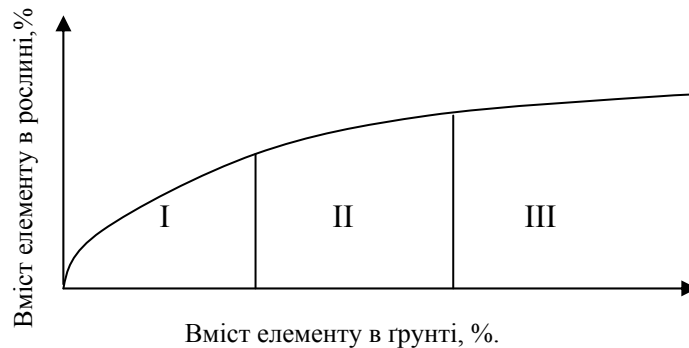
рослини є основою харчових ланцюгів, на вершині яких знаходиться людина.

Більшість видів рослин (та особливо тварин) у процесі еволюції виробили здатність до збереження свого хімічного складу у результаті взаємодії в системі: середовище ↔ організм.

Але геохімічне середовище – компонент відносно мінливий в часі та просторі. У геохімічному середовищі постійно створюються умови надлишку або недостатчі елементу для рослин. Система “середовище ↔ рослини” є стійкою тільки для якого-небудь етапу розвитку рослини та динамічна в часі, тому пізнання процесів формування хімічного складу рослин являє великий інтерес:

- для розкриття історії атомів хімічних елементів;
- визначення ролі живої речовини в геологічній історії планети.

А.Л.Ковалевський встановив, що залежність між хімічним складом рослин та вмістом елементу в ґрунті виражається адсорбційною кривою:



На ній виділяють три області.

Перша область характеризується недостатчею елементу в ґрунті. У ній спостерігається прямо пропорційна залежність між хімічним складом рослин та вмістом елементу в ґрунті, при цьому лімітуючим фактором є вміст елементу в ґрунті.

Друга – перехідна область, у ній немає стійкої залежності між хімічним складом рослин та вмістом елементу в ґрунті.

Третя (надлишок елементу в ґрунті). У цій області хімічний склад рослин залежить від їх біологічних особливостей та

властивостей елемента, що поглинається і визначається не його концентрацією в ґрунті, а потребою рослин, тобто їх механізмом саморегуляції споживання елемента, яке йде завжди в допустимих межах, так званих порогових концентраціях.

Наприклад, для N порогові концентрації – 0,74-7,5%, для P – 0,036-0,9%, для K – 0,1-9,0%.

Хімічні елементи споживаються рослинами, як для росту всього організму, так й для здійснення певних фізіологічних та біохімічних процесів. У залежності від цілей споживання, елементи накопичуються в різних органах рослин та їх ділять на дві групи (за Д.А.Собініним):

- базіпоживні елементи;
- акропоживні елементи.

Базіпоживні елементи – елементи, які концентруються більше всього в листях та менше в стеблах і коренях рослин (B, I, Co).

Акропоживні елементи – елементи, які навпаки більше концентруються в стеблах та коренях, а менше в листях (важкі метали).

Багатьом видам рослин характерний свій хімічний склад. Але виявити закономірності зміни хімічного складу одного й того ж виду рослин у часі на різних етапах її розвитку ще до кінця не вдалося. Один і той же елемент може бути надлишковий для одного виду рослин і недостатній для іншого в одних і тих же умовах.

Оцінити “реакцію” рослини на елемент можна за параметром, який запропонував А.Л.Ковалевський – **відносному вмісту хімічної речовини в рослинах (ВВРР):**

$$BBPP = \frac{C_{\text{дос.р.}}}{C_{\text{етал.р.}}}$$

де: $C_{\text{дос.р.}}$ – концентрація елемента в золі досліджуваної рослини, %;

$C_{\text{етал.р.}}$ – концентрація того ж елемента в золі еталонної рослини, %.

За еталонну приймають рослину, у золі якої вміст елемента відповідає його фоновому значенню в оточуючому середовищі.

Рослини, для яких ВВРР менше 0,4 називають деконцентраторами.

Рослини, для яких ВВРР більше 2,5 називають концентраторами.

Рослини з ВВРР від 0,4 до 2,5 виражають нормальне поглинання.

Концентратори та деконцентратори можуть бути слабкими, помірними та інтенсивними.

Тип рослин	Концентратори, %	Деконцентратори, %
Слабкі	2,5–4	0,25–0,4
Помірні	4,0–2,5	0,04–0,25
Інтенсивні	2,5–400 і більше	0,0025–0,04

У залежності від реакції на геохімічне середовище рослини поділяються на дві групи:

- I група об'єднує рослини, що адаптовані до змін концентрації хімічних елементів;
- II група – рослини, що неадаптовані до змін концентрації хімічних елементів.

У першу групу рослин входять:

- рослини, які не концентрують хімічні елементи. Вони індіферентні до геохімічного середовища і добре переносять як підвищення так і пониження концентрації хімічних елементів. Наприклад: злаки не реагують на зміну концентрації В, Ni, Со; дуб та граб – Мо;

- рослини, які концентрують хімічні елементи. Їх поділяють на звичайні концентратори, наприклад: галофори – концентрують Na, хвощі – Si; та незвичайні концентратори, рослини, які концентрують даний елемент вимушено в зв'язку з його високим вмістом в оточуючому середовищі. Наприклад: картопля, томати можуть поглинати Манган від 5мг/кг (сухої ваги) до $11 \cdot 10^3$ мг/кг;

- рослини-ендеміки, це рослини, що мають вузький ареал, відмежований геохімічним середовищем, відрізняються підвищеним або пониженим вмістом хімічних елементів. Існує “свинцева” флора, “олов’яна”, “галунова” (Алюміній), “галмейна”(Цинк).

Вплив геохімічного середовища на хімічний склад рослин особливо проявляється на породах багатих мікроелементами, зміна концентрації яких завжди викликає зміну хімічного складу рослин, а в кінцевому результаті й зміну їх властивостей. Адаптовані рослини виживають та дають початок новим видам рослин у процесі еволюції, а неадаптовані рослини – вимирають.

На хімічний склад рослин також істотно впливають кліматичні умови. У північних районах Землі рослини містять більше Cu, Mn, Zn. Встановлено, що з надземної частини рослин тропічних лісів дощами вимивається від 20 до 100% K, від 30 до 99% Se, 26-36% Na, 6-35% N, 60-90% Si.

Ноосфера та техногенез

З появою людини (1,2-2 млн.р.тому) біосфера та Земля вступили в антропогенну еру, виникла нова рушійна сила – сила розуму (за Вернадським). На початковому етапі людство повністю залежало від біосфери, але в міру розвитку суспільства, науки, техніки, сільського господарства, росту населення, вплив на біосферу збільшився, а залежність послабла. Особливо ці тенденції яскраво стали проявлятися в період НТР. В.І.Вернадський писав: “Виникла ноосфера, тобто сфера розуму – як нове геологічне явище на Землі, яке зв’язане з діяльністю людини, яка перетворює не тільки зовнішній вигляд планети, але й перерозподіляє хімічні елементи на її поверхні, прискорюючи розвиток біосфери”.

Таким чином, в антропогенний період розвитку еволюція біосфери приводить до її перетворення в ноосферу, при чому це перетворення здійснюється значно скоріше, ніж перетворення земної кори в біосферу.

земна кора $\xrightarrow{3 \text{ млрд.років}}$ біосфера $\xrightarrow{1000 \text{ років}}$ ноосфера

Характерні риси ноосфери:

1. Ноосфера утворилася та розвивалася в біосфері. Цей розвиток передбачає утворення нових ландшафтів (екосистем) таких як:

- культурні ландшафти (міста, селища);
- техногенні ландшафти (різні виробничі комплекси);

- агроландшафти (агроценози).

У цих ландшафтах можуть виникати нові типи кругообігу речовин, баланс яких (на відміну від природних біоценозів) можна регулювати з метою виключення забруднення навколишнього середовища та дотримання гігієнічних умов існування.

2. Основною перетворюючою силою ноосфери є людина (на відміну від біосфери – “жива речовина”). Діяльність людини створює новий тип міграції хімічних елементів – техногенну міграцію.

3. Ноосфера відрізняється від біосфери більш великим об’ємом інформації, що пов’язано з ускладненням взаємозв’язків у системі “космос – біосфера – ноосфера”, при цьому в ноосфері виникає новий тип інформації – соціальний, який керує техногенними міграціями.

4. Ноосфера використовує енергію, яка накопичена біосферою за весь час її існування.

Людська цивілізація на сучасному етапі – гетеротрофна. Зараз людина використовує енергію в 10 разів швидше, ніж вона накопичується в біосфері, тобто людство живе за рахунок біосфер минулого. Вернадський вважав, що повне перетворення біосфери в ноосферу відбудеться тільки тоді, коли людство за допомогою науки та техніки перетворить свою цивілізацію в автотрофну, енергетично та матеріально незалежну від біосфери.

Передумовою цього переходу є те, що біосфера поглинає не більше 1% енергії Сонця, що падає на поверхню Землі (резерв людини складає 99%).

Процеси, які зв’язані з техногенною міграцією хімічних елементів, яка виникає в результаті виробничої діяльності людини, називають **техногенезом**.

Техногенні процеси бувають двох типів:

- властиві біосфері (тваринництво, землеробство, рибальство);
- повністю сторонні біосфері (одержання енергії шляхом спалення палива, виробництво металів та інших матеріалів тощо).

У результаті сторонніх біосфері техногенних процесів у природу надходить щорічно біля 500 тис. типів хімічних речовин,

багато з яких сторонні природі, тобто для них немає природних механізмів утилізації – деструкції (поліетилен, скляні пляшки ...).

Друга екологічна небезпека полягає в кількості елементів, що надходять у біосферу.

Для порівняння хімічних елементів за їх втягненням у техногенез використовують такий показник, як **технофільність** (техногенність) елементу:

$$\text{технофільність} = \frac{\text{річний об'єм виробн.даного елементу (в тонах)}}{\text{кларк}}$$

Найбільш технофільним є Карбон (С), його показник дорівнює 10^{11} - 10^{12} , потім йде Аурум (Au) – 10^{11} , далі N, Bi, U – 10^{10} , Cd, W, Pb, Cu, I, Zn – 10^9 , Cr, Ca, P, Fe, S, Ni – 10^8 .

Чим вище технофільність елементу, тим більша його надлишкова кількість потрапляє в біосферу та накопичується в ній у вигляді **відходів**.

Відходи бувають газоподібні, рідкі й тверді. Їх світовий об'єм досягає величезної величини (за В.А.Ковдою):

пил	– $2,5 \cdot 10^8$ т/рік;
токсичні гази	– $(6-7) \cdot 10^9$ т/рік;
CO ₂ та CO	– $(15-25) \cdot 10^9$ т/рік;
аерозолі	– 10^9 т/рік;
сміттєві відходи (тв.)	– $2 \cdot 10^9$ т/рік;
виїмка гірських порід	– $5 \cdot 10^9$ т/рік;
індустріальний та комунальний викид води	– $55 \cdot 10^{11}$ м ³ /рік.

Техногенез привів до появи техногенних геохімічних аномалій.

А.І. Перельман розділив їх на:

- позитивні аномалії, які характеризуються підвищеним вмістом елементу в порівнянні з фоновим;
- негативні аномалії – понижений вміст елементу в порівнянні з фоновим.

За впливом на природу він розділив геохімічні аномалії на корисні, шкідливі й нейтральні.

Крім того, за масштабами впливу на природу аномалії поділяють на:

- глобальні – характерні для всієї планети (руйнування озонового екрану, накопичення CO₂ тощо);

- регіональні – характерні для континентів, природних зон, провінцій, областей (Чорнобиль, проблеми Аральського моря);
- локальні – відображають особливості геохімії зони впливу заводу, міста, полігонів (підвищення температури повітря в містах на 1-2°C).

Глобальні екологічні проблеми та стан навколишнього середовища в Україні

Основні компоненти біосфери та їх глобальні аномалії.

Атмосфера – характерне: забрудненням аерозолями, пилом, сажею, зменшенням прозорості; руйнуванням озонового екрану; кислотністю дощів та парниковим ефектом; у перспективі – небезпека дефіциту кисню.

Прісна вода:

- зникнення ґрунтових вод через перевитрату;
- зникнення чистих рік та озер внаслідок забруднення;
- засолення води;
- величезні об'єми витрат води на аграрні, індустриальні та міські потреби.

Океан та льодовики:

- можливе подальше підвищення рівня океану через таїння льодовиків Арктики, Антарктики;
- забруднення вод заток та збіднення рибних промислів, у майбутньому – їх повне знищення.

Рослинність:

- зменшення площі тропічних лісів на 11 млн га щорічно (лісовий та чагарниковий покрив на планеті вже втрачений на 40-50%, трав'яниста флора, луки зруйновані на 35-40%).

Ґрунти:

- на всій планеті йде руйнування ґрунтів (до 2 млн га за рік ґрунтів відчужується – забираються під населені пункти, дороги; ерозія ґрунтів досягає до 40-60%, засолено – 40%, за останні 25-30 років виросло спустошення земель (пустеля наступає на 5-7 млн га щорічно);

- спостерігається зменшення родючості ґрунтів (вміст у них гумусу), їх стерилізація;
- відбувається накопичення в ґрунтах токсичних елементів та підкислення ґрунтів.

Жива речовина.

За антропогенний період втрачено багато цінних для біосфери видів організмів, повністю зникли 36 видів ссавців та 94 виду птахів. Під загрозою зникнення знаходиться 236 видів тварин та 287 видів птахів, багато видів рослин. Екологи підраховали, що у світі в середньому зникає за рік один вид рослин або тварин.

Стан навколишнього середовища в Україні також характеризується певними аномаліями, при чому забруднення розподілені на території України нерівномірно, на заході техногенне навантаження складає приблизно до 5 т/км², на сході – 20 т/км².

Атмосфера.

За останні 5 років загальний об'єм викидів в атмосферу зменшився на 25% або 2,9 млн.т та складав за 1996 рік – 12,4 млн.т.

Незважаючи на це зменшення середньорічні концентрації шкідливих речовин у 18 містах України (із 52 великих міст) або 26% перевищували допустимий рівень забруднення атмосфери. (ГДК) в Україні (концентрація бензпірену в повітрі була у них більша в 5 разів, формальдегіду – у 4 р., фенолу та аміаку – у 2 р., NO₂ – у 1,5 р., HF – у 1,2 рази.

Водні ресурси. Прісна вода.

У порівнянні з минулими роками, забруднення поверхневих вод зменшилось на 14%; (промислові стоки зменшилися на 4%, с/г виробництво – на 20%, комунальне господарство – на 8%). Та незважаючи на зменшення забруднення, якість питної води продовжує погіршуватись, росте загальна мінералізація води (з 1939 до 1992 р. – на 21%, за цей період вміст СГ збільшився на 58%, сульфат-іонів – на 45%, іонів калію та натрію – на 47%, також зріс вміст нітратів та нітритів).

Зменшились запаси та погіршилась якість підземних вод. Загальна мінералізація води з рівнем 1,5 г/л збільшилась (1960р. – 16%, 1992р. – 24%), а з рівнем 1,0 г/л – зменшилась (1960р. – 62%, 1992р. – 52%).

Основними забруднювачами води в Україні є:

- промисловість – 63,4%;
- сільське господарство – 16,6%;
- комунальне господарство – 19,5%;
- інші джерела – 0,5%.

Всього викидається за рік 4 млн.м³ забруднених вод.

Ґрунти.

Загальний фонд земель України складає 60,36 млн га, із них – 57% чорноземи. Невміле використання привело до того, що за 30 років площа ріллі на одну людину зменшилась з 0,8 га до 0,64 га. Вміст гумусу в ґрунті зменшився з 3,5% до 3,2%.

У порівнянні з цілиною вміст гумусу в наших ґрунтах менший на 12-62%, при цьому потрібно враховувати, що 55% земель розорані. Україна займає перше місце в світі за рівнем розораності сільськогосподарських земель (США – 20%, Англія – 28%, Болгарія – 34%).

Щорічно кількість еродованих земель в Україні збільшується на 80 тис. га, на сучасний момент – 33% пашні вже піддалися ерозії (приблизно 10 млн га).

Рослинність .

Загальна площа лісів в Україні – 9,94 млн га (14,3% від загальної території України).

Оптимальний рівень лісистості складає 20%. При цьому ліси розподілені нерівномірно (за зонами):

- в Карпатах – 29%;
- в лісостепу – 31%;
- степ та Крим – 7%;
- Полісся – 33%.

Річний приріст лісів – 4,2 м³/га. Загальні запаси біомаси – 1 млрд м³. У зв'язку з аварією на ЧАЕС – 25% лісів радіоактивно забруднені.

Жива речовина.

На території України існує приблизно 44 тис. 800 видів тварин. Через антропогенний вплив відбувається зменшення чисельності багатьох видів тварин, порушені процеси відтворення запасів мисливських та рибогосподарських ресурсів.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Робота №1.

Якісний аналіз модельного розчину, що містить іони найважливіших біогенних елементів

Реактиви та обладнання: натрій гідроксид, хлоридна кислота, алюміній, цинк, сульфатна кислота, фенолфталеїн, натрій хлорид, калій гексагідроксостібіат(V), магній хлорид, амонійна буферна суміш, хромоген чорний (ET-OO), кальцій хлорид, нітратна кислота (к), аргентум нітрат, амоній гідроксид, активоване вугілля, чорнило, оцтова кислота, натрій карбонат, амоній хлорид, натрій нітрат, молібденова рідина, натрій гідрофосфат, амоній нітрат, натрій і калій іодид, ферум(II) сульфат, ферум(III) хлорид, калій гексаціаноферат(III), калій гексаціаноферат(II), натрій гексанітрокобальтат(III), калій хлорид, фарфорові чашечки, пробірки, кристалізатори, фільтрувальний папір, стакани на 200-300 мл, газовідвідні трубки, штативи.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Біологічні об'єкти являють собою складні сполуки до складу яких входять багато хімічних елементів. Серед них головними компонентами є Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Сульфур, Фосфор і Хлор. Саме ці елементи знаходяться в молекулах вуглеводів, амінокислот, білків, нуклеїнових кислот.

Іони ряду металів (Магній, Ферум, Кобальт, Купрум, Кальцій) утворюють з білками складні комплексні сполуки, які регулюють біологічні процеси. Важлива біологічна роль і мікроелементів, таких як Флуор, Іод, Силіцій, Селен, Бром. Елементи, що входять до біосистем, як би вносять свої хімічні властивості в біологічний об'єкт, але в той же час органічний ліганд своїми специфічними властивостями впливає й на властивості комплексоутворювача. У результаті й створюється біосистема з конкретними властивостями: будь це перенос кисню або засвоєння їжі. У ряді випадків система допускає часткову заміну комплексоутворювача і зберігає біологічні функції, в інших – ці функції порушуються.

Вивчення властивостей біоелементів дозволяє визначити їх місце в молекулах біологічних об'єктів та їх роль у біологічних системах.

Властивості хімічних елементів визначаються будовою атомів. За характером забудови електронних оболонок атома елементи поділяють на 4 групи: s-, p-, d-, f- елементи.

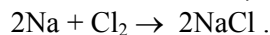
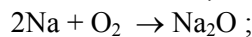
Перша група включає Гідроген, який входить до складу органічних речовин, лужні та лужно-земельні метали. Серед них особливу цікавість представляють Натрій, Калій, Магній та Кальцій. Іони натрію входять до складу плазми крові. Натрій хлорид використовується для консервування продуктів, накопичення солей натрію викликає засолення ґрунтів, що приводить до порушення поступлення води до коріння рослин і викликає їх загибель. Іони калію – один із основних елементів живлення рослин, його недостаток знижує інтенсивність фотосинтезу, зменшує вміст сахару в буряках і крохмалю в зерні.

Магній входить до складу хлорофілу, приймає участь у процесі фотосинтезу, в утворенні й розкладі вуглеводів та жирів. Недостатня кількість його в кормах приводить до захворювань тварин.

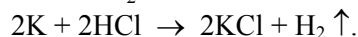
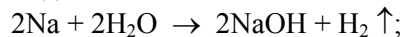
Іон кальцію для життя рослин і тварин – особливий. Його недостатня кількість затримує ріст рослин, у тварин послаблюється серцева діяльність, погано згортається кров.

Для організмів тварин і рослин особливе значення має гідроген оксид – вода. Вода обумовлює важливі біохімічні процеси.

