

## ЛЕКЦІЯ 1

### ХІМІЧНІ ЧИННИКИ АТМОСФЕРИ ТА ГІДРОСФЕРИ

#### **Класифікація небезпечних хімічних речовин**

Хімічне забруднення є наростаючою загрозою існування навколишнього середовища.

Масштаби техногенного хімічного забруднення природного середовища не можна точно оцінювати, однак дані, що наводяться в літературі, свідчать про високу ціну, яку доводиться платити людині за успіхи, досягнуті в ході науково-технічного прогресу. Так, за один рік на Землі спалюється 7 млрд т умовного палива і виплавляється понад 800 млн т різних металів, що супроводжується виділенням у навколишнє середовище сотень млн т шкідливих речовин. Відомо, що в біосферу вже із середини сімдесятих років щорічно надходило 600 млн т токсичних газоподібних речовин, у тому числі оксиду вуглецю(II) - 200 млн т, сірчистого газу - 150 млн т, кілька млрд т різних аерозолів, 5500 млрд м<sup>3</sup> стічних вод.

Нині під токсикантами навколишнього середовища розуміють такі небезпечні хімічні речовини, які поширюються в навколишньому середовищі далеко за межі свого первісного місцеперебування і здійснюють прихований шкідливий вплив на тварин, рослини та згодом і на людину.

За визначенням: справжні токсиканти - це ті небезпечні речовини, які сама людина необачно включає в кругообіг природи. Основним ядром небезпечних речовин-токсикантів навколишнього середовища є пестициди. Ця загальна назва охоплює всі засоби боротьби зі шкідливими організмами.

Поняття «біоцид» часто поширюється на ті біологічно активні речовини, що потрапляють із промислових стічних вод у біологічний кругообіг речовин. Наприклад, НСТЧ - синильна кислота є інсектицидом, а тому також і біоцидом, але вона швидко випаровується і не може бути включена в розряд токсикантів навколишнього середовища.

Промислові підприємства в технології виробництва використовують сильнодіючі отруйні речовини, найбільш поширені з яких є аміак, хлор, сірководень, соляна кислота, азотна кислота, сірчана кислота, синильна кислота, а також ртуть, яка застосовується в вимірювальних приладах.

### **Фізичні властивості СДОР:**

1. Аміак - газ без кольору з різким запахом нашатирного спирту, приблизно в 1,5 рази легший за повітря, добре розчиняється у воді. Транспортується (рис. 1.44) в зрідженому стані під тиском, при виході в атмосферу димить. Газ горючий. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Ємкості з аміаком можуть вибухнути при нагріванні. Небезпечний при вдиханні. В народному господарстві використовується для отримання азотної кислоти, мінеральних добрив, соди. В рідкому вигляді використовується в холодильних установках.

Нейтралізується і дегазується водою, або слабким розчином мінеральних кислот, а також відходами вапняного і гіпсового виробництва. Засоби індивідуального захисту - ізолюючий протигаз, фільтруючий протигаз "КД", респіратор РПГ-67КД, ГП-5 з додатковим патроном ДПГ-3, захисний костюм Л-1.

2. Хлор - газ жовто-зеленого кольору з різким задушливим запахом, в 2,5 рази важчий за повітря, погано розчиняється у воді. Транспортується в зрідженому стані під тиском, при виході в атмосферу - димить. При витокі забруднює водоймища, накопичується в низинах, підвалах, тунелях. Не горить, але є сильним окислювачем. Ємкості можуть вибухнути при нагріванні. Смертельно-небезпечний при вдиханні.

В народному господарстві застосовується при виробництві синтетичних волокон, плівок, розчинників, лаків і фарб, для відбілювання тканин і паперу, для знезараження води.

Нейтралізується і дегазується водою, відходами лугів, розчином їдкого натру або кальцинованої соди.

3. *Сірковуглець* - безколірна рідина з неприємним запахом, важча за воду. У воді нерозчинний. Пари важчі за повітря. Накопичується в низинах. Легко спалахує. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Небезпечний при вдиханні.

