

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

Є.А. Манідіна
К.В. Бєлоконь
О.Б. Матяшева

ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО ТА ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Навчально-методичний посібник

*для студентів ЗДІА
спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»*

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО ТА ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Навчально-методичний посібник

*для студентів ЗДІА
спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»*

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ПЕОП,
протокол № 8 від 28.02.18*

Запоріжжя
ЗДІА
2018

ББК 628.512

Р 939

Є.А. Манідіна, к.т.н., доцент кафедри ПЕОП

К.В. Белоконь, к.т.н., доцент кафедри ПЕОП

О.Б. Матяшева, асистент кафедри ПЕОП

Відповідальний за випуск: *зав. кафедри ПЕОП,*

к. т. н., доц. Г. Б. Кожемякін

Рецензенти:

доцент кафедри водопостачання та водовідведення ЗДІА, к.т.н,

О.Г. Добровольська;

завідувач кафедри охорони праці і навколишнього середовища ЗНТУ, к.т.н,

доцент

О.В. Нестеров

Манідіна Є.А.

Р 939 Хімія навколишнього та виробничого середовища. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / Є.А. Манідіна, К.В. Белоконь, О.Б. Матяшева – Запоріжжя: ЗДІА, 2018. – 96 с.

Мета даного навчально-методичного посібника – сформувати у магістрантів, які навчаються за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», загальні системні уявлення про вплив хімічних елементів і сполук на якість навколишнього та виробничого середовища, зацентувати їх увагу на важливість хімічних знань і на моделювання економічного обґрунтування природоохоронних заходів та засобів.

ВСТУП

Мета вивчення дисципліни "Хімія навколишнього та виробничого середовища" – формування у студентів загальних системних уявлень про вплив хімічних елементів і сполук на якість навколишнього та виробничого середовища, акцентування уваги на важливості хімічних знань, моделювання економічного обґрунтування і розрахунків процесів раціонального природокористування.

Основні завдання дисципліни спрямовані на формування таких компетенцій, як:

- здатність застосовувати основні закони і поняття хімії для пояснювання хімічних перетворень, які відбуваються у біосфері під дією діяльності людини;
- знання антропогенного круговороту сполук: круговорот вуглецю, азоту, фосфору
- знання впливу хімічних елементів і сполук на якість води;
- здатність визначати вплив хімічних елементів і сполук на якість ґрунту.

Сьогодні промислова екологія охоплює дуже широке коло проблем, причому проблем досить різних. Тому цілком доречно говорити про цілий ряд інженерних екологічних дисциплін: хімія навколишнього та виробничого середовища, екологія гірничодобувної промисловості, екологія енергетики, екологія хімічних виробництв і т.д. Подібні дисципліни дуже різні по своєму конкретному змісті, але вони поєднуються загальною методологією й загальною метою - гранично скоротити вплив промислової діяльності на процеси кругообігу речовин у природі й забруднення навколишнього середовища.

Одночасно з такою інженерною діяльністю виникає й проблема її оцінки. Для цього треба навчитися виділяти значимі параметри навколишнього середовища, розробити способи їхніх вимірів і створити систему норм припустимих забруднень.

РОЗДІЛ 1. ХІМІЧНІ ЧИННИКИ АТМОСФЕРИ ТА ГІДРОСФЕРИ

1.1 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 біосфері 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 м³ 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,

сірковуглець, 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. Транспортуються (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 вибухати 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. Транспортуються 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 їдкою калію.

4. *Синильна кислота* - це безколірна рідина, яка має запах гірко мигдалю. При температурі вищій від 25,7°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 Hg^{2+} також реагувати з білковими групами $COOH NH_2$ з утворенням міцних комплексів-металопротеїдів. 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.

1.2 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 екосистеми 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 зведеться 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 (H₂O) 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 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 утвориться 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 NH_4NO_3 , нітрат натрію NaNO_3 , і нітрат калію 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 біогенному 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, віваніт 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

Круговорот сірки також тісно пов'язаний з живою речовиною. Сірка у вигляді SO_2 , SO_3 , H_2S і елементарної сірки викидається вулканами в атмосферу. З іншого боку, в природі у великій кількості відомі різні сульфідні метали: заліза, свинцю, цинку та ін. Сульфідна сірка окисляється 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 окисляється або до елементарної сірки, або до сульфатів. У цьому процесі беруть участь різноманітні мікроорганізми, що створюють численні проміжні сполуки сірки. Відомі родовища сірки біогенного 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

1.3 Вода та її властивості

1.3.1 Домішки природних вод

Домішки природних вод поділяють на неорганічні й органічні та мікрофлору і мікрофауну. Академік Л.А. Кульський розробив класифікацію домішок природних вод на підставі їхньої фазово-дисперсної характеристики, що дає змогу обґрунтувати методи їх усунення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1- Завислі речовини, суспензії, емульсії, які зумовлюють мутність води, а також мікроорганізми і планктон

Завислі суспензії, емульсії, які зумовлюють мутність води, а також мікроорганізми і планктон	Колоїдні розчини і високомолекулярні сполуки, які зумовлюють окисність і кольоровість води, а також віруси	Молекулярні розчини/гази, розчинні у воді органічні речовини, які надають їй запаху й присмаку	Іонні розчини / солі, кислоти, основи, які зумовлюють мінералізацію, кислотність або лужність
Групи			
I	II	III	IV
$10^{-2} - 10^{-4}$ см	$10^{-5} - 10^{-6}$ см	$10^{-6} - 10^{-7}$ см	$10^{-7} - 10^{-8}$ см

До третьої групи домішок належать молекулярно-розчинні речовини з розміром часточок $10^{-6} - 10^{-7}$ см, розчинені органічні сполуки (продукти життєдіяльності гідробіонтів, феноли, істинні фульвокислоти). Розчинені гази, переважно кисень і вуглекислий газ, майже завжди є в природній воді. Розчинений кисень надходить із атмосферного повітря, а також утворюється внаслідок фотосинтезу водоростями органічних речовин (вуглеводів) з неорганічних (H_2CO_3 , H_3O). Вміст O_2 у воді зменшується через процеси окиснення органічних речовин і споживання його живими організмами під час дихання. Розчинений вуглекислий газ (CO_2) у воді з'являється внаслідок біохімічних процесів окиснення органічних речовин, які містяться у воді та ґрунті, а також дихання водних організмів і виділення його під час геохімічних процесів. До четвертої групи домішок належать речовини, які дисоціюють у воді на іони, із ступенем дисперсності менше 10^{-7} см (солі, кислоти, луґи, які зумовлюють мінералізацію, кислотність і лужність). У природних водах переважають здебільшого сім основних іонів – Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} і HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . Катіони H^+ , NH_4^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Al^{3+} та інші й аніони OH^- , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , F^- , Br^- , I^- , HPO_4^{2-} , HSO_4^- , $HSiO_3^-$, BO_2^- , HS^- та інші в природній воді трапляються у незначній кількості, проте їхній вплив на властивості і якість води іноді дуже великий. Загальний вміст солей у воді наближено оцінюють за величиною твердого залишку, під яким розуміють суму всіх домішок води, яку

визначають випарюванням і наступним висушуванням попередньо профільтрованої проби. Якщо пробу не фільтрували, то вміст усіх домішок називають сухим залишком. Сумарну концентрацію катіонів кальцію і магнію, виражену в мг екв/л, називають загальною твердістю води. Загальна твердість – це сума карбонатної (тимчасової) і некарбонатної (постійної) твердості. Карбонатна твердість зумовлена присутністю у воді здебільшого гідрокарбонатів кальцію і магнію, вона майже повністю усувається при кип'ятінні води. Гідрокарбонати при цьому розпадаються з утворенням вугільної кислоти; в осад випадає карбонат кальцію і гідроксид магнію. Некарбонатна твердість зумовлена присутністю кальцієвих і магнієвих солей сірчаної, соляної та азотної кислот і при кип'ятінні не усувається. Загальна лужність визначається сумою аніонів слабких кислот, які можуть реагувати із соляною і сірчаною кислотами. Загальна лужність складається з бікарбонатної, карбонатної і гідратної лужності.

1.3.2 Завислі речовини

Нерозчинені речовини в стічних водах, можуть бути у грубодисперсному (у вигляді великої суспензії) і тонкодисперсному (суспензії, емульсії і піни) стані.

За прийнятою методикою аналізів частина нерозчинених речовин у стічних водах, затриманих на паперовому фільтрі, називають зваженими речовинами. Масу їх визначають після висушування при температурі 105° С (тобто по сухій речовині).

В залежності від розмірів окремих частинок (ступеня дисперсності) і їх щільності зважені речовини можуть випадати у вигляді осаду, спливати на поверхню води або лишатися у завислому стані. Для більшості частинок, що перебувають у воді, в тонкодисперсному стані, внаслідок їх малого розміру сили опору середовища в порівнянні з силою тяжкості дуже великі, тому такі частинки практично не осідають і залишаються у зваженому стані.

Осідаючими називають нерозчинені речовини, що випадають на дно посудини у вигляді осаду при 2-годинному відстоюванні в лабораторних умовах: зміст осідають речовин виражається за обсягом в мл/л, або по масі (після сушіння випала суспензії при 105° С і подальшого зважування) в мг/л.

Загальна маса завислих речовин у стічних водах становить близько 65 г на одну людину на добу, з них осідають речовин - від 35 до 50 г (в середньому 40 г на одну людину на добу по сухій речовині), що становить 60-75% загальної маси.

Концентрація речовин, що осідають у стічних водах при нормі водовідведення 200 л на одну людину на добу коливається від 35 - $1000/200 = 175$ до $50-1000/200=250$ мг/л; при нормі водовідведення 250 л-від 140 до 200 мг/л, а при нормі 300 л - не більше 167 мг/л.

При видаленні частини будинкового сміття шляхом дроблення та сплаву по каналізаційної мережі відбувається значне збільшення змісту завислих речовин у стічних водах. Кількість відходів, що підлягають дробленню, становить близько 100 г на одну людину на добу (по сухій речовині).

Осад суміші побутових стічних вод з виробничими за своїй структурі зазвичай займає проміжне положення між зернистим і пластівчастими, наближаючись швидше до останнього. У виробничих стічних водах характер зважених речовин, а отже, і осад можуть бути найрізноманітнішими.

Осад складається з нерозчинних речовин і в тому вигляді, в якому він випускається із споруд попереднього очищення відстійників), характеризується великою вологістю. Вологість осаду являє собою відношення маси води в осаді до загальної маси осаду і виражається у відсотках. Вологість визначають шляхом зважування сирого і висушеного при 105 °С осаду.

Об'єм осаду при лабораторних дослідженнях визначають конічному посудині або циліндрі (посудині Лисенко) місткістю 0,5-1 л, нижня частина якого градуйована на кубічні сантиметри. У посудині, наповненій ретельно збовтаною рідиною, визначають об'єм осаду, що утворюється через 5, 10, 15, 30, 60, 90 і 120 хв відстоювання; результати виражають у міліметрах на 1 л рідини,

отримуючи, таким чином, динаміку випадання осаду. Об'єм осаду, що випадає через зазначені проміжки часу, часто виражають у відсотках від об'єму осаду, що утворився за 120 хв (2 год) відстоювання, так як в побутових водах процес осадження практично закінчується протягом цього часу. Ці відсотки показують ефект осадження.

Крім осідають речовин у стічних водах містяться домішки, що мають густину менше одиниці (жири, нафта, масла та ін). При відстоюванні ці речовини спливають на поверхню рідини в посудині і можуть бути визначені за обсягом або по масі.

Осад, який випав з побутових вод при відстоюванні її протягом 2 годин, має початкову вологість близько 97,5%. Надалі осад ущільнюється, вологість його зменшується до 93-95%, а вміст сухої речовини в одиниці об'єму підвищується з 2,5 до 5-7%. У силу великої вологості осаду, з якої зазвичай доводиться мати справу (80% і більше), щільність осаду дуже близька до щільності води, і тому можна вважати, що об'єм осаду при зміні його вологості змінюється в тому ж відношенні, як і його маса. Обсяг (а отже, і маса) сирого осаду при ущільненні зменшується назад пропорційно відсотку вмісту в ньому сухої речовини.

Змінюється обсяг осаду відповідно зміни його вологості лише за її величиною не менше 80%. При подальшому видаленні вологи осад стає пористим, і зміна його обсягу вже не відповідає зміни вологості.

Об'єм осаду, що випадає у відстійниках при тривалості відстоювання 1,5 год, прийнято вважати рівним 0,8 л на одну людину на добу при вологості осаду 95% (40 г по сухій речовині). Крім того, нерозчинні речовини масою близько 2 г на одну людину на добу (по сухому речовині) затримуються на решітках і близько 12 м - в пескоуловлювачах.

Як зазначалося, нерозчинні речовини, що містяться в стічних водах, складаються з органічної та неорганічної частин. Для визначення маси тих і інших осад висушують при температурі 105° С, а потім повітряно-сухий осад прожарюють при температурі 600° С. При прожарюванні органічна частина

згорає, а неорганічна залишається у вигляді золи. Відношення маси залишилася золи до загальної маси абсолютно сухого речовини осаду, виражене у відсотках, визначає зольність осаду; втрата при прожарюванні (100% мінус зольність) визначає кількість беззольної речовини.

В осаді стічних вод маса золи коливається від 20 до 30%, а маса беззольної речовини - від 70 до 80%. Домішка до побутових вод виробничих стічних вод може значно змінити зольність осаду в ту або іншу сторону.

1.3.3 Розчинні органічні речовини

Основою сучасної класифікації органічних сполук є структурно-функціональний підхід.

Всі органічні сполуки поділяються на два типи: *ациклічні* та *циклічні*. До ациклічних (аліфатичних) відносять сполуки з відкритим (незамкненим) ланцюгом. За будовою карбонового ланцюга молекули поділяють на аліфатичні насичені і ненасичені сполуки. Насичені містять лише прості зв'язки атомів Карбону, а ненасичені – мають кратні (подвійні та потрійні) зв'язки атомів Карбону:

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$	$\text{H}_2\text{C=CH-Cl}$	$\text{H}_2\text{C=CH-CH}_3$
пропіонова кислота	вінілхлорид	пропілен
насичена аліфатична сполука	ненасичені аліфатичні сполуки	

Циклічні сполуки містять у структурі замкнені ланцюги атомів – цикли. В залежності від природи атомів, що входять до складу циклу, їх розподіляють на *карбоциклічні* та *гетероциклічні*.

Гетероциклічні сполуки містять у циклічному скелеті атоми Карбону і інших елементів (найчастіше N, O, S). Вони бувають насиченими, ненасиченими та ароматичними.

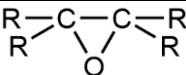
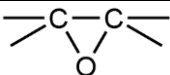
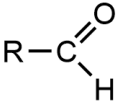
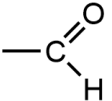
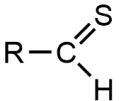
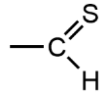
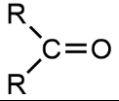
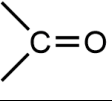
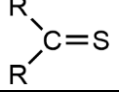
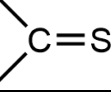
В межах кожного з рядів органічні сполуки поділяються на класи. Сполуки, молекули яких складаються з атомів Карбону та Гідрогену, утворюють клас *вуглеводнів*. При заміщенні у вуглеводнях одного чи кількох атомів Гідрогену на відповідну функціональну групу утворюються інші класи функціональних органічних сполук.

Функціональна група – структурний фрагмент молекули, який визначає її хімічні властивості.

За кількістю та однорідністю функціональних груп органічні сполуки поділяються на *монофункціональні* (містять одну функціональну групу), *поліфункціональні* (містять кілька однакових груп) та *гетерофункціональні* (містять декілька різних функціональних груп).

Класифікація органічних сполук за природою функціональної групи наведена на табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Класифікація органічних сполук за природою функціональної групи

Назва класу	Загальна формула	Функціональна група
1	2	3
Галогенпохідні	R-Hal	-F, -Cl, -Br, -I
Спирти, феноли	R-OH	-OH
Тіоспирти, тіофеноли	R-SH	-SH
Етери	R-O-R	-OR
Сульфіди (тіоетери)	R-S-R	-SR
Органічні оксиди (епоксиди)		
Гідропероксиди	R-OOH	-OOH
Пероксиди	R-OO-R	-OO-
Альдегіди		
Тіоальдегіди		
Кетони		
Тіокетони		

Продовження табл. 1.1		
1	2	3
Карбонові кислоти	$\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$
Галогенгідриди карбонових кислот	$\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{Hal} \end{matrix}$	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{Hal} \end{matrix}$
Естери	$\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{O}-\text{R} \end{matrix}$	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{O}-\text{R} \end{matrix}$
Аміди	$\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$
Нітрили (ціаніди)	$\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$	$-\text{C}\equiv\text{N}$
Ангідриди	$\text{R}-\text{C}\begin{matrix} // \\ \text{O} \end{matrix}-\text{O}-\text{C}\begin{matrix} // \\ \text{O} \end{matrix}-\text{R}$	$-\text{C}\begin{matrix} // \\ \text{O} \end{matrix}-\text{O}-\text{C}\begin{matrix} // \\ \text{O} \end{matrix}-$
Сульфонові кислоти	$\text{R}-\text{SO}_2-\text{OH}$	$-\text{SO}_2-\text{OH}$
Нітросполуки	$\text{R}-\text{NO}_2$	$-\text{NO}_2$
Нітрозосполуки	$\text{R}-\text{N}=\text{O}$	$-\text{N}=\text{O}$
Аміносполуки	$\text{R}-\text{NH}_2$	$-\text{NH}_2$

Вуглеводні з однаковими функціональними групами або структурними фрагментами утворюють гомологічні ряди. Гомологічний ряд – нескінченний ряд сполук, які відрізняються одна від одної на групу($-\text{CH}_2-$) – гомологічну різницю, та мають подібну будову і хімічні властивості. Наприклад, гомологічний ряд алканів має загальну формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

1.3.4 Розчинні мінеральні речовини (іонний склад води)

При постійній температурі й тиску ця величина розчинність мінеральних речовин є сталою у даному розчиннику і зумовлюється добутком розчинності, який є добутком молярних концентрацій іонів даної речовини у насиченому розчині. За законом дії мас, розчинення речовини ($\text{AB} \rightleftharpoons \text{A} + \text{B}$) регулюються константою рівноваги:

$$K = \frac{[\text{A}][\text{B}]}{[\text{AB}]} \quad (1.2)$$

Оскільки у насиченому розчині в присутності твердої фази концентрація молекул АВ є сталою величиною, то

$$[A] [B] = \text{const} = L. \quad (1.3)$$

Стала L є функцією температури і тиску. Чим менша L , тим менш розчинна дана речовина. Правило добутку розчинності справедливе ще для малорозчинних речовин; воно дає змогу обчислити концентрацію одного з іонів малорозчинної солі за відомою концентрацією другого. Добутки розчинності поширених у природних водах солей наводяться в спеціальних довідниках.