Натрій і калій - активні метали, легко окиснюються:



Взаємодіють із водою і розчинами кислот (неокисників), витісняючи з них водень:

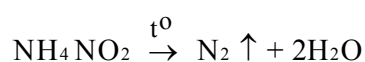


З їх солей широко використовується натрій хлорид (кам'яна сіль), натрій карбонат, натрій гідрокарбонат, калій сульфат, калій карбонат та ін.

Солі Магнію та Кальцію обумовлюють твердість води. Розрізняють тимчасову (карбонатну) і постійну (некарбонатну) твердість води. Для використання води в технічних цілях потрібне водопом'якшення – видалення із неї солей Кальцію та Магнію.

Друга група (p-елементи) включає елементи головних підгруп III-VIII груп. Серед них особливе місце займає Карбон, який є основою органічних сполук; його карбон(IV) оксид CO_2 приймає участь у фотосинтезі, утворює білки, вуглеводи, жири. Карбон у природі зустрічається у вільному стані у вигляді графіту, алмазів, карбіну. Із вугілля шляхом сухої перегонки і спеціальної хімічної обробки одержують адсорбенти, які здатні сорбувати на своїй поверхні пари, гази, розчинені речовини. Їх використовують для розділення речовин (хроматографія), очищення стічних вод і газів від забруднювачів. Серед неорганічних сполук Карбону найбільше використовуються солі карбонатної (вугільної) кислоти – карбонати.

Нітроген є одним із поживних елементів, без нього не можуть існувати білки. У вільному стані – газ N_2 , хімічно інертний. У промисловості його одержують розділенням повітря, а в лабораторії за реакцією:



Велике значення із сполук Нітрогену має аміак, який є вихідним продуктом для виготовлення нітратної (азотної) кислоти та її солей. Солі амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, NH_4NO_3 використовуються як мінеральні добрива.

"Елементом життя і мислення" називають Фосфор. Він знаходиться в складі нервової тканини, скелету, м'язів. Фосфатіони входять також до складу нуклеїнових кислот, які приймають участь у процесах передачі спадкових ознак живої речовини. Тварини одержують Фосфор із рослин, а рослини – із ґрунту. Поновлюють ґрунт Фосфором внесенням фосфорних добрив – солей фосфатної кислоти.

До p-елементів відноситься й Оксиген. Він входить до складу білків, жирів, вуглеводів. Без кисню живі організми - аероби гинуть. При диханні кисень потрапляє в кров, дифундує в тканини і бере участь в окисно-відновних процесах.

До складу білків входить і Сульфур. Сполуки Сульфуру використовують як лікарські препарати, отрутохімікати та ін. Сульфатну (сірчану) кислоту називають "хлібом хімії", з її допомогою одержують багато неорганічних і органічних продуктів.

p-Елементи VII А підгрупи – галогени - найсильніші окисники. Флуор – самий активний неметал. Він входить до складу зубної емалі, кісток. Багато Флуору в цибулі.

Іод накопичується в щитовидній залозі, його нестача викликає хворобу - ендемічний зоб.

Родина d-елементів об'єднує 35 металів. Іони Феруму, Кобальту, Нікелю виконують ряд біологічних функцій. Ферум – це складова частина гемоглобіну крові, його нестача сповільнює синтез хлорофілу, затримує ріст і розвиток рослин. Кобальт бере участь у синтезі гемоглобіну, входить до складу вітаміну В₁₂; Нікель посилює синтез сульфурвмісних амінокислот.

Також важливими мікроелементами є Манган, Купрум і Цинк. Нестача Мангану негативно відбивається на стані здоров'я тварин. Купрум стимулює дихання, вуглеводний обмін, синтез фосфоліпідів. Цинк впливає на обмін білків і вуглеводів, окисно-відновні процеси.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Одержання водню

У дві пробірки налийте відповідно 2-3 мл розчину натрій гідроксиду і хлоридної кислоти. У першу пробірку помістіть шматочки алюмінію, у другу – цинку. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння реакцій в іонному та молекулярному вигляді.

Дослід 2. Відновні властивості водню

Через розчин аргентум нітрату пропустіть водень. Поясніть випадання чорних пластивців. Напишіть рівняння реакцій.

Дослід 3. Якісна реакція катіону натрію

До 2-3 крапель розчину солі Натрію додайте рівний об'єм калій гексагідроксостібіату(V) $K[Sb(OH)_6]$. Випадає білий кристалічний осад натрій гексагідроксостібіату. Напишіть рівняння реакції в молекулярному та іонному вигляді.

Дослід 4. Якісна реакція катіону калію

До 2-3 крапель розчину солі Калію додайте 3 краплі натрій гексанітрокобальтату(III) $Na_3[Co(NO_2)_6]$. Випадає жовтий осад $K_2Na[Co(NO_2)_6]$. Запишіть спостереження, рівняння реакції і зробіть висновок.

Дослід 5. Якісна реакція катіону магнію

До 4-5 крапель розчину солі Магнію додайте 1-2 краплі амонійної суміші і 2-3 краплі індикатора хромогену чорного. Запишіть спостереження і зробіть висновок.

Дослід 6. Якісна реакція катіону кальцію

До 3-4 крапель розчину солі Кальцію додайте 2-3 краплі розчину амоній оксалату $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. Запишіть спостереження, рівняння реакції. Зробіть висновок.

Дослід 7. Адсорбція на активованому вугіллі

У пробірку налейте розбавленого розчину чорнила, всипте активованого вугілля і перемішайте. Спостерігайте знебарвлення розчину, зробіть висновок.

Дослід 8. Якісна реакція карбонат-аніону

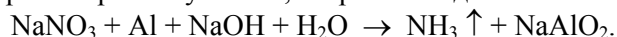
До 2-3 крапель розчину натрій карбонату додайте декілька крапель оцтової кислоти. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння реакції, зробіть висновок.

Дослід 9. Якісна реакція катіону амонію

До розчину амоній хлориду додайте декілька крапель лугу, нагрійте пробірку. Спостерігайте виділення газу з характерним запахом. Піднесіть до отвору пробірки змочений у воді індикаторний папір. Що відбувається? Напишіть рівняння реакцій, зробіть висновок.

Дослід 10. Якісна реакція нітрат-іону

До розчину солі нітратної кислоти додайте шматочок алюмінію і декілька крапель розчину NaOH, нагрійте. Виділяється аміак:



Закінчіть рівняння реакції (складіть електронний баланс, знайдіть коефіцієнти), зробіть висновок.

Дослід 11. Якісна реакція фосфат-іону

Розчин молібденової рідини $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{Mo}_2\text{O}_7]_5$ нагрійте на бані, додайте до нього декілька кристалів амоній нітрату і 2 краплі розчину солі фосфатної кислоти. Запишіть спостереження і зробіть висновок.

Дослід 12. Якісна реакція на галогенід-іони

У дві пробірки з розчинами відповідно натрій хлориду й натрій іодиду (або калію) додайте по 3-4 краплі аргентум нітрату. Утворюються осади. Зверніть увагу на їх колір. Напишіть рівняння реакцій, зробіть висновок.

Дослід 13. Якісні реакції на катіони заліза

До 1-2 крапель розчину солі Феруму(III) додайте хлоридної кислоти, а потім калій гексаціаноферату(II) $K_4[Fe(CN)_6]$. Утворюється темно-синій осад $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$. Напишіть рівняння реакції, зробіть висновок.

До 2-3 крапель солі Феруму(II) додайте 1-2 краплі калій гексаціаноферату(III) Утворюється синій осад $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$. Напишіть рівняння реакції, зробіть висновок.

Робота №2.

Оцінка особливостей біологічного кругообігу хімічних елементів у різних біоценозах

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Відмінною рисою біосфери є її мозаїчність, що виявляється в неоднорідності її компонентів і співвідношень між ними, а також ступенем виявлення інтенсивності кругообігу, протяжністю біологічного циклу, його швидкістю. Всього для оцінки особливостей біологічного циклу кругообігу хімічних елементів запропановано 12 понять і критеріїв, які разом взяті достатньо повно характеризують особливості біоценозу (ландшафту, агроценозу, екосистеми), що вивчається.

1. Зольність. Вміст хімічних елементів (крім H, O, C, N) у золі біомаси називають її зольним складом. До зольних елементів належать всі нелеткі хімічні елементи. Як правило, завжди враховують макроелементи: Si, Ca, Mg, Na, P, Fe, Al, а також, іноді, і мікроелементи.

Суму всіх зольних елементів називають **зольністю** рослини або всієї біомаси. Зольність визначається в % на суху речовину. Вміст окремих хімічних елементів, що входять до складу золи, також визначається в % і розраховується або на загальну зольність рослини або на її суху масу. При визначенні загальної кількості одного (або декількох) елемента, який зайнятий в біологічному циклі, розраховують його масовий вміст у масовій одиниці всієї біомаси на одиницю площі; виражається в $г/м^2$; $кг/м^2$; $кг/га$; $ц/га$, $т/га$ і т. д.

Зольність рослин, зольний склад, масовий вміст елементів дозволяють дати оцінку біологічному кругообігу, об'єму втрат, участі зольних елементів у формуванні органічної речовини.

2. **Біомаса** – це кількість живої матерії, накопиченої до данного моменту часу біоценозом на одиницю площі (у кг/га, ц/га, т/га). Відмерлі рослини враховують окремо у вигляді опаду, відпаду і лісових підстилок або степового войлоку. Під опадом розуміють щорічно відмираючу біомасу (листя, плоди, стебла, квіти, відмерлі корені); під відпадом – тільки стовбуровий опад деревинного ярусу.

Для оцінки загальної кількості біомаси використовують поняття запасу біомаси, тобто всієї маси живої речовини.

3. **Структура біомаси** – це склад і кількісне співвідношення всіх компонентів біомаси, що дозволяє дати оцінку участі різних компонентів біоценозу в накопиченні органічної речовини. Для цього враховують співвідношення між різними вертикальними ярусами рослинної асоціації (надземні й підземні частини рослин), деревинними й чагарниковими, деревинним й трав'янистими рослинами і т. д.

4. **Приріст біомаси** (кг/м², ц/га, і т. д.). Розрізняють **первинний, вторинний і фактичний (істинний) приріст**.

До первинного приросту відносять масу живої речовини на одиницю площі, що утворена за одиницю часу зеленими рослинами автотрофами.

За вторинний приріст приймають масу живої речовини, що утворена рослинами гетеротрофами.

Фактичний (істинний) приріст – маса органічної речовини, що утворена за одиницю часу (рік, століття) без опаду.

5. **Відношення всієї біомаси до маси річного приросту (П)**. Цей критерій запропонував В.А.Ковда, він характеризує середню протяжність періоду синтезу й мінералізації біомаси в даних екологічних умовах у певному біоценозі й на суші Землі в цілому:

$$П = \frac{\text{ЗАПАС БІОМАСИ(т/га)}}{\text{ПРИРІСТ БІОМАСИ(т/га)}}$$

Він дозволяє визначити протяжність (довжину) біогеохімічного циклу хімічного елемента (елементів) у кожному конкретному біоценозі. Вимірюється у роках.

6. **Швидкість біологічного кругообігу** – період, за який хімічний елемент проходить шлях від початку його поглинання

живим організмом (рослинами) до повернення в середовище існування, виражається в одиницях маси (г, кг, ц, т) за біогеохімічний цикл (доба, рік, століття).

Швидкість кругообігу хімічних елементів залежить, в основному, від особливостей геохімічного середовища і біологічного виду організму. Серед рослин найбільша швидкість характерна для трав'янистих біоценозів, найменша – для деревинних.

7. Інтенсивність біологічного кругообігу – це величина, що відображає швидкість накопичення хімічних елементів у фітоценозі й визначається як маса зольних хімічних елементів у прирості за одиницю часу (добу, місяць, рік). Цей показник дозволяє дати оцінку енергетичним особливостям фітоценозу і силі його впливу на процес ґрунтоутворення.

8. Відношення загальної кількості хімічних елементів у біомасі річного приросту до річного стоку. Критерій запропонований В.А.Ковдою й оцінює яку роль відіграє жива речовина в біогеохімічному циклі як фактор геохімічної міграції елементів. Якщо відношення близьке до одиниці, то це свідчить про те, що всі хімічні елементи перед тим як потрапити у великий геологічний кругообіг проходять стадію біогенної міграції.

Для кокретних біогеоценозів це відношення може порушуватись, що відображає мозаїчність біосфери.

9. Відношення суми елементів у біомасі річного приросту до суми цих елементів, що виносяться водами даного басейну. Цей критерій доповнює попередній стосовно конкретних біоценозів одного басейну (або його частини) і кількісно характеризує мозаїчність біосфери, дає уяву про те, які хімічні елементи затримуються рослинами даного біоценозу, а які піддаються виносу. Показник відображає вплив на біологічний кругообіг таких факторів як клімат, рельєф, гірські породи, тип рослинності й тому дуже змінюється в просторі і не залишається постійним нетільки в різних, а й в однакових кліматичних умовах, режимах зволоження, типах рослинності.

10. Відношення маси підстилки до маси річного опаду.

Цей критерій характеризує інтенсивність розкладу опаду і протяжність збереження підстилки. Найбільше значення показника характерне для умов, за яких процеси розкладу й мінералізації

опаді сповільнені (накопичуються органічні залишки, навіть формуються торф'яники). Характерне для тайгових районів.

В умовах високих температур і оптимального зволоження показник близький до одиниці. Характерно для степів і пустель.

11. **Ємність біологічного кругообігу** виражається кількістю (масою) хімічних елементів, що знаходяться в складі біомаси (фітомаси) зрілого фітоценозу. При розрахунках на суху речовину враховують лише зольні елементи й Нітроген, так як вода і органічні речовини – леткі сполуки і виділяються при спалюванні під час аналізу (ВПП – втрати при прожарюванні).

$$\text{Ємність (} M_{\text{C}} \text{)} = M_{\text{B}} - \text{ВПП,}$$

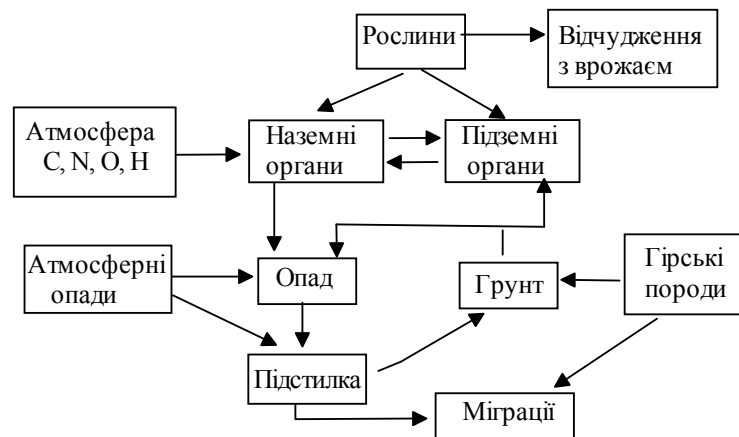
де: M_{B} – маса біомаси;

M_{C} – маса елементів.

12. **Контрастність біологічного кругообігу** дає порівняльну оцінку (відношення) ємностей біологічного кругообігу в різних біоценозах. Мало контрастні біоценози – показник близький до одиниці, високо контрастні – у декілька разів більший за одиницю.

Додатково, при виявленні особливостей біогеохімічного кругообігу, проводять і балансові розрахунки.

Балансові розрахунки проводять з урахуванням всіх компонентів, що беруть участь в кругообігу:



Особливе значення балансові розрахунки мають для агроценозів, де витратна частина (“відчуження з урожаєм” і “міграції”) найбільша.

Всі кількісні показники, що відображають кругообіг в системі “рослина ↔ ґрунт “ зводять при балансових розрахунках у таблицю (у таблиці приведенний річний баланс для різних типів біоценозів).

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. Перемалювати таблицю в зошит.
2. Використавши дані таблиці розрахувати і підставити замість знаків питання пропущені значення балансів.
3. Виявити розміри втрат хімічних елементів (у ц/га) за рік, в тому числі окремо Нітрогену, для агроценозу “пшеничне поле” і визначити необхідну кількість мінеральних добрив для нього (у тому числі азотних) виходячи з площі поля (по варіантах): (№1-1000га, №2-1500га, №3-1750га, №4-2000га, №5-2200га, №6-2800га, №7-3000га, №8-3200га, №9-3500га, №10-4000га, №11-4200га, №12-4500га, №13-4800га, №14-5100га, №15-5400га).
4. Використовуючи дані відповідних балансів (варіанти: №1-(1,2); №2-(1,3); №3-(1,4); №4-(2,5); №5-(2,4); №6-(3,4); №7-(2,3); №8-(1,5); №9-(1,3,5); №10-(1,4,5); №11-(4,5); №12-(3,5); №13-(1,2,4); №14-(1,3,4); №15-(1,2,5)) розрахувати (по варіантах) характерні для кругообігу речовин критерії, а саме:
 - а) відношення біомаси до приросту;
 - б) відношення суми елементів у прирості до суми елементів річного стоку;
 - в) відношення маси підстилки до маси річного опаду;
 - г) швидкість біологічного кругообігу для всіх елементів і окремо для Нітрогену:
$$V = \frac{m_{\text{ел-ту в прирості (ц/га)}}}{\Pi(\text{протяжність циклу})}$$
 - д) визначити ємність біологічного кругообігу й втрати при прожарюванні (ВПП);
 - є) порівняти інтенсивність і визначити контрастність біоценозів.
5. Використавши розраховані критерії дати повну порівняльну характеристику кругообігу хімічних елементів у запропанованих варіантах біоценозів.
6. Всі розрахунки й висновки записувати в зошиті.

Таблиця. Річний баланс біологічного кругообігу
хімічних елементів для різних біоценозів

ПОКАЗНИКИ	БІОЦЕНОЗ					
	ТУНД- РА (чагарн ик)	ТАЙ- ГА (ялин ник)	ТАЙ- ГА (кедрів ник)	ЛІСО- СТЕП (дібро- ва)	Трав'ян истий степ	Пшен ичне поле
	1	2	3	4	5	6
Біомаса, ц/га	280	3408	4500	2608	230	180
В т. ч.:						
Зелені частини, ц/га	32,0	?	?	36	80	100
те ж, у %	?	6	10	?	?	?
Багаторічні надземні частини, ц/га	?	2346	?	1870	–	–
те ж, у %	6	?	70	?	–	–
Корені, ц/га	?	851	?	702	150	80
те ж, у %	83	?	20	?	?	?
Приріст, ц/га	23,8	79	82	88	180	180
В т. ч.:						
Зелені частини, ц/га	9,5	33,1	34,0	36,0	80	?
те ж, у %	?	?	?	?	?	55,5
Багаторічні надземні частини, ц/га	?	32,3	?	36,0	–	–
те ж, у %	1,0	?	41	?	–	–
Корені, ц/га	?	13,4	14,38	16,0	100	?
те ж, у %	59	?	?	?	?	44,5

Таблиця (продовження).

ПОКАЗНИКИ	1	2	3	4	5	6
Опад, ц/га, у % від біомаси	22,7 ?	59 ?	60 ?	55 ?	130 ?	80 ?
Істинний приріст, ц/га	?	?	?	?	?	?
Хімічні елемен- ти в біомасі, ц/га	9,01	39,66	46,21	34,12	10,05	10,00
Використовує- ться приростом хімічних елементів, ц/га	1,11	1,92	2,23	3,59	8,1	10,00
у тому числі Нітрогену, ц/га	0,60	0,71	0,70	0,68	2,63	3,5
Повертається з опадом хімічних елементів, ц/га	1,08	1,47	1,49	2,47	5,81	3,1
у т. ч. Нітрогену, ц/га	0,51	0,52	0,50	0,49	1,61	1,98
Повертається з опадом зольних елементів, ц/га	0,57	0,95	0,99	1,98	4,20	1,12
Середній вміст Нітрогену в опаді, %	?	?	?	?	?	?
Середній вміст зольних елемен- тів в опаді, %	?	?	?	?	?	?
Затримується хім. елементів в істинному прирості, ц/га	0,05	0,44	0,70	1,10	1,90	–

Таблиця (продовження).

ПОКАЗНИКИ	1	2	3	4	5	6
Підстилка, ц/га	35	211	120	97	5 (степ. войлок)	–
Річний стік хім. елементів, що виносяться водами даного басейну, ц/га, у т. ч. Нітрогену, ц/га	2,0	3,0	1,9	3,2	4,0	4,0
Відчуження хім. елементів з врожаєм, ц/га	–	–	–	–	–	1,0
в т. ч. Нітрогену, ц/га	–	–	0,04	–	–	6,9
	–	–	0,01	–	–	2,1

Робота №3

Характеристика хімічного складу природних вод. Відбір, консервація та зберігання проб води

Реактиви та обладнання: скляні банки (1л, 10 шт.), поліетиленові кришки, термометр, універсальний індикаторний папір, мотузки, концентровані розчини HCl, H₂SO₄, HNO₃, хлороформ.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Одним із показників, що визначають особливості геохімічного функціонування екосистем є хімічний склад поверхневих вод та його динаміка у часі. Значення води для живих організмів не можна переоцінити, так як 80% їх маси складає вода, а її якість прямо впливає на їх стан.