Нейтралізується і дегазується тонкорозпиленою водою та інертними газами, а також спиртовим розчином їдкого калію.

4. *Синильна кислота* - це безколірна рідина, яка має запах гіркого мигдалю. При температурі вищій від  $25,7^{\circ}\text{C}$  перетворюється на газ. Перевозити і зберігати її треба в рідкому стані. Суміш парів з повітрям може вибухати. В народному господарстві має застосування при виробництві гуми, лаків, синтетичних будівельних матеріалів. Має токсичну дію і володіє властивостями загальноотруйної речовини, притуплює кисневий обмін в клітинах м'язів і нервової системи.

Нейтралізується водою, інертними газами та порошковими сумішами.

5. *Соляна кислота* - безколірна рідина, легко випаровується і димить на повітрі. Добре розчинна у воді. Не горить, небезпечна при вдиханні. Нейтралізується гашеним вапном, кальцинованою содою, каустичною содою.

6. *Ртуть* - єдиний метал, що перебуває при кімнатній температурі в рідкому стані. Ртуть легко випаровується, а її пари потрапляючи в легені, повністю затримуються там і викликають згодом отруєння організму, хоча и не таке швидке, як солі Меркурію. При цьому відбуваються специфічні біохімічні реакції, які окиснюють ртуть і перетворюють її на розчинні отруйні сполуки. Іони Меркурію насамперед реагують із SH-групами білкових молекул, серед яких - найважливіші для організму білки-каталізатори — ферменти. Можуть іони  $\text{Hg}^{2+}$  також реагувати з білковими групами  $\text{COOH}$   $\text{NH}_2$  з утворенням міцних комплексів-металопротейдів. Більше того, «вільні» атоми Меркурію, що циркулюють у крові і потрапили гуди з легень, також утворюють сполуки з білковими молекулами. Порушення нормальної роботи білків-ферментів призводить до глибоких

порушень в організмі, і, насамперед, в центральній нервовій системі, а також у нирках.

### **Типи реакцій хімічних речовин у їх природному та техногенному кругообігу**

В основі життя лежить обмін речовинами між організмом і навколишнім середовищем. Підхід до пізнання екосистем полягає в дослідженні біогеохімічних циклів (кругообігів), різні фази яких походять усередині різних екосистем. Будь-яка екосистема, як складова біосфери, є джерелом необхідних окремому організму матеріальних ресурсів, являє собою хімічне середовище буття. Від відповідності хімічного складу біосфери вимогам живих організмів залежить життєдіяльність цих організмів. На рівні екосистем і біосфери в цілому відбуваються безупинні фізико-хімічні процеси, що є біогеохімічними циклами.

Діяльність людського суспільства нині радикально трансформує хімію біосфери. Антропогенний вплив на біогеохімічні цикли проявився не тільки на локальному екосистемному, а й на біосферному, а також планетарному і навколоземному космічному рівні.

Існує важливе поняття біогеохімічного циклу. Усі речовини на нашій планеті перебувають у процесі біогеохімічного кругообігу.

Виділяють два основні кругообіги: великий (геологічний) і малий (біотичний).

Великий кругообіг відбувається протягом сотень чи тисяч мільйонів років. Він полягає в тому, що гірські породи піддаються руйнуванню, вивітрюванню, а продукти вивітрювання, у тому числі і розчинені у воді речовини, зносяться потоками води у Світовий океан. Тут вони утворюють опади, морські нашарування. Великі повільні геотектонічні зміни, опускання материків і підняття морсь-кого дна, переміщення морів і океанів протягом тривалого часу приводять до того, що накопичені на дні морів і океанів речовини знову повертаються на суходіл (у літосферу).

Малий кругообіг є частиною великого, полягає в тому, що поживні речовини ґрунту (такі як вода, вуглець) акумулюються в речовині рослин, витрачаються на побудову тканин рослин, входять до складу органічних речовин, забезпечують життєдіяльність самих рослин, а також організмів - консументів. Продукти розпаду речовин після загибелі рослин надходять у розпорядження ґрунтової мікрофлори і мезофауни (хробаків, молюсків, бактерій, грибів, най-простіших і ін.), тобто знову втягуються у потік речовин та їх енергії.