Розчинення солей, які містяться у водовмісних породах, залежно від гідрохімічних умов може мати суто дифузійний, суто кінетичний і дифузійно кінетичний характер.

За характером взаємодії з водою найпоширеніші породоутворювальні мінерали, які переважно зумовлюють хімію природних вод, можна поділити на дві великі групи: мінерали, які розчиняються у воді конгруентно (від лат. *congruentis* – відповідний, що збігається), до них належать карбонати, сульфати, хлориди, деякі силікати; мінерали, які розчиняються у воді інконгруентно (алюмосилікати і більшість силікатів).

Взаємодія мінералів першої групи з водою має характер простого розчинення, й тому максимальна концентрація хімічних елементів у розчині зумовлюється ступенем розчинності їх сполук.

Розчинність твердих речовин у воді залежить не лише від їх хімічної природи, а й від температури, тиску, подрібненості (дисперсності), від наявності у воді газів і домішок.

1.3.5 Розчинні гази

У всіх природних водах розчинені гази. Звичайно газ розчинений у воді, але у разі надлишку частина його може перебувати у вільному (спонтанному)

стані, тобто у вигляді маленьких бульбашок. Тому завжди існує рухома рівновага: розчинені у воді гази \Leftrightarrow вільні гази. Поглинання й виділення газу водою – найважливіший фізико-хімічний і фізичний процес, який супроводжується зміненням іонно-сольового складу води.

Гази перебувають у вигляді молекулярних розчинів. Переважно природні гази існують як газові суміші, які складаються з головних та другорядних компонентів. Розчинність газів у воді залежить від природи газу, температури, тиску і мінералізації води. Велику розчинність у воді мають H_2S і CO_2 .

Залежність розчинності газу від тиску зумовлюється *законом Генрі*: розчинність газів у даному об'ємі рідини (при постійній температурі) прямопропорційна тиску газу:

$$C = KP, \quad (1.4)$$

де C – кількість розчиненого газу (розчинність), % за об'ємом;

P – тиск даного газу над розчином, Па;

K – коефіцієнт пропорційності, який виражає розчинність даного газу при тиску $0,506 \cdot 10^5$ Па.

У цілому закон справедливий для ідеальних газів, проте погано діє в разі невеликих тисків.

За умов високого тиску розчинність газів не має чіткої залежності від тиску, особливо для високих температур. Розчинність суміші газів зумовлюється *законом Генрі–Дальтона*: розчинність кожної складової суміші газів у рідині пропорційна парціальному (частковому) тиску даної частини над розчином.

Унаслідок різної розчинності компонентів, які утворюють газову суміш, хімічний склад вільного та рівноважного з ним розчинного газу неоднаковий.

Прикладом може бути атмосферне повітря. В ньому міститься азоту 78%, кисню 21%, а співвідношення становить 4:1. При парціальному тиску азоту 0,78 й кисню 0,21 розчинність газів при 0°C дорівнюватиме, %, за об'ємом:

$$\text{Сазоту} = 23,59 \cdot 0,78 = 18,40; \quad (1.5)$$

$$\text{Скисню} = 49,22 \cdot 0,21 = 10,34. \quad (1.6)$$

Отже, співвідношення N_2/O_2 у розчиненому у воді вигляді дорівнює приблизно 2:1.

Гази H_2S і H_2 , парціальний тиск яких в атмосферному повітрі близький до нуля, за нормальних умов не можуть накопичуватись у воді біля поверхні водойм.

З підвищенням температури розчинність газів знижується. Вміст багатьох газів (O_2 , CO_2 , N_2) виражають у відсотках від значення їх повного насичення, за які беруть таку кількість газу, яка може розчинитись у воді при даній температурі та мінералізації (з урахуванням сухого атмосферного повітря й нормального тиску).

1.3.6 Формування складу природних вод

У своєму природному стані вода на Землі представляє достатньо складний розчин різних мінеральних і органічних речовин, які називають чистою водою на відміну від хімічно чистої речовини H_2O .

З гідрохімії відомо, що в хімічному складі природних вод виділяють наступні групи іонів і катіонів.

Головні іони, що визначають в основному величину мінералізації води:

Аніони: Катіони:

Cl^- - хлоридні Na^+ - натрію

SO_4^{2-} - сульфатні K^+ - калія

HCO_3^- - гідрокарбонатні Mg^{2+} - магнію

CO_3^{2-} - карбонатні Ca^{2+} - кальцію

Біогенні речовини беруть активну участь у життєдіяльності водних організмів: нітрати (NO_3), нітрит (NO_2^-), амоній (NH_4^+), фосфорна кислота (HPO_4^-), кремній (SiO_3^{2-}) і інші.

Органічні речовини - розчинені (істинні або колоїдні розчини), загальний вміст яких визначається по органічному вуглецю або по непрямим характеристиках: кольоровості й окисленню (біохроматне й перманентне). Це результат посмертних або прижиттєвих виділень гідробіонтів і ін. Змив органічних частинок стоком із поверхні суші й ґрунту.

Розчинені гази (кисень, вуглекислий газ, сірководень і ін.)

Іони водню, концентрація яких визначається через показник $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, визначає киснево-лужна рівновага водних розчинів.

Мікроелементи - містяться в природних водах у дуже малих концентраціях - мікрограмах на літр. Розрізняють їх підгрупи:

Типові катіони (Li^+ , Pb^+ , Cs^+ , Be^+ , Sr^+ , Ba^+ , і ін.)

Алефтерні комплексоутворювачі (Cr, Mo, V, Mn)

Типові аніони (Br, Ir, Fr, Br)

Радіоактивні елементи.

Оцінка хімічного складу природних вод встановлюється за рядом характеристик, з яких у гідрохімії відомі:

- жорсткість (за солями лужноземельних металів)
- лужність (за аніонами слабких кислот)
- агресивність (властивість руйнувати метали, бетон, вапняні матеріали).

Є ряд додаткових показників властивості природних вод - показник біохімічного споживання кисню - БСК ($\text{мг O}_2/\text{дм}^3$). Він указує на кількість кисню у воді, яка витрачається на окислення органічних речовин, що містяться в ній, - нестійких, легкозасвоюваних. Повне споживання кисню на біохімічне окислення БСК_∞ визначити важко через тривалість цього процесу (більше 20 діб). Тому в лабораторії визначають це споживання за 5-добовий період інкубації проб води й встановлюють БСК_5 . А потім розрахунковим шляхом, уводячи експериментальний поправочний множник, обчислюють $\text{БСК}_\infty = (1,4 \div 1,6) \times \text{БСК}_5$.

Природні води містять у своєму складі окрім перерахованих вище форм забруднювальні речовини: нафтопродукти, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, пестициди й інші техногенні відходи різних галузей промисловості. Про них ітиметься далі.

Розглянемо сукупність процесів, що приводять до утворення того або іншого складу розчинених у природній воді мінеральних, органічних речовин. Чинники, які визначають склад природних вод, поділяються на прямі, що безпосередньо діють на воду (доставляють розчинені речовини) і непрямі, такі, що визначають взаємодію води з речовинами (комплекс фізико-географічних умов - ґрунтових, кліматичних, геоморфологічних, гідравлічних і інших).

Прямі чинники:

а) Гірські породи й мінерали є першоджерелом складу природних вод. У результаті процесів хімічного вивітрювання (вимивання) водою останні збагачуються солями.

б) Ґрунтовий покрив збагачує водні розчини, що фільтруються крізь нього, мінеральними й органічними компонентами, які утворюються в ґрунті в результаті життєдіяльності рослинних і тваринних організмів. Винесення цих речовин із ґрунтів водою залежить від типу ґрунтів і ступеня їхнього зволоження. Чорноземи, каштанові ґрунти й особливо солончакові ґрунти істотно підвищують мінералізацію води, що фільтрується. У процесі просочування води крізь ґрунт її хімічний склад змінюється також під впливом обмінних реакцій між іонами води й іонами ґрунтового поглинаючого комплексу (ПК). ПК - це негативно заряджені колоїдні частинки в ґрунті, які здатні поглинути із ґрунтового розчину катіони, або ж віддати частину з них у розчин для досягнення рівноваги.

в) Біологічний чинник діє на хімічний склад води через життєдіяльність рослинних і тваринних організмів. Наприклад, фотосинтетична діяльність рослин збагачує воду органічною речовиною (первинна продукція), киснем (при цьому зменшується CO_2 у воді). Мікроорганізми розкладають органічні сполуки

аж до простих мінеральних речовин (Ca, CH_4 і ін.) і відіграють велику роль при відновленні багатьох хімічних елементів.

г) До прямих чинників також відноситься господарська діяльність людини, що створює технічні потоки міграції багатьох хімічних елементів. Детально цей процес буде розглянуто далі.

Непрямі чинники:

Непрямі чинники визначають інтенсивність дії на природні води перерахованих вище прямих чинників. Це - клімат, рельєф, водний режим. Вони визначають умови середовища, у якому формується її хімічний склад. Клімат визначає загальний фон розподілу вологи й тепла, який впливає на протікання гідрохімічних процесів. Рельєф визначає особливості стікання атмосферних вод, їх швидкості, ерозійні дії на ґрунти - усе це впливає на утворення сольового складу. Водний режим визначає міграцію хімічних елементів, процеси змішення й розчинення генетично різних водних мас.

У загальному процесі формування річкових вод П.П. Воронков розрізняє два основні напрями:

а) формування хімічного складу вод шляхом розчинення водою гірських порід, ґрунтів і мінералів, газів атмосфери та ін.;

б) шляхом зміщування вод різного генезису, де вони раніше сформували хімічний склад своїх вод.

Для аналізу П.П. Воронков виділяє води місцевого стоку, які формуються на дрібних водозборах. Хімічний склад цих вод, що стікають зі схилів і витікають із верхнього шару ґрунтів, сформований шляхом розчинення мінеральних і органічних речовин. Для великих і середніх річок переважаючим процесом формування хімічного складу є процес змішування.

У міру стікання вод по водозбору й переходу її зі схилів у русла змінюється характер живлення водотоків - до них починають надходити ґрунтові води із глибших шарів, це змінює їх хімічний склад. П.П. Воронков запропонував досліджувати характер і тип формування водного живлення річок за зміною хімічного складу її вод.

Вивчивши відповідність хімічного складу й водного режиму річок, П.П. Воронков запропонував наступні генетичні категорії стоку води:

поверхнево-схилове стікання - по поверхні схилу в мікрострумках;

грунтово-поверхневе - ґрунтове стікання по схилу із дренаванням вод із ґрунтового шару на глибині ерозійного врізу мікрострумків;

ґрунтовий стік (верховодка) - стік із ґрунтової товщі, з тимчасових водних горизонтів (сюди ж відносяться води так званого «берегового регулювання»);

ґрунтові - води складаються з останніх водних горизонтів, що живлять річки.

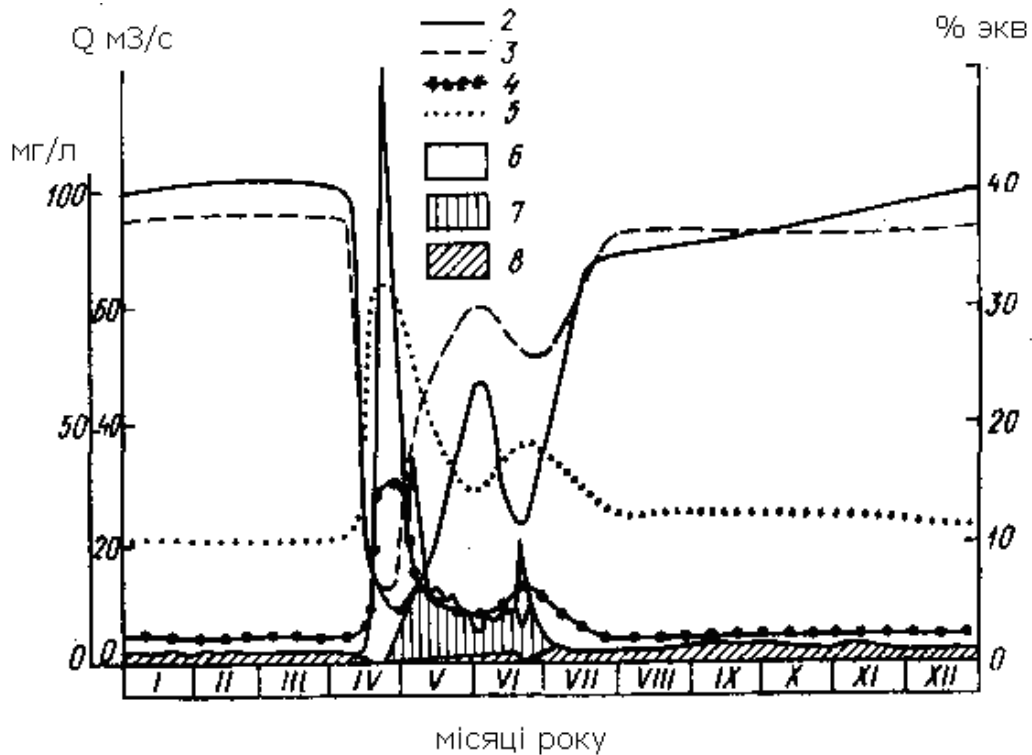
На думку П.П. Воронкова всі ці 4 види стоку можна виділити на гідрографі, виходячи з хімічного складу вод у різні періоди, коли через створ проходить вода різного походження. Перераховані вище генетичні категорії стоку можна виділити на гідрографі (рис.1.1), враховуючи часові коливання концентрації речовин для різних фаз стоку. Ґрунтовий стік спостерігається протягом усього року - загальна мінералізація досягає 100 мг/дм^3 при добре вираженому переважанні іонів HCO_3^- і Ca^{2+} .

Після надходження в річку талих вод і їхнього змішування з водами ґрунтового стоку мінералізація вод загального стоку зменшується. При завершенні повені мінералізація знову збільшується, у зв'язку зі зростанням частки ґрунтових вод у річковому стоці. Іони Cl вимиваються ґрунтовим стоком із поверхневого шару ґрунту, тому вони пов'язуються із цим генетичним видом стоку.

Таким чином, за наявності частих вимірювань концентрації різних хімічних елементів у річковій воді протягом року можна встановити, звідки змиваються різні речовини. При мерзлом ґрунті вони змиваються з поверхні водозбору, при талому ґрунті й інтенсивних дощах - із шару ґрунтів ґрунтово-поверхневим стоком. Протягом усього року діє ґрунтовий стік.

Оскільки води місцевого стоку залежать від зональних умов - опадів, природних зон, то гідрохімічні характеристики місцевих вод мають зональний розподіл. Мінералізація вод закономірно збільшується з півночі на південь,

оскільки зменшується в цьому напрямку ступінь промивки ґрунтової товщі опадами. Окрім цього в міру віддалення на південь змінюються особливості ґрунтів - північніше, де є ліси - вони легші, такі, що промиваються, на півдні ж - щільніші, особливо в степовій зоні.



1- витрата води $Q \text{ м}^3/\text{с}$; 2 - мінералізація; 3 гідрокарбонати - HCO_3^- ; 4 - сульфіти SO_2 ; 5 хлориди - Cl ; 6 – води поверхневого походження (поверхнево-схилові й ґрунтово-поверхневі); 7 - води берегового регулювання; 8 - води ґрунтового походження

Рисунок 1.1 - Гідрохімічний режим р. П'яліца - с. П'яліца ($F = 946 \text{ км}^2$, 1960 р.) як відображення зміни типів водного режиму.

1.3.7 Слідові хімічні компоненти у морській воді

У хімії морської води переважає сім основних іонів, але в ній містяться також усі інші елементи, хоча і знаходяться часто в вкрай низьких концентраціях. Біологічні процеси або людська діяльність надають невеликий вплив на основні іони в морській воді, оскільки морська вода є величезним

резервуаром і основні іони мають великі часи перебування. З іншого боку, складні процеси кругообігу і включення в біологічні системи визначають поведінку розчинених слідів елементів (компонентів, присутніх в концентраціях $\text{мкмоль} \cdot \text{л}^{-1}$) в морській воді. Концентрації деяких розчинених металів у морській воді дуже малі - зазвичай кілька $\text{нмоль} \cdot \text{л}^{-1}$. Відбір зразків з метою запобігання забруднення, а також вимір таких малих концентрацій в присутності основних іонів в мілімолярних концентраціях скрутні. Такі ускладнення перешкоджали звичайним аналізом слідів елементів в морській воді до 1970-х, хоча надійні вимірювання поживних речовин були можливі і раніше.

Концентрації твердого матеріалу в глибинних водах океану низькі (кілька $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$), тоді як в поверхневих водах вони досить високі (зазвичай 10-100 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$). Подібні високі концентрації спостерігалися поблизу глибоководного океанічного дна і, локально (десятки кілометрів) - навколо гідротермальних виходів. На відміну від цієї області поблизу морського дна, твердий матеріал в океанах має зазвичай органічне походження і накопичується в процесі первинного продукування в поверхневих морських водах. Еуфотіческой зона, де відбувається таке продуцірування, має варіюють глибину, в загальному близько 100 м в чистих водах відкритого океану. Оскільки океани мають в середньому глибину близько 4000 м, первинне продукування, яке керує глобальним біологічним кругообігом, відбувається в тонкій приповерхностной зоні.