В усьому світі з кожним роком зростає дефіцит прісної води, особливо чистої, у зв'язку з її забрудненням промисловими, сільськогосподарськими та побутовими відходами. Їх поділяють на декілька груп. За фізичним станом вони бувають нерозчинні, колоїдні та розчинні. За своєю природою – мінеральні, органічні, бактеріологічні та біологічні.

Хімічний склад природних вод формується під впливом фізико-хімічних, біологічних та антропогенних факторів і характеризується сукупністю багатьох органічних та неорганічних речовин. При цьому вода вважається придатною до споживання населенням, якщо сума відношень концентрацій ($C_1, C_2 \dots C_n$) кожної речовини у воді до відповідного ГДК не перевищує одиницю:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1$$

У таблиці 1 приведені найбільш важливі інгредієнти, які визначаються в поверхневих прісних водах – річках, озерах, ставках тощо.

Таблиця 1. *Найбільш поширені інтервали концентрацій найважливіших інгредієнтів у прісних поверхневих водах*

Група інгредієнтів	Концентрація, мг/л	ГДК, мг/л
Розчинені гази:		
O ₂	0-15	–
CO ₂ (H ₂ CO ₃)	0-5	–
H ₂ S	0,1-2	–
Основні іони:		
Ca ²⁺	5-130	–
Mg ²⁺	0,5-50	–
Na ⁺ + K ⁺	0,5-100	–
HCO ₃ ⁻	10-500	–
CO ₃ ²⁻	0-50	–
SO ₄ ²⁻	3-250	–
Cl ⁻	1-200	–
Біогенні елементи:		
NH ₄ ⁺	0,05-3,0	2,0
NO ₂ ⁻	0-0,2	0,8
NO ₃ ⁻	0-0,2	10,0
Fe(загальний)	0,01-15,0	0,5

Таблиця 1 (продовження)

Група інгредієнтів	Концентрація, мкг/л	ГДК, мг/л
Мікроелементи:		
Cu	0,1-100,0	0,1
Zn	0,2-50,0	1,0
Co	0,05-10,0	1,0
Mn	0,1-800	1,0
Органічні речовини:		
Аміни	4-100	0,1
Феноли	0-30	0,001

Методологічні аспекти відбору проб об'єктів навколишнього середовища для хімічного аналізу

Створення надійних умов для проживання людини неможливе без аналізу екологічної ситуації довкілля й розробки заходів щодо попередження забруднення навколишнього природного середовища. Серед об'єктів дослідження антропогенного впливу на довкілля, у першу чергу слід виділити повітря, воду, ґрунт. Сучасні методи визначення якісного та кількісного складу об'єктів довкілля базуються на класичних методах аналітичної хімії із врахуванням специфіки даних об'єктів, їх агрегатного стану, стабільності складу, тощо.

Важливою частиною процесу визначення токсичних домішок у забрудненій речовині є відбір проби. Найбільш точний та ретельно виконаний аналіз буде недостовірним у випадку неправильної підготовки й виконання відбору проб.

До головних особливостей пробовідбору відносять:

- одержання представницької проби, яка б відображала реальний склад об'єкту, що аналізується;
- нагромадження в пробі такої кількості речовини, яка б була достатньою для аналітичного дослідження.

Загальні правила відбору проб води

При відборі проб води для аналізу необхідно визначити мету аналізу, а також місце й час відбору проб. На бланку паспорта на пробу води повинні бути вказані номер проби, число посудин, в які була відібрана дана проба, назва пункту відбору води, його місцезнаходження, дата взяття проби (рік, місяць, число й час),

глибина взяття проби й відстань від берега, для відкритих водойм, а для свердловин і колодязів – відмітка дна й устя, час й інтенсивність відкачки, результати контрольних аналізів на хлориди й Ферум (у випадку заново споруджених свердловин), умови й методика відбору проб (з допомогою яких пристосовувань відібрана проба – пробовідбірник, відро, пляшка і т. і.); метеорологічні умови: температура повітря й опади в день відбору, опади за попередні 10 днів, а також сила й напрям вітру (при відборі проби з відкритого водоймища); температура води при відборі проби; особливі умови, які могли б вплинути на якість води в джерелі; спосіб консервування; мета дослідження води; прізвище людини, яка відбирала пробу. Також необхідно вказати ступінь прозорості проби, пору року, водний режим, місце випуску стічних вод або впадання притоків із водою іншого складу, віддаленість берега від місця відбору проби.

Проби води відбирають у поліетиленовий або скляний посуд. Дозволяється застосовувати скляні, поліетиленові, гумові та коркові пробки в залежності від виду аналізу. Не допускається закривати дерев'яними, паперовими, кукурудзяними та іншими нестандартними пробками. За виключенням окремих випадків, перед закриттям посуду пробкою верхній шар води зливається так, щоб під пробкою залишився невеликий шар повітря. На посуд ж слід наклеїти етикетку із вказанням номеру проби, назви водопункту і дати відбору.

Вибір місця відбору проби

Відібрані для аналізу проби повинні бути перш за все типовими, найбільш представницькими для досліджуваної системи. Тому місце відбору проби води визначається в залежності від характеру джерела й мети дослідження

Для вибору місця відбору проб необхідно добре обстежити місцевість. Для характеристики водного об'єкту, за виключенням спеціальних спостережень, не рекомендується проводити відбір проб у місцях, які:

- підлягають безпосередньому впаданню вод притоків;
- поблизу населених пунктів, якщо біля них у дану водойму скидаються стічні води;
- біля підприємств, пристаней, бань і т. і.;

- у ділянках слабого водообміну (у застійних ділянках мілководь, рукавів і т. і.).

При виборі місця відбору проб стічних вод необхідно детально ознайомитися з технологією підприємств, розташуванням цехів, очисних споруд, систем каналізації та ін.

Види проб

Відбір проб у залежності від мети аналізу може бути разовим (нерегулярним) або серійним (регулярним). Перший застосовують дуже рідко, оскільки результати такого аналізу придатні тільки для орієнтовних, найбільш загальних уявлень про якість води. Його застосовують також у тих випадках, коли вимірювані параметри не піддаються великим змінам у часі або по глибині й акваторії. Наприклад, при дослідженні глибинних ґрунтових вод із постійною якістю води. Разовий відбір використовують також у випадках визначення компонентів для періодичного контролю за можливими відхиленнями складу води.

Однак, найбільш надійна та достовірна інформація про стан водойми й якість її води може бути одержана тільки при серійному відборі проб, коли кожна проба береться в певному зв'язку з рештою проб із врахуванням місця, часу або обох факторів. Найбільш розповсюдженими типами серійного відбору проб є:

- загальний відбір проб, при якому пробу відбирають у різних місцях за течією річок (із глибини 20-50см.), із різних глибин для наміченого розрізу озера, водосховища і т. і.;
- відбір проб через певні проміжки часу, який дозволяє слідкувати за зміною якості води в часі (сезони, доби, години) або в залежності від її витрати.

Існують також менш розповсюджені типи серійного відбору проб, як, наприклад, “узгоджені проби”, які відбирають у різних місцях за течією річки або стічних вод із врахуванням часу проходження води від одного пункту до іншого.

Розрізняють проби води **прості** й **змішані** (усереднені).

Прості проби, які одержуються шляхом одноразового відбору в одному місці водойми всього об'єму необхідної для аналізу води, характеризують склад води в момент відбору в одному місці.

Змішані проби, які одержані шляхом об'єднання кількох простих проб, у залежності від принципу їх об'єднання

характеризують або середній склад води досліджуваного об'єкту (якщо вони відібрані одночасно в різних місцях) у певний момент часу або середній склад води за певний період часу (година, доба і т. і.) в одному місці або середній склад водного об'єкта з врахуванням місця і часу. Об'єм змішаної проби повинен бути достатнім для прийнятої методики аналізу .

Звичайно проби води відбирають у 3 точках (у фарватері й з обох берегів). У деяких випадках – в одній, двох точках. Так, при централізованому водопостачанні проби відбирають у 5-10 м від берега на глибині 50 см, а при використанні водойми для масового купання – біля берега й у фарватері на глибині 50 см. Пробу води слід брати під поверхнею води, краще у верхній третині глибини (20-30 см від поверхні).

Відбір і консервування проб для визначення мікроелементів

Консервація проб води має за мету стабілізувати їх хімічний склад у процесі транспортування або зберігання. Консервувати проби необхідно в тих випадках, коли неможливо виконати аналіз на місці відбору проби й коли потрібно визначити такі інгредієнти, концентрація яких може змінитися внаслідок біологічних та фізико-хімічних процесів, що самовільно відбуваються у природній воді (таблиця 2).

Таблиця 2. **Правила консервації та зберігання проб води**

Показники якості води	Спосіб консервації. Кількість на 1 л води	Строки аналізу	Особливості відбору й зберігання проб
Алюміній (Al)	Не консервують	Не пізніше, ніж через 4 години	
	3 мл HNO ₃ або HCl (до pH 2)	Протягом 1 місяця	
NH ₃ , йони NH ₄ ⁺	Не консервують	Не пізніше 4 годин	
	2-4 мл хлороформу 1 мл H ₂ SO ₄	Протягом 1-2 діб	Зберігають за t=4°C
Ва	Не консервують	У день відбору	
	3 мл HNO ₃ або HCl	Протягом 1 місяця	
Fe(загальний)	25 мл HNO ₃	У день відбору	У скляний посуд

V	Не консервують	У день відбору	
	3 мл HNO ₃ або HCl	Протягом 1 місяця	
Броміди	Не консервують	Протягом 2 діб	-
Завислі речовини	Не консервують	4 години	Перед аналізом перемішати
pH	Не консервують	При відборі, через 2-6 годин	Сосуд заповнюють доверху, запобігають нагріванню
Розчинений кисень	Не консервують	1 доба	Відбирають в скляні пляшки, заповнюють доверху.
Кислотність	Не консервують	При відборі, 1 доба	Скляний бутиль, доверху заповнений, запобігають нагріву
Со	Не консервують	У день відбору	
	3 мл HNO ₃ або HCl	1 місяць	
Нафтопродукти	Не консервують	У день відбору	Скляний бутиль, використовують весь об'єм проби
	2-4 мл хлороформу	5 діб	
Сульфати	Не консервують	7 діб	
Фосфати	Не консервують	У день відбору	
	2-4 мл хлороформу	1 доба	
Хлориди	Не консервують	7 діб	

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

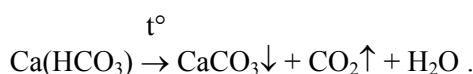
1. Прочитати і законспектувати теоретичну частину роботи.
2. Взяти необхідне обладнання для відбору проб води з природних об'єктів.
3. Провести відбір серії простих проб води згідно правил відбору, записати в зошиті час і місце відбору.
4. Відібрати з кожної простої проби (5-10 проб) по 100-200 мл води, змішати йотримати середню пробу.
5. Визначити на місці відбору проб *pH* та температуру води, занести в зошит і вируховати їх середнє значення.
6. Провести консервацію змішаних проб для подальшого визначення показників якості води.

Робота №4. Комплексонометричне визначення твердості води, вмісту Кальцію та Магнію

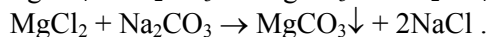
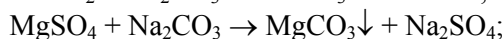
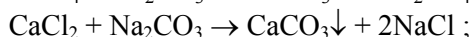
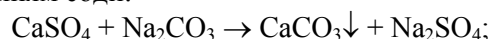
Реактиви та обладнання: трилон Б (концентрація 0,02 моль-екв/л), розчин NaOH (2М), мурексид (твердий), NaCl (твердий), аміачний буферний розчин (з рН~10), хромоген чорний (твердий), бюретка на 25мл, колби на 150-200мл, піпетки на 25, 50, 100мл.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Сумарний вміст солей Кальцію та Магнію дорівнює **загальній твердості води**, яка складається з **карбонатної**, що зумовлена наявністю у воді кальцій або магній гідрокарбонатів (HCO_3^-), і **некарбонатної** (солі Кальцію або Магнію з аніонами сильних кислот – в основному хлоридами та сульфатами). Карбонатну твердість води можна усунути кип'ятінням, тому її називають ще **тимчасовою**:

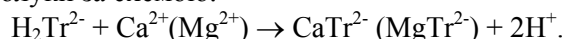


Некарбонатну твердість води називають **постійною** (вона кип'ятінням не усувається), її можна усунути (зробити воду м'якою) додаванням соди:



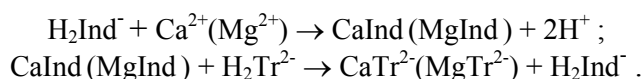
Комплексонометричне визначення загальної твердості води ґрунтується на титруванні проби води робочим розчином двонатрієвої солі етилендіамінотетраоцтової кислоти (трилон Б, скорочена формула $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr}$) у лужному середовищі (рН~10) з індикатором хромоген чорний (скорочена формула NaH_2Ind).

Трилон Б утворює з іонами кальцію і магнію безбарвні комплексні сполуки за схемою:



Індикатор хромоген чорний утворює з іонами кальцію і магнію комплексну сполуку червоно-фіолетового кольору, яка при

додаванні трилону Б руйнується, при цьому колір розчину змінюється на блакитний внаслідок появи вільного індикатора H_2Ind^- :



Комплексонометричне визначення Кальцію і Магнію ґрунтується на подібних реакціях, як і визначення загальної твердості води. У сильно лужному середовищі (pH~12-13) утворюється комплекс Кальцію з трилоном Б, а Магній зв'язується в малорозчинний магній гідроксид. Титрування води розчином трилону Б проводять у присутності індикатора мурексиду, дія якого аналогічна дії хромогену чорного. Вміст Магнію визначають як різницю між загальною твердістю води та вмістом Кальцію.

Визначенню Ca^{2+} заважають деякі метали (Купрум, Ферум, Манган, Цинк), які утворюють забарвлені сполуки з мурексидом. При їх високих концентраціях до проби води додають триетаноламін. Іони магнію заважають при концентрації більше 3мг/л, їх вплив можна усунути розбавленням проби дистильованою водою.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Визначення загальної твердості води

У конічну колбу на 150-200мл відбирають піпеткою 100мл води, додають 5мл буферного розчину, 10-15мг сухої індикаторної суміші хромогену чорного з сіллю, перемішують і титрують розчином трилону Б до переходу червоно-фіолетового кольору в блакитний. Титрування проводять три рази до подібних результатів.

Загальну твердість води C_X (ммоль-екв/л) розраховують за формулою:

$$C_X = \frac{C_{тр.Б} \cdot V_{тр.Б} \cdot 1000}{V(H_2O)} \text{ (ммоль-екв/л) ,}$$

де: $C_{тр.Б}$ і $V_{тр.Б}$ — відповідно концентрація розчину трилону Б (моль-екв/л) та його об'єм, витрачений на титрування;

$V(H_2O)$ – об'єм проби води (мл).

Визначення вмісту Кальцію та Магнію

У конічну колбу на 150-200мл відбирають піпеткою 100мл води, додають 2мл NaOH (2М розчин), 10-15мг сухої індикаторної суміші мурексиду з сіллю, перемішують і титрують розчином трилону Б до переходу забарвлення з рожевого до фіолетового. Титрування проводять три рази до подібних результатів.

Вміст Ca^{2+} у ммоль-екв/л ($C_{1/2\text{Ca}^{2+}}$) та в мг/л ($C_{\text{Ca}^{2+}}$) знаходять за формулами:

$$C_{1/2\text{Ca}^{2+}} = \frac{C_{\text{тр.Б}} \cdot V_{\text{тр.Б}} \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} \quad (\text{ммоль-екв/л});$$
$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{20,04 \cdot C_{\text{тр.Б}} \cdot V_{\text{тр.Б}} \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} \quad (\text{мг/л}),$$

де: $C_{\text{тр.Б}}$ і $V_{\text{тр.Б}}$ – відповідно концентрація розчину трилону Б (моль-екв/л) та його об'єм, витрачений на титрування;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм проби води (мл);

20,04 – еквівалент Ca^{2+} .

Вміст іонів магнію в ммоль-екв/л ($C_{1/2\text{Mg}^{2+}}$) та в мг/л ($C_{\text{Mg}^{2+}}$) розраховують за формулами:

$$C_{1/2\text{Mg}^{2+}} = C_X - C_{1/2\text{Ca}^{2+}} \quad (\text{ммоль-екв/л});$$
$$C_{\text{Mg}^{2+}} = 12,16 \cdot (C_X - C_{1/2\text{Ca}^{2+}}) \quad (\text{мг/л}),$$

де: C_X – загальна твердість води;

12,16 – еквівалент Mg^{2+} .

Робота №5.

Аналіз природних вод. Визначення кислотності, лужності, компонентів карбонатної системи та агресивного CO_2

Реактиви та обладнання: стандартний розчин HCl (0,1 н), робочий розчин NaOH (0,1 н), індикатори: метил оранжевий (0,6-0,5% розчин), фенолфталеїн (0,5% розчин), бюретки на 25мл, колби на 200-250мл, піпетки на 10мл і 100мл.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для аналізу природних вод використовують хімічні, фізико-хімічні та фізичні методи. Перші два методи ґрунтуються на

кількісному вимірюванні аналітичних сигналів, які виникають внаслідок хімічної взаємодії компонентів води з різними реагентами або є результатом окисно-відновних процесів на електродах. Фізичні методи базуються на вимірюванні сигналів, що виникають внаслідок збудження електронів в атомах чи молекулах, а також ядерних перетворень (рентгено-спектральний аналіз, радіометричні методи, абсорбційна спектроскопія, ІЧ-спектроскопія тощо). Всі вони мають різні можливості, які потрібно враховувати при виборі оптимальних методів аналізу компонентів природних вод (таблиця 1).

Таблиця 1. *Загальна характеристика методів аналізу природних вод*

Характеристика методу	Методи хімічні	Методи фізико-хімічні	Методи фізичні
Мінімальна концентрація, яку можна визначити, мг/л	1,0-0,1	0,05-0,005	0,01-0,001
Точність аналізу, %	0,01-0,5	10-100	1-20
Тривалість аналізу (без підготовки проби), хв.	30-200	15-60	10-30
Необхідність спеціального персоналу	не потрібний	бажаний	обов'язковий

Якість води характеризується двома групами показників:

- **інтегральними**, які залежать від сукупності всіх або певних груп речовин у воді та її фізичних властивостей (температура, прозорість, кольоровість, каламутність, смак, густина, питома електропровідність тощо);
- **диференційними**, які визначаються присутністю у воді конкретних хімічних сполук.

Серед диференційних показників якості води важливими є **кислотність, лужність, вміст компонентів карбонатної системи** (H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-}) та **агресивного CO_2** .

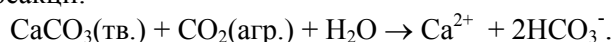
Кислотність води визначають титруванням лугом. Якщо вода має $\text{pH} < 4,5$, то за метилоранжем визначають **вільну кислотність (m)**. Для визначення **загальної кислотності (p)** пробу води титрують лугом до $\text{pH} \sim 8,3$ у присутності фенолфталеїну. Вміст карбонатної кислоти H_2CO_3 дорівнює різниці ($p - m$). Якщо вода має $\text{pH} > 8,3$, то її кислотність дорівнює нулю.

Лужність води визначають титрування розчином хлоридної кислоти. Якщо вода має $pH > 8,3$, то титруванням за фенолфталеїном визначають **вільну лужність (n)**, зумовлену присутністю у воді іонів CO_3^{2-} та сильних основ. Для визначення **загальної лужності (q)** титрування кислотою проводять до $pH \sim 4,5$ у присутності метилоранжу. Різниця $(q - n)$ дорівнює вмісту гідрокарбонат-іонів HCO_3^- . Знаючи концентрацію HCO_3^- та значення pH води можна знайти концентрацію у воді H_2CO_3 та CO_3^{2-} (таблиця 2). Якщо проба води має $pH < 4,5$, то її лужність дорівнює нулю.