Повернення хімічних елементів (чи речовин) з неорганічного середовища через рослинні і тваринні організми назад у неорганічне, тоді реакцій зветься біогеохімічним циклом.

До головних циклів відносять біогеохімічні цикли вуглецю, води, азоту, фосфору, сірки, біогенних катіонів. Цикли вуглецю, азоту, фосфору наведені у відповідних розділах цієї книги у вигляді схем.

### **Кругообіг кисню**

Кисень є найбільш поширеним елементом на Землі. У морській воді міститься 85,82% кисню, в атмосферному повітрі 23,15% за вагою або 20,93% за обсягом, а в земній корі 47,2% за вагою. Така концентрація кисню в атмосфері підтримується постійною завдяки процесу фотосинтезу. У цьому процесі зелені рослини під дією сонячного світла перетворюють діоксид вуглецю і воду у вуглеводи і кисень. Головна маса кисню знаходиться в зв'язаному стані; кількість молекулярного кисню в атмосфері оцінюється в  $1,5 \cdot 10^{15}$  т, що складає всього лише 0,01% від загального вмісту кисню в земній корі. У житті природи кисень має виняткове значення.

Кисень та його сполуки незамінні для підтримки життя. Вони грають найважливішу роль у процесах обміну речовин і дихання. Кисень входить до складу білків, жирів, вуглеводів, з яких "побудовані" організми; в людському організмі, наприклад, міститься близько 65% кисню. Більшість організмів отримують енергію, необхідну для виконання їх життєвих функцій, за рахунок окислення тих чи інших речовин за допомогою кисню. Зменшення

кількості кисню в атмосфері в результаті процесів дихання, гниття й горіння відшкодовується киснем, що виділяється при фотосинтезі. Вирубка лісів, ерозія ґрунтів, різні гірські вироблення на поверхні зменшують загальну масу фотосинтезу і знижують кругообіг на значних територіях. Поряд з цим, потужним джерелом кисню є, мабуть, фотохімічне розкладання водяної пари у верхніх шарах атмосфери під впливом ультрафіолетових променів сонця. Таким чином, в природі безперервно відбувається кругообіг кисню, що підтримує сталість складу атмосферного повітря.

Крім описаного вище кругообігу кисню в незв'язаному вигляді, цей елемент робить ще і найважливіший кругообіг, входячи в склад води. Кругообіг води (H<sub>2</sub>O) полягає в випаровуванні води з поверхні суші та моря, перенесення її повітряними масами і вітрами, конденсації парів і подальше випадання опадів у вигляді дощу, снігу, граду, туману.

### **Кругообіг вуглецю**

Вуглець за поширеністю на Землі посідає шістнадцяте місце серед всіх елементів і становить приблизно 0,027% маси земної кори. У незв'язаному стані він зустрічається у вигляді алмазів (найбільші родовища у Південній Африці та Бразилії) і графіту (найбільші родовища у ФРН, Шрі-Ланка і Росія). Кам'яне вугілля містить до 90% вуглецю. У зв'язаному стані вуглець входить також в різні горючі копалини, карбонатні мінерали, наприклад кальцит і доломіт, а також в склад всіх біологічних речовин. У формі діоксиду вуглецю він входить у склад земної атмосфери, в якій на його частку припадає 0,046% маси.

Вуглець має виключне значення для живої речовини (живою речовиною в геології називають сукупність всіх організмів, що населяють Землю). З вуглецю в біосфері створюються мільйони органічних сполук. Вуглекислота з атмосфери в процесі фотосинтезу, здійснюваного зеленими рослинами, асимілюється й перетворюється в різноманітні органічні сполуки рослин. Рослинні організми, особливо нижчі мікроорганізми, морський фітопланктон, завдяки винятковій швидкості розмноження продукують у рік

близько  $1,5 \cdot 10^{11}$  т вуглецю у вигляді органічної маси. Рослини частково поїдаються тваринами (при цьому утворюються харчові ланцюги). У кінцевому рахунку, органічна маса в результаті дихання, гниття й горіння перетворюється у вуглекислий газ або відкладається у вигляді сапропелю, гумусу, торфу, які, у свою чергу, дають початок багатьом іншим сполукам – кам'яному вугіллю, нафті.