Розчинені в морській воді метали відбуваються з різних джерел, наприклад, в результаті розчинення чутливих до окисно-відновних умов металів в ході відновлювальних реакцій на океанічному дні або у відкладеннях серединних океанічних хребтів. Зазвичай збагачені марганцем гідротермальні відкладення, проте їх обмежена зустрічальність навколо гідротермальних виходів говорить про їх невизначеному внесок в глобальні запаси розчиненого марганцю. В цілому важливіший привнос з атмосфери і з річками. Сучасні потоки деяких металів з атмосфери перевищують річковий привнос (таблиця 4.5), що пов'язано з різними процесами згоряння, до яких відносяться спалювання вугілля, плавлення металів і двигун автомобіля. Зрушення в бік

збільшення атмосферного джерела для деяких металів може викликати зростання їх концентрацій в водах відкритого океану, оскільки метали, що вносяться з річками, зазвичай видаляються в дельтах.

Хімізм розчинених у морській воді металів можна розділити на три класи, які описують поведінку металу в процесі хімічного кругообігу. Ці класи - консервативний, по типу поживних речовин, і клас виносу - розрізняють за формою профілів концентрації, побудованих в залежності від глибини в океанах.

Кількість іонів морської води, що надходять на сушу через атмосферу (за В.С.Савенко) наведено у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Кількість іонів морської води, що надходять на сушу через атмосферу (за В.С.Савенко)

Іон	Середній склад атмосферних опадів над океаном		Надходження з океану, млн т/год	Винесення з річками, млн т/год	Доля іонів океаничного походження в річному стоці, %
	мг/л	%			
Na ⁺	2,24	24,74	19,3	32,0	60,3
K ⁺	0,12	1,33	1,0	4,6	21,7
Mg ²⁺	0,33	3,66	2,8	18,4	15,2
Ca ²⁺	0,36	3,98	ЗД	79,2	3,9
Cl ⁻	4,00	44,19	34,4	41,1	83,7
SO ₄ ²⁺	1,64	18,12	14,1	76,6	18,4
HCO ₃ ⁻	0,36	3,98	ЗД	254,1	1,2

1.4 Хімія атмосфери

1.4.1 Склад атмосфери

Атмосферне повітря - це механічна суміш більше 50 газів. За вмістом можна виділити такі три основні групи складових атмосферного повітря:

1. Гази, які входять до складу повітря практично в сталих кількостях - основні гази - азот, кисень, аргон. Їх кількість є сталою.

2. Гази, які завжди присутні в атмосферному повітрі, але кількість їх змінна - водяна пара, озон, вуглекислий газ, метан, аміак, аерозолі.

3. Гази та інші речовини, які можуть бути присутні в атмосферному повітрі (викиди промислових підприємств, вулканічні викиди, окиси сірки та азоту).

Сучасний хімічний склад атмосфери встановився близько 500 млн років тому назад. На сьогодні хімічний склад сухого атмосферного повітря залишається практично незмінним на всій земній кулі до висот 95-100 км. В зв'язку з цим, нижній 100-кілометровий шар атмосфери називають гомосферою. Однорідність хімічного складу забезпечується інтенсивним його переміщенням, що здійснюється турбулентними рухами, впорядкованими вертикальними рухами та крупномасштабними горизонтальними переміщеннями.

Вміст основних газів у сухій атмосфері:

- азот - 78,08%

- кисень - 20,95%

- аргон - 0,93%

- вуглекислий газ - 0,033%

- неон - 0,0018%

- озон - 0,000001 - 0,0000001%

Хімічний склад верхніх шарів атмосфери змінюється з висотою, тому ця частина атмосфери називається гетеросферою. Основними процесами, які визначають хімічний склад атмосфери у верхніх шарах, є:

- *гравітаційний розподіл газів* - з висотою зменшується вміст газів із значною молекулярною масою і, відповідно, збільшується вміст так званих легких газів - водню, гелію;

- *дисоціація атмосферних газів* під дією короткохвильового сонячного випромінювання. Так, в шарі від 100 до 200 км під дією сонячного

випромінювання з довжиною хвиль 0,12-0,17 мкм відбувається дисоціація молекулярного кисню з утворенням атомарного кисню, в шарі від 200 до 500 км відбувається дисоціація азоту.

На висотах до 500-600 км в складі атмосферного повітря переважає молекулярний азот і кисень, в значній кількості присутній монооксид азоту, а також легкі гази (водень, гелій). До висоти 1000 км спостерігається зменшення вмісту молекулярних кисню і азоту та збільшується вміст легких газів. На висотах вище 1000-2000 км атмосфера складена переважно гелієм і воднем, які знаходяться як в молекулярному, так і в атомарному станах. На висотах понад 400 км всі гази знаходяться в іонізованому стані. Процес іонізації у верхніх шарах атмосфери відбувається під дією космічного випромінювання.

Склад атмосфери та водного басейну Землі наведено у табл. 1.3

Таблиця 1.3 - Хімічний склад атмосфери (за Г. В. Войткевичем)

Компонент	Вміст, % об'єму	Маса, 10^9 т
1	2	3
Сухе повітря	100,00	$5,12 \cdot 10^6$
N ₂	78,08	$3,87 \cdot 10^6$
O ₂	20,95	$1,18 \cdot 10^6$
Ar	0,93	$6,59 \cdot 10^4$
CO ₂	0,032	$2,45 \cdot 10^3$
Ne	$1,82 \cdot 10^{-3}$	64,8
He	$5,24 \cdot 10^{-4}$	3,71
Kr	$1,14 \cdot 10^{-4}$	16,9
Xe	$8,7 \cdot 10^{-6}$	2,02
CH ₄	$1,5 \cdot 10^{-4}$	4,30
H ₂	$5,0 \cdot 10^{-5}$	0,18
N ₂ O	$3,0 \cdot 10^{-5}$	2,30
CO	$1,2 \cdot 10^{-5}$	0,59
NH ₃	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0,03
NO ₂	$1,0 \cdot 10^{-7}$	0,0081
H ₂ S	$2,0 \cdot 10^{-8}$	0,0012

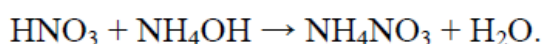
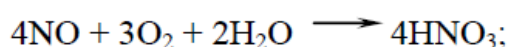
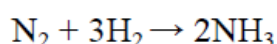
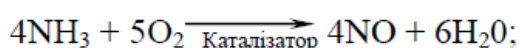
1.4.2 Джерела мікрокомпонентів у атмосфері

Одержання ресурсів і позбавлення відходів відбувається в рамках колообігу всіх хімічних елементів.

Біогеохімічні цикли — це циклічне поетапне перетворення речовин та зміна потоків енергії із просторовим вагоперенесенням, яке здійснюється завдяки сумісній абіотичній і біотичній трансформації речовин.

Міграція речовин у межах геосфер поділяється на повітряну, водну, біогенну, техногенну, механічну. Залежно від агрегатного стану, хімічної природи сполук окремого хімічного елемента, їх розчинності, здатності накопичуватися в організмі, поглинатися ґрунтовим вбирним комплексом тощо переважає той чи інший тип міграції, тобто кожний геохімічний цикл має свої особливості.

Нітроген (рис.1.2) у вигляді газоподібних сполук (NH_3 , NO , NO_2) міститься в повітрі, в живих організмах переважно у вигляді білків, нуклеїнових кислот, ферментів; у ґрунті — у вигляді солей амонію, нітратів і нітритів; тут завдяки численним мікроорганізмам — азотфіксаторам, нітрифікаторам, денітрифікаторам відбуваються найрізноманітніші біохімічні процеси. В біосфері фіксація азоту з повітря відбувається переважно біологічним шляхом і лише незначна кількість (менш як 35 мг/м^3) — у результаті процесів в атмосфері (електричні розряди та фотохімічні процеси). Нітроген вступає в колообіг переважно через кореневу систему у вигляді нітратів чи солей амонію або за допомогою симбіотичного зв'язку через бактерії, гриби, синьо-зелені водорості, здатні фіксувати атмосферний азот. Існує і промислова фіксація азоту: одержання аміаку і подальше його використання для добування нітратної кислоти та її солей за реакціями:



Органічні сполуки, що містять нітроген, при розщепленні в організмі виділяються у вигляді аміаку чи солей амонію в природне середовище. У природі поклади KNO_3 (чилійської селітри) є лише в Чилі, де практично не буває дощів.

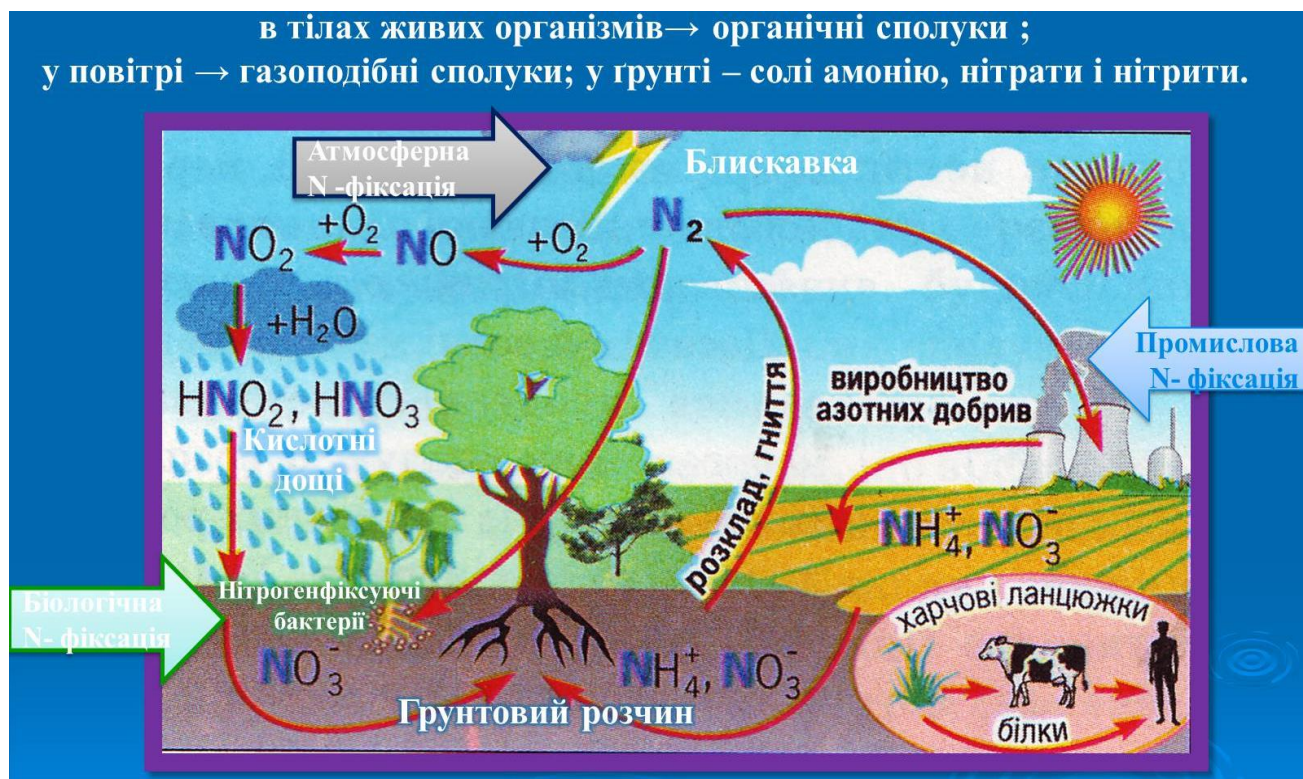


Рисунок 1.2 - Біогеохімічний колообіг нітрогену в природі

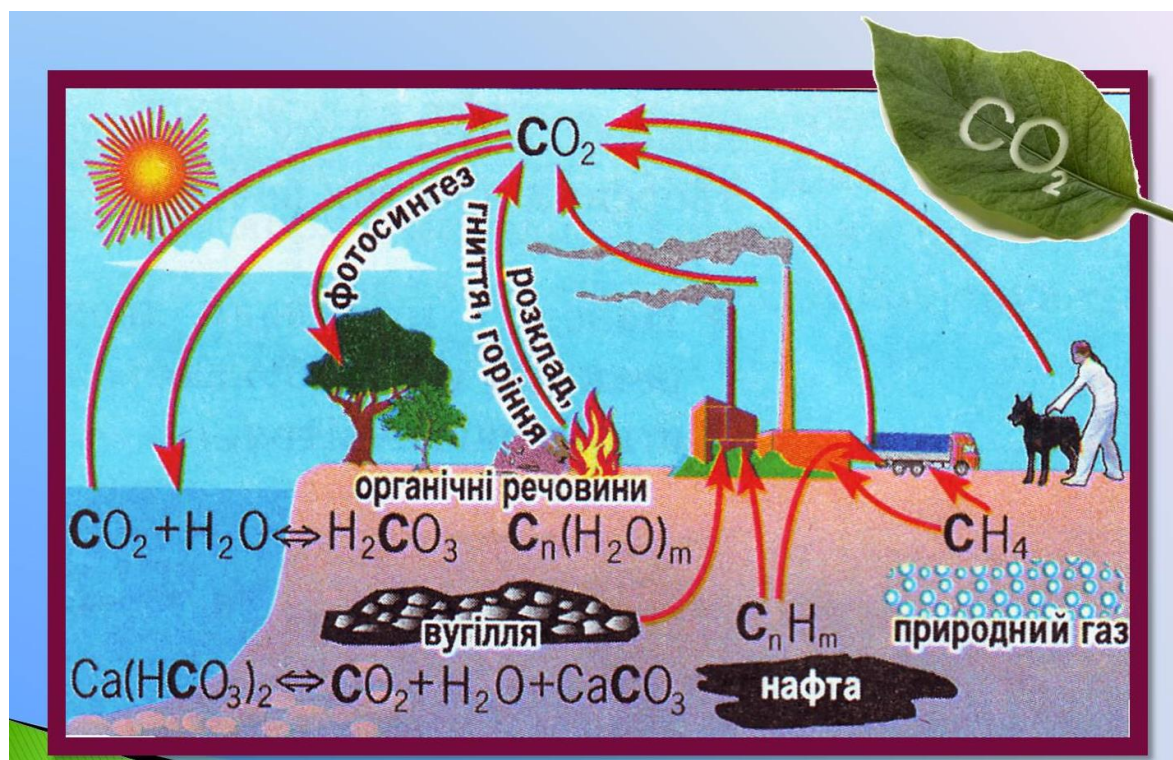


Рисунок 1.3 - Біогеохімічний колообіг карбону

В атмосфері міститься вуглекислий газ (об'ємна частка становить 0,03%), оксид карбону (II), як малі компоненти —вуглеводні, зокрема метан, та інші органічні сполуки. Карбон —основний хімічний елемент живої речовини, оскільки входить до складу білків, жирів, вуглеводів та інших речовин (рис.1.3). При окисненні в процесі метаболізму органічних сполук утворюється оксид карбону (IV), що підтримує в крові сталу кислотність (карбонатна буферна система).

Цей хімічний елемент має газоподібні сполуки: гідрогенсульфур та оксиди сульфуру (IV) і (VI). Більшість сульфатів розчинні у воді, тоді як сульфіді (крім лужних металів і амонію) малорозчинні. Сульфур у складі органічних сполук міститься в живих організмах, горючих корисних копалинах. В ґрунті діють численні мікроорганізми, що перетворюють сульфіді на сульфати й сірку і навпаки. Під час гниття органічних решток виділяється токсичний гідрогенсульфур, що отрує водянні організми; з іншого боку, може осаджувати катіони важких металів у вигляді малорозчинних сульфідів, сприяючи самоочищенню водойм.

Великі кількості оксидів сульфуру утворюються при спалюванні сміття, добуванні металів із сульфідів, у виробництві та використанні сульфатної кислоти.

У літосфері існує самородна сірка, малорозчинні у воді сульфіді багатьох металів у вигляді і мінералів: свинцевий блиск, пірит, цинкова обманка, кіновар, реальгар; розчинні сульфати, мірабіліт, гіпс, ангідрит. Значні кількості сульфат-іонів містяться в природних водах, особливо мінералізованих; деякі мінеральні води збагачені гідрогеносульфуром.

Сірководневі зони існують і в морях та океанах — це мертві зони, хоча гідрогенсульфур є джерелом енергії для хемосинтезуючих організмів (рис 1.4, рис 1.5)

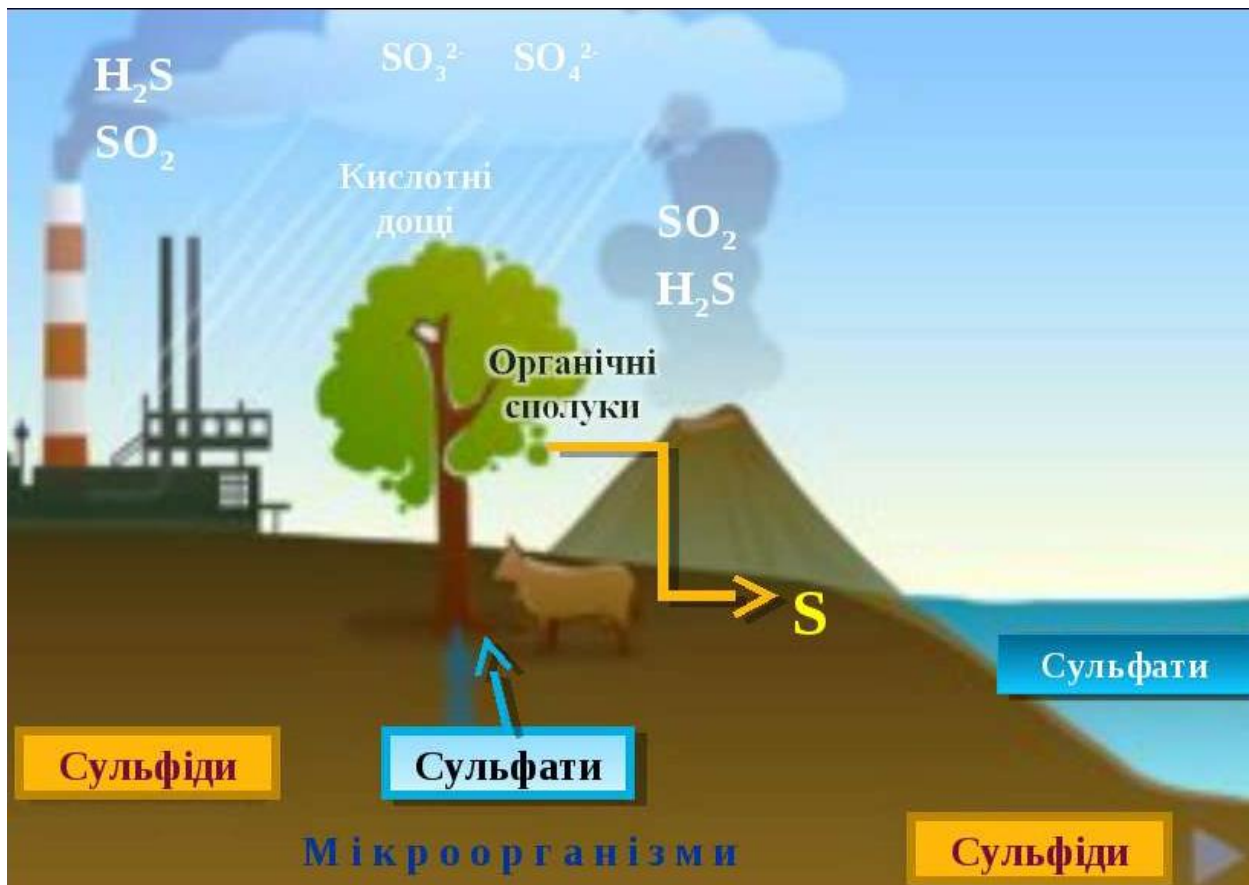


Рисунок 1.4 - Біогеохімічний колообіг сульфуру

1.4.3 Реакційна здатність «слідових» речовин у атмосфері

Відомо, що гази з коротким часом перебування в атмосфері можуть бути легко видалені. Деякі з них видаляються в процесі поглинання рослинами, твердими речовинами або водою. Однак найбільш частою причиною короткого часу перебування газу в атмосфері служить протікання хімічних реакцій.