Таблиця 2. *Залежність відносної кількості(%) компонентів карбонатної системи води від pH*

Форма	pH4	pH5	pH6	pH7	pH8	pH8,3	pH9	pH10	pH11
H_2CO_3 (CO_2)	99,7	96,2	71,5	20,0	2,4	1,2	0,2	–	–
HCO_3^-	0,3	3,8	28,5	80,8	97,2	97,7	95,7	70,4	14,8
CO_3^{2-}	–	–	–	–	0,4	1,1	4,1	29,6	85,7

Для знаходження концентрації агресивного CO_2 потрібно визначити концентрацію карбонатної кислоти $(p-m)$ і порівняти її з рівноважною концентрацією C_{CO_2} . Якщо $(p-m) \leq C_{CO_2}$, то у воді відсутній агресивний карбон діоксид. Якщо ж $(p-m) > C_{CO_2}$, то така вода здатна розчиняти $CaCO_3$ і руйнувати бетонні споруди внаслідок реакції:



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Визначення вільної кислотності (m), загальної кислотності (p) та вільної карбонатної кислоти (p – m)

Якщо вода має $pH < 4,5$, то відбирають за допомогою піпетки 100мл проби, додають 2 краплі розчину метилоранжу і титрують розчином їдкою натру (стандартизованого по 0,1 н HCl) до появи жовтого забарвлення (V_{NaOH}).

Якщо $pH > 4,5$, то до 100мл проби води додають 3-4 краплі фенолфталеїну і титрують розчином NaOH до появи рожевого забарвлення (V_{NaOH}^I). Титрують три рази, відбирають подібні результати.

Вільну кислотність (m) та загальну кислотність (p) (у ммоль-екв/л) розраховують за формулами:

$$m = \frac{C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} \quad (\text{ммоль-екв/л}) ;$$

$$p = \frac{C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}^I \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} \quad (\text{ммоль-екв/л}) ,$$

де : C_{NaOH} – концентрація розчину лугу (моль/л);

V_{NaOH} і V_{NaOH}^I – об'єм лугу (мл), витраченого на титрування проби води до рН=4,5 і рН=8,3 відповідно;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм води (100мл), взятої для аналізу.

Вміст вільної карбонатної кислоти H_2CO_3 (CO_2) (у мг/л) розраховують за формулою:

$$\text{CO}_2 = 44 \cdot (p - m).$$

Визначення вільної лужності (n), загальної лужності (q) та гідрокарбонат-іонів (q – n)

Якщо вода має рН>8,3, то до 100мл проби додають 2-3 краплі фенолфталеїну і титрують хлоридною кислотою до повного знебарвлення розчину (V_{HCl}).

Якщо вода має рН<8,3, то до проби додають 2 краплі метилоранжу і титрують хлоридною кислотою до переходу жовтого кольору в оранжевий (V_{HCl}^I). Титрують три рази, відбирають подібні результати.

Вільну лужність(n) та загальну лужність(q) (у ммоль-екв/л) розраховують за формулами:

$$n = \frac{C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} \quad (\text{ммоль-екв/л}) ;$$

$$q = \frac{C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}^I \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} \quad (\text{ммоль-екв/л}) ,$$

де : C_{HCl} – концентрація розчину хлоридної кислоти (моль/л);

V_{HCl} і V_{HCl}^I – об'єм кислоти (мл), витраченої на титрування до рН=8,3 і рН=4,5 відповідно;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм проби води, взятої для аналізу (100мл).

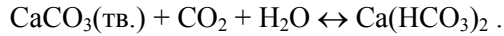
Концентрацію іонів HCO_3^- (у ммоль-екв/л та в мг/л) розраховують за формулами:

$$C(\text{HCO}_3^-) = q - n \text{ (ммоль-екв/л) ;}$$

$$C(\text{HCO}_3^-) = 61,01 \cdot (q - n) \text{ (мг/л) .}$$

Визначення агресивного діоксиду карбону CO_2 (агр)

Вміст $\text{CO}_2(\text{агр})$ у воді дорівнює його концентрації, що перевищує концентрацію вільної карбонатної кислоти в системі, яка знаходиться у рівновазі з осадом CaCO_3 :



Рівноважну концентрацію карбон діоксиду $C(\text{CO}_2)_{\text{рівн.}}$ (у моль/л) у цій системі можна розрахувати за формулою:

$$C(\text{CO}_2)_{\text{рівн.}} = \frac{K_2}{K_1 \cdot \text{ДР}(\text{CaCO}_3)} \cdot (q - n)^2 \cdot [\text{Ca}^{+2}] \text{ (моль/л),}$$

де: K_1 і K_2 – константи дисоціації карбонатної кислоти ($K_1=4,5 \cdot 10^{-7}$; $K_2=4,8 \cdot 10^{-11}$);

$\text{ДР}(\text{CaCO}_3)$ – добуток розчинності кальцій карбонату ($4,8 \cdot 10^{-9}$);

$(q - n)$ – концентрація іонів HCO_3^- (у моль/л)

$[\text{Ca}^{+2}]$ – концентрація іонів кальцію у досліджуваній воді (в моль/л), яка визначається у попередній роботі (див. роботу №4).

Якщо $(p - m) > C(\text{CO}_2)_{\text{рівн.}}$ (у ммоль-екв/л), то знаходять у воді концентрацію $\text{CO}_2(\text{агр.})$ (в мг/л) за формулою:

$$\text{CO}_2(\text{агр.}) = 44 \cdot (p - m - C(\text{CO}_2)_{\text{рівн.}}) \text{ (мг/л).}$$

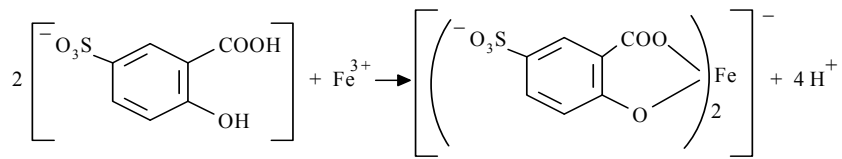
Робота №6.

Фотометричне визначення загального заліза у воді

Реактиви та обладнання: фотоелектрокалориметр з зеленим світлофільтром ($\lambda=540\text{нм}$), кювети з товщиною шару 1-5см, робочий розчин $(\text{NH}_4)_2\text{FeSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ з концентрацією Fe(III) 0,01 мг/мл, сульфосаліцилова кислота (0,01М розчин), ацетатний буферний розчин, мірні колби на 50мл, піпетки на 1,0; 2,0; 5,0 і 10мл.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Іони Феруму(III) із сульфосаліциловою кислотою утворюють при рН4-8 інтенсивно забарвлену у червоний колір комплексну сполуку:



Визначенню Fe^{3+} у вигляді сульфосаліцилового комплексу не заважають іони Cu^{2+} , Al^{3+} , In^{3+} , V^{3+} та інші. Заважають іони F^{-} .

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Побудова калібрувального графіка

Готують п'ять стандартних розчинів, які містять 10, 20, 30, 40, 50мкг Fe^{3+} у 50мл. Для цього у мірні колби на 50мл вносять 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 та 5,0мл робочого розчину Феруму, додають по 30мл розчину сульфосаліцилової кислоти, 5мл ацетатного буферного розчину і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Через 10 хвилин вимірюють оптичну густину проти холостої проби і будують калібрувальний графік в системі координат "оптична густина – концентрація Fe^{3+} ".

Визначення Fe^{3+} у воді

У мірну колбу на 50мл до 10мл проби води додають 30мл 0,1М розчину сульфосаліцилової кислоти, 5мл ацетатного буферного розчину й доводять об'єм розчину до мітки дистильованою водою. Через 10 хвилин вимірюють оптичну густину розчину проби води й за допомогою калібрувального графіка знаходять концентрацію Fe^{3+} у мг/мл. Вміст Феруму(III) у воді у мг/л розраховують за формулою:

$$C_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{C \cdot V_1 \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} \quad (\text{мг/л}),$$

де : C – концентрація Fe^{3+} за калібрувальним графіком, мг/мл;
 V_1 – об'єм, до якого розбавлена проба води, мл;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм проби води, взятої для аналізу, мл.

Визначають відношення $C_{\text{Fe}^{3+}}$ до його ГДК ($\text{ГДК}_{\text{Fe}^{3+}} = 0,5\text{мг/л}$), яке повинно бути менше одиниці.

Зробіть висновок про придатність води до споживання за цим показником.

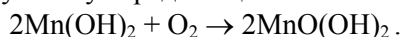
Робота №7.

Визначення розчиненого у воді кисню йодометричним титруванням

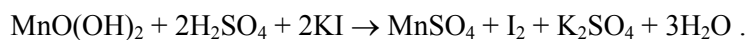
Реактиви та обладнання: калій дихромат, стандартний розчин з концентрацією 0,02моль-екв/л (0,9806г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ розчиняють у бідистильованій воді і доводять об'єм до 1л у мірній колбі); натрій тіосульфат, розчин із концентрацією 0,02моль-екв/л (точну концентрацію визначають стандартним розчином калій дихромату); 1моль/л манган (II) сульфат; лужний розчин калій іодиду (15г KI розчиняють у 20мл дистильованої води і 50г NaOH у 50мл дистильованої води; одержані розчини змішують і розбавляють у мірній колбі до 100мл, якщо розчин каламутний, його фільтрують через скляну вату); крохмаль, 0,5%-ний водний розчин; сульфатна кислота 1:4; бюретка на 25мл; колби конічні на 250мл (3шт.); піпетки на 1мл (2шт.), 10мл, 15мл; кисневі склянки на 100-200мл (3шт.); термометр.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

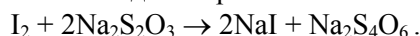
Визначення розчиненого у воді кисню йодометричним титруванням за Вінклером ґрунтується на його взаємодії з манган (II) гідроксидом у лужному середовищі:



При підкисленні розчину в присутності калій іодиду утворюється йод, кількість якого еквівалентна вмісту розчиненого кисню:



Йод, що виділився, титрують розчином натрій тіосульфату, застосовуючи крохмаль як індикатор:



Мінімальна кількість кисню, яку можна визначити цим методом, дорівнює 0,05мг $\text{O}_2/\text{л}$.

Визначенню кисню заважають нітрити при їх концентрації більше 0,05мг N/л, Ферум при концентрації більше 1мг Fe/л, а також інші окисники та відновники. Вплив нітритів можна усунути натрій азидом, сульфаніловою кислотою або сечовиною, Феруму-його зв'язуванням у фторидні комплекси. Відновники окиснюються натрій гіпохлоритом, надлишок якого розкладають за допомогою калій тіоціанату.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Калібрування кисневих склянок

Сушу склянку з пробкою зважте з точністю 0,01 г. Потім заповніть її до краю дистильованою водою й закрийте пробкою так, щоб не залишилось пухирців повітря, витріть і знову закрийте. Об'єм склянки V у мл розрахуйте за формулою:

$$V = (m_1 - m_2) / \rho,$$

де: m_1 та m_2 - відповідно маса склянки з водою та без води, г;

ρ - густина води за температури зважування, г/мл (в інтервалі температур 15-20 °С можна прийняти $\rho=1$).

Визначення розчиненого у воді кисню

Заповніть склянку водою до краю так, щоб на внутрішній поверхні не залишились пухирці повітря, і введіть окремими піпетками 1мл розчину манган(II) сульфату та 1мл лужного розчину калій іодиду. Для цього піпетку занурте до половини склянки і в міру витікання розчину піднімайте. Потім швидко закрийте склянку пробкою так, щоб не залишалось пухирців повітря, і перемішайте. При цьому утворюється осад манган(II) гідроксиду, який частково окиснюється до $MnO(OH)_2$ розчиненим у воді киснем. Осаду дайте відстоятись на протязі не менше 10 хвилин і додайте піпеткою 5 мл сульфатної кислоти. Піпетку спочатку занурте майже до поверхні осаду і в міру витікання розчину повільно піднімайте так, щоб осад не скаламутився. Частина прозорого розчину, що при цьому виливається із склянки, не впливає на результат аналізу. Склянку закрийте пробкою і перемішайте, при цьому іодид окиснюється до йоду, а осад манган гідроксиду розчиняється. Відберіть піпеткою 50 мл розчину, перенесіть у конічну колбу на 250 мл і титруйте тіосульфатом, поки розчин не стане світложовтим. Долийте 1 мл розчину

крохмалю і продовжуйте титрування до зникнення синього кольору.

Вміст розчиненого кисню (C_x) розрахуйте за формулою:

$$C_x = \frac{8 \cdot C_T \cdot V_T \cdot 1000 \cdot V}{50 \cdot (V - 2)} \text{ (мг / л)},$$

де: C_T - молярна концентрація еквіваленту тіосульфату, моль/л;

V_T - об'єм тіосульфату, витраченого на титрування, мл;

V - об'єм склянки, до якої відбиралась вода, мл;

2 - об'єм води, яка вилілась при фіксуванні розчиненого кисню, мл;

8 - еквівалент Оксигену.

Ступінь насичення води киснем у відсотках розраховують за формулою:

$$O_2(\%) = \frac{C_x \cdot 100}{C_o},$$

де: C_o - рівноважна концентрація кисню в мг O_2 /л за температури води t , взятої для аналізу та атмосферного тиску 760 мм рт. ст.

Величину C_o для різних температур можна розрахувати за формулою:

$$C_o = 4,505 \cdot 10^{-3} t^2 - 3,716 \cdot 10^{-1} t + 14,650.$$

Робота №8.

Потенціометричне визначення нітратів у ґрунті та рослинній продукції за допомогою іоноселективних електродів

Реактиви та обладнання: іономір ЭВ-74, іоноселективний нітратний електрод, хлор-срібний електрод, магнітна мішалка, вата, піпетки на 50 і 100 мл, терка, терези, ґрунт, рослинна продукція; 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} М розчин KNO_3 , розчин 1% алюмокалієвого галуна, приелектродний розчин.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Метод оснований на потенціометричному (електрохімічному) визначенні нітратів у сольовій суспензії за допомогою нітрат

селективного електрода при співвідношенні проби до екстрагенту 1:2,5 (грунт) або 1:4 (рослини). Даний метод оснований на вимірюванні потенціалу нітратселективного електрода, величина якого залежить від концентрації іонів NO_3^- у воді, суспензії або розчині. Як допоміжний (електрод порівняння) використовують насичений хлор-срібний електрод, який створює потенціал порівняння в парі з індикаторним (вимірювальним) електродом при потенціометричних вимірюваннях у воді й водних розчинах. Чутливий елемент нітратселективного електрода – плівкова нітрат селективна мембрана, яка складається з поліхлорвінілу, діоктилфталату та нітрату тетраоксиламонію у співвідношенні 1:3:0,1.

Визначення нітратів проводять у присутності 1%-ного розчину алюмокалієвих галунів, щоб створити певну іонну силу розчину, яка мало залежить від солевмісту досліджуваної проби. Селективність нітратного електрода до нітрат-іонів дуже висока. Нітратселективний електрод виявляє основну електродну функцію за відношенням до NO_3^- у межах концентрації від 10^{-4} до 1 моль/л або $6 - 6 \cdot 10^4$ мг/л. Нітрата можна визначати в присутності сульфатів, хлоридів, гідрокарбонатів, ацетатів із коефіцієнтами селективності відповідно 0,001; 0,01; 0,002; 0,02. Заважають аніони ClO_3^- (1,71), Br^- (0,15) та I^- (16,2) – для електродів фірми Orion.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Підготовка проб для аналізу й приготування витяжки

Зразок ґрунту висипте на рівну поверхню, розітріть грудки, відберіть великі рослинні залишки, перемішайте, відберіть шпателем наважку. Одночасно відберіть пробу для визначення вологості ґрунту.

Пробу ґрунту для аналізу масою 20 г заливайте 50 мл 1%-го розчину алюмокалієвого галуна, перемішайте 3-5 хв і в отриманій суспензії визначте концентрацію іонів NO_3^- .

Плоди, коренеплоди вимийте, висушіть фільтрувальним папером. Потім подрібніть на терці. Відберіть середню пробу, зважте на терезах у стаканчику 12,5 г подрібненої маси. Залійте зважену масу 50 мл 1%-го розчину алюмокалієвого галуна і перемішайте 5 хв за допомогою магнітної мішалки.

Вимірювання мембранного потенціалу нітратного йоноселективного електрода в розчинах порівняння і досліджуваній витяжці

Нітратний електрод приєднайте до гнізда іоніметра “ІЗМ”, а електрод порівняння (хлор-срібний) – до гнізда “ВСП”. Натисніть клавішу “± мВ”. Вимірювання проводять у діапазоні “-1+4”, що відповідає –100 +400 мВ.

Чотири розчини порівняння калій нітрату (10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} М), послідовно наливаєте із склянок у стаканчики. У розчини, починаючи з найменшої концентрації, опустіть сухі й чисті електроди, у кожному розчині порівняння вимірюйте мембранний потенціал (мВ). Значення запишіть у табл.1. Після вимірювання потенціалу в розчинах порівняння, електроди на 3-4 хв опускайте у дистильовану воду. Потім виміряйте потенціал у досліджуваній витяжці (грунт, рослина). Для цього в стаканчик наливаєте частину приготовленої витяжки з нітратами (20-25 мл), електроди вийміть із води, висушіть фільтрувальним папером, опустіть у витяжку і виміряйте потенціал.

Таблиця 1. **Результати дослідження**

№	[NO ₃ ⁻], моль/л	pNO ₃	e, мВ
1	10 ⁻⁴	4	
2	10 ⁻³	3	
3	10 ⁻²	2	
4	10 ⁻¹	1	

Обробка результатів

Побудуйте калібрувальний графік на міліметровому папері: на осі абсцис відкладіть значення pNO₃, а на осі ординат – відповідні їм значення мембранного потенціалу (e) у мВ. На калібрувальному графіку знайдіть величину pNO₃:

$$pNO_3 = -\lg [NO_3^-].$$

Потім за величиною pNO₃ (табл.2, 3) знайдіть вміст Нітрогену нітратів (m_{N-NO_3}) у ґрунті (мг/кг ґрунту) або рослинній продукції (мг/кг сирого матеріалу).

Розрахунок вмісту нітратів (m_{NO_3}) у витяжці за вмістом Нітрогену проведіть за формулою:

$$m_{NO_3} = \frac{m_{N-NO_3} \cdot 62}{14} = 4,4286 \cdot m_{N-NO_3} \text{ (мг/кг)} .$$

Порівняйте одержані дані з гранично допустимими концентраціями нітратів і зробіть висновок про можливість вживання продуктів.

Вміст Нітрогену нітратів, який приведений у табл.2, 3, розрахований за формулою:

$$m_{N-NO_3} = 10^{-pNO_3} \cdot A \cdot \frac{B}{H} 10^{-3},$$

де: A - відносна атомна маса елемента;

B - об'єм розчину, мл;

H - наважка матеріалу, г;

10^{-3} – коефіцієнт.

Якщо в табл.2, 3 немає отриманих значень pNO_3 , то вміст Нітрогену нітратів можна розрахувати за формулами:

$$m_{N-NO_3} = \text{Antilog} (4,75 - pNO_3) \quad (\text{для рослин});$$

$$m_{N-NO_3} = \text{Antilog} (4,54 - pNO_3) \quad (\text{для ґрунту}).$$

Антилогарифми знаходять за чотиризначними таблицями або за допомогою калькулятора.

Для врахування вологи в сирому зразку ґрунту використовуйте коефіцієнт перерахунку (K):

$$K = \frac{100}{100 - W},$$

де: W – вологість ґрунту, %.

$$W = \frac{a}{P_c} 100,$$

де: a – маса води в наважці ґрунту, г;

P_c - маса наважки абсолютно сухого ґрунту, г.