У процесах розпаду органічних речовин, їхньої мінералізації, величезну роль грають бактерії (наприклад, гнильні), а також багато грибів (наприклад, цвілеві). В активному круговороті «вуглекислий газ – жива речовина» бере участь дуже невелика частина всієї маси вуглецю. Величезна кількість вуглекислоти законсервовано у вигляді викопних вапняків та інших порід.

Між вуглекислим газом атмосфери й водою океану існує рухлива рівновага. Організми поглинають вуглекислий кальцій, створюють свої кістяки, а потім з них утворюються шари вапняків. Атмосфера поповнюється вуглекислим газом завдяки процесам розкладання органічної речовини, карбонатів і т. д. Особливо потужним джерелом є вулкани, гази яких складаються головним чином з парів води та вуглекислого газу.

### **Кругообіг азоту**

Азот входить до складу земної атмосфери в незв'язаному вигляді у формі двоатомних молекул. Приблизно 78% всього об'єму атмосфери припадає на частку азоту. Крім того, азот входить до складу рослин і тварин організмів у формі білків. Рослини синтезують білки, використовуючи нітрати з ґрунту. Нітрати утворюються там з атмосферного азоту і амонійних сполук, наявних у ґрунті. Процес перетворення атмосферного азоту в форму, засвоюється рослинами і тваринами, називається зв'язуванням (або фіксацією) азоту.

При гнитті органічних речовин значна частина міститься в них азоту перетворюється в аміак, який під впливом живучих у ґрунті нітрифікуючих бактерій потім окислюється в азотну кислоту. Остання, вступаючи в реакцію

з розташованими в ґрунті карбонатами, наприклад з карбонатом кальцію  $\text{CaCO}_3$ , утворює нітрати:



Деяка ж частина азоту завжди виділяється при гнитті у вільному виді в атмосферу. Вільний азот виділяється також при горінні органічних речовин, при спалюванні дров, кам'яного вугілля, торфу. Крім того, існують бактерії, котрі при недостатньому доступі повітря можуть віднімати кисень від нітратів, руйнуючи їх із виділенням вільного азоту. Діяльність цих денітрифікуючих бактерій призводить до того, що частина азоту з доступної для зелених рослин форми (нітрати) переходить в недоступну (вільний азот). Таким чином, далеко не весь азот, що входив до складу загиблих рослин, повертається обернено в ґрунт; частина його поступово виділяється у вільному вигляді.

Безперервне зменшення мінеральних азотних сполук давно мусило б призвести до повного припинення життя на Землі, якби в природі не існували процеси, також відшкодовують втрати азоту. До таких процесів відносяться, перш за все, електричні розряди в атмосфері, при яких завжди утворюється деяка кількість оксидів азоту; останні з водою дають азотну кислоту, що перетворюється в ґрунті в нітрати. Іншим джерелом поповнення азотних сполук ґрунту є життєдіяльність так званих азотобактерій, здатних засвоювати атмосферний азот. Деякі з цих бактерій поселяються на коренях рослин із сімейства бобових, викликаючи утворення характерних здуть – "бульбочок", чому вони й одержали назву бульбочкових бактерій. Засвоюючи атмосферний азот, бульбочкові бактерії переробляють його в азотні сполуки, а рослини, в свою чергу, перетворюють останні у білки й інші складні речовини.

Таким чином, в природі відбувається безперервний кругообіг азоту. Проте щорічно з врожаєм з полів убираються найбільше багаті білками частини рослин, наприклад зерно. Тому в ґрунт необхідно вносити добрива, також відшкодовують збиток у ній найважливіших елементів харчування



рослин. В основному використовуються нітрат кальцію  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , нітрат амонію  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , нітрат натрію  $\text{NaNO}_3$ , і нітрат калію  $\text{KNO}_3$ . Наприклад, в Таїланді використовуються листя лейкаєни як органічне добриво. Лейкаєна належить до бобових рослин і, як і всі вони, містить дуже багато азоту. Тому її можна використовувати замість хімічного добрива.