Більшість мікрокомпонентного газів, перелічених у таблиці, не дуже активно вступає в реакції з основними компонентами повітря. Насправді, найбільш реакційно-здатною одиницею в атмосфері є фрагмент молекули води, радикал гідроксилу (ОН.). Цей радикал (реакційно-здатний молекулярний фрагмент) утворюється в результаті фотохімічно ініційованої послідовності реакцій, яка запускається фотоном світла, $h\nu$:

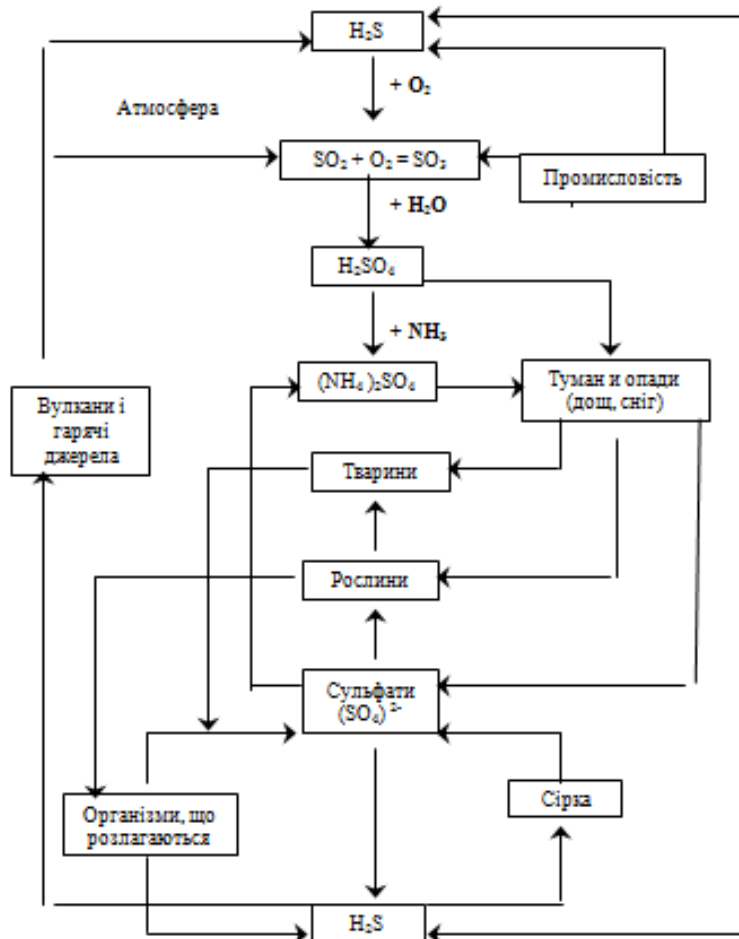
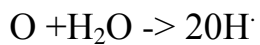
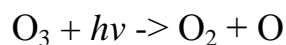
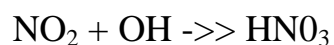


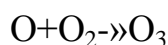
Рисунок 1.5 - Біогеохімічний колообіг сульфуру



Радикал OH може вступати в реакції з багатьма сполуками атмосфери, тому у нього короткий час перебування, і швидкості реакцій його більше, ніж у такого поширеного газу, як O₂. Реакція між діоксидом азоту (NO₂) і радикалом OH призводить до утворення HNO₃, важливою складовою кислотних дощів:



З іншого боку, кінетичні вимірювання в лабораторії показали, що гази, у яких низькі швидкості реакцій з радикалом ОН, мають велике час перебування в атмосфері. У таблиці показано, що СОS, N₂O і навіть СН₄ мають велике час перебування. ХФУ (Хлорфторуглеводороди: охолоджуючі речовини і розпилюють речовини аерозолів) також обмежено вступають в реакції з ОН. Подібні гази накопичуються в атмосфері і з часом просочуються в стратосферу. Там мають місце зовсім інші хімічні процеси, в яких переважає не він, а атомарний кисень (т. Е. О). Гази, що реагують з атомарним киснем стратосфери, можуть перешкоджати утворенню О₃ по реакції:



і відповідати за виснаження озонового шару стратосфери.

ХФУ - одні з перших руйнівників озонового шару стратосфери. Сполуки азоту також руйнівні для О₃, якщо переносяться в стратосферу, оскільки вони включаються в прості послідовності реакцій. Саме азотні сполуки з вихлопів літаків комерційної надзвукової авіації, що літають на великих висотах, були першими передбачуваними забруднювачами. В цьому випадку газам не обов'язково було мати низьку реакційну здатність і повільно проникати в стратосферу - вони вносилися безпосередньо з авіаційних двигунів.

Великий стратосферний повітряний флот не виник, тому увага в даний час зосередилося на N₂O, набагато більш інертному оксиді азоту, який утворюється на рівні землі і здатний легко проникати в стратосферу. Цей газ виділяється як в результаті біологічної активності в родючих ґрунтах, так і внаслідок ряду процесів згоряння, найцікавішими з яких є відбуваються в автомобільних двигунах з каталітичними перетворювачами.

Озон - алотропна модифікація кисню (О₃). В нижніх шарах атмосфери його вміст незначний. Найбільша його концентрація в стратосфері між висотами 10 і 40 км. Озон значно поглинає ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі в інтервалі 200-300 нм.

РОЗДІЛ 2. АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРУ ТА ГІДРОСФЕРУ

2.1 Вплив забруднюючих речовин на атмосферне повітря

Хімічні забруднювачі рослин - хімічні елементи, сполуки та комплекси, що змінюють якісний і (або) кількісний хімічний склад рослинного організму. Основними забруднювачами, що характеризуються фітопогенним ефектом, є хімічні елементи та їх сполуки, що виявляються причиною дісхемії. Їх походження може бути:

1. Космогенного походження - нікель, оксид марганцю, індоли (у складі метеоритів), ізотопи свинцю, молібдену і т.д. Щодобове випадання метеоритного речовини - 14 - 170 г . (Лебединець, 1981).

2. Техногенного походження компоненти флюїдів, пересування яких - ланка тектоно-метаморфічного процесу (Fife, 1978), пов'язаного з надходженням магматичного матеріалу з верхньої мантії в кількості до 12 км³ на рік. До складу флюїдів входять олово, берилій, молібден, тантал, уран, торій, вольфрам, цирконій, літій, рубідій, цезій, фтор, цезій і ртуть, а також молекулярний азот, кобальт і метан. З початку виникнення земної кори в геохімічний цикл залучаються сірка і вуглекислий газ. Важливу роль відіграє так зване ртутне дихання Землі (Кропоткін, 1980).

3. Біогенного походження - сполуки, що виділяються бактеріями, грибами та безхребетними (Білай, 1961, Білай і Підоплічко, 1980); алелопатично активні сполуки вищих рослин (Гродзинський, 1965; Іванов, 1973;); виділення шкірних залоз хребетних; сполуки, що утворюються при розкладанні відмерлих організмів; сполуки, не утилізуються і виділяються організмом; з'єднання, що виникають у процесі піролізу організмів при пожежі (наприклад, поліциклічні ароматичні вуглеводи, які утворюються при піролізі деревини (Дикун із співавт., 1979); ізотопи свинцю, цинку, міді, ртуті та марганцю. (Ковалевський, 1981); H₂S, CS₂ і SO₂ (Миколаївський із співавт., 1976; Куніна з співавт., 1979). Встановлено (Немерюк, 1970), що рослини, в першу чергу вищі, здатні виділяти

значну кількість елементів і сприяти тим самим виникненню аеробіохімічних ореолів розсіювання. Кількість ідентифікованих сполук, виділених з організмів, перевищила 20 тис. Висловлено переконання (Ковальов, Польова, 1981), що історичні зміни хімічних сполук (хімічна еволюція) викликають еволюцію організмів, яка, у свою чергу, призводить до появи з'єднань з новими властивостями, що впливають на організми і знову призводять до їх зміни.

4. Антропогенного походження - сполуки, що містяться у викидах і відходах виробництва, у викидах двигунів і теплових станцій, що утворюються при передачі енергії, що використовуються в усіх галузях господарства, в охороні здоров'я та в побуті, що опиняються в продуктах життєдіяльності людини і в побутових відходах. Саме ці з'єднання і входять до складу так званого світового потоку ксенобіотиків (Ковальов, Маленков, 1980). Міграційна активність - одна їх характеристик забруднювачів, що визначають своєрідність їх територіального поширення. Поллюційна картографія - дозволяє створити уявлення не тільки про географічне, але і про сезонний кількісному і якісному поширенні ксенобіотиків. Наприклад: на території Північної півкулі проводиться викид в атмосферу до * 0% забруднювачів і більш від їхньої загальної кількості, що утворюється у зв'язку з діяльністю людини на Землі: кількість свинцю і ртуті в урбанізованих районах Європи в 5 разів більше, ніж на Кавказі; в 3 -5 разів більше в порівнянні з азіатською територією європейська територія забруднена і бенз (а) піреном (Ровинський з співавт., 1981).

Програмою моніторингових спостережень за складанням атмосфери на стаціонарних постах передбачається вимір концентрацій пилю, оксидів сірки, азоту, вуглецю, азоту, діоксиду вуглецю, азоту, озону, сажі, вуглеводнів, ртуті, свинцю, кадмію., А також специфічних речовин (Переліки ГДК і ОБРВ , 1993; Доповідь про свинцевому ..., 1997).

Зола - тверда фракція викидів, є одним з основних забруднюючих речовин викидів вугільних ТЕС. Вона має частинки діаметром від 2 до 100 мкм (50% часток - менш 30 мкм).

Фазово-мінералогічний аналіз золи різних видів палива показує, що її основна фаза - скло, а кристалічна представлена різними кількостями кварцу, гематиту, магнезиту, силікату кальцію. Хімічний склад летючої золи визначає її нейтральну або лужну реакцію. Встановлено, що залежно від висоти труб у середньому 30-60% викидається золи випадає в зоні 12 - 15 км . Інша її частина розсіюється на великих відстанях, щільність різко падає.

Пил - узагальнена назва аерозолів твердих речовин (деревна, абразивна, цементна та ін.) Шкідлива дія пилу на організм людини залежить від її дисперсності форми частинок і їх електричного заряду.

Оксид вуглецю (CO), чадний газ, - безбарвний газ без смаку і запаху. Час життя в атмосфері 2-4 місяці. Окислюється в атмосфері і ґрунтовою мікрофлорою до CO_2 . недавно з'явилися докази, що CO_2 виділяється рослинами в найбільш ранній період їхнього росту, а потім - поглинається ними. Таким чином, нарешті вдалося пояснити сезонні коливання CO у атмосфері. Вважається, що більше 80% глобальних викидів CO_2 пов'язано з автотранспортом. На вищі рослини в можливих концентраціях не діє. Для людини є отрутою, який позбавляє тканини тіла необхідного їм кисню.

Оксиди сірки. В атмосфері присутні сірчистий ангідрид SO_2 (оксид сірки (IV)), сірчаний ангідрид SO_3 (оксид сірки (VI)). SO_2 - негорючий важкий (щільність $2,93 \text{ кг/м}^3$) безбарвний газ з характерним різким запахом, який відчувається при концентраціях від $0,78$ до $2,6 \text{ мг/м}^3$. в результаті фотохімічних і каталітичних процесів сірчистий ангідрид перетворюється в сірчаний ангідрид SO_3 , який у вологому повітрі перетворюється в сірчану кислоту і її солі. Час життя SO_2 в атмосферному повітрі близько 10 годин. Порогова концентрація SO_2 , прийнята в якості максимально разової концентрації для рослин, становить $0,02 \text{ мг/м}^3$.

Оксиди азоту. Найбільш поширеними забруднювачами повітря є оксид азоту NO (II) і діоксид азоту NO_2 (IV).

Оксид азоту NO - безбарвний важкий газ, киснем повітря окислюється до діоксиду азоту. Діоксид азоту NO_2 - газ коричнево - бурого кольору (щільність

1,49 кг / м³), який, реагуючи з вологою повітря, перетворюється в азотну й азотисту кислоти. Час життя NO₂ в атмосфері близько 3 доби. NO₂ зумовлює фотохімічні забруднення атмосфери, оскільки реагує з іншими речовинами: з діоксидом сірки SO₂, киснем, вуглеводнями.

Діоксид азоту в п'ять разів більш токсична оксиду азоту. В атмосфері оксид і діоксид азоту знаходяться в динамічній рівновазі, перетворюючись одне в одного в результаті фотохімічних реакцій, в яких беруть участь як каталізатора.

Їх співвідношення в повітрі залежить від інтенсивності сонячного випромінювання, концентрації окисників та ін факторів. Порогова концентрація NO₂, приймаючи як максимально разової концентрації для рослин, становить 0,02 мг/м³.

Озон (O₃) - безбарвний газ, утворюється в результаті роботи електричних машин з іскристими контактами, розрядів атмосферної електрики і вторинного забруднення атмосфери під дією сонячної радіації за участю діоксиду азоту. Озон токсичний для рослин. Поріг вплив починається при концентрації озону 0,06 мг/м³.

Бенз (а) пірен - відноситься до класу поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Кристали з температурою плавлення +173 °С, погано розчинні у воді.

Сажа - практично чистий вуглець, що утворюється при неповному згорянні палива, підсилює дію діоксиду сірки.

Сірководень (H₂S) - безбарвний важкий (щільність 1,54 кг/м³) отруйний газ з різким запахом тухлих яєць. Активний відновник. Утворюється у виробництві сульфатної целюлози, а також при бактеріальному гнитті високобілкових продуктів рослинного і тваринного походження. Зустрічається в каналізаційних колодязях!

Свинець - надходить в атмосферу в основному у вигляді хлорбромідів і оксиду свинцю (II) з вихлопними газами автомобілів, присутній у викидах свинцевих заводів та ін

Ртуть - володіє підвищеною можливістю розподілу і біопереноса в навколишньому середовищі.

Вплив забруднюючих речовин на морфофізіологічні показники рослин
Хоча збереження рослинного покриву Землі без серйозних порушень - безумовна необхідність, його статок в даний час.

Основні причини цього - розмаїття та різноспрямованість патологічних явищ, що виникають у рослин і їх спільнот.

Виникнення тих чи інших патологічних явищ не в одного або небагатьох рослин одного виду, а у більшої кількості або ж у всіх рослин - представників однієї популяції надає виникають патологічним явищам популяційне значення. Виникнення патологічних явищ у багатьох або у більшості рослин одного виду в усіх або у більшості популяцій останнього надає їм видові значення, так як вони здатні змінити характеристики ознак, що входять до кодексу ознак виду.

Найбільш небезпечні для рослинного світу патологічні явища, що порушують:

1. Будова і функціонування пігментів, пластид, окремих ланок фотосинтезу та фотосинтетичного апарату в цілому.

2. Будова та функціонування апарату газообміну і механізму його регулювання, гальмування клітинного дихання (Рудкова, 1981), зменшення кількості уст'ячових апаратів (Сидорович, Гетко, 1979) і ослаблення газообміну у рослин на великих територіях (Назаров із співавт., 1977).

3. Будова та функціонування апарату водного обміну і механізму його регулювання [збільшення кількості міцно утримуваної води під впливом магнію (Шкляєв, 1981), ослаблення водного гомеостазу при заморозках і під впливом забруднювачів в умовах посухи (Тарабаринов, 1980), патологічні зміни тургору і осмотичних параметрів і т.д.].

4. Будова і функціонування механізмів мінерального обміну [зміна нормального кількісного співвідношення між елементами, зрушення в обміні одних елементів під впливом інших, зокрема (Рудкова, 1981) кальцію, марганцю і фосфору при надлишку алюмінію і т.д.].

5. Транспорт [ненормальна транслокація пластичних сполук і продуктів метаболізму, зміна у зв'язку з цим хімічного складу осьових органів, зокрема, коренів (Anderson, 1975) і т.д.].

6. Нормальну діяльність мерісістем [порушення росту у висоту і зростання в ширину (Fritts, 1975), за величиною лінійного приросту і т.д., і виникають у рослин, які ростуть на кислих ґрунтах (Іванов, 1970), які зазнали впливу іонізуючого випромінювання, низьких і високих температур].

7. Нормальне здійснення клітинного циклу [зміна протяжності фаз клітинного циклу в часі і патологія мітозу під впливом проникаючого випромінювання (Алексахін, Нарішкін, 1974), при гіперауксінії і гіпоауксінії, при надлишку і недоліку макро і мікроелементів, зокрема алюмінію (Рудкова, 1981)].