Розрахунок нітратів у сухому зразку ґрунту ведіть за формулою:

$$m_{NO_3}^C = K \cdot m_{NO_3}.$$

Для розрахунку вмісту нітратів у воді (мг/л) використовуйте формулу:

$$m_{NO_3} = \text{Antilog} (5,394 - pNO_3).$$

Таблиця 2. Вміст Нітрогену нітратів (мг/кг ґрунту) при співвідношенні ґрунту й розчину 1:2,5

p NO ₃	m _{N-NOS} мг/кг	p NO ₃	m _{N-NOS} мг/кг	p NO ₃	m _{N-NOS} мг/кг	p NO ₃	m _{N-NOS} мг/кг	p NO ₃	m _{N-NOS} мг/кг	p NO ₃	m _{N-NOS} мг/кг
2,55	97,7	2,86	47,9	3,16	24,0	3,45	12,3	3,76	6,0	4,07	3,0
2,56	95,5	2,87	46,8	3,17	23,4	3,46	12,0	3,77	5,9	4,08	2,9
2,57	93,3	2,88	45,7	3,18	22,9	3,47	11,8	3,78	5,8	4,09	2,8
2,58	91,2	2,89	44,7	3,19	22,4	3,48	11,5	3,79	5,6	4,10	2,8
2,59	89,1	2,90	43,6	3,20	21,9	3,49	11,2	3,80	5,5	4,11	2,7
2,60	87,1	2,91	42,7	3,21	21,4	3,50	11,0	3,81	5,4	4,12	2,6
2,61	85,1	2,92	41,7	3,22	20,9	3,51	10,7	3,82	5,2	4,13	2,6
2,62	83,2	2,93	40,7	3,23	20,4	3,52	10,5	3,83	5,1	4,14	2,5
2,63	81,3	2,94	39,8	3,24	20,0	3,53	10,2	3,84	5,0	4,15	2,5
2,64	79,4	2,95	38,9	3,25	19,5	3,54	10,0	3,85	4,9	4,16	2,4
2,65	77,6	2,96	38,0	3,26	19,1	3,55	9,8	3,86	4,8	4,17	2,3
2,66	75,9	2,97	37,2	3,27	18,6	3,56	9,6	3,87	4,7	4,18	2,3
2,67	74,1	2,98	36,3	3,28	18,2	3,57	9,3	3,88	4,6	4,19	2,2
2,68	72,4	2,99	35,5	3,29	17,8	3,58	9,1	3,89	4,5	4,20	2,2
2,69	70,8	3	34,7	3,3	17,4	3,59	8,9	3,90	4,4	4,21	2,1
2,70	69,2	3,01	33,9	3,31	17,0	3,60	8,7	3,91	4,3	4,22	2,1
2,71	67,6	3,02	33,1	3,32	16,6	3,61	8,5	3,92	4,2	4,23	2,0
2,72	66,1	3,03	32,4	3,33	16,2	3,62	8,3	3,93	4,1	4,24	2,0
2,73	64,6	3,04	31,6	3,34	15,9	3,63	8,1	3,94	4,0	4,25	1,9
2,74	63,1	3,05	30,9	3,35	15,5	3,64	7,9	3,95	3,9	4,26	1,9
2,75	61,7	3,06	30,2	3,36	15,1	3,65	7,8	3,96	3,8	4,27	1,9
2,76	60,3	3,07	29,5	3,37	14,8	3,66	7,6	3,97	3,7	4,28	1,8
2,77	58,9	3,08	28,8	3,38	14,5	3,67	7,4	3,98	3,6	4,29	1,7
2,78	57,5	3,09	28,2			3,68	7,2	3,99	3,5	4,30	
2,79	56,2	3,10	27,5			3,69	7,1	4,00	3,5		
2,80	55,0	3,11	26,9	3,39	14,1	3,70	6,9	4,01	3,4		
2,81	53,7			3,40	13,8	3,71	6,8	4,02	3,3		
2,82	52,5	3,12	26,3	3,41	13,5	3,72	6,6	4,03	3,2		

Таблиця 3. *Вміст Нітрогену нітратів (мг/кг сирого рослинного матеріалу) при співвідношенні проби й розчину 1:4*

р NO ₃	р NO ₃ (соті частки)									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,0	5623	5495	5370	5248	5129	5012	4896	4786	4677	4571
1,1	4467	4365	4266	4169	4074	3981	3890	3802	3715	3631
1,2	3548	3467	3388	3311	3236	3162	3090	3020	2951	2884
1,3	2818	2754	2692	2630	2570	2512	2455	2399	2344	2291
1,4	2239	2188	2138	2089	2042	1995	1950	1905	1862	1820
1,5	1778	1738	1698	1660	1622	1585	1549	1514	1479	1445
1,6	1413	1380	1349	1318	1288	1259	1230	1202	1175	1148
1,7	1122	1096	1072	1047	1023	1000	977,2	955,0	933,3	912,0
1,8	891,3	871,0	851,1	831,8	812,8	794,3	776,2	758,6	741,3	724,4
1,9	707,9	691,8	676,1	660,7	645,7	631,0	616,6	602,6	588,8	575,4
2,0	562,3	549,5	537,0	524,8	512,9	501,2	489,8	478,6	467,7	457,1
2,1	446,7	436,5	426,6	416,9	407,4	398,1	389,0	380,2	371,5	363,1
2,2	354,8	346,7	338,8	331,1	323,6	316,2	309,0	302,0	295,1	288,1
2,3	281,8	275,4	269,2	263,0	257,0	251,2	245,5	239,9	234,4	229,1
2,4	223,9	218,8	213,8	208,9	204,2	199,5	195,0	190,5	186,2	182,0
2,5	177,8	173,8	169,8	166,0	162,2	158,5	154,9	151,4	147,9	144,8
2,6	141,3	138,0	134,9	131,8	128,8	125,9	123,0	120,2	117,5	114,8
2,7	112,2	109,5	107,2	104,7	102,3	100,0	97,7	95,5	93,3	91,2
2,8	89,1	87,1	85,1	83,2	81,3	79,4	77,6	75,9	74,1	72,4
2,9	70,8	69,2	67,6	66,1	64,6	63,1	61,7	60,3	58,9	57,5
3,0	56,2	54,9	53,7	52,5	51,3	50,1	49,0	47,9	46,8	45,7
3,1	44,7	43,7	42,7	41,7	40,7	39,8	38,9	38,0	37,2	36,3
3,2	35,5	34,7	33,9	33,0	32,4	31,6	30,9	30,2	29,5	28,8
3,3	28,2	27,5	26,9	26,3	25,7	25,1	24,6	24,0	23,4	22,9
3,4	22,4	21,9	21,4	20,9	20,4	20,0	19,5	19,1	18,6	18,2
3,5	17,8	17,4	17,0	16,6	16,2	15,9	15,5	15,1	14,8	14,4
3,6	14,1	13,8	13,5	13,2	12,9	12,6	12,3	12,0	11,8	11,5
3,7	11,2	11,0	10,7	10,5	10,2	10,0	9,8	9,6	9,3	9,1
3,8	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,8	7,6	7,4	7,2
3,9	7,1	6,9	6,8	6,6	6,5	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8

Робота №9.

Фотометричне визначення нітроген діоксиду в повітрі за реакцією із заміщеним етилендіаміном

Реактиви та обладнання.

Сульфанілова кислота, х.ч., 5г сульфанілової кислоти розчиніть у 800мл дистильованої води, підкисліть 140 мл льодяної ацетатної кислоти і доведіть об'єм водою до 1л.

N-(1-нафтил)-етилендіамінхлоргидрат, 0,1% водний розчин. Зберігайте на протязі двох тижнів у сухому і прохолодному місці.

Поглиняльний розчин. 2мл розчину N-(1-нафтил)-етилендіаміну внесіть у мірну колбу на 100 мл і доведіть до мітки розчином сульфанілової кислоти. Готуйте перед використанням. Розчин має бути безбарвним.

Основний стандартний розчин. 0,300 г натрій нітриту х.ч. розчиніть у мірній колбі на 200 мл дистильованою водою. 1 мл розчину відповідає 1 мг нітроген діоксиду. Розчин зберігайте на протязі двох тижнів у сухому прохолодному місці.

Робочий стандартний розчин. 5 мл основного стандартного розчину натрій нітриту внесіть у мірну колбу на 1 л і доведіть до мітки дистильованою водою. 1 мл розчину відповідає 5 мкг нітроген діоксиду. Готуйте перед використанням.

Аспіраційний прилад і пристрій для вимірювання об'єму протянутого повітря.

Поглиняльні прилади з пористою скляною пластинкою.

Мірні колби на 25, 100, 200, 1000 мл.

Піпетки на 1, 2, 5, 10 мл.

Фотоелектроколориметр.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Нітроген діоксид реагує з сульфаніловою кислотою з утворенням діазосолі, яка з N-(1-нафтил)-етилендіаміном дає червоне забарвлення. Вміст нітроген діоксиду визначають фотометрично. Чутливість визначення 0,02 мкг/мл.

Визначенню мішають дигідроген сульфід, сульфур діоксид, хлор, формальдегід.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Відбір проби

Для визначення разової концентрації не менше 10л повітря зі швидкістю 0,3 л/хв протягніть через два послідовно з'єднаних поглинальних прилади з пористою пластинкою, що вміщують по 5 мл поглинального розчину. Для визначення середньо добової концентрації відбирайте 5л повітря зі швидкістю 0,15л/хв через 12 рівномірно розподілених на протязі доби інтервалів часу. Під час відбору проби, захищайте поглинальні прилади від дії денного світла.

Побудова калібрувального графіка

У мірні колби на 25мл мікробюреткою налейте по 0, 0,25, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 мл робочого стандартного розчину і доведіть до мітки поглинальним розчином. Приготовлені розчини вміщують відповідно: 0, 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,5 мкг/мл нітроген діоксиду. Оптичну густину розчину визначайте на фотокolorиметрі в кюветі на 5см при 550 нм (зелений світлофільтр). За результатами вимірювань побудуйте калібрувальний графік залежності оптичної густини від вмісту нітроген діоксиду в розчині.

Визначення вмісту нітроген діоксиду

Після відбору проби, поглинальний розчин доведіть до початкового об'єму, перелийте із кожного поглинального приладу окремо в кювети і виміряйте оптичну густину на фотоелектрокolorиметрі в кюветі з робочою довжиною 5 см при довжині хвилі 550 нм (зелений світлофільтр). За калібрувальним графіком визначіть кількість нітроген діоксиду в досліджуваному розчині.

Розрахунок концентрації нітроген діоксиду в повітрі (мг/м³) проведіть за формулою:

$$m_{NO_2} = \frac{a}{V_0} \text{ (мг/м}^3\text{)},$$

де: a - визначена кількість нітроген діоксиду в поглинальних розчинах, мкг;

V_0 - об'єм повітря, приведений за нормальних умов, л.

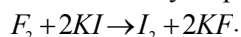
Робота №10.

Визначення фтору в повітрі титриметричним методом

Реактиви та обладнання: поглинальні прилади Зайцева; мікrobюретки на 1 мл, піпетки на 1,5, 10 мл з мінімальною ціною поділки 0,01; 0,02; 0,1 мл; колби на 25 і 50 мл; U-подібні скляні трубки; калій іодид, кристалічний і 10% розчин; натрій тіосульфат, 0,002 н розчин; крохмаль, 1% розчин.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Метод оснований на окисненні фтором калій іодиду з виділенням еквівалентної кількості йоду за реакцією:



Йод, що виділився, відтитрують розчином натрій тіосульфату.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Відбір проби

Досліджуване повітря зі швидкістю 0,5 л/хв протягніть через U-подібну трубку з 7-8 г кристалічного калій іодиду і послідовно приєднаного поглинального приладу з 10 мл розчину калій іодиду. Повітря протягуйте до появи слабо жовтого забарлення калій іодиду.

Визначення вмісту фтору

Вміст U-подібної трубки і поглинального приладу перенесіть у колбу; трубку і прилад сполосніть невеликою кількістю дистильованої води і злийте розчин у ту ж колбу. Додайте 0,5 мл розчину крохмалю й титруйте 0,002 н розчином натрій тіосульфату до зникнення синього забарлення.

У таких же умовах проведіть холостий дослід.

Вміст фтору обчисліть за формулою:

$$m = \frac{(V - V_1) \cdot 38}{V_0} \text{ (мг/м}^3\text{)},$$

де: V – об'єм 0,002 н розчину тіосульфату, витрачений на титрування досліджуваного розчину, мл;

V_1 - об'єм 0,002 н розчину тіосульфату, витрачений на титрування холостої проби, мл;

38 – коефіцієнт перерахунку тіосульфату на елементарний Флуор;

V_0 - об'єм досліджуваного повітря, приведений за нормальних умов, л.

Робота №11.

Визначення аерозолі лугів

Реактиви та обладнання.

Етанол, ректифікований.

Змішаний індикатор. У 70 мл 98% етилового спирту розчиніть 0,08 г метилового червоного, 0,4 г бромтимолового синього, 0,5 г фенолфталеїну і 0,1 г алізаринового червоного. Об'єм розчину доведіть водою, що не вміщує CO_2 до 100 мл і зберігайте в щільно закритій темній склянці. Придатний для використання на протязі півроку.

Стандартний розчин натрій гідроксиду, що вміщує 0,01 мг/мл.

Аналітичні фільтри АФА-13-18.

Колориметричні пробірки (150×12 мм).

Патрони для фільтрів.

Мірні колби на 100 мл.

Піпетки на 1 і 5 мл з ціною поділки 0,01 і 0,1 мл.

Електроаспіратор.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Метод оснований на здатності кислотно-лужних індикаторів змінювати забарвлення в залежності від середовища. При використанні змішаного індикатора забарвлення змінюється від жовто-оранжевого нейтрального розчину до зеленого з переходом у сильнолужному середовищі у фіолетове.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Відбір проби

50 л досліджуваного повітря зі швидкістю 10 л/хв протягніть через закріплений у патроні аналітичний фільтр.

Визначення аерозолі

Фільтр із пробією обережно складіть, перенесіть у фарфорову чашку, розправте скляною паличкою і змочіть 2 - 3 краплями етанолу. Потім фільтр промийте двічі гарячою водою по 5 мл і для

аналізу відберіть 5 мл у колориметричну пробірку. До досліджуваного розчину додайте 2 краплі індикатора, старанно перемішайте і через 20 хвилин порівняйте забарвлення зі стандартною шкалою (див. табл.).

Розрахунок вмісту аерозолі лугів проведіть за формулою:

$$m = \frac{V_z \cdot b}{V \cdot V_0} (\text{мг/м}^3)$$

де: V_z - загальний об'єм досліджуваного розчину, мл;

b - кількість речовини в досліджуваному розчині, мкг;

V - об'єм досліджуваного розчину, взятий для аналізу, мл;

V_0 - об'єм досліджуваного повітря, приведений за нормальних

умов, л.

Таблиця. **Стандартна шкала для визначення лугів**

Реактив	Номер стандарту								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Стандартний розчин 0,01 мг/мл, мл	0	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
Дистилят, мл	8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,5	3,0	2,0	0
Змішаний індикатор, краплі	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Вміст NaOH, мкг	0	4	6	8	10	15	20	30	50

Робота №12.

Визначення аміаку в атмосферному повітрі за утворенням індофенолу

Реактиви та обладнання .

Дистильована вода, двічі перегнана з сульфатною кислотою, що не вміщує аміаку.

Сульфатна кислота, 0,02 н розчин.

Фенольний реактив. 5 г безбарвного фенолу, 25 г натрій нітропрусиду і 0,1 г саліцилової кислоти розчиніть у 100 мл бідистильованої води. Реактив зберігайте у холодному місці, у темній склянці. Термін зберігання 6 місяців.

Гіпохлоридний реактив. 10 г натрій гідроксиду і 11,7 г натрій хлориду розчиніть у 100 мл свіжоприготовленої хлорної води, що вміщує від 0,6 до 0,8% хлору (перевіряйте йодометрично). Зберігайте на холоді на протязі до 6 місяців.

Стандартний розчин, що відповідає вмісту аміаку 100 мкг/мл. 0,0314 г амоній хлориду розчиніть у 100 мл бідистиляту. Розчин придатний на протязі 2 місяців.

Робочий стандартний розчин, що вміщує 1 мкг/мл аміаку, готуйте з стандартного розчину.

Електроаспіратор.

Поглиняльний прилад з ефективністю поглинання не менше 95% при швидкості аспірації 10 л/хв в об'ємі поглиняльного розчину 10 мл.

Колориметричні пробірки (120×15 мм).

Мірні колби на 100мл.

Піпетки на 1, 2 і 5 мл.

Фотоелектроколориметр.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

При взаємодії аміаку з гіпохлоридом і фенолом у присутності натрій нітропрусиду утворюється індофенол - забарвлена в синій колір сполука. Інтенсивність забарвлення пропорційна вмісту аміаку й вимірюється за допомогою фотоелектроколориметра.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Відбір проби

Для визначення максимально разової концентрації досліджуване повітря зі швидкістю 1 л/хв на протязі 20 - 30 хвилин протягніть через поглиняльний прилад, що вміщує 6 мл 0,02 н розчину сульфатної кислоти. Для визначення середньодобової концентрації аміаку протягніть повітря через поглиняльний прилад 12 разів по 5 хвилин через рівні проміжки часу.

Визначення вмісту аміаку

Об'єм розчину в поглиняльній склянці доведіть до початкового сульфатною кислотою. Вміст поглиняльного приладу перемішайте

й кількісно перенесіть у пробірку. П'ять мл досліджуваного розчину внесіть у колориметричну пробірку, додайте 1 мл фенольного реактиву, 0,5 мл гіпохлоридного реактиву, добре перемішайте й залишіть на 2 години. Виміряйте оптичну густину забарвленого розчину в кюветах на 1 см при довжині хвилі 590 нм. Вміст аміаку знайдіть за калібрувальним графіком, який побудуйте, визначивши оптичну густину серії стандартних розчинів (табл.).

Таблиця. *Стандартна шкала для визначення вмісту аміаку*

Реактив	Номер стандарту						
	0	1	2	3	4	5	6
Стандартний розчин аміаку, що вміщує 1 мкг/мл,мл	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Сульфатна кислота, мл	6	4,9	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0
Фенольний реактив	У всі пробірки по 1 мл						
Гіпохлоритний реактив	У всі пробірки по 0,5 мл						
Вміст аміаку, мкг	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Розрахунок вмісту аміаку в повітрі проведіть за формулою:

$$m = \frac{V_z \cdot b}{V \cdot V_0} (\text{мг/м}^3),$$

де: V_z - загальний об'єм досліджуваного розчину, мл;

b - кількість аміаку в досліджуваному розчині, мкг;

V - об'єм досліджуваного розчину, взятий для аналізу, мл;

V_0 - об'єм досліджуваного повітря, приведений за нормальних умов, л.

Робота №13. Колориметричне визначення йонів амонію у воді

Реактиви та обладнання: фотоелектроколориметр, мірні колби на 50 мл, піпетки на 5 - 25 мл, фосфатний буферний розчин (14,3 г KH_2PO_4 і 68,8 г K_2HPO_4 розчинить в 1 л дистильованої води), реактив Неслера, стандартний розчин HCl з концентрацією іонів H^+ 1 мг/мл (0,5939 г HCl розчиняють дистильованою водою в мірній колбі на 200 мл).

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Метод оснований на утворенні іонами амонію з реактивом Неслера комплексу оранжевого кольору.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Побудова калібрувального графіка

У 6 мірних колб на 50 мл відберіть піпеткою відповідно 5, 10, 15, 20, 25, 30 мл стандартного розчину солі амонію, додайте по 1 мл реактиву Неслера, доведіть дистильованою безаміачною водою до мітки і залишіть відстоюватись 10 хвилин.

Виміряйте оптичну густину розчинів на фотоколориметрі з використанням кювети з робочою довжиною 10 мм при довжині хвилі 400-425 нм. Для приготування розчину порівняння, у мірну колбу на 50 мл відберіть 1 мл реактива Неслера і доведіть водою до мітки.

За результатами виміру оптичної густини стандартних розчинів побудуйте графік її залежності від вмісту іонів H^+ у розчині в координатах: вміст іонів H^+ мг/мл – оптична густина D .

Визначення вмісту іонів амонію у воді

У мірну колбу відберіть піпеткою 5 - 25 мл досліджуваної води, долейте 1 мл реактива Неслера, доведіть дистильованою безаміачною водою до мітки і дайте відстоятися протягом 10 хвилин. Розчин порівняння приготуйте як вказано вище. Виміряйте оптичну густину досліджуваного розчину за відношенням до розчину порівняння в кюветі на 10 мм при довжині хвилі 400 - 425 нм.

За калібрувальним графіком знайдіть вміст іонів амонію у пробі. Розрахуйте вміст іонів амонію у воді за формулою:

$$m_{NH_4^+} = \frac{C_{NH_4^+} \cdot 1000}{V} \text{ (мг/л)},$$

де: $C_{NH_4^+}$ – вміст іонів амонію, знайдений за калібрувальним графіком, мг/мл;

V - об'єм води, взятої для аналізу, мл;

1000- коефіцієнт перерахунку.

Робота №14.

Визначення хлоровмісних отрутохімікатів методом тонкошарової хроматографії

Реактиви та обладнання.

Алюміній оксид для хроматографії, просійте через сито з розміром отворів 0,147 мм або капронову тканину.

Кальцій сульфат $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, ч.д.а., просійте через сито з розміром отворів 0,147 мм.