Останнім часом спостерігається підвищення вмісту нітратів у питній воді, головним чином за рахунок посилення використання штучних азотних добрив в сільському господарстві. Хоча самі нітрати не так вже небезпечні для дорослих людей, в організмі людини вони можуть перетворюватися в нітрити. Крім того, нітрати та нітрити використовуються для обробки та консервування багатьох харчових продуктів, у тому числі шинки, бекону, солонини, а також деяких сортів сиру і риби. Окремі вчені вважають, що в організмі людини нітрати можуть перетворюватися в нітрозаміни: Відомо, що нітрозаміни здатні викликати онкологічні захворювання у тварин. Більшість з нас вже піддається впливу нітрозамінів, які в невеликій кількості знаходяться в забрудненому повітрі, сигаретному димі і деяких пестициди. Вважають, що нітрозаміни можуть бути причиною 70-90% випадків онкологічних захворювань, виникнення яких приписують дії факторів навколишнього середовища.

### ***Кругообіг фосфору***

Джерелом фосфору біосфери є головним чином апатит, що зустрічається у всіх магматичних породах. У перетвореннях фосфору більшу роль грає жива речовина. Організми витягають фосфор із ґрунтів, водяних розчинів. Засвоєння фосфору рослинами багато в чому залежить від кислотності ґрунту. Фосфор входить в численні сполуки в організмах: білки, нуклеїнові кислоти, кісткова тканина, лецитини, фітин та інші сполуки; особливо багато фосфору входить в склад кісток. Фосфор життєво необхідний тваринам у процесах обміну речовин для накопичення енергії. Із загибеллю організмів фосфор вертається в ґрунт і в мули морів. Він концентрується у вигляді морських фосфатних конкрецій, відкладень кісток

риб, що створює умови для утворення багатих фосфором порід, які в свою чергу є джерелом фосфору в біогеоному циклі.

Вміст фосфору в земній корі становить 0,08-0,09 % її маси. У вільному стані фосфор у природі не зустрічається внаслідок його легкої окислюваності. У земній корі він знаходиться у вигляді мінералів (фторапатит, хлорапатит, вівіаніт і ін), які входять до складу природних фосфатів – апатитів і фосфоритів. Фосфор має виключне значення для життя тварин і рослин.

Так як рослини забирають з ґрунту значну кількість фосфору, а природне поповнення фосфорними сполуками ґрунту незначно, то внесення в ґрунт фосфорних добрив є одним з найважливіших заходів по підвищенню врожайності. Щорічно у світі видобувають приблизно 125 млн. т фосфатної руди. Більша її частина витрачається на виробництво фосфатних добрив.

### ***Кругообіг сірки***

Кругообіг сірки також тісно пов'язаний з живою речовиною. Сірка у вигляді  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  і елементарної сірки викидається вулканами в атмосферу. З іншого боку, в природі у великій кількості відомі різні сульфідні металів: заліза, свинцю, цинку та ін. Сульфідна сірка окислюється в біосфері при участі численних мікроорганізмів до сульфатної сірки ґрунтів і водойм. Сульфати поглинаються рослинами. В організмах сірка входить до складу амінокислот і білків, а в рослин, крім того, – до складу ефірних масел і т. д. Процеси руйнування залишків організмів у ґрунтах і в мулах морів супроводжуються дуже складними перетвореннями сірки. При руйнуванні білків за участю мікроорганізмів утворюється сірководень. Далі сірководень окислюється або до елементарної сірки, або до сульфатів. У цьому процесі беруть участь різноманітні мікроорганізми, що створюють численні проміжні сполуки сірки. Відомі родовища сірки біогеоного походження. Сірководень може знову утворити "вторинні" сульфідні, а сульфатна сірка створює гіпс. У свою чергу, сульфідні й гіпс знову піддаються руйнуванню, і сірка відновляє свою міграцію.