8. Гістогенез і диференціацію клітин і тканин [ксерофільні перетворення злакових, що виникають під впливом шламу алюмінієвого заводу (Половова, Шилова; 1969), зокрема ниткоподібного листочків у *Robinia pseudacacia* L. (Кондратюк з співавт., 1980), деформація пагонів і листя у *Ulmus laevis* Pall., *Acer negundo* L. і *Betula pendula* Roth. (Кулагін, 1974) і зменшення довжини шишок у *Pinus sylvestris* L. (Мамаєв, Шкарлет, 1971) при забрудненні атмосферного повітря].

9. Міжклітинні, міжтканинні та міжорганні взаємозв'язку та взаємодії [патологічні зміни апікальної домінантності, ростових кореляцій, нормального співвідношення маси надземних і підземних органів, зокрема, у *Robinia pseudacacia* L., що виростає на відвалах вугільних шахт і збагачувальних фабрик (Рева з співавт., 1974)].

10. Ритміку процесів онтогенезу [прискорення фенофаз при забрудненні атмосферного повітря (Рязанцева, Спахова, 1980) запобігання утворення плодів у *Achillea millefolium* L. при впливі димогазових викидів хімічного заводу (Тарчевській, Шик, 1969), інгібування цвітіння у *Xanthium strumarium* L. під впливом CO₂ (Purohit, Tregunna, 1974)].

11. Вікове перетворення в життєвому циклі і його нормальне існування [неотенія у трав'янистих рослин, які ростуть на територіях, коксохімічних і металургійних заводів (Кондратюк з співавт., 1980)];

13. Фізичні (електричні, електромагнітні, оптичні і температурні) константи та характеристики рослин;

12. Гаметогенез, запліднення і формування дісеїнулу [недорозвинення мікроспор у злаків (Зуєва, 1969) при дії кам'яновугільної золи; недорозвинення насіння у *Pinus sylvestris* L. (Мамаєв, Шкарлет, 1971) при забрудненні атмосферного повітря викидами промислових підприємств];

13. Нормальне функціонування і життєздатність на ювелірних стадіях розвитку [зменшення схожості насіння *Pinus sylvestris* L. в 2-3 рази при забрудненні атмосферного повітря (Мамаєв, Шкарлет, 1971)];

14. Нормальні терміни функціонування і життєдіяльності клітин, тканин і органів [передчасне і викликаного осінніми потепління відмирання верхівкових нирок у 25% хвойних, що ростуть на осушених болотах (Єфімова, 1977); відмирання хвоїнок при контакті з оксидом магнію - викидом магнезитових заводів (Носирев, 1966) , зменшення терміну життя хвоїнок *Picea abies* L. под впливом нікелю с 11-12 років до 2 років].

15. Демографічні характеристики популяцій - їх віковий склад, співвідношення утворюючих їх рослин по підлозі, активність насінневого розмноження і вегетативного відновлення, життєздатність насіння і проростків [зменшення до 40-60% числа примірників *Pinus sylvestris* L., у яких утворюються шишки: недорозвинення в цих шишках насіння і зміна їх нормального співвідношення за статтю (Мамаєв, Шкарлет, 1971) при дії забрудненого повітря; виникнення на забруднених територіях, причому нерідко на відстані до 6 км від джерела забруднення, зони загибелі рослин (Владимиров, 1980)].

16. Фітоценогенез і флорогенезу на окремих територіях [зменшення числа видів судинних видів рослин і водоростей при забрудненні нафтою (Шилова, 1978); виникнення фітоценозів з іншим видовим складом рослин, зокрема, низькорослих березових лісів при вплив викидів мідеплавильних заводів].

Навіть при незначній концентрації забруднювачів тривалий вплив на рослини забрудненого повітря призводить до зменшення інтенсивності їх фотосинтезу і до уповільнення їх зростання, а також до спрощення і розпаду ценозів. Характерно, наприклад, изреживание деревостанів і зменшення видового складу флори в степових районах виникають під впливом димогазових викидів металургійних і коксохімічних підприємств.

Хімічні забруднювачі впливають на патогенну активність споживачів рослин, їх чисельність, видове різноманіття і кількісне співвідношення один з одним. Встановлено, що в березняках, забруднених 90 Sr, личинки пилильщиків вражають 93,5% листя, в той час як у нерозряджені березняках кількість уражених листя не перевищує 2,5%. На територіях, які зазнали промислового задимлення, серед комах - фітофагів переважають фітофаги з колючі - сисним ротовим апаратом (Боченко, 1971).

Для нейтралізації забруднювачів або зменшенні їх концентрації поблизу промислових зон і в межах міста виживають зелені насадження. Вони збагачують повітря киснем, фітонцидами, сприяють розсіюванню шкідливих речовин і поглинають їх (Хвастунов, 1999). Лісові культури площею 1га здатні осадити їх повітря 25-34 т зважених речовин на рік, засвоїти величезну кількість вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, очистити близько 18 млн. м³ повітря за рік. Фітонциди виділяються деревами, очищають повітря міст від бактеріального забруднення. Надаючи великий вплив на чистоту повітря, рослинність сама при цьому пошкоджується і гине.

Тривалість життя дерев у містах і промислових зонах скорочується в порівнянні з умовами лісу в 5-8 разів (липа в лісі живе 300-400 років, а в місті - 50 років) (Артамонов, 1986; Вронський, 1996).

При озелененні території слід вибирати деревні, чагарникові і газонні рослини залежно від ґрунтово-кліматичних умов, якісного та кількісного складу викидів, закономірностей розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в даній місцевості, ефективності даної породи для очищення повітря від

конкретного забруднювача або їх комбінації (пило - газопоглищення), а також її пило - і газостійкості в реальній ситуації.

Високою стійкістю до діоксиду сірки володіють клен ясенелистий, троянда зморшкувата, чубушник вінцевий. Але вони мають низьку поглинаючу здатність. Високої поглинальною здатністю і стійкістю відрізняються тополя бальзамічний, дерен білий (Кулагін, 1974).

На промислових майданчиках, сильно і постійно забруднених сірководнем, успішно ростуть яблуня дика, вишня степова, аліссум морський. Сірководень менш токсичний для рослин вловлюється ними в меншому ступені, ніж діоксид сірки або сірковуглець.

Поглинання діоксиду азоту обумовлено двома процесами: в нейтралізації утворюються кислот і відновленням азоту з включенням його до складу амінокислот. Діоксид азоту поглинається рослинами в 3 рази більш інтенсивно, ніж оксид азоту (Вронський, 1996).

Діоксид азоту поглинають клен сріблястий, горобина звичайна, тополя бальзамічний, липа дрібнолиста, береза повисла. При спільній присутності в атмосферному повітрі аміаку і діоксиду азоту липа дрібнолиста і тополя бальзамічний віддають перевагу аміак. Оксид вуглецю засвоюється кленом американським, бирючина звичайної, вільхою білої, ялиною звичайною. Кожен 1м² листової поверхні вищих рослин засвоюється за 1 добу від 12 до 120 кг оксиду вуглецю. На світлі оксид вуглецю засвоюється значно краще, ніж у темряві.

Пилеосаджуюча здатність деревної рослини залежить від площі поверхні листя (хвої), маси та щільності крони, швидкості концентрації пилу в повітряному потоці, розташування посадок, а також від частоти дощів, змиваючих пил з листя.

Накопичення хлоридів в листках у межах 0,7-1,5% викликає найбільш сильні пошкодження у кінського каштану звичайного, бузку звичайної, ясена зеленого і слабкі - у в'яза солодкого, верби білої, тополі канадського (Сергейчик, 1985).

За характером дії посадки поділяють на ізолюючі і фільтрувальні. Ізолюючими називаються посадки щільної структури, які створюють на шляху забрудненого повітряного потоку механічну перешкоду, яка змушує потік обтікати масив. При нормальних метеоумов вони знижують вміст газоподібних домішок на 25-35% шляхом розсіювання і відхилення забрудненого повітряного потоку, а також поглинає дії зелених насаджень. Фільтруючими називають посадки, продуваються і розріджені, що виконують роль механічного і біологічного фільтру при проходженні забрудненого повітря крізь масив.

Ці посадки є основними для санітарно-захисних зон (Воскресенська з співавт., 2004).

Фізіологічна роль сірки

До числа найбільш небезпечних і поширених забруднювачів атмосфери належать газоподібні сполуки сірки. Щорічно викидається близько 100 млн. т. сірчистих токсикантів, що в 2 рази перевищує обсяг їх виділення в процесі вулканічної діяльності (Мурзакаев, 1977). Сірка сприймається рослинами у вигляді сульфатів, накопичуючись у вакуолях, і частково зв'язується органічними підставами, переходячи у відновлену форму. Сірка, пов'язана в молекулах метіоніну, цистину і цистеїну, становить до 1,5% сухої речовини білка (Сабінін, 1955; Лір зі співавт., 1974). Сірка - обов'язковий елемент рослинних клітин, приймає діяльну участь у метаболізмі. Кожному виду рослин при відсутності помітного забруднення повітря властивий рівень накопичення сірки, що коливається у межах 0,2-0,9% (Ількун, 1971). В умовах забруднення повітря сполуками сірки її вміст у асиміляційних органах зростає. Під впливом фотосинтетичного отрути - ДДТ і SO₂ - відбувається деформація, аглютинація і руйнування пластид. У залежності від тривалості впливу змінюється проникність мембран, розчинність CO₂ в протоплазмі (Ботпанаева, 1981). При дії SO₂ відбувається втрата незв'язною води, порушення діяльності синтетази жирних кислот; зменшується число розміри жіночих суцвіть у *Betula pubescens* Ehrh. і *Alnus incana* (L.) Moench. (Антипов, 1970) і довжина хвоїнок у *Pinus sylvestris* L. (Негрудкая з співавт., 1981). Зменшується кількість з'єднань

фитонцидной комплексу, що виділяються хвойними, ураженими SO₂, SH₂ і CO (Хлебовіч, 1969). Сухі вершини сосен, обезбарвлений листя, бурі і червоні плями на листі, обсипається хвоя - все це ознаки великого змісту сірчистих речовин у повітрі (Міхеєв із співавт., 1990). Оксид сірки отруйний для рослин навіть у концентраціях від однієї п'ятидесятитисячної до однієї мільйонної від об'єму повітря.

Лишайники гинуть навіть при слідах SO₂ в навколишній атмосфері. Присутність їх у лісах навколо великих міст свідчить про високу чистоту повітря (Чернова, Білова, 1988). Діоксиди сірки і азоту є причиною кислотних дощів. Вони вимивають важкі метали з грантів, підвищуючи при цьому рівень їх токсичності, а також змінюють співвідношення кальцію та алюмінію в ґрунті (у бік зменшення кальцію), що значно затримує ріст кореневої системи рослин. Зростає інтенсивність корозії металоконструкцій, активізуються процеси карстоутворення.

Від концентрації сполук сірки в повітряному середовищі залежить газоаккумуляуюча здатність рослин. У асиміляційних органах накопичується тим більше сірки, ніж сильніше забруднене повітря. Вміст сірки в листках у порівнянні з контролем вже на початку періоду вегетації підвищується і продовжує збільшуватися на його протязі. До осені у рослин ряду видів спостерігається зменшення вмісту сірки в листі, що зумовлено, мабуть, розпадом сірковмісних сполук, їх відтоком до стебел і коріння і вимиванням з рослин дощовими водами. У зоні слабого забруднення повітря найбільша газоаккумуляуюча здатність спостерігається в таких рослин як дерен білий, бирючина звичайна, смородина чорна. У їхньому листі накопичується від 4,16 до 7,36 г сірки на кг сухої речовини. Найменшою газоаккумуляуючою здатністю характеризуються аморфи чагарникова, груша звичайна, клен сріблястий, береза повисла, бузок звичайна і ялина колюча, накопичують від 1,24 до 1,92 г сірки на 1 кг сухого листя. У зоні сильного забруднення максимальним рівнем газонакопичення (6,68-8,96 г сірки на кг сухого листя) характеризуються липа дрібнолиста, жимолость татарська, осика, тополя канадська, мінімальним рівнем

забруднення (2,88 - 3,84 г сірки на кг сухого листя) - груша звичайна, вишня степова, глід колючий. У більшості випадків рослини тих видів, які активно поглинають сірку з ґрунту, характеризуються і її підвищеним накопиченням з атмосферного повітря. Газопоглинальна функція рослин підвищується завдяки накопиченню сірки в пагонах і вимиванням її дощовими водами. З листя може бути вимито від 8 до 40% сірки, поглиненої з повітря.

Таким чином, для озеленення зони сильного забруднення рекомендується використовувати газостійкі рослини м зниженою здатністю до газонакопичення (вишню степову, троянду зморшкувату, глід колючий, грушу звичайну). Газоаккумуляюча здатність асиміляційних органів деревних рослин може бути використана з метою діагностики забруднення повітря.

2.2 Вплив забруднюючих речовин на гідросферу

Вода відноситься до числа найбільш важливих природних ресурсів, таких, як повітря та енергоносії. Вода необхідна для всіх форм життя на Землі. Сукупність усіх джерел води на нашій планеті – морів, озер, річок, ставків, боліт, підземних вод – називається гідросферою. Загальна кількість води на Землі – 1386 млн км³. Загальна площа океанів і морів в 2,5 рази перевищує територію суші. Із загальної кількості води на Землі частка прісних вод становить 2,5%, або 35 млн км³. Це 8 млн км³ прісної води на кожного жителя планети. Однак більша частина прісної води важкодоступна. Близько 70% прісної води укладене в льодовикових покривах полярних країн і гірських льодовиках. Обширні запаси прісної води знаходяться у верхній частині земної кори на різній глибині. Це запаси підземних вод. Прісні води, як правило, знаходяться на глибині 150-200 м, нижче вони стають солоними водами. Обсяг підземних прісних вод приблизно в 100 разів перевищує сукупний обсяг озер, річок і боліт. Площа всіх озер земної кулі дещо перевищує 2 млн км².

Вода є єдиною природною рідиною, наявної на поверхні Землі у величезній кількості. Тільки ця речовина в природі існує у всіх трьох агрегатних

станах: рідкому, твердому і газоподібному. Здавалося б, на Землі присутня достатня кількість цього потрібного для життя природного ресурсу, тим не менш, нестача води на сьогоднішній день є однією з найважливіших екологічних проблем.

Забруднення водних систем представляє велику небезпеку, оскільки водні екосистеми надзвичайно чутливі до впливу забруднювачів. Процеси самоочищення і відновлення водних екосистем відбуваються повільно, а джерела забруднення водою дуже різноманітні і важко піддаються нейтралізації.

Основними джерелами забруднення природних вод є:

1) атмосферні води, що містять маси вимиваються з повітря хімічних речовин промислового походження. Оподи і талі води додатково залучають з собою велику кількість речовин. Найбільш забрудненими є стоки з міських вулиць, виробничих майданчиків – у них містяться нафтопродукти, сміття, феноли, кислоти, оксиди важких металів;

2) побутові стічні води містять переважно фекалії, поверхнево-активні миючі засоби, жири, мікроорганізми;

3) сільськогосподарські стічні води, що містять добрива з полів, а також пестициди та отрутохімікати, завдяки яким отримують високі врожаї;

4) промислові стічні води, які утворюються в усіх галузях виробництва. Найбільш активними споживачами води вважаються целюлозно-паперова промисловість, чорна та кольорова металургія, енергетика, хімічна та нафтопереробна промисловість. Найбільш поширеними забруднюючими речовинами поверхневих вод є нафтопродукти, феноли, кислоти, сполуки металів, азот, формальдегід, віруси і бактерії. Забруднення води проявляється в зміні фізичних і органолептичних властивостей (порушення прозорості, забарвлення, запахів, смаку), збільшенні вмісту сульфатів, хлоридів, нітратів, токсичних важких металів, скороченні розчиненого у воді кисню повітря, появі радіоактивних елементів і хвороботворних бактерій.

Серйозні екологічні наслідки викликає так зване теплове забруднення. При отриманні електричної енергії виділяється велика кількість надлишкової енергії, охолодження проводиться за допомогою води, яка скидається в навколишнє середовище, як правило, у водойми. Зміни температури надають несприятливий вплив на всі структури водного співтовариства організмів. Різні види водоростей конкурують між собою за світло, простір і елементи живлення. Зміни температурного режиму, порушуючи конкурентні позиції окремих видів, сприяють загибелі одних і прискореному розмноженню інших, що веде до екологічних зрушень. Таким чином, в результаті теплового впливу змінюється видове різноманіття водної екосистеми. Частково теплове забруднення згладжує сезонні зміни температури у водоймі, що впливає на життєвий цикл деяких риб і рослин і викликає їх загибель. Найбільш небезпечно вплив теплового впливу в умовах жаркого клімату, оскільки організми часто потрапляють в умови верхнього температурного межі. Споживання води промисловістю та сільським господарством досягло в сучасному світі величезних розмірів. Міста світу щорічно скидають у водойми понад 500 млрд м³ стічних вод. Тільки половина з промислових відходів піддається будь-якої очистки, решта скидається у водойми без будь-якої попередньої обробки. Тільки в Рейн щорічно скидається близько 1000 т ртуті, 1500 т миш'яку, 1700 т свинцю, 1400 т міді, 13 000 т цинку, 100 т хрому і 20 млн т різних солей. Найбільша ріка Америки Міссісіпі акумулює забруднення з території, на якій розташовано 3/4 «брудної» промисловості США.

РОЗДІЛ 3. ХІМІЯ НАЗЕМНОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Геологічний кругообіг речовин

Кількість атомів на Землі постійна. Процеси, що протікають на Земній кулі, залучають у різні переміщення і перетворення земної речовини величезні маси елементів. Циркуляція елементів і замкнутість їх *глобальних циклів* створює *міграційно-трансформаційні цикли*.

У ранній безжиттєвий період геологічної історії це були геохімічні цикли. З появою життя на Землі вони перетворились у біогеохімічні цикли. З появою людини й утворенням техносфери – у технобіогеохімічні. Тому глобальні цикли вуглецю, води, сірки, азоту та інших елементів у великій мірі визначаються діяльністю людини.

Загальний цикл технобіогеохімічного кругообігу речовин на Землі складається з ряду самостійних біогенних і абіотичних: геологічних, техногенних циклів, які утворюють великий геологічний кругообіг речовин. Він включає такі етапи:

- а) появу вивержених порід на земній поверхні;
- б) вивітрювання;
- в) ґрунтоутворення;
- г) ерозію і денудацію;
- д) накопичення континентальних та океанічних осадів; е) метаморфізм осадів;
- ж) вихід осаджених порід на поверхню з новим циклом вивітрювання, ґрунтоутворення, денудації й осадонакопичення.