Гексан, ацетон, хлороформ, петролейний ефір.

Діетиловий ефір, медичний для наркозу.

Силікагель МСК, ШСК або АСМ із розміром частинок 1 мм. Необхідний для відбору повітря. Очищення силікагелю: кип'ятіть з хлоридною кислотою (1:1) на протязі 3-4 години, потім промийте горячою водою, а потім дистильованою до нейтральної реакції (проба з лакмусовим папірцем) і виділення слідів хлоридів (проба з аргентум нітратом); далі силікагель нагрійте в муфельній печі за температури 350 -400⁰С протягом 3 - 4 годин.

Вата медична, гігроскопічна, промита ефіром і висушена.

Фільтри аналітичні АФА-АХА-18.

Фільтри, беззольні.

Випробування фільтрів і вати: 3 - 4 фільтри або 0,5 г очищеної гігроскопічної вати промийте 5 -10 мл діетилового ефіру, ефір випарте до об'єму 0,3 - 0,5 мл, нанесіть на хроматографічну пластинку, опустіть у камеру з рухомим розчинником, який використовується для визначення досліджуваної речовини, і далі поступайте так, як описано в ході аналізу. При відсутності на хроматограмі п'ятен з R_f , рівним за значенням R_f п'ятен компонента, що визначається, фільтри або вата придатні для відбору проб повітря.

Стандартні розчини препаратів із вмістом 100 мкг/мл. 10 мг отрутохімікату і розчиніть у 100 мл діетилового ефіру або гексану.

Зберігайте у холодному місці в склянці із притертою пробкою.

Реактив № 1 - розчин аргентум нітрату в аміаку й ацетоні. 0,5 г аргентум нітрату розчиніть у 5 мл дистильованої води, додайте 5 мл аміаку ($\rho=0,9$) і доведіть об'єм рідини до 100 мл ацетоном. Розчин зберігайте на холоді. Термін зберігання - декілька днів.

Реактив № 2 - о-толуїдиновий: о-толуїдин, 0,5% розчин в ацетоні, профільтрований. Зберігайте у холоді. Термін зберігання - 3 дні.

Лужно-пероксидний розчин: суміш 3 об'ємів 0,5% натрій гідроксиду і 2 об'ємів 3% гідроген пероксиду.

Перед обробкою хроматограми приготуйте реактив, що складається з рівних об'ємів 0,5% розчину о-толуїдину в ацетоні і лужно-пероксидного розчину.

Реактив № 3 - бензидиновий: приготуйте таким же чином, як і о-толуїдиновий реактив.

Реактив № 4 - дифеніламіновий. Змішайте 1 об'єм 20% розчину дифеніламіну в ацетоні з 2 об'ємами 10% ацетонового розчину цинк хлориду (профільтрованого). Суміш приготуйте перед використанням.

Хроматографічні пластини.

Хроматографічна камера.

Аспіраційна установка.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Метод оснований на розділенні хлороорганічних отрутохімікатів у тонкому шарі алюміній оксиду. Виявлення проводять розчином аргентум нітрату в аміаку й ацетоні або ацетоновим розчином ароматичного аміну з подальшим опроміненням ультрафіолетовим світлом. Кількість препарату визначають шляхом візуального порівняння забарвлення й розміру п'ятна проби та стандартних розчинів.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Відбір проби

Досліджуване повітря (8 – 12л) протягніть зі швидкістю не більше 1 л/хв через алонж із ватою й гофровану трубку з силікагелем, з'єднаними послідовно. Пробу можна відбирати також в ацетон. Для цього досліджуване повітря пропустіть через

поглинальний прилад, що вміщує 4 - 5 мл ацетону, яким замінюють гофровану трубку з силікагелем. У цьому випадку швидкість пропускання повітря 0,5 л/хв.

Гексахлоробутадиєн відбирають тільки на силікагель.

Для відбору проб повітря, що вміщує пил і аерозоль отрутохімікатів, поряд із гігроскопісною ватою можна користуватися беззольними фільтрами або фільтрами АФА-АХА-18. З цією метою 2 - 3 фільтри вставляють у лійку зі скляною пористою пластинкою або алонж.

Хід визначення

Вату чи фільтр з алонжу перенесіть у стаканчик і промийте тричі (по 0,5 мл) діетиловим ефіром, віджимаючи останній з вати скляною паличкою в циліндр.

Адсорбовану силікагелем пару отрутохімікатів екстрагуйте ефіром. Для цього один кінець гофрованої трубки, який був повернений до аспірації під час відбору проби повітря, з'єднайте встик із лійкою й промивайте трубку діетиловим ефіром (10-15 мл), вливаючи його невеликими порціями. Заміряйте об'єм об'єднаних екстрактів, відберіть для аналізу половину проби і випаруйте її на водяній бані за 40⁰С до об'єму 0,3 - 0,5 мл. Ацетоновий розчин проби випаруйте за 50⁰С. При цьому, у міру випаровування, додавайте приблизно подвійний об'єм ефіру. Ефірний розчин гексахлоробутадиєну внаслідок великої леткості препарату випаруйте за температури не більше 25⁰С. Випарену пробу досліджуваного отрутохімікату за допомогою мікропіпетки на 1 мл нанесіть краплями в одну точку на хроматографічну пластинку на середині стартової лінії. Колбочку з пробєю декілька раз змийте невеликими порціями ефіру (по 0,3 мл) і нанесіть їх у центр цього ж п'ятна. З правої і лівої сторони від п'ятна нанесіть стандартні розчини отрутохімікатів, що вміщують 2, 5, 10 мкг препарату.

Пластинку з нанесеними розчинами опустіть у хроматографічну камеру, на дно якої попередньо за 15 - 20 хвилин налейте гексану або суміші гексану й ацетону. Закрийте камеру. Після того, як розчинник підніметься шаром сорбенту на 10 см, пластинки вийміть і залишіть на декілька хвилин на повітрі для випаровування розчинника, потім помістіть горизонтально в камеру для оприскування. Користуючись пульверизатором,

опрыскайте пластинку проявляючим реактивом. При цьому слідкуйте, щоб опрыскування проводилось невеликими краплями проявника, без порушення шару сорбента й форми п'ятна. Після опрыскування, помістіть пластинку на відстані 25 см від джерела ультрафіолетового світла. При наявності в пробі отрутохімікатів на пластинці появляються п'ятна, розміщені на однаковому рівні й аналогічні за забарвленням п'ятнам стандартних розчинів.

Досліджувані отрутохімікати виявляються у вигляді сіро-чорних п'ятен після 20 хвилин опромінення, а деякі (наприклад, хлорофос) - після 30 - 40 хвилинного опромінення. Забарвлення п'ятен стійке протягом декількох днів.

Визначте площу п'ятна досліджуваного отрутохімікату і порівняйте її з площею п'ятен стандартних розчинів. Виберіть найбільш подібне за розмірами п'ятно стандартного розчину і визначте його площу. Визначте масу компонента в п'ятні досліджуваного розчину, виходячи з того, що відношення площ п'ятен дорівнює відношенню кількостей компоненту:

$$\frac{S_x}{S_{cm}} = \frac{a_x}{a_{cm}};$$
$$a_x = \frac{S_x \cdot a_{cm}}{S_{cm}} \text{ (мкг)}.$$

Розрахунок вмісту отрутохімікату в повітрі проведіть за формулою:

$$C = \frac{a_x \cdot V_Z}{V \cdot V_0} \text{ (мг/м}^3\text{)},$$

де: V_Z - загальний об'єм досліджуваної проби, мл;

a_x - кількість отрутохімікату, знайдена в досліджуваному об'ємі розчину, мкг;

V - об'єм розчину, взятий для аналізу, мл;

V_0 - об'єм досліджуваного повітря, приведений за нормальних умов, л.

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Контрольні питання

1. Що вивчає біогеохімія? Які відкриття в хімії, геології та біології сприяли виникненню біогеохімії?
2. Які завдання біогеохімія виконує на сучасному етапі розвитку?
3. Що називають системою? Привести приклади природних систем.
4. Характерні риси природних систем.
5. Основні компоненти біосфери. Привести блок-схему функціонування біосфери.
6. Характерні особливості біосфери як вищої природної системи.
7. У чому полягає головна властивість біосфери? Закон Вернадського.
8. Привести класифікацію живих організмів за відношенням до джерела енергії, Карбону та кисню. Яких типів організмів за чисельністю видів найбільше?
9. Закономірності розвитку життя на Землі.
10. На чому заснований розподіл хімічних елементів на макро- і мікроелементи?
11. Що означає термін “поживні лінії речовин”? Як впливає положення елемента в періодичній таблиці на його біофільність?
12. Дати визначення, що називають коефіцієнтом біологічного поглинання (КБП)? Як розподіляють хімічні елементи в залежності від його значення?
13. Які хімічні елементи належать до абсолютних органогенів?
14. Як визначити біофільність хімічного елемента. Навести приклади елементів-біофілів.
15. Що називають великим геологічним і малим біологічним кругообігом речовин? Яка їх рушійна сила?
16. Привести типи міграції хімічних елементів.
17. Типи обміну речовин у біологічному кругообігу.
18. Критерії оцінки біологічного кругообігу речовин. Назвати їх.

19. Особливості прижиттєвого обміну речовин. Що називають біогенною акумуляцією мінеральних речовин?
20. Поживні (трофічні) ланцюги, їх значення для міграції елементів.
21. Основні функції живої речовини у прижиттєвому обміні речовин.
22. Посмертний обмін речовин. Утворення гумусу.
23. Значення гумусу для існування життя на суші.
24. Типи посмертного обміну речовин.
25. Види живої речовини. Їх значення для існування біосфери.
26. Фотосинтез, його характер і значення.
27. У вигляді яких сполук знаходився Карбон до і після виникнення біосфери? Який перерозподіл Карбону між компонентами біосфери відбувся при цьому?
28. Яка довжина біогеохімічного циклу атмосферного Карбону і Карбону, що знаходиться у гумусосфері? Чому цикл атмосферного Карбону більш короткий?
29. Аеробні та анаеробні процеси метаболізму. Які хімічні реакції лежать в їх основі?
30. У чому полягає значення кисню для існування сучасної біосфери?
31. Значення води для розвитку біосфери. Загальні запаси води на Землі. Яка довжина циклу води?
32. Які існують основні хімічні стадії кругообігу Нітрогену?
33. Чому в наш час процеси денітрифікації не встигають за процесами фіксації азоту?
34. У чому полягає особливість міграції Фосфору?
35. З яких причин відбувається фосфатизація суші?
36. Які леткі хімічні сполуки утворює Сульфур у процесі свого кругообігу? Реакції “дихання” сульфурфіксуєчих анаеробних бактерій.
37. Що означає термін “кислотні дощі”? Чому вони виникають і які мають наслідки для ґрунтів?
38. Особливості кругообігу Кальцію. Який компонент біосфери є джерелом Кальцію?
39. Значення Кальцію для родючості ґрунтів.
40. Особливості кругообігів Калію і Натрію. Їх значення для існування біосфери.

41. Кругообіг Феруму, основні риси і особливості.
42. У чому полягають основні відмінності кругообігу мікроелементів у порівнянні з макроелементами?
43. Основні закономірності кругообігу органічних речовин і радіонуклідів.
44. Значення радіонуклідів для дослідження процесів кругообігу хімічних елементів.
45. Фізіологічне значення Карбону, його розповсюдженість у природі.
46. Фізіологічне значення Оксигену, його найбільш поширені в природі сполуки.
47. Фізіологічне значення Гідрогену, розповсюдженість у природі.
48. Кислотність ґрунтів, її вплив на рослини.
49. Фізіологічне значення Нітрогену, розповсюдження в природі, у вигляді яких іонів він поглинається із ґрунтів рослинами?
50. Фізіологічне значення Фосфору, його знаходження в різних органах людини.
51. Властивості й фізіологічне значення Сульфуру, знаходження в природі.
52. Властивості й фізіологічне значення Кальцію.
53. Властивості й фізіологічне значення Калію.
54. Властивості, знаходження в природі і фізіологічне значення Магнію.
55. Властивості, знаходження в природі й фізіологічне значення Феруму, вплив іонів магнію та мангану на його рухомість.
56. Властивості й фізіологічне значення Натрію.
57. Фізіологічне значення мікроелементів, їх взаємний вплив.
58. Властивості й фізіологічне значення Мангану, вплив кислотності ґрунтів на його рухомість.
59. Властивості й фізіологічне значення Бору.
60. Властивості й фізіологічне значення Купруму, його вплив на інші елементи.
61. Властивості й фізіологічне значення Цинку, Молібдену, Кобальту, Іоду, Флуору.

62. Властивості й фізіологічне значення Стронцію та Цезію, радіоізотопи Cs та Sr, їх здатність до накопичення вздовж поживних ланцюгів та періоди напіввиведення.
63. Ендемічні захворювання, вплив концентрації хімічних елементів у навколишньому середовищі на прояв біогеохімічних ендемій.
64. Принципи біогеохімічного районування біосфери.
65. Що називають біогеохімічною провінцією, зональні та інтразональні провінції.
66. Які є зональні та інтразональні провінції в Україні?
67. Роль рослинності у формуванні біосфери.
68. Вплив людини на рослинність Землі.
69. Фактори, що впливають на хімічний склад рослин, адсорбційна крива А. Л. Ковалевського, її діапазони.
70. Які існують форми знаходження хімічних елементів у природі?
71. Вплив властивостей хімічних елементів на їх КПБ, базіпоживні та антропоживні елементи.
72. Розподіл рослин (за А.Л. Ковалевським) на концентратори та деконцентратори, із чим він пов'язаний?
73. Вплив геохімічного середовища на еволюцію рослин, у чому він проявляється?
74. Як впливають кліматичні умови на хімічний склад рослин?
75. Що називають ноосферою? Характерні риси ноосфери.
76. Техногенез і типи техногенних процесів, їх об'єми на сучасному етапі розвитку людства.
77. Який хімічний елемент є найбільш технофільним і чому?
78. За допомогою яких показників визначають потенційну небезпеку для біосфери хімічних речовин?
79. Як формуються відходи, їх основні джерела надходження у біосферу?
80. У чому полягає головна відмінність між промисловим виробництвом і біогеохімічним кругообігом хімічних елементів?
81. Яка головна причина виникнення техногенних геохімічних аномалій? Їх класифікація за А.І. Перельманом.
82. Як поділяють техногенні аномалії за масштабом впливу на природу? Наведіть приклади.

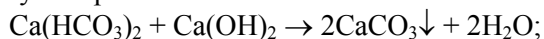
83. Екологічне значення атмосфери, її основні техногенні забруднювачі, їх джерела надходження й кількість.
84. Які глобальні аномалії виникли в атмосфері внаслідок антропогенного впливу?
85. “Парниковий ефект”, умови його виникнення та вплив на клімат Землі.
86. Озоносфера, її утворення та екологічне значення.
87. Як утворюються “кислотні дощі”, їх вплив на довкілля.
88. Основні глобальні техногенні аномалії гідросфери.
89. Охарактеризуйте стан природних вод в Україні.
90. Основні глобальні техногенні аномалії ґрунтів, причини їх виникнення.
91. Яке місце в світі займає Україна за рівнем розораності сільськогосподарських земель?
92. Як впливає антропогенна діяльність на живу речовину у світі і в Україні?
93. Які існують шляхи виходу з глобальної екологічної кризи біосфери?
94. Які термінові заходи необхідні для оздоровлення екологічної ситуації в Україні?

Контрольні задачі

Задача №1

Твердість води зумовлена наявністю в ній головним чином таких іонів, як Ca^{2+} та Mg^{2+} . Для зм'ягчення води використовують різні реагенти, з яких найбільш дешевим є гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Використовуючи рівняння:



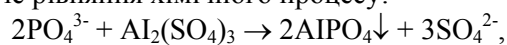
$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$,
визначіть, яка маса гашеного вапна потрібна для обробки води заданого об'єму, що містить відомі маси Кальцію та Магнію.

Яка маса осаду при цьому утвориться?

Варіант	V(H ₂ O), л	m(Ca), кг	m(Mg), кг	m(Ca(OH) ₂), кг	m(осаду), кг
1.	3785000	420	200		
2.	3700000	400	180		
3.	3500000	380	160		
4.	3400000	360	140		
5.	3300000	340	120		
6.	3200000	320	100		
7.	3100000	300	80		
8.	3000000	280	70		
9.	2900000	270	65		
10.	2800000	250	50		
11.	3800000	420	210		
12.	3900000	440	220		
13.	4000000	460	430		
14.	4100000	480	440		
15.	4200000	500	450		

Задача №2

Одним із методів видалення фосфатів зі стічних вод є їх осадження за допомогою алюміній сульфату. Алюміній і фосфати можуть бути представлені різним речовинами. Використовуючи приведені нижче рівняння хімічного процесу:



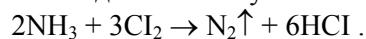
визначіть, яку масу алюміній сульфату необхідно закуповувати щорічно для обробки стічних вод, якщо відомі витрати води і концентрація PO_4^{3-} .

Визначіть масу осаду, який утворюється при повному осадженні фосфатів.

Варіант	PO_4^{3-} , % (мас)	Витрати води, $\text{м}^3/\text{годину}$	$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ кг	$m(\text{AlPO}_4)$, кг
1.	$3 \cdot 10^{-3}$	40		
2.	$3,1 \cdot 10^{-3}$	42		
3.	$3,2 \cdot 10^{-3}$	44		
4.	$3,3 \cdot 10^{-3}$	46		
5.	$3,4 \cdot 10^{-3}$	48		
6.	$3,5 \cdot 10^{-3}$	50		
7.	$2,9 \cdot 10^{-3}$	38		
8.	$2,8 \cdot 10^{-3}$	36		
9.	$2,7 \cdot 10^{-3}$	34		
10.	$2,6 \cdot 10^{-3}$	32		
11.	$2,5 \cdot 10^{-3}$	30		
12.	$3,6 \cdot 10^{-3}$	41		
13.	$3,7 \cdot 10^{-3}$	43		
14.	$3,8 \cdot 10^{-3}$	45		
15.	$3,9 \cdot 10^{-3}$	47		

Задача №3

Видалення аміаку зі стічних вод можна здійснити шляхом його окиснення хлором до газоподібного азоту:



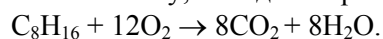
Визначіть масу та об'єм хлору (н. у.), необхідного для обробки заданого об'єму стічних вод із відомим вмістом аміаку.

Варіант	Вміст NH ₃ , мг/л	Об'єм стічних вод, м ³	m(Cl ₂), кг	V(Cl ₂), л
1.	2	1		
2.	3	2		
3.	4	3		
4.	5	4		
5.	1	5		
6.	2,5	6		
7.	3,5	7		
8.	4,5	8		
9.	5,5	10		
10.	2,25	1		
11.	3,75	2		
12.	1,75	3		
13.	1,5	4		
14.	3,25	5		
15.	4,25	6		

Задача №4

Бензин – це суміш вуглеводнів плюс домішки. Допустимо, що хімічний склад бензину приблизно відповідає C₈H₁₆.

Визначіть масу та об'єм (н. у.) кисню та повітря, які необхідні для згорання заданої маси бензину, виходячи з рівняння:



Примітка: у повітрі міститься 23,2% (за масою) кисню, густина повітря 1,293г/л (н. у.).

Варіант	m (C ₈ H ₁₆), кг	m (O ₂), кг	V (O ₂), л	m (повітря), кг	V (повітря), л
1.	1,0				
2.	2,5				
3.	3,5				
4.	4,3				
5.	5,6				
6.	6,7				
7.	7,8				
8.	8,9				
9.	9,1				
10.	10,2				
11.	11,3				
12.	12,4				
13.	13,5				
14.	14,6				
15.	15,2				

Задача №5

Розрахуйте річну потребу в NH₄OH для нейтралізації NO₂ за реакцією:



на ТЕС потужністю 1000МВт, яка працює на одному з видів палива, приймаючи, що відомі річні викиди NO₂ в атмосферу.

Також визначіть, яку масу аміачної селітри можна отримати при цьому за рік.