Денудація – винос речовин з суші в моря, ріки, океани, водоймища, атмосферу.

Вона є показником швидкості та інтенсивності кругообігу речовин суші. Денудація включає геологічний кругообіг речовин і процеси вивітрювання гірських порід. Загальну денудацію суші можна оцінити за денудаційним балансом, який виражається в млрд. т/рік на суші. Баланс включає загальний

винос речовин суші (52,990 млрд. т/рік); загальний привніс речовин на сушу (4,043 млрд. т/рік); звідси денудаційний баланс суші складає -48,947 млрд. т/рік. Загальний винос речовини з суші відбувається (млрд.т/рік): в океан – 27,1; у внутрішні водоймища – 18,2; в атмосферу – 7,7; загальний екзогенний привніс речовин – 4. Це середні значення. Вони не дають достатнього уявлення про денудацію в конкретних точках земної поверхні через різноманітні природні умови (гірські території, рівнина); різну за інтенсивністю антропогенну діяльність. Денудація рівнин через антропогенну діяльність більша, ніж у горах, десь у 1,5 раза, а локально різниця збільшується у сотні і тисячі разів.

Середній модуль денудації – це загальний виніс речовин з суші площею 1 км кв.

Він дорівнює 48947 млрд.т/рік: $130 \text{ млн. км кв} = 375,5 \text{ т/км кв} \cdot \text{рік}$, або 3,765 т/га·рік. Діяльність людини збільшила денудацію в 1000 разів у порівнянні з дотехногенним періодом.

Модуль твердого стоку в т/км кв·рік складає, для прикладу, у р. Єнісей – 4; р. Колорадо – 380; р. Хуанхе – 2600; на орних землях – 5000; пасовищах – 3600; покинутих полях – 29; зрілих соснових лісах – 4,5.

Можна зробити такий висновок: вивітрювання не встигає за денудацією, а антропогенна денудація (ерозія) знищує поверхневі горизонти, багаті гумусом і елементами живлення.

3.2 Кора вивітрювання гірських порід

Грунт – це результат новоутворення специфічного біокосного тіла, яке відрізняється від кори вивітрювання тим, що характеризується наявністю гумусу; характерною морфологічною ієрархічною структурою; глобальними функціями (такими як забезпечення існування життя на Землі); постійною взаємодією великого геологічного і малого біологічного циклів (кругообігів) речовин на земній поверхні; регулюванням хімічного складу атмосфери і гідросфери; регулюванням біосферних процесів; акумуляцією органічної

речовини і зв'язаної з нею хімічної енергії; виступає як основний засіб сільськогосподарського виробництва.

У процесі вивітрювання, транспортування і перевідкладення гірські породи (масивні, ущільнені, масивно-кристалічні, корінні) набувають ряд нових властивостей, таких як: пухкість і роздільнопластичність; повітроємність, повітропроникність, водопроникність; наявність вторинних мінералів; поглинальну здатність; сортування на земній поверхні за гранскладом, мінералогічним та хімічним складами; вміст біофільних елементів; наявність літологічної шаруватості, яка формується в процесі вивітрювання.

У результаті вивітрювання формуються різні *типи кір вивітрювання*. Для генетичного ґрунтознавства найбільш доцільна така схема їх поділу, яку запропонували **В.А.Ковда і Б.Г.Розанов** (1988):

1) за віком утворення і характером залягання:

- сучасні (голоценового віку);
- старі (доголоценового віку);
- викопні (заховані і ті, що знову вийшли на поверхню);
- перевідкладені;

2) за геохімічним типом:

- елювіальні (залишкові);
- ортоелювіальні (на щільних магматичних породах);
- параелювіальні (на щільних осадових породах);
- неоелювіальні (на пухких четвертинних осадових породах);
- транзитні (елювіально-аккумулятивні);
- аккумулятивні;

3) за речовинним складом, що відображає стадійність вивітрювання:

- уламкові (переважають свіжі уламки щільних порід);
- засолені (наявність водорозчинних солей);
- загіпсовані (наявність CaSO_4);
- провапновані (наявність CaCO_3);
- доломітизовані (наявність $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$);

- сіалітні насичені ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$); переважають Ca^{2+} , Mg^{2+} , або Na^+ в обмінному комплексі;
- сіалітні ненасичені ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$); переважають H^+ або Al^{3+} в обмінному комплексі;
- ферсіалітні ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$);
- альферритні ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$);
- фералітні ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{Al}_2\text{O}_3$);
- алітні (бокситові) ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$; переважання Al_2O_3).

Вивітрювання, за **Б.Б.Полиновим**, для елювіальної кори має такі стадії:

- 1) уламкова;
- 2) провапнована;
- 3) сіалітна насичена;
- 4) сіалітна ненасичена (вилугувана);
- 5) алітна.

РОЗДІЛ 4. ХІМІЯ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Хімічні чинники виробничого середовища та профілактика професійних отруєнь

Неможливо назвати галузі народного господарства, де би не використовувались хімічні речовини. Це і промисловість, і сільське господарство. Але найбільша можливість контакту з різними речовинами є в хімічній промисловості.

Основними джерелами забруднення повітря можуть бути сировина, допоміжні, проміжні побічні товарні продукти і відходи виробництва, а також готова продукція.

Відомо понад 5 млн. хімічних речовин. Щороку синтезується до тисячі нових хімічних сполук і сумішей, що зумовлює дедалі більше забруднення хімічними речовинами довкілля, зокрема і повітряного середовища робочих зон та негативно впливає на організм людини.

Дія промислових отрут на організм людини

Серед великої кількості хімічних речовин багато є токсичних сполук, а тому виокремлюють промислові отрути. Вони можуть потрапляти в повітря робочої зони у вигляді аерозолів, газів і за певних умов, зокрема в разі порушення гігієнічних правил на виробництві, можуть проникати в організм людини.

Промислові отрути - це токсичні речовини, які при відповідних недоліках в організації виробничого процесу можуть шкідливо впливати на організм людини і викликати професійні отруєння.

Промислові отрути є в металургійному виробництві, видобувній, металообробній та хімічній промисловості, виробництві пластмас і синтетичних смол, а також у сільському господарстві. Ось чому неабиякого значення нині надають розвитку промислової токсикології, що вивчає вплив на організм хімічних речовин з метою розроблення оздоровчих заходів і створення безпечних умов праці на виробництві. Важливим завданням сучасної

промислової токсикології є гігієнічне нормування рівня промислових отрут у повітрі робочої зони і на шкірі, а також гігієнічна стандартизація промислової сировини й продуктів. Одним із найпоширеніших видів оцінки промислових отрут є токсикологічна експертиза. До проблем промислової токсикології належать, зокрема, визначення основ біологічної активності хімічних речовин, виявлення чутливості до отрут, механізму їхньої дії, причин і наслідків токсичного впливу хімічних речовин, розроблення критеріїв шкідливості отрут.

Усі хімічні речовини, що застосовуються в промисловості, **класифікують за характером впливу на організм. Вони можуть спричинювати загальну токсичну дію, подразнювальну, сенсibiliзуючу, канцерогенну, мутагенну, можуть впливати на репродуктивну функцію.** Існує також поділ отрут за шляхом проникнення в організм - через дихальні шляхи, травну систему, шкіру, через слизові оболонки очей; за ступенем токсичності - надзвичайно токсичні, високотоксичні, помірно токсичні і малотоксичні; за ступенем впливу на організм - надзвичайно небезпечні, високонебезпечні, помірно небезпечні і малонебезпечні; за хімічними класами сполук - органічні, неорганічні, елементоорганічні та ін.

Серед неорганічних сполук, це **підгрупа металів і металоїдів** включає хімічні сполуки, які є **загальнопротоплазматичними отрутами, підгрупа кислот і лугів** - речовини, які володіють яскраво вираженою **місцевою, припікаючою дією, ангідриди кислот і галоїди** – отрути, які характеризуються **подразнювальною дією** на слизові оболонки верхніх дихальних шляхів і очей.

Органічні отрути: **аліфатичні сполуки** володіють переважно **наркотиною дією, ароматичні вуглеводні** викликають зміни **гемопоезу, хлоровані вуглеводні** обумовлюють **дегенеративні зміни паренхіматозних органів.**

Переважає більшість професійних інтоксикацій пов'язана з інгаляційним проникненням в організм шкідливих речовин (98%). Токсичні речовини можуть надходити в організм і через травну систему, але досить рідко, у зв'язку з порушенням правил особистої гігієни. Токсичні речовини, які добре

розчиняються у жирах і ліпоїдах, можуть проникати в кров і через неушкоджену шкіру, потові та сальні залози.

Розподіл отрут в організмі не однаковий, деякі з них володіють тропізмом до тих або інших органів (вибірково накопичуються у відповідних органах і тканинах). Наприклад, найбільша кількість свинцю накопичується у кістках (потім печінці, нирках, м'язах), фтор накопичується у кістках і зубах, марганець відкладається у печінці, ртуть – у нирках, товстому кишечнику і головному мозку.

Проникні в організм токсичні речовини зазнають різних хімічних перетворень. Органічні речовини підлягають окисленню, гідролізу, дезамінуванню, переамінуванню, відновленню, синтетичним процесам, у результаті чого утворюються нешкідливі парні сполуки. Неорганічні хімічні речовини також підлягають окисленню або відкладенню у різних органах і тканинах. Результатом перетворення отруйних речовин в організмі, в основному, є їх знешкодження і швидке виділення їх з організму.

Отруйні речовини виділяються з організму через легені, нирки, травний канал, шкіру та молочні залози (свинець, миш'як, ртуть, алкоголь).

Для токсичної оцінки різних речовин відповідне значення має їх фізико-хімічна характеристика, а саме **токсичність, летучість і розчинність**.

У залежності від характеру та тривалості протікання розрізняють **гострі, підгострі і хронічні виробничі отруєння** або **гострі, підгострі і хронічні інтоксикації**. **Гострі отруєння** виникають раптово після короткочасної, одноразової, упродовж не більше однієї робочої зміни дії відносно високих концентрацій отрут. У виробничих умовах гострі отруєння найчастіше бувають пов'язані з аваріями, псуванням апаратури або введенням у технологію нових матеріалів з маловивченою токсичністю. **Хронічні отруєння** виникають після багаторазової тривалої дії шкідливих факторів або внаслідок поступового накопичення в організмі самої отрути (**пряма або матеріальна кумуляція**), або, найчастіше, в результаті підсумовування їх шкідливого впливу (**функціональна кумуляція**).

Переважає більшість виробничих отрут можуть викликати оба види отруєнь. Але деякі із них приводять тільки до хронічного отруєння, наприклад, свинець і марганець.

При дії на організм людини токсичних речовин малої інтенсивності розрізняють **три періоди клінічних проявів**: **перший** із них характеризується слабо вираженими функціональними порушеннями, які швидко проходять; **другий** характеризується ослабленням і повним зникненням симптомів інтоксикації (стан адаптації – звикання) і **третій період** – наростанням проявів патологічного процесу внаслідок виснаження компенсаторно-приспосувальних резервів.

За **клінічною симптоматикою** дія отрут іноді має **локальний характер**, патологічні зміни виникають безпосередньо на місці їх первинного стикання з тканинами організму (луги, кислоти). В інших випадках при надходженні отрути безпосередньо в кров, виникає **загальнорезорбтивна дія**.

Деякі отрути, крім загальної, мають **вибіркову (селективну) дію** по відношенню до тих або інших органів і систем. У результаті переважна більшість отрут характеризується не монотропністю, а політропною дією.

У виробничих умовах досить часто відбувається комбінована дія на організм двох або декількох отрут. **Комбінована дія** – це сумісна дія факторів однієї природи; **поєднана дія** – це сумісна дія факторів різного походження (хімічних і фізичних); **комплексна дія** - це дія виробничих отрут на організм кількома способами (наприклад, через органи дихання і шкіру). Можливі **три основні типи комбінованої дії** хімічних речовин: **синергізм**, коли одна речовина посилює дію іншої. Наприклад, етиловий спирт посилює токсичну дію багатьох отруйних речовин; токсична дія суміші оксидів азоту і закису вуглецю більша, ніж проста сума дії цих отрут; **антагонізм**, коли одна речовина послаблює дію іншої; і, на кінець, **сумація** (адитивна дія), коли дія речовин сумується (сумісна дія отруйних речовин може привести до простої сумації їх дії, що найбільш частіше зустрічається у виробничих умовах).

Отрути можуть погіршувати протікання захворювань, або змінити імунобіологічну реактивність організму, тобто може проявитись їх **паратоксична дія**. При отруєнні деякими отрутами може спостерігатись **метатоксична дія**, під якою розуміють розвиток патологічних процесів після вже закінченого отруєння. Наприклад, психози, які виникають після перенесеного отруєння чадним газом. Багато виробничих отрут є хімічними **алергенами**, які можуть викликати алергічні реакції: дерматит, бронхіальну астму, наприклад, при дії урсолу; кропивницю, сироваткову хворобу, захворювання крові та інші.

Ступінь вираження усіх змін в організмі залежить **від концентрації токсичної речовини, часу її дії і періоду елімінації отрути з організму**. Також на виникнення отруєння впливає стать і вік. Деякі отрути токсичніші для молодих осіб, інші для старших, і це пов'язано також із тим, що активність ферментних систем є різною у різних осіб.

Розвиток отруєння та його наслідок залежить і від фізіологічного стану організму. Так, м'язове напруження при роботі, перевтома і перенапруження ЦНС, захворювання печінки і нирок, кровотворного апарату, органів дихання, розлади обміну речовин підвищують сприйнятливність організму до дії специфічних токсичних речовин, знижуючи його опірність.

Ряд умов середовища можуть посилювати або послаблювати дію отрут. Так, наприклад висока температура і висока вологість повітря посилюють токсичність деяких отрут. Фізична робота також може посилювати токсичну дію хімічних речовин, в особливості тих, які впливають на обмін речовин. Для виникнення отруєння надзвичайно важливе значення має функціональний стан організму, особливо стан його нервової системи.

Вплив різних отрут на організм надзвичайно різноманітний і залежить від багатьох чинників. Основними серед них є структура отрут, їхній фізичний стан, розчинність у рідинах організму.

За безпекою всі виробничі отрути поділяються на 4 класи: 1 клас – надзвичайно небезпечні речовини; 2 клас – високонебезпечні речовини; 3 клас – помірно небезпечні речовини; 4 клас – малонебезпечні речовини

4.2 Профілактика професійних отруень

Найважливішим заходом для боротьби з професійними отруєннями є **раціоналізація технологічного процесу, його механізація та герметизація.**

Найбільш ефективним є заміна отруйних речовин неотруйним або менш отруйними. Наприклад, у результаті обмеження використання свинцевих білил і заміни їх цинковими білилами, заміна ртуті азотнокислим сріблом для наведення дзеркал, а для обробки фетру лугом, заміна отруйного жовтого фосфору при виготовленні сірників нетоксичним червоним фосфором, використання бензину замість бензолу, різко знизило кількість виробничих отруень.

Важливу роль у профілактиці виробничих отруень відіграє **гігієнічна стандартизація** хімічної сировини і продукції.

Комплексна механізація та автоматизація процесів з дистанційним управлінням або **введення безперервних технологічних процесів**, які мають велику перевагу на періодичними; винесення виробничого обладнання із закритих приміщень на відкриті майданчики; **перехід на вакуумний процес** у хімічній промисловості; **герметизація апаратури й комунікацій**; автоматичний контроль за ходом технологічних процесів – **автоматично діючі сигналізатори** небезпечних концентрацій газів і парів; сигналізація загрози аварії; систематичне **проведення поточного й капітального ремонту обладнання і комунікацій** тощо.

Роботи, які пов'язані з виділенням шкідливих газів і парів, необхідно проводити у **витяжних шафах**, у випадку необхідності використовують **бортові відсмоктувачі**, які влаштовують з однієї або обох сторін ванни і сполучені з витяжною вентиляцією. Велике поширення в промисловості мають **зонти**, які підвішують над джерелом виділення диму і газів.

Для попередження виникнення професійних отруєнь використовують також **індивідуальні засоби захисту**, такі як **спецодяг, респіратори, протигази** та інші, а також дотримання правил **особистої гігієни**. Для чого на підприємствах повинні бути душові по типу санпропускника, гардеробні для роздільного зберігання спецодягу та особистого, пральні для прання спецодягу тощо.

Необхідно проводити **систематичний інструктаж** працівників з **техніки безпеки та промислової санітарії**, навчати їх безпечних методів роботи.

Якщо не можна усунути надходження токсичних речовин у повітря робочої зони, то для них встановлюється ГДК згідно Держстандарту, які не викликають отруєння (таблиця 1).

Медико-санітарні заходи. Однією із профілактичних мір є **облік і старанне розслідування всіх випадків професійних отруєнь** з метою виявлення причин отруєння та їх усунення. Важливим профілактичним заходом є проведення **попередніх і періодичних медичних оглядів** з частотою 1 раз протягом 3, 6, 12 місяців, у залежності від виду токсичної речовини.

Для попередження можливого шкідливого впливу отруйних речовин існує ряд додаткових пільг для працівників, а саме: скорочений робочий день і додаткові тарифні відпустки та **лікувально-профілактичне харчування**, яке складене з врахуванням механізму дії токсичної речовини. Лікувально-профілактичне харчування працівники отримують безкоштовно.

Розроблено 5 раціонів лікувально-профілактичного харчування:

Раціон №1 призначений для працівників в умовах можливого впливу рентгенівських променів і радіоактивних речовин.

Раціон №2 призначений для працівників в умовах впливу лужних металів, хлору, його неорганічних сполук, сполук хрому, ціаністих сполук, фосгену та інших.

Раціон №3 призначений для працівників в умовах впливу неорганічних сполук свинцю.

Раціон №4 призначений для працівників в умовах дії нітро- і аміносполук бензолу, його гомологів з хлорованими вуглеводнями, сполуками миш'яку і телуру, сполук фосфору та іншими.

Раціон №5 призначений для працівників в умовах дії тетраетил свинцю, бромованих вуглеводнів, сірковуглецю, тіофосу, неорганічних сполук ртуті, сполук марганцю і барію.

Всі раціони профілактичного харчування передбачають обмеження повареної солі, солених продуктів, а також жиру і жирних продуктів. Для ряду раціонів лікувально-профілактичного харчування рекомендується посилене пиття. Раціони повинні містити підвищену кількість вітамінів.

Раціон №1 містить продукти, які багаті ліпідними речовинами, які стимулюють жировий обмін у печінці і підвищують її антитоксичну функцію.

Раціон №2 збагачений повноцінними білками, поліненасиченими жирними кислотами, кальцієм, які перешкоджають накопиченню в організмі різних шкідливих хімічних речовин.

Речовини в раціоні №3 сприяють виведенню свинцю з організму.

Набір продуктів у раціонах лікувально-профілактичного харчування різноманітний і включає хлібобулочні вироби, м'ясо, рибу, овочі, фрукти, молоко і молочні продукти, яйця та інші. Заміну продуктів можна проводити тільки рівноцінними, за біологічними властивостями, продуктами.

4.3 Захист від забруднень повітряного середовища

Вентиляція, кондиціонування

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов. За способом переміщення повітря вентиляція буває природною і механічною, в залежності від того, для чого служить, - припливна та витяжна, за місцем дії - місцева і загальнообмінна. При загальнообмінній вентиляції забруднене вологе повітря розбавляється свіжим повітрям по всьому приміщенню. Якщо приміщення велике, а кількість людей мало і вони

зосереджені в одному місці, то застосовують місцеву вентиляцію в місцях їх зосередження. Повітрообмін в приміщенні можна значно скоротити, якщо видаляти шкідливі речовини в місцях їхнього виділення, не допускаючи поширення по приміщенню. Для ефективної роботи системи вентиляції необхідно, щоб кількість припливного повітря було майже дорівнює кількості повітря, що видаляється, різниця між ними повинна бути мінімальна.

Припливні і витяжні системи в приміщенні повинні бути правильно розміщені, тобто свіже повітря повинне подаватися в ту частину приміщення, де кількість шкідливих речовин мінімальна, а видаляти забруднене повітря повинен з тих ділянок, де виділення шкідливих речовин максимально.

Місцева припливна вентиляція служить для створення необхідних умов повітряного середовища в обмеженому просторі виробничої зони. До установок місцевої припливної вентиляції відносяться повітряні душі, оазиси, повітряні і повітряно-теплові завіси. Повітряні оазиси дозволяють поліпшити метеорологічні умови на обмеженому просторі приміщень, які з усіх боків захищаються пересувними перегородками і заповнюються холодним і чистим повітрям.

Повітряно-теплові завіси використовуються для захисту людей від холодного повітря. Завіса буває з подачею повітря без підігріву і з підігрівом. Їх робота заснована на тому, що подається повітря до робочого місця через спеціальний повітропровід з щілиною виходить з великою швидкістю (до 15 м/с) під певним кутом на зустріч холодному повітрю і змішується з ним. Отримана суміш теплого повітря надходить на робоче місце.

Дія місцевої витяжної вентиляції засноване на уловлюванні і видалення шкідливих речовин безпосередньо у джерела утворення. Так як боротьба з пилом за допомогою загальнообмінної вентиляції дає малий ефект, то використання місцевої вентиляції дозволяє повністю усунути запиленість приміщення. Максимально ефективні укриття. Укриття може бути виконано у вигляді кожуха, який повністю або частково захищає обладнання і середу. Всередині укриттів існує розрідження - шкідливі речовини не можуть потрапити в приміщення.

Витяжні шафи знаходять застосування при термічній і гальванічній обробці металів, фарбування, розфасовки сипучих речовин.

Витяжні зони використовують для локалізації шкідливих речовин при тепло - і влаговиділення. Всмоктувальні панелі використовуються в тих випадках, коли при видаленні шкідливих речовин робочий знаходиться під парасолькою. Коли не можна усунути шкідливі та небезпечні виробничі фактори, застосовують засоби індивідуального захисту. Захист тіла забезпечується застосуванням спецодягу, спецвзуття, головних уборів, рукавиць.

Система вентиляції не повинна викликати перегрів або переохолодження працюючих, створювати шум на робочих місцях. Вона повинна бути електро - і вибухобезпечною.

Повітрообмін при *природній вентиляції* відбувається внаслідок різниці температур повітря всередині і зовні приміщення, що викликає надходження холодного повітря в приміщення. З завітряного боку будівлі створюється знижений тиск, унаслідок чого відбувається витяжка теплого забрудненого повітря з приміщення. З навітряного боку будівлі створюється надлишковий тиск, внаслідок чого свіже повітря надходить до приміщення. Природна вентиляція може бути організована і неорганізована. Неорганізована вентиляція здійснюється через нещільність вікон, кватирок і спеціальні отвори, організована природна вентиляція - за рахунок аерації і дефлекторами. Аерація здійснюється в гарячих цехах за рахунок гравітаційного і вітрового тиску.

Перевага аерації полягає в тому, що великі об'єми повітря подаються в приміщення і видаляються без вентилятора, недолік - мала ефективність.

Механічною вентиляцією називають таку систему руху повітря, яка здійснюється вентиляторами.

Кондиціонування повітря - автоматичне підтримування в приміщенні незалежно від зовнішніх умов заданих температури, вологості, чистоти і швидкості руху повітря. Кондиціонер застосовується для створення необхідних санітарно-гігієнічних умов.

Кондиціонер - вентиляційний пристрій, який за допомогою приладів авторегулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища. Кондиціонери бувають центральні та місцеві. У центральних кондиціонерах приготування повітря здійснюється поза обслуговуваного приміщення і подача повітря здійснюється по повітропроводу. У місцевих кондиціонерах приготування повітря відбувається в обслуговуваному приміщенні без застосування повітропроводів.

РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНІ ТА САМОСТІЙНІ РОБОТИ

5.1 Основні фізичні властивості газів та рідини

Рідина – це суцільне середовище, яке може легко змінювати свою форму під дією навіть незначних сил.

Рідини бувають *стисливі* та *нестисливі*. До нестисливих рідин належать краплинні рідини (вода, нафта, олія та інші). Стисливими рідинами є повітря та інші гази. Краплинні рідини мають на відміну від газів вільну поверхню. *Вільна поверхня* – границя між рідиною і навколишнім середовищем.

Густина рідини ρ – її маса, що знаходиться в одиниці об'єму, кг/м³:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (5.1)$$

де m – маса рідини, кг;

V – об'єм, м³.

Якщо рідина неоднорідна, то формула (5.1) визначає тільки середню густину рідини. Для визначення густини в певній точці необхідно користуватися формулою, кг/м³:

$$\rho = \frac{dm}{dV}. \quad (5.2)$$

Величина, зворотна густині, називається *питомим об'ємом*. Це об'єм одиниці маси рідини, м³/кг:

$$\forall = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}. \quad (5.3)$$

Питома вага γ – це вага одиниці об'єму рідини, Н/м³:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (5.4)$$

де G – ваги, Н;

V – об'єм, м³.

Взаємозв'язок між густиною і питомою вагою визначається формулою:

$$\gamma = m \cdot g, \quad (5.5)$$

де g – прискорення вільного падіння. $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Відносною густиною рідини називається відношення густини певної рідини ρ до густини дистильованої води ρ_p при $4 \text{ }^\circ\text{C}$ і атмосферному тиску:

$$\delta_\rho = \frac{\rho}{\rho_p}. \quad (5.6)$$

Відносною питомою вагою рідини називається відношення питомої ваги певної рідини γ до питомої ваги дистильованої води γ_p при $4 \text{ }^\circ\text{C}$ і атмосферному тиску:

$$\delta_\gamma = \frac{\gamma}{\gamma_p}. \quad (5.7)$$

Густина нестисливої рідини мало змінюється при зміні тиску. Це характеризується залежністю:

$$\frac{d\rho}{dp} = \beta_p \cdot \rho, \quad (5.8)$$

де β_p – коефіцієнт об'ємного стиснення, Па^{-1} .

Коефіцієнт об'ємного стиснення β_p являє собою відносну зміну об'єму рідини при підвищенні тиску на одну одиницю Па^{-1} :

$$\beta_p = - \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp}, \quad (5.9)$$

де V – початковий об'єм рідини;

dV – зміна об'єму при зміні тиску на dp .

Знак мінус показує, що при збільшенні тиску об'єм зменшується.

Оберненою величиною коефіцієнта об'ємного стиснення є **модуль об'ємної пружності рідини $E_{pід}$** , Па:

$$E_{pid} = \frac{1}{\beta_p} = -V \cdot \frac{dp}{dV}. \quad (5.10)$$

Густина рідини змінюється із зміною температури:

$$\frac{d\rho}{dT} = \beta_{t^\circ} \cdot \rho, \quad (5.11)$$

де β_{t° – температурний коефіцієнт об'ємного розширення, K^{-1} .

Температурний коефіцієнт об'ємного розширення β_{t° показує відносну зміну об'єму рідини при зміні температури на один градус, K^{-1} :

$$\beta_{t^\circ} = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dT}, \quad (5.12)$$

де V – початковий об'єм рідини;

dV – зміна об'єму при зміні температури на dT .

Густина краплинної рідини ρ_{t° при температурі t° ($^\circ C$), можна розрахувати, за умови сталості коефіцієнта β_{t° в інтервалі температур $0 \dots t^\circ$ (Δt , $^\circ C$), якщо відома густина рідини при нормальних умовах ρ_0 , kg/m^3 :

$$\rho_{t^\circ} = \frac{\rho_0}{1 + \beta_{t^\circ} \cdot \Delta t^\circ}, \quad (5.13)$$

Для ідеальних газів справедливе рівняння Менделєєва – Клапейрона (рівняння стану):

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \quad (5.14)$$

де m – маса газу, kg ;

R – питома газова постійна, залежна від природи газу, але незалежна від температури і тиску, $Dj/(kg \cdot K)$;

T – абсолютна температура, K ;

p – тиск газу, Па.

$$R = \frac{R_{\mu}}{\mu_m}, \quad (5.15)$$

де R_{μ} – універсальна газова постійна Дж/(кмоль · К);

μ_m – молекулярна маса газу, кг/кмоль.

Рівняння стану можна представити в наступних формах запису:

$$p \cdot \forall = R \cdot T; \quad (5.16)$$

$$\frac{p}{\rho} = \frac{R_{\mu} \cdot T}{\mu_m}; \quad (5.17)$$

$$\frac{p_0}{\rho_0 \cdot T_0} = \frac{p}{\rho \cdot T}, \quad (5.18)$$

де ρ_0, p_0, T_0 – густина, тиск (101,3 кПа) і температура (273 °С) за нормальних фізичних умов (НФУ);

ρ, p, T – густина, тиск і температура за даних фізичних умов (ДФУ).

З рівняння (1.18) можна визначити густину газу за даних фізичних умов (ДФУ), якщо відома густина за нормальних фізичних умов (НФУ):

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} = \rho_0 \cdot \frac{(p_{\text{бар}} \pm p_z)}{101,3} \cdot \frac{273}{(273 + t^{\circ})}, \quad (5.19)$$

де $p_{\text{бар}}$ – атмосферний тиск, кПа;

p_z – надлишковий (чи вакуумметричний) тиск газу, кПа;

t° – температура газу, °С.

Густина ідеального газу при НФУ можна визначити з вираження, кг/м³:

$$\rho_0 = \frac{\mu_m}{22,4} \quad (5.20)$$

Густина сухого повітря при НФУ дорівнює 1,293 кг/м³.

Густина суміші газів за нормальних фізичних умовах ρ_{0z} визначають по її складу та густині компонентів, кг/м³:

$$\rho_{0z} = \frac{1}{100} \cdot \sum_{j=1}^n a_j \cdot \rho_{0j}, \quad (5.21)$$

де a_j – вміст j -го компонента, % об'ємних;

ρ_{0j} – густина j -го компонента при НФУ.

В'язкість – здатність рідини чинити опір зрушенню, обумовлене внутрішнім тертям часток рідини.

У рідині, що рухається, швидкості різні в різних точках. Дотичне напруження τ , що виникає під час руху рідини, визначається законом Ньютона, Па:

$$\tau = \eta \cdot \frac{du}{dy}, \quad (5.22)$$

де η – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;

$\frac{du}{dy}$ – градієнт швидкості, тобто зміна швидкості на одиницю довжини в

перпендикулярному напрямі, с⁻¹;

Для газів справедлива формула Сазерленда, Па·с:

$$\eta = \eta_0 \cdot \frac{(C_s + 273)}{(C_s + T)} \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^{3/2} \quad (5.23)$$

де η_0 – в'язкість газу при НФУ, Па·с;

C_s – постійна Сазерленда, К;

T – абсолютна температура, К;

У розрахунках частіше використовують кінематичний коефіцієнт в'язкості ν , м²/с:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}. \quad (5.24)$$

З підвищенням температури для краплинної рідини в'язкість зменшується, а для газів збільшується.

Приклади

Приклад 1.1. Який обсяг займають 5 кг газової суміші, що складається з 40 % O_2 і 60 % He при тиску $p = 20$ ат і температурі $t^\circ = 20$ °С.

Рішення

Знаходимо густину компонентів при НФУ, кг/м³:

$$\rho_{0 O_2} = \frac{\mu_{m O_2}}{22,4} = \frac{32}{22,4} = 1,429;$$

$$\rho_{0 He} = \frac{\mu_{m He}}{22,4} = \frac{4}{22,4} = 0,179.$$

Густина суміші газів при НФУ дорівнює, кг/м³:

$$\rho_{0z} = \frac{1}{100} \cdot (a_{O_2} \cdot \rho_{0 O_2} + a_{He} \cdot \rho_{0 He}) = \frac{1}{100} \cdot (40 \cdot 1,429 + 60 \cdot 0,179) = 0,679.$$

Параметри робочих умов суміші складають:

$$p = 20 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 1,962 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1962 \text{ кПа};$$

$$T = 273 + 20 = 293 \text{ К}.$$

Густину суміші газів при робочих умовах визначаємо по формулі (5.19), кг/м³:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} = 0,679 \cdot \frac{1962}{101,3} \cdot \frac{273}{293} = 12,25.$$

Займаний сумішшю газів обсяг дорівнює (формула 5.1), м³:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{5}{12,25} = 0,408.$$

Приклад 1.2. До якої температури необхідно нагріти воду в герметичній судині, щоб її тиск піднявся на 100 ат? Початкова температура $t_1^\circ = 15^\circ\text{C}$, $\beta_{t^\circ} = 1,55 \cdot 10^{-4} \text{ K}$, $\beta_p = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$.

Рішення

Рішення задачі розбиваємо на два етапи. Допустимо, вода нагрівається при постійному тиску. Тоді з формули (5.12):

$$\Delta T = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\beta_{t^\circ}},$$

де V – початковий об’єм рідини;

ΔV – збільшення об’єму при нагріванні.

Тепер стиснемо воду до первісного об’єму. Тоді:

$$\beta_p = \frac{1}{V + \Delta V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta p}$$

одержуємо

$$\Delta V = \frac{\beta_p \cdot V \cdot \Delta p}{1 - \beta_p \cdot \Delta p}.$$

Підставляючи останню рівність у вираження для ΔT одержуємо:

$$\Delta T = \frac{\beta_p \cdot \Delta p}{(1 - \beta_p \cdot \Delta p) \cdot \beta_{t^\circ}} = \frac{5 \cdot 10^{-10} \cdot 9,81 \cdot 10^6}{(1 - 5 \cdot 10^{-10} \cdot 9,81 \cdot 10^6) \cdot 1,55 \cdot 10^{-4}} = 32 \text{ K}.$$

Шукана температура дорівнює:

$$T_2 = (15 + 273) + 32 = 320 \text{ K};$$

$$t_2^\circ = 320 - 273 = 47^\circ\text{C}.$$

Завдання для самостійної роботи

Задача 1

У балоні обсягом $V = 0,1 \text{ м}^3$ при температурі t° знаходиться суміш трьох газів масою m . Визначите тиск у балоні.

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Газ 1	H_2	O_2	CH_4	CH_3F	$COCl_2$	F_2	SO_2	N_2	H_2	He
Газ 2	He	N_2	C_2H_6	CH_3Cl	CO_2	H_2S	CO	O_2	N_2	O_2
Газ 3	Ar	Kr	NH_3	C_2H_4	Xe	N_2	N_2	Ar	CH_4	N_2
Вміст газу 1, %	20	20	10	35	15	5	10	20	4	80
Вміст газу 2, %	40	50	70	35	25	10	40	20	3	5
$t^\circ, ^\circ C$	18	20	25	10	28	17	45	15	-10	50
$m, \text{ кг}$	1,5	2	0,5	0,8	0,18	2,5	3	4	5	10

Задача 2

Знайти зміст компонентів (%) воднево-кисневої суміші, якщо при нормальному атмосферному тиску і температурі t° вона має густину ρ .

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t^\circ, ^\circ C$	20	25	30	35	15	10	-10	-20	-30	100
$\rho, \text{ кг/м}^3$	1,0	0,8	0,7	0,5	1,1	0,4	0,3	0,25	0,9	0,52

Задача 3

До якої температури необхідно остудити гелій при атмосферному тиску $p_{\text{бар}} = 101325 \text{ Па}$, щоб його густина дорівнювала густині повітря при НФУ?

Задача 4

До якого тиску потрібно зжати повітря при температурі $t^\circ = 20^\circ \text{ C}$, щоб його густина дорівнювала густині повітря при НФУ?

Задача 5

Газ C_2H_x при температурі $t^\circ = 20^\circ \text{ C}$ и атмосферному тиску $p_{\text{бар}} = 101325 \text{ Па}$ має густину $\rho = 1,164 \text{ кг/м}^3$. Знайти точну формулу газу.

Задача 6

У герметичній судині знаходиться вода при атмосферному тиску $p_{\text{бар}} = 101325$ Па і температурі $t^{\circ} = 10$ °С. Визначити підвищення тиску при нагріванні до t_2° . Розширенням судини при нагріванні зневажити.

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_2^{\circ}, \text{°C}$	40	42	44	48	50	52	54	56	60	35

Задача 7

Визначити кінематичну в'язкість повітря при t_1° і p_1 , якщо для НФУ $\nu = 1,33 \cdot 10^{-5}$ м²/с, постійна Сазерленда $C_s = 115$ К.