Варіант	Паливо	Викиди NO ₂ , тис. т/рік	m (NH ₄ OH), т	m (NH ₄ NO ₃), т/рік
1.	газ	12,08		
2.	газ	13,00		
3.	газ	14,00		
4.	газ	15,00		
5.	газ	12,50		
6.	газ	13,50		

7.	мазут	21,70		
8.	мазут	21,50		
9.	мазут	22,00		
10.	мазут	22,50		
11.	вугілля	20,88		
12.	вугілля	21,00		
13.	вугілля	21,80		
14.	вугілля	23,00		
15.	вугілля	23,50		

Задача №6

Розрахуйте річну потребу в $\text{Ca}(\text{OH})_2$ для нейтралізації SO_2 за реакцією:



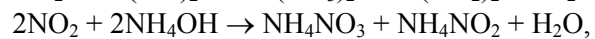
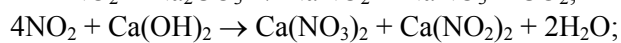
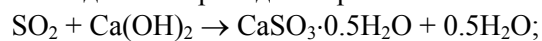
на ТЕС потужністю 1000МВт, яка працює на одному з видів палива, приймаючи, що відомі річні викиди SO_2 в атмосферу.

Зробіть висновок, яке паливо дає найменше викидів у повітря.

Варіант	Паливо	Викиди SO_2 , тис. т/рік	m ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), т
1.	вугілля	139	
2.	вугілля	142	
3.	вугілля	140	
4.	вугілля	138	
5.	вугілля	137	
6.	вугілля	135	
7.	вугілля	130	
8.	мазут	52	
9.	мазут	50	
10.	мазут	48	
11.	газ	0,01	
12.	газ	0,015	
13.	газ	0,0125	
14.	газ	0,0115	
15.	газ	0,0135	

Задача №7

Розрахуйте річні викиди NO_2 або SO_2 на теплових електростанціях за одним із приведених рівнянь:

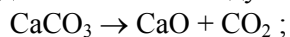


якщо відомі витрати $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 або NH_4OH для нейтралізації заданого газу.

Варіант	$m(\text{Ca}(\text{OH})_2)$, т	$m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$, т	$m(\text{NH}_4\text{OH})$, т	Викиди NO_2 , т/рік	Викиди SO_2 , т/рік
1.	10	–	–	?	–
2.	–	10	–	?	–
3.	–	–	10	?	–
4.	15	–	–	–	?
5.	–	15	–	?	–
6.	–	–	15	?	–
7.	20	–	–	–	?
8.		20		?	–
9.	–	–	20	?	–
10.	12,5	–		–	?
11.	–	12,5	–	?	–
12.	–	–	12,5	?	–
13.	17,5			–	?
14.	–	17,5	–	?	–
15.	–	–	17,5	?	–

Задача №8

Визначить об'єм CO_2 та маси CaO і MgO , які утворюються при випалюванні вапняку заданої маси та складу за рівняннями:



Варіант	m(вапняк) кг	Склад вапняку, %			V (CO_2), м^3	m (CaO), кг	m (MgO), кг
		CaCO_3	MgCO_3	SiO_2			
1.	1000	82	13	5			
2.	1100	82	14	4			
3.	1200	82	12	6			
4.	1300	82	15	3			
5.	1400	84	12	4			
6.	1500	84	11	5			
7.	900	83	10	7			
8.	800	83	11	6			
9.	700	81	10	9			
10.	600	81	11	8			
11.	500	81	12	7			
12.	1600	80	14	6			
13.	1700	80	15	5			
14.	1800	80	16	4			
15.	1900	80	13	7			

Задача №9

Зробіть розрахунки невідомих величин для заданого розчину, а також розрахуйте масу сульфатної кислоти або $\text{Ca}(\text{OH})_2$, яку необхідно витратити для нейтралізації розчину відомого об'єму, використовуючи приведені нижче відомості (рівняння), тобто заповніть у таблиці всі клітинки у відповідності зі своїм варіантом.

Коефіцієнт активності f у розчинах сильних електролітів дорівнює 1; $C(\text{HCl}) = [\text{H}^+]$; $C(\text{NaOH}) = [\text{OH}^-]$;

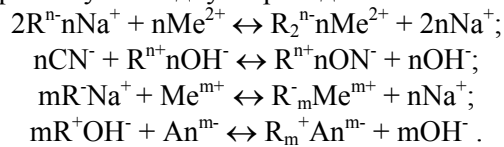
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]; \text{іонний добуток води } K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14};$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14.$$

Варіант	Об'єм розчину речовини	Концентрація розчину, моль/л	[H ⁺], моль/л	[OH ⁻], моль/л	pH	pOH	m (H ₂ SO ₄), кг	m (Ca(OH) ₂), кг
1.	1л HCl	10 ⁻²						
2.	1л NaOH	10 ⁻¹						
3.	2л HCl		10 ⁻³					
4.	2л NaOH		10 ⁻¹³					
5.	2л KOH		10 ⁻¹²					
6.	3л HCl			10 ⁻¹²				
7.	3л NaOH			10 ⁻²				
8.	3л KOH			10 ⁻³				
9.	4л HCl				2			
10.	4л NaOH				11			
11.	4л KOH				12			
12.	5л HCl					13		
13.	5л NaOH					5		
14.	5л KOH					4		
15.	1л KOH	10 ⁻³						

Задача №10

Розрахуйте зменшення концентрації заданих іонів у стічних водах після відповідного іонування, якщо концентрація іонів, віділених із іоніту зросла на відому величину. Для розрахунків необхідно використовувати одну з приведених схем іонування:

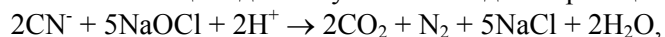


Варіант	Іоніт	Концентрація іонів зменшилась на, мг/л	Концентрація іонів збільшилась на, мг/л
1.	ОН-аніоніт	CN ⁻	ОН ⁻ , 34
2.	ОН-аніоніт	Cr ₂ O ₇ ²⁻	ОН ⁻ , 36

3.	ОН-аніоніт	$C_6H_5O^-$	ОН, 38
4.	ОН-аніоніт	$[Fe(C_6H_5O)_6]^{3-}$	ОН, 40
5.	ОН-аніоніт	Br^-	ОН, 30
6.	ОН-аніоніт	AsO_3^{3-}	ОН, 32
7.	Na-катіоніт	Sr^{2+}	Na^+ , 92
8.	Na-катіоніт	Cd^{2+}	Na^+ , 46
9.	Na-катіоніт	Hg^{2+}	Na^+ , 69
10.	Na-катіоніт	Cu^{2+}	Na^+ , 44
11.	Na-катіоніт	Al^{3+}	Na^+ , 50
12.	Na-катіоніт	Cr^{3+}	Na^+ , 55
13.	Na-катіоніт	Hg^+	Na^+ , 42
14.	Na-катіоніт	Ti^{4+}	Na^+ , 48
15.	Na-катіоніт	Pb^{2+}	Na^+ , 52

Задача №11

Розрахуйте теоретичну погодинну витрату натрій гіпохлориту ($NaClO$) на окиснення ціанід-іонів у стічних водах за реакцією:



якщо відомий добовий викид стічних вод та концентрація ціанід-іонів у воді.

Варіант	Витрати води, м ³ /доба	$[CN^-]$, мг/л	m ($NaClO$), кг/годину
1.	1000	26	
2.	900	25	
3.	800	24	
4.	700	23	
5.	500	22	
6.	1100	21	
7.	1200	20	
8.	1300	27	
9.	1500	28	
10.	1000	29	
11.	900	30	
12.	600	25	

13.	700	26	
14.	800	27	
15.	1100	28	

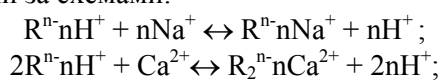
Задача №12

Розрахуйте карбонатну, некарбонатну й загальну твердість води, яка містить:

Варіант	Вміст, мг/л				Твердість, ммоль-екв/л		
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	карбонатна	некарбонатна	загальна
1.	40	24	122	71			
2.	60	36	183	106,5			
3.	40	36	122	106,5			
4.	60	24	183	71			
5.	20	24	61	71			
6.	30	24	91,5	71			
7.	50	36	152,5	106,5			
8.	20	48	61	142			
9.	20	36	61	106,5			
10.	30	48	91,5	142			
11.	40	48	122	142			
12.	50	24	152,5	71			
13.	60	48	183	142			
14.	50	48	152,5	142			
15.	40	60	122	177,5			

Задача №13

Розрахуйте зміну вмісту солей у воді, в якій були розчинені солі NaCl і CaCl₂, після Н-катіонування і ОН-аніонування, якщо при цьому утворилася задана кількість води. При Н-катіонуванні проходить обмін іонів Н⁺ іоніта на катіони, а при ОН-аніонуванні – іонів ОН⁻ на аніони за схемами:

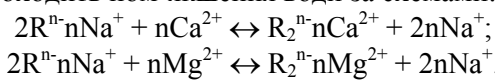




Варіант	Вміст, ммоль/л		Утворилось води, ммоль/л	Зміна вмісту солей, мг/л
	NaCl	CaCl ₂		
1.	2	1	4	
2.	1	2	5	
3.	1	2	3	
4.	2	1,5	5	
5.	1,5	1,5	4,5	
6.	2,5	1	4,5	
7.	1	2,5	6	
8.	2,5	1,5	5,5	
9.	2,5	0,5	3,5	
10.	2	0,5	3	
11.	0,5	1,5	3,5	
12.	0,5	2	4,5	
13.	0,5	2,5	5,5	
14.	1	1	3	
15.	1,5	1	3,5	

Задача №14

Розрахуйте зміну твердості води в результаті Na-катіонування, якщо концентрація іонів Na⁺ у воді збільшилась. При Na-катіонуванні проходить пом'якшення води за схемами:



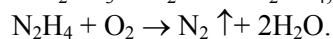
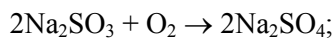
Примітка: прийняти, що твердість води обумовлена тільки іонами Ca²⁺ або Mg²⁺.

Варіант	Збільшення концентрації Na ⁺ , мг/л	Іони	Зміна твердості води, ммоль-екв/л
1.	46	Ca ²⁺	
2.	34,5	Ca ²⁺	
3.	23	Mg ²⁺	

4.	40	Ca ²⁺	
5.	30	Mg ²⁺	
6.	25	Mg ²⁺	
7.	35	Ca ²⁺	
8.	42	Ca ²⁺	
9.	38	Mg ²⁺	
10.	45	Ca ²⁺	
11.	50	Mg ²⁺	
12.	52	Ca ²⁺	
13.	27	Mg ²⁺	
14.	37	Mg ²⁺	
15.	41	Ca ²⁺	

Задача №15

Для видалення розчиненого кисню з води з метою запобігання корозії використовують спосіб обробки натрій сульфітом і гіdraзином:



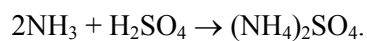
Розрахуйте теоретичну кількість гіdraзину, яку необхідно ввести в 1л води із заданим вмістом кисню, якщо у воду попередньо внесли відому масу Na₂SO₃.

Варіант	Вміст O ₂ , мг/л	Внесли Na ₂ SO ₃ , мг	Кількість гіdraзину, ммоль
1.	48	189	
2.	32	126	
3.	48	123	
4.	32	150	
5.	64	250	
6.	64	350	
7.	32	400	
8.	40	420	
9.	56	450	
10.	64	460	

11.	24	150	
12.	32	180	
13.	40	200	
14.	48	250	
15.	56	190	

Задача №16

У газових викидах коксохімічного виробництва заданого об'єму є аміак. Для поглинання аміаку використовують розчин сульфатної кислоти:



Яку масу $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ можна отримати за одну добу, якщо відомий ступінь поглинання?

Варіант	Об'єм газових викидів, м ³ /годину	Вміст аміаку (н.у.),% об	Ступінь поглинання, %	Маса $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, кг
1.	50000	0,50	95	
2.	51000	0,54	96	
3.	52000	0,55	94	
4.	53000	0,51	93	
5.	54000	0,52	92	
6.	55000	0,53	95	
7.	56000	0,57	96	
8.	57000	0,56	94	
9.	58000	0,60	93	
10.	59000	0,68	92	
11.	60000	0,59	95	
12.	49000	0,61	96	
13.	48000	0,49	94	
14.	47000	0,48	93	
15.	46000	0,47	92	

Задача №17

Гранично допустима концентрація (ГДК) фенолу у місцях водокористування складає 0,001мг/л. Розрахуйте, у скільки разів концентрація фенолу буде перевищувати гранично допустиму, якщо у водоймище, що вміщує заданий об'єм води, із стічними водами коксохімічного виробництва скинуто відому масу фенолу.

Варіант	Об'єм водоймища, м ³	Скинуто фенолу, кг	Концентрація фенолу перевищує ГДК, разів
1.	10 ⁴	4,7	
2.	2·10 ⁴	4,8	
3.	3·10 ⁴	4,9	
4.	4·10 ⁴	5,0	
5.	5·10 ⁴	5,1	
6.	6·10 ⁴	5,2	
7.	7·10 ⁴	5,3	
8.	8·10 ⁴	5,4	
9.	9·10 ⁴	5,5	
10.	10 ⁵	5,6	
11.	5·10 ³	4,0	
12.	6·10 ³	4,1	
13.	7·10 ³	4,2	
14.	8·10 ³	4,3	
15.	9·10 ³	4,4	

Задача №18

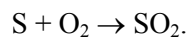
Розрахуйте об'єм карбон діоксиду, повернутого в кругообіг Карбону в результаті діяльності метаноокиснюючих бактерій, якщо ними було поглинуто з повітря задану масу метану. Процес біологічного окиснення метану проходить ступінчато за схемою:



Варіант	Поглинуто метану, т	Об'єм CO ₂ (н. у.), м ³
1.	4,8	
2.	4,9	
3.	5,0	
4.	5,1	
5.	5,2	
6.	5,3	
7.	5,4	
8.	5,5	
9.	4,5	
10.	4,6	
11.	4,7	
12.	4,4	
13.	4,3	
14.	4,2	
15.	4,1	

Задача №19

Котельня спалює за добу задану масу вугілля з відомим вмістом Сульфуру:



Розрахуйте в газових викидах вміст сульфур діоксиду, якщо відомий об'єм викидів.

Варіант	Спалено вугілля, т/доба	Вміст S, % мас.	Об'єм викидів, м ³ /рік	Вміст SO ₂ у газових викидах, %	
				за добу	за рік
1.	10	0,050	100000		
2.	11	0,051	110000		
3.	12	0,052	130000		
4.	13	0,053	120000		
5.	14	0,054	150000		
6.	15	0,055	140000		
7.	16	0,055	170000		

8.	17	0,054	160000		
9.	18	0,053	190000		
10.	19	0,052	180000		
11.	20	0,050	210000		
12.	9	0,049	800000		
13.	8	0,047	900000		
14.	7	0,049	600000		
15.	6	0,050	700000		

Задача №20

При виробництві сульфатної кислоти, із метою недопущення попадання SO₂ в атмосферу, використовують активоване вугілля (адсорбент). Із адсорбованого SO₂ отримують сульфатну кислоту з відомою масовою часткою кислоти. Вміст SO₂ у газових викидах до і після очищення відомий. Яку масу розчину сульфатної кислоти отримали, якщо відомий об'єм газових викидів?

Варіант	Об'єм газових викидів, м ³ /година	Вміст SO ₂ до очищення, % об	Вміст SO ₂ після очищення, % об	Масова частка H ₂ SO ₄ , %	Маса розчину H ₂ SO ₄ , кг/година
1.	120000	0,20	0,0020	25	
2.	101000	0,21	0,0022	26	
3.	102000	0,22	0,0021	27	
4.	103000	0,23	0,0024	28	
5.	104000	0,24	0,0023	29	
6.	105000	0,25	0,0026	30	
7.	106000	0,24	0,0025	29	
8.	107000	0,23	0,0024	28	
9.	108000	0,22	0,0023	27	
10.	109000	0,21	0,0022	26	
11.	110000	0,20	0,0019	25	
12.	111000	0,21	0,0020	24	
13.	112000	0,22	0,0021	23	
14.	113000	0,23	0,0022	22	
15.	114000	0,24	0,0023	21	

Задача №21

При виробництві сульфатної кислоти, із метою недопущення попадання SO₂ в атмосферу, використовують в якості адсорбенту активоване вугілля. Із адсорбованого за одну годину SO₂ отримали певну масу розчину сульфатної кислоти із відомою масовою часткою кислоти. Вміст SO₂ у газових викидах до і після очищення відомий. Який об'єм газових викидів пройшов через адсорбент за одну годину?

Варіант	Маса розчину сульфатної кислоти, кг	Масова частка H ₂ SO ₄ , %	Вміст SO ₂ до очищення, % об	Вміст SO ₂ після очищення, % об	Об'єм газових викидів, м ³ /годину
1.	4000	26	0,19	0,0018	
2.	4100	27	0,20	0,0019	
3.	4200	28	0,21	0,0017	
4.	4300	29	0,22	0,0016	
5.	4400	30	0,23	0,0015	
6.	4500	25	0,24	0,0017	
7.	4600	26	0,25	0,0016	
8.	4400	27	0,24	0,0018	
9.	4500	28	0,23	0,0019	
10.	4300	29	0,22	0,0020	
11.	4200	30	0,21	0,0019	
12.	4100	29	0,20	0,0021	
13.	4000	28	0,19	0,0018	
14.	3900	27	0,18	0,0019	
15.	3800	26	0,17	0,0018	

Задача №22

Один із методів очищення коксових газів від нітроген (II) оксиду – це використання метану:



Який об'єм метану використовується для очищення заданого об'єму коксових газів, якщо відомий вміст нітроген (II) оксиду?

Варіант	Об'єм коксових газів (н.у.), м ³	Вміст NO (н.у.), см ³ /м ³	Об'єм метану (н.у.), м ³
1.	13·10 ⁴	6,0	
2.	14·10 ⁴	6,1	
3.	15·10 ⁴	6,2	
4.	16·10 ⁴	6,3	
5.	17·10 ⁴	6,4	
6.	18·10 ⁴	6,5	
7.	19·10 ⁴	6,1	
8.	2·10 ⁵	6,2	
9.	11·10 ⁴	6,3	
10.	12·10 ⁴	6,4	
11.	21·10 ⁴	6,5	
12.	22·10 ⁴	6,4	
13.	23·10 ⁴	6,3	
14.	24·10 ⁴	6,2	
15.	25·10 ⁴	6,1	

Задача №23

Одним із методів очищення коксових газів від NO є використання метану:



Який об'єм метану використовується для очищення заданого об'єму коксових газів за вказаних умов, якщо відомий вміст NO?

Вариант	Коксовий газ			Вміст NO (н.у.), $\text{см}^3/\text{м}^3$	Метан		
	Об'єм, м^3	Тиск, Па	Температура, $^{\circ}\text{C}$		Температура, $^{\circ}\text{C}$	Тиск, Па	Об'єм, м^3
1.	$14 \cdot 10^4$	$1,012 \cdot 10^5$	40	6	25	$2,026 \cdot 10^5$	
2.	$15 \cdot 10^4$	$1,024 \cdot 10^5$	41	7	24	$1,90 \cdot 10^5$	
3.	$16 \cdot 10^4$	$1,025 \cdot 10^5$	39	5	23	$1,95 \cdot 10^5$	
4.	$17 \cdot 10^4$	$1,03 \cdot 10^5$	38	4	22	$2,00 \cdot 10^5$	
5.	$14 \cdot 10^4$	$1,035 \cdot 10^5$	37	6	21	$2,10 \cdot 10^5$	
6.	$19 \cdot 10^4$	$1,04 \cdot 10^5$	36	7	20	$2,20 \cdot 10^5$	
7.	$20 \cdot 10^4$	$1,05 \cdot 10^5$	35	8	19	$2,25 \cdot 10^5$	
8.	$21 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$	42	5	18	$2,30 \cdot 10^5$	
9.	$12 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^5$	43	4	17	$2,35 \cdot 10^5$	
10.	$13 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$	44	6	19	$2,05 \cdot 10^5$	
11.	$14 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^5$	45	8	20	$2,15 \cdot 10^5$	
12.	$15 \cdot 10^4$	$1,25 \cdot 10^5$	46	7	21	$2,06 \cdot 10^5$	
13.	$16 \cdot 10^4$	$1,35 \cdot 10^5$	47	5	22	$2,07 \cdot 10^5$	
14.	$17 \cdot 10^4$	$1,45 \cdot 10^5$	48	6	23	$2,08 \cdot 10^5$	
15.	$18 \cdot 10^4$	$1,55 \cdot 10^5$	50	8	24	$2,09 \cdot 10^5$	

Задача №24

Тверда фаза ґрунту складається з мінеральних і органічних сполук. Середній хімічний склад (%) твердої фази ґрунту за А. В. Виноградовим представлений нижче у таблиці. Вирахуйте вміст (у % і г/кг ґрунту) заданого елемента у ґрунті та охарактеризуйте його біологічну активність.