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1^{\circ}, \text{°C}$	400	300	200	500	100	50	-50	250	350	450
$p_1, \text{кПа}$	60	120	200	50	500	1000	40	2000	870	90

5.2 Загальні властивості розчинів

Чотири властивості розведених розчинів нелеткої речовини в леткому розчиннику об'єднані під назвою **колігативні властивості**:

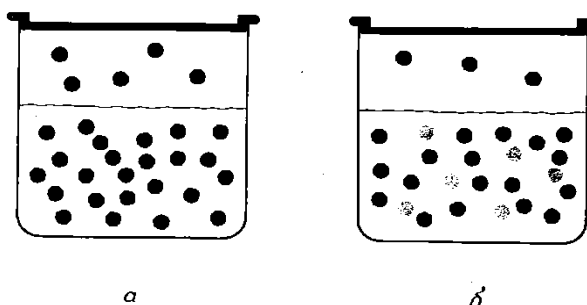
1. Зниження тиску пари розчинника
2. Підвищення температури кипіння розчину
3. Зниження температури замерзання розчину
4. Явище осмотичного тиску

Ці властивості називають колігативними тому, що вони залежать від кількості молекул або іонів розчиненої речовини, а не від природи розчинених частинок (до тих пір, доки вони залишаються нелеткими і існують тільки в рідкій фазі).

Зниження тиску пари розчинника

Пара чистого леткого розчинника і його рідка фаза знаходяться в рівновазі (цей стан називають насиченою парою розчинника). Випаровування та конденсація протікають з рівними швидкостями (рис 5.1а).

Додавання нелеткої розчиненої речовини зміщує рівновагу. Не всі молекули з поверхні розчину можуть випаровуватися. Тиск насиченої пари знижується (рис 5.1б).



а) рівновага між ридиною та її парю, б) додавання розчиненої речовини (світлі часточки) зміщує рівновагу в бік меншої кількості пари.

Рисунок 5.1. - Зниження тиску пари розчинника над розчином.

Такий стан описується **першим законом Рауля** :

Відносне зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином прямо пропорційне мольній частці розчиненої речовини.

Для розчину, що містить n_A моль речовини А і n_B моль речовини В , відносне зниження тиску насиченої пари можна розрахувати за формулою:

$$\frac{(P_A^0 - P_A)}{P_A^0} = \frac{n_A}{n_A + n_B} , \quad (5.25)$$

де P_A^0 - тиск насиченої пари над розчинником (для води 101300 Па за стандартних умов) ,

P_A - тиск пари над розчином, Па ,

n_A - число моль речовини А,

n_B - число моль речовини В.

Число моль розраховується за формулою:

$$n = \frac{m}{M}, \quad (5.26)$$

де m - маса речовини, (г);

M - мольна маса, (г/моль).

Приклад 1

Тиск водяної пари над розчином, що містить 27 г речовини в 108 г води при 100 °С, дорівнює 98775,3 Па. Чому рівна мольна маса розчиненої речовини (тиск чистої пари розчинника 101300Па при 398⁰С) ?:

Рішення

З математичного вираження першого закону Рауля $\frac{(P_A^0 - P_A)}{P_A^0} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$

розрахуємо мольну частку розчину $\frac{n_{\text{речовини}}}{n_{\text{речовини}} + n_{\text{розчинника}}} = \frac{101300 - 98775,3}{101300} = 0,025$

Складаємо математичне рівняння

$$\frac{\frac{27}{M}}{\frac{27}{M} + \frac{108}{18}} = \frac{\frac{27}{M}}{\frac{27}{M} + 6}; \text{ при перетворенні отримуємо } \frac{27}{27 + 6M} = 0,025,$$

$$27 = 0,673 + 0,15M ; 20,027 = 0,15M , \text{ отже } M = 133,5\text{г/моль}$$

Підвищення температури кипіння розчину

Рідина закипає в той момент, коли тиск насиченої пари його дорівнює атмосферному тиску. В свою чергу тиск насиченої пари розчинника залежить від температури (рис 5.2).

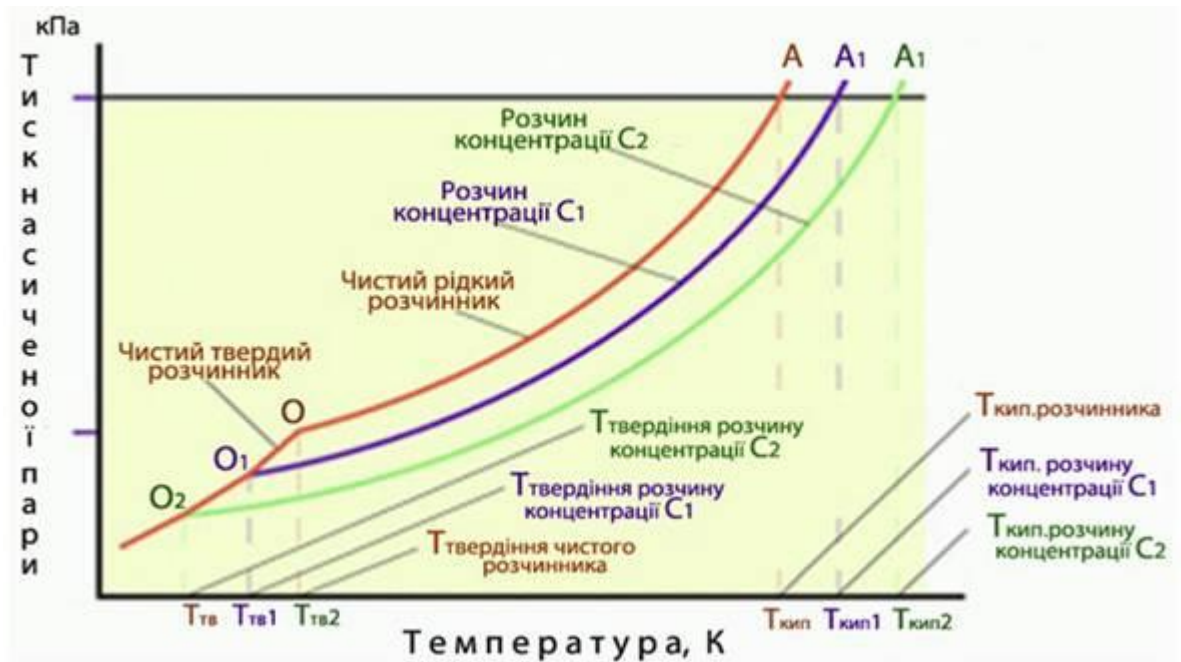


Рисунок 5.2 - Залежність тиску пари розчину від температури

Тиск насиченої пари чистого розчинника вище, ніж його тиск над розчином, тому для закипання розчину потрібна більш висока температура.

За другим законом Рауля

Підвищення температури кипіння розчину прямо пропорційно молярній концентрації розчиненої речовини:

$$\Delta t_{\text{кипіння}} = t_2 - t_1 = E \cdot C_m \text{ - для ідеальних розчинів,} \quad (5.27)$$

$$\Delta t_{\text{кипіння}} = t_2 - t_1 = i \cdot E \cdot C_m \text{ для розчинів електролітів,}$$

де t_1 - температура кипіння розчинника,

t_2 - температура кипіння розчину,

E - ебуліоскопічна константа,

C_m - молярна концентрація розчину (моль/кг) ,

i – ізотонічний коефіцієнт, показує в скільки разів загальна кількість молекул і іонів у розчині більш, ніж число молекул до дисоціації,

ν – число іонів у розчині.

Ізотонічний коефіцієнт розраховується за формулою $i = 1 + \alpha(v - 1)$, де α - ступінь дисоціації, яка становить

$$\alpha = \frac{n}{N} = \frac{\text{кількість молекул, що розпалися на іони}(n)}{\text{загальна кількість молекул розчиненої речовини}(N)}, \quad (5.28)$$

C_m розраховується за формулою:

$$C_m = \frac{m_{\text{речовини}}(z) \cdot 1000(z)}{M_{\text{речовини}}(z) \cdot m_{\text{розчинника}}(z)}, \quad (5.29)$$

Приклад 2

Чому дорівнює температура кипіння розчину 3,00г глюкози $C_6H_{12}O_6$ в 100 см^3 води (ебуліоскопічна константа води 0,52)?

Рішення.

Мольна маса глюкози дорівнює 180 г/моль, щільність води $1,00 \text{ г/см}^3$, молярна концентрація розчину складає за формулою

$$C_m = \frac{m_{\text{речовини}}(z) \cdot 1000(z)}{M_{\text{речовини}}(z) \cdot m_{\text{розчинника}}(z)} = \frac{3,00(z) \cdot 1000(z)}{180 \text{ г/моль} \cdot 100 \text{ г}} = 0,1667 \text{ моль/кг(води)}$$

Підвищення температури кипіння за другим законом Рауля складе

$$\Delta t_{\text{кипіння}} = t_2 - t_1 = EC_m = 0,52 \cdot 0,1667 = 0,087^\circ \text{C}.$$

Температура кипіння чистої води 100°C , температура кипіння розчину рівна $t = 100 + 0,087 = 100,087^\circ \text{C}$.

Зниження температури замерзання розчину

Рідина твердіє (замерзає) тоді, коли тверда фаза розчинника знаходиться в рівновазі з рідкою фазою. Додавання розчиненої речовини порушує рівновагу. Температура замерзання розчину знижується (рисунок 5.3).

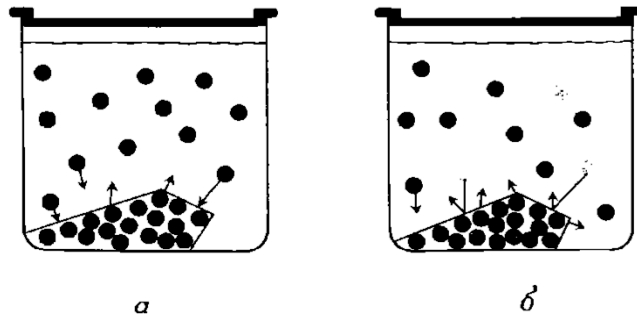


Рисунок 5.3 - Зниження температури замерзання розчину.

- а) рівновага між рідиною та кристалом розчинника;
 б) додавання розчиненої речовини зміщує рівновагу в бік розчинення кристалів.

Нова рівновага досягається при зниженні температури.

За другим законом Рауля

Зниження температури замерзання розчину прямо пропорційно молярній концентрації розчиненого речовини

$$\Delta t_{\text{замерзання}} = t_2 - t_1 = K C_m \text{ - для ідеальних розчинів,} \quad (5.30)$$

$$\Delta t_{\text{замерзання}} = t_2 - t_1 = i K C_m \text{ для розчинів електролітів,}$$

де t_1 - температура замерзання розчину,
 t_2 - температура замерзання розчинника,
 K - кріоскопічна константа,
 i – ізотонічний коефіцієнт, показує в скільки раз загальна кількість молекул і іонів у розчині більш, ніж кількість молекул до дисоціації,
 C_m - молярна концентрація розчину (моль/кг),
 ν – число іонів у розчині, α - ступінь дисоціації.

Приклад 3

200мг білка цитохрома с розчинили в 10 см³ води. Молярна маса цитохрома складає 12400 г/моль. На скільки знизиться температура кристалізації розчину білка (кріоскопічна константа води 1,86)?

Рішення.

Молярна концентрація розчину розраховується так

$$C_m = \frac{m_{\text{речовини}}(z) \cdot 1000(z)}{M_{\text{речовини}}(z) \cdot m_{\text{розчинника}}(z)} = \frac{0,2(z) \cdot 1000(z)}{12400z / \text{моль} \cdot 10z} = 1,6129 \cdot 10^{-4} \text{ моль/кг(води)}$$

Зниження температури замерзання розраховуємо за другим законом Рауля

$$\Delta t_{\text{замерзання}} = t_2 - t_1 = K C_m = 1,86 * 1,6129 * 10^{-4} = 0,003^{\circ} \text{N}.$$

Температура кристалізації розчину білка складе $t = 0 + 0,003 = -0,003^{\circ} \text{C}$

Завдання для самостійної роботи

Задача 8

Визначити процентну концентрацію 4,9 н. водного розчину H₂SO₄ щільністю 1,15 г/мл.

Задача 9

Визначити процентну концентрацію 0,5М розчину сульфату магнію з щільністю 1,13 г/мл.

Задача 10

У 125 г види розчини 80 г CuSO₄. Розрахувати: а) процентну концентрацію; б) молярну концентрацію; в) мольну долю розчиненої речовини в розчині, що отримано.

Задача 11

Який об'єм 0,25н розчину H₂SO₄ необхідно додати до розчину Na₂CO₃ для отримання 8 л CO₂ при температурі 300 К та тиску 104 кПа?

Задача 12

Розрахувати об'єм 2н. розчину нітрату срібла, який витрачено на повне осадження броміду срібла з 120 мл 3М розчину броміду кальцію.

5.2 Завдання для самостійної роботи студентів

Задача 13

На нейтралізацію 20 мл розчину, що містить в 1 л 12 г луги, витрачено 12 мл 0,5н. розчину кислоти. Розрахуйте еквівалентну масу луги.

Задача 14

Потоки сірки, що циркулюють в атмосфері, млн т/рік. H_2S : над океаном – 10, над сушею – 37; SO_2 : над океаном – 5,3, над сушею – 17,9; SO_4^{2-} : над океаном – 2, над сушею – 2,9; S – 3,5; SO_2 : поглинання з атмосфери сушею – 26, океаном – 25. Які процеси можуть обумовлювати утворення таких речовин та іонів і їх наступні перетворення? Чому різко відрізняються дані над океаном і над сушею?

Задача 15

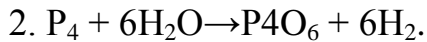
Круговорот сірки в океані характеризують потоки, млн т/рік: H_2S – 2, SO_4^{2-} – $19 \cdot 10^7$; жива органіка – 66,5; мертва органіка – 73,0; S – 190 (фотичний шар) і H_2S – $0,2 \cdot 10^7$; SO_4^{2-} – $3,4 \cdot 10^9$; мертва органіка – 13120; S – 3410 (глибокий шар), обмінні процеси – осідання – 129; підйом H_2S – 50; підйом SO_4^{2-} – 5. Поясніть відмінність процесів у фотичному і глибокому шарах.

Задача 16

Круговорот сірки на суші характеризують потоки, млн т/рік: жива органіка – 600; мертва органіка – 5000; S – 8000; SO_4^{2-} – 11,2 мг/м³; річковий стік – 66; лотні дощі – 5. Які процеси обумовлюють цей цикл кислотні дощі – 5. Які процеси обумовлюють цей цикл сірки?

Задача 17

При одержанні фосфору протікають основна і побічна реакції:



Розрахуйте масу фосфору, залученого у круговорот, якщо витрачено 200 кг вуглецю при виході 60 %.

Задача 18

Середній час перебування SO_2 в атмосфері становить 5 діб. Оцініть швидкість його потрапляння в атмосферу, якщо середня концентрація SO_2 у тропосфері $0,05 \text{ мг/м}^3$. В оцінках прийняти: висота тропосфери – 11 км, радіус Землі – 6400 км.

Задача 19

Оцініть час життя NH_3 у тропосфері стосовно процесів трансформації і виведення, якщо загальний його вміст у тропосфері 1 млн. т, а швидкість потрапляння у тропосферу – 70 млн т/рік.

Задача 20

При абсорбції SO_2 вапняним молоком ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) поглинається 0,6 кг SO_2 . Скільки витрачено літрів вапняного молока, якщо концентрація його 10 % (мас.), а густина 1,12 г/мл?

Задача 21

При вловлюванні SO_2 аміачною водою (NH_4OH) поглинається 0,8 кг SO_2 . Скільки витрачено літрів аміачної води, якщо концентрація її 10 % (мас.), а густина 0,958 г/мл?

Задача 22

При абсорбції хлору із промислового газу, що містить 10 % об. Cl_2 витрачено 10 л 10 % мас. розчину NaOH густиною 1,1 г/мл. Скільки м^3 промислового газу пропущено через абсорбент?

Задача 23

При згорянні 1 л етилованого бензину в атмосферу викидається 1г свинцю. Який об'єм повітря буде забруднено, якщо автомобіль проїхав 200 км? Витрата бензину становить 0,1 л на 1 км, ГДК свинцю – $0,0007 \text{ мг/м}^3$.

Задача 24

Визначити масу викидів двоокису вуглецю і сірки, що утворюються при спалюванні 21,5 тис. т вугілля на добу при зольності його 2,3 % і змісті загальної сірки 1,8 %, якщо ступінь перетворення вугілля становить 93 %, а сірка повністю переходить у SO_2 .

Задача 25

Теплоелектростанція потужністю 1000 МВт переробляє на добу 7500 т вугілля, яке містить 3,8 % сірки і 11 % золи. Визначити, скільки сірки надходить в атмосферу та скільки золи переходить у шлаки, викидається в атмосферу і уловлюється з димових газів (якщо $1/3$ золи вугілля утворює шлаки, а $2/3$ золи вугілля переходить у летучу золу, з якої 99 % уловлюється системою очищення димових газів).

Задача 26

Вихлопи автотранспорту можна висловити спрощеним рівнянням реакції:
 $\text{CH}_4 (\text{г}) + 2\text{O}_2 (\text{г}) + 2\text{NO} (\text{г}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{г}) + \text{HCHO} (\text{г}) + 2\text{NO}_2 (\text{г})$. Розрахуйте обсяг метану, з якого при нормальних умовах може виділитися 50 літрів NO_2 .

Задача 27

Відомо, що забруднення повітря може статися за рахунок домішок, що входять до складу палива. Розрахуйте масу оксиду сірки (IV), який утворюється в результаті згоряння піриту, що становить 3% від 20 кг вугілля: $4\text{Fe}_2\text{S}(\text{тв}) + 11\text{O}_2(\text{г}) = 8\text{SO}_2(\text{г}) + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Задача 28

В результаті кислотного гідролізу простого силікату (олівіну) Mg_2SiO_4 утворюється гідрокарбонат магнію, згідно наступного рівняння: $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 4\text{H}_2\text{CO}_3 = 2\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_4\text{SiO}_4$

Розрахуйте масу $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, що утворився, якщо відомо, що в реакцію вступило 54,2 г силікату магнію.

Задача 29

Визначте відношення швидкостей в процесі газофазного та рідинофазного окиснення