Вміст елемента, %	Варіант														
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
O	49,0	49,1	49,1	49,0	49,1	49,1	49,0	49,1	49,0	49,1	49,0	49,1	49,0	49,1	49,0
Si	33,0	32,9	32,9	33,0	32,9	33,0	32,9	33,0	32,9	33,0	32,9	33,0	32,9	33,0	32,9
Al	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Fe	?	3,7	3,7	3,65	3,69	3,68	3,67	3,66	?	3,65	3,64	3,63	3,62	3,61	3,7
C	2,0	?	2,05	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,05	?	2,05	2,07	2,06	2,05	2,04
Ca	1,3	1,3	?	1,3	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,29	?	1,3	1,29	1,28	1,29
K	1,3	1,29	1,3	?	1,31	1,31	1,30	1,32	1,33	1,31	1,32	?	1,33	1,34	1,29
H	0,50	0,49	0,49	0,48	?	0,47	0,49	0,48	0,50	0,47	0,48	0,49	?	0,47	0,50
Mg	0,63	0,63	0,61	0,62	0,60	?	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,60	0,61	?	0,62
P	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,09	?	0,08	0,09	0,07	0,09	0,08	0,09	0,08	?
S	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	?	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,09	0,07
Інші ЕЛЕМЕНТИ	1,36	1,28	1,32	1,40	1,47	1,24	1,46	1,24	1,44	1,24	1,43	1,25	1,44	1,35	1,41

Задача №25

Хімічний склад живого організму (%) представлений нижче в таблиці. Вирахуйте вміст заданого елемента (у %, г/кг). Охарактеризуйте фізіологічну роль заданого елемента в організмі тварин.

Вміст елемента, % (на живу вагу)	Варіант														
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
O	62,43	62,44	62,43	62,44	62,43	62,45	62,44	62,44	62,43	62,47	62,44	62,43	?	62,43	62,45
C	?	21,15	21,15	21,15	21,15	21,00	21,16	21,15	21,15	21,00	21,15	21,15	21,05	?	21,00
H	9,86	?	9,85	9,85	9,86	9,85	9,87	9,88	9,87	9,84	9,85	9,86	9,86	9,85	?
N	3,10	3,10	?	3,05	3,05	3,10	3,09	3,09	3,08	3,07	3,09	3,10	3,08	3,07	3,07
Ca	1,90	1,91	1,90	?	1,91	1,90	1,91	1,90	1,92	1,93	1,91	1,92	1,90	1,91	1,92
P	0,95	0,94	0,95	0,95	?	0,95	0,94	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,96	0,95	0,94
K	0,23	0,23	0,22	0,21	0,21	?	0,22	0,23	0,21	0,22	0,23	0,21	0,22	0,23	0,21
S	0,080	0,079	0,080	0,085	0,085	0,086	?	0,087	0,082	0,083	0,084	0,079	0,078	0,080	0,081
Cl	0,080	0,080	0,080	0,075	0,075	0,074	0,075	?	0,079	0,078	0,077	0,079	0,080	0,081	0,075
Na	0,081	0,082	0,079	0,079	0,080	0,081	0,082	0,080	?	0,081	0,079	0,082	0,079	0,080	0,081
Mg	0,027	0,027	0,026	0,028	0,027	0,028	0,027	0,028	0,029	?	0,027	0,028	0,029	0,028	0,027
J	0,014	0,014	0,013	0,012	0,015	0,014	0,012	0,018	0,014	0,015	?	0,014	0,013	0,016	0,015
F	0,009	0,009	0,008	0,007	0,008	0,009	0,008	0,007	0,009	0,008	0,009	?	0,007	0,008	0,009
Інші елементи	0,139	0,139	0,177	0,16	0,25	0,238	0,079	0,082	0,136	0,226	0,08	0,069	0,204	0,167	0,268

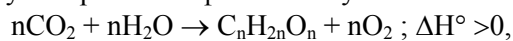
Задача №26

Вирахуйте середній вміст елементу (у %) у відповідності із заданим варіантом. До яких елементів (мікро- чи макро-) і чому він відноситься?

Варіант	Елемент	Середній вміст у біосфері, мг/кг			Середній вміст у біосфері, %		
		Літосфера	Ґрунт	Рослини (попіл)	Літосфера	Ґрунт	Рослини (попіл)
1.	B	12	10	400			
2.	F	660	200	10			
3.	Na	25000	6300	20000			
4.	Mg	18700	6300	70000			
5.	P	930	800	70000			
6.	S	470	850	50000			
7.	Cr	83	200	250			
8.	Mn	1000	850	750			
9.	Co	18	10	15			
10.	Ni	58	40	50			
11.	Cu	47	20	200			
12.	Zn	85	50	900			
13.	Mo	1,1	2,0	20,0			
14.	J	0,4	5,0	50,0			
15.	U	2,5	1,0	0,5			

Задача №27

Використовуючи рівняння фотосинтезу:



розрахуйте і заповніть пропуски даних у таблиці балансу обміну речовин і енергії (створення 1т приросту фітомаси у сосновому лісі в абсолютно сухому стані).

Варіант	Лісом поглинуто					
	CO ₂ із повітря, т	Води з ґрунту на створення органічної речовини, т	Води для транспірації, т	Води для зволоження тканин, т	Затрачено сонячної енергії на фотосинтез, кДж	Затрачено сонячної енергії на транспірацію, кДж
1	1,84	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
2	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
3	?	0,5	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
4	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
5	1,5	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	?
6	?	0,9	450	1,15	?	1,11·10 ⁹
7	?	?	450	?	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
8	?	?	?	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
9	1,6	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
10	?	1,2	450	1,15	?	1,11·10 ⁹
11	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	?
12	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
13	1,7	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
14	?	0,7	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
15	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
Лісом повернуто (вироблено)						
Варіант	Виділено O ₂ в атмосфері, т	Створено органічної речовини, т	Виділено водяної пари в атмосфері, т	Вода, що утримується тканинами, т	Накопичено енергії у деревині, кДж	Запас енергії у водяній парі, кДж
1	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	?
2	?	1,0	450	1,15	?	1,11·10 ⁹
3	?	?	450	?	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
4	1,0	?	?	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
5	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
6	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
7	0,8	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
8	?	0,7	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
9	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹
10	?	?	450	1,15	2,1·10 ⁷	1,11·10 ⁹

11	1,3	?	450	1,15	$2,1 \cdot 10^7$	$1,11 \cdot 10^9$
12	?	1,4	?	1,15	$2,1 \cdot 10^7$	$1,11 \cdot 10^9$
13	?	?	450	?	$2,1 \cdot 10^7$	$1,11 \cdot 10^9$
14	?	?	450	1,15	?	$1,11 \cdot 10^9$
15	1,2	?	450	1,15	$2,1 \cdot 10^7$?

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Студенти заочної форми навчання виконують письмову контрольну роботу. Завдання на контрольну роботу студенти отримують у викладача під час першої сесії. Варіанти завдань вибираються з таблиці за останніми двома цифрами номера залікової книжки.

Наприклад, якщо номер залікової книжки **02521** то студент виконує варіант завдання за шифром **21**, а саме:

- **Контрольні питання : № 5, 12, 17, 63, 92;**
- **Контрольні задачі:**
 - 2(4) – Задача № 2 (варіант 4);**
 - 4(5) – Задача № 4 (варіант 5);**
 - 12(1) – Задача № 12 (варіант 1);**
 - 14(6) – Задача № 14 (варіант 6);**
 - 17(7) – Задача № 17 (варіант 7);**
 - 21(8) – Задача № 21 (варіант 8).**

Перелік завдань даний у відповідній частині даного посібника (див. **Контрольна робота: Контрольні питання і контрольні задачі**).

Робота виконується самостійно і здається на перевірку до екзаменаційної сесії. Після перевірки проводиться співбесіда зі студентом. При позитивній оцінці співбесіди, здачі звітів із лабораторних робіт, студент допускається до заліку. Залік проводиться в письмовій формі.

Таблиця **Варіанти контрольних завдань**

Шифр	Контрольні питання					Контрольні задачі					
	1	3	51	71	94	1(1)	3(5)	15(2)	17(3)	18(2)	20(14)
00	2	4	6	8	10	1(2)	4(12)	5(11)	12(4)	13(4)	27(1)
01	3	51	71	78	91	1(3)	5(15)	6(7)	9(1)	17(6)	23(3)
02	4	16	18	21	42	4(1)	12(1)	14(5)	16(2)	18(4)	24(1)
03	5	17	29	31	43	2(3)	3(7)	15(2)	17(1)	19(5)	25(2)
04	6	18	19	22	44	3(3)	5(9)	7(13)	19(7)	21(4)	26(2)

Продовження таблиці . *Варіанти контрольних завдань*

06	7	9	11	13	25	2(3)	11(4)	18(1)	19(2)	23(5)	27(6)
07	19	21	23	35	43	6(8)	10(9)	19(7)	20(2)	24(6)	27(8)
08	10	12	24	36	44	2(4)	3(4)	8(5)	12(8)	14(3)	19(6)
09	11	13	25	37	46	5(1)	7(5)	11(2)	13(4)	15(4)	19(7)
10	12	24	28	41	52	1(6)	5(3)	9(2)	12(2)	16(4)	21(6)
11	3	15	20	30	51	3(2)	4(5)	14(2)	15(4)	19(4)	22(6)
12	4	13	22	31	50	4(6)	8(4)	12(1)	16(8)	18(3)	23(7)
13	5	14	23	32	61	1(3)	9(12)	10(2)	17(3)	19(6)	24(5)
14	6	15	33	44	55	6(8)	7(3)	11(6)	12(15)	13(14)	15(5)
15	7	16	41	51	62	3(7)	8(6)	9(7)	10(2)	11(15)	16(1)
16	8	17	45	56	67	2(7)	5(11)	10(5)	13(4)	14(5)	17(6)
17	9	25	36	57	68	3(8)	4(13)	11(8)	12(7)	19(6)	21(8)
18	15	26	37	48	59	2(1)	11(7)	12(5)	17(11)	24(7)	26(2)
19	16	27	38	49	71	1(8)	2(13)	3(8)	14(15)	15(3)	20(4)
20	17	28	39	41	81	2(1)	3(4)	4(9)	15(8)	19(8)	21(4)
21	5	12	17	63	92	2(4)	4(5)	12(1)	14(6)	17(7)	21(8)
22	19	30	41	62	93	1(4)	5(7)	14(3)	18(9)	20(1)	23(8)
23	10	21	32	43	84	1(5)	4(6)	8(15)	12(9)	18(7)	24(1)
24	13	32	53	64	85	4(1)	13(5)	14(1)	15(12)	17(6)	25(5)
25	12	23	34	45	74	3(6)	5(8)	11(3)	13(2)	19(12)	26(7)
26	3	24	35	44	63	2(9)	11(3)	14(2)	19(11)	20(3)	27(2)
27	4	15	34	53	62	1(4)	3(12)	9(14)	11(4)	17(9)	21(3)
28	5	14	23	42	81	4(2)	9(2)	14(5)	17(11)	26(3)	27(4)
29	6	18	60	72	94	2(9)	3(5)	4(13)	5(8)	15(4)	23(5)
30	7	19	39	49	61	6(1)	7(12)	9(13)	16(2)	17(3)	21(7)
31	14	23	42	61	90	9(2)	10(5)	15(2)	17(12)	19(6)	22(7)
32	16	27	48	69	91	1(2)	2(12)	3(11)	5(14)	14(2)	23(4)
33	11	26	37	48	92	3(6)	11(2)	12(9)	13(2)	19(1)	24(3)
34	4	25	36	57	88	2(9)	10(4)	11(8)	15(3)	17(13)	25(2)
35	2	21	32	43	84	5(3)	6(11)	7(14)	8(12)	19(7)	26(1)
36	21	32	43	54	75	6(4)	9(5)	11(7)	13(9)	21(2)	27(8)
37	15	33	51	69	77	5(1)	13(2)	14(3)	17(11)	23(7)	24(1)

Продовження таблиці *.Варіанти контрольних завдань*

38	14	32	40	58	86	4(6)	12(4)	13(5)	17(1)	18(3)	23(8)
39	2	13	44	49	77	7(8)	8(2)	9(5)	10(2)	11(9)	20(12)
40	3	14	45	56	78	8(9)	9(2)	10(1)	12(2)	21(6)	23(4)
41	10	23	39	48	65	1(4)	3(2)	13(7)	15(4)	19(7)	22(12)
42	11	22	43	54	82	2(11)	12(8)	14(6)	18(2)	24(2)	27(11)
43	12	33	44	65	91	3(2)	4(3)	6(4)	15(1)	16(5)	24(13)
44	13	24	35	41	92	2(3)	4(6)	5(7)	6(2)	17(4)	25(1)
45	14	25	31	42	73	4(1)	5(9)	6(1)	7(12)	8(13)	16(2)
46	15	31	42	73	84	5(2)	6(11)	7(12)	8(5)	19(3)	27(8)
47	1	25	40	65	90	1(5)	5(2)	10(9)	11(5)	14(8)	18(9)
48	5	15	42	59	83	1(8)	2(10)	6(12)	12(1)	15(8)	19(8)
49	3	16	39	42	85	2(9)	9(13)	17(3)	18(4)	22(3)	26(8)
50	2	24	37	41	84	4(1)	7(6)	14(5)	15(8)	25(2)	27(4)
51	7	14	52	60	71	1(9)	4(5)	13(1)	14(7)	16(3)	22(15)
52	9	19	37	47	59	4(9)	14(5)	19(2)	20(1)	21(4)	26(3)
53	1	18	45	52	88	3(7)	5(12)	7(13)	13(3)	19(2)	24(7)
54	8	39	50	62	84	1(7)	2(9)	5(12)	13(8)	21(8)	25(7)
55	12	23	45	68	71	1(12)	4(13)	12(1)	15(6)	17(5)	26(12)
56	4	28	31	53	82	2(10)	11(3)	14(8)	15(5)	19(2)	27(7)
57	9	34	48	61	73	1(12)	2(10)	4(11)	14(9)	15(3)	26(13)
58	10	39	44	87	91	1(3)	2(6)	10(7)	11(1)	14(1)	21(13)
59	11	20	39	49	68	3(1)	13(7)	15(2)	17(3)	21(8)	26(9)
60	12	41	50	69	84	8(9)	11(2)	13(5)	16(2)	18(9)	21(15)
61	13	32	51	60	90	4(6)	8(12)	11(3)	13(4)	22(9)	27(15)
62	14	33	42	61	77	5(9)	4(9)	8(2)	11(7)	13(6)	23(12)
63	15	24	43	62	76	2(10)	9(3)	14(3)	18(2)	21(4)	24(13)
64	21	35	44	63	82	5(11)	6(10)	9(7)	14(7)	18(6)	25(3)
65	12	41	55	74	83	7(12)	11(7)	12(3)	19(8)	24(1)	27(9)
66	6	28	54	69	89	1(11)	3(12)	13(4)	14(3)	15(8)	23(7)
67	4	22	36	58	74	9(3)	10(2)	11(3)	12(8)	13(2)	18(9)
68	5	24	32	46	78	8(4)	9(12)	10(1)	14(7)	19(6)	24(5)
69	3	19	45	54	82	6(1)	8(13)	12(4)	14(9)	18(1)	20(13)

Продовження таблиці. **Варіанти контрольних завдань**

70	11	23	37	61	75	4(12)	12(1)	16(12)	18(5)	24(3)	27(2)
71	12	31	49	53	71	5(12)	14(3)	15(2)	16(7)	18(3)	22(12)
72	3	32	43	51	68	4(11)	9(15)	10(3)	11(4)	12(3)	23(11)
73	4	23	32	53	61	1(8)	4(9)	9(15)	10(2)	19(2)	24(3)
74	15	43	54	62	83	1(12)	2(13)	8(12)	9(3)	17(1)	25(15)
75	7	35	43	54	82	3(14)	4(11)	5(13)	8(4)	15(3)	26(1)
76	10	27	45	53	84	6(12)	7(2)	11(3)	13(4)	18(7)	27(7)
77	11	30	47	65	76	1(4)	4(12)	7(9)	9(11)	13(4)	18(12)
78	9	41	60	77	85	1(13)	3(14)	4(12)	7(15)	11(9)	19(15)
79	5	23	27	32	44	2(12)	3(15)	7(6)	10(1)	13(8)	20(13)
80	4	19	41	71	92	1(3)	5(1)	13(8)	14(7)	15(7)	21(13)
81	13	18	43	79	81	3(12)	8(13)	9(3)	10(9)	11(1)	22(3)
82	12	17	25	47	58	4(6)	9(7)	10(3)	11(8)	22(7)	27(8)
83	8	19	29	67	89	2(13)	7(1)	11(7)	13(1)	18(4)	24(14)
85	10	13	38	43	93	13(2)	18(4)	19(1)	20(9)	23(1)	25(10)
86	12	43	45	63	74	12(4)	13(9)	18(7)	24(7)	25(9)	26(14)
87	15	44	54	62	75	1(1)	3(12)	13(7)	15(8)	17(4)	27(3)
88	1	10	11	67	90	5(11)	6(13)	8(8)	14(2)	19(3)	26(11)
89	11	53	58	64	86	7(10)	11(5)	12(1)	16(5)	20(4)	25(9)
90	23	42	51	71	82	9(6)	12(3)	15(6)	17(1)	19(8)	23(13)
91	15	37	50	60	84	3(9)	5(4)	7(10)	9(11)	11(4)	21(4)
92	18	28	32	49	72	1(5)	7(11)	15(2)	17(1)	19(3)	24(2)
93	9	29	60	72	88	4(7)	12(3)	16(12)	18(8)	20(1)	27(3)
94	5	34	44	55	77	6(11)	8(15)	9(7)	11(7)	19(7)	24(6)
95	6	25	47	74	83	8(6)	9(10)	10(9)	15(3)	17(8)	25(6)
96	8	24	49	63	91	1(12)	2(10)	4(5)	10(3)	19(6)	26(7)
97	11	22	39	72	85	7(2)	14(5)	15(14)	16(1)	18(2)	21(8)
98	10	39	45	62	87	5(6)	6(12)	14(3)	15(4)	17(2)	18(8)
99	12	46	59	70	79	1(5)	6(6)	14(4)	16(5)	22(1)	24(9)

Контрольна робота виконується в окремому зошиті.
Оформлення титульної сторінки:

**Контрольна робота з біогеохімії
студента заочної форми навчання
друго(третього) курсу екологічного факультету, група І
Сердюка Івана Івановича
Залікова книжка №02521**

Роботу перевірів: відмітка про залік, підпис, дата

Оформлення повинно бути акуратним, чітким з необхідними поясненнями, рівняннями, схемами та малюнками.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Основи екологічних знань. К.: "Либідь", 1997, 287 с.
2. Біогеохімія / Навчальний посібник за ред. В.І. Дорохова Житомир. ЖДТІ, 2003, 269 с.
3. Биосфера. Сб. под ред. чл-корр. АН СССР М.С.Гилярова М.: "Мир", 1972, 182 с.
4. Бокрис Дж.О.М. Химия окружающей среды. М.: "Химия", 1982, 663 с.
5. Вернадский В.И. Биосфера. Л.:1926.
6. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии .В кн.-Труды биогеохимической лаборатории, 1980, т.16, 456 с.
7. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. Киев:1969, 130 с.
8. Ивлев А.М. Биогеохимия. М.: "Высшая школа", 1986, 126 с.
9. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1989, 156 с.
10. Кумачов А.И., Кузьменок Н.М. Глобальная экология и химия /Науч. ред.В.В.Свиридова. – Мн.: Университетское, 1991.– 184 с.
11. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод М.:Химия", 1984, 447 с.
12. Методичні вказівки до лабораторних робіт з спецкурсу "Аналіз природних та стічних вод"/під ред. проф. Набиванця Б.Й. . Київ, 1993, 120 с.
13. Микроэлементы в окружающей среде / Под общ. ред. В.А. Власюка. – К.:Наукова думка, 1980 – 268 с.
14. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні. Київ, 1994, 298 с.
15. Никитин Д.Н., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек.– М.: Высшая школа, 1980.- 424 с.
16. Одум Ю. Экология: в 2 т. М.: 1986, Т.1. 200 с., Т.2. 220 с.
17. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: 1990, 638 с.

18. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочник .М.: "Химия", 1989, 368 с.
19. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. М.: "Химия", 1988, 320 с.
20. Сытник К.М., Брайон А.В., Гордецкий А.В. Биосфера. Экология. Охрана природы. – Справоч. пос./ Под ред. К.М. Сытника,- К.: Наукова думка, 1987.– 524 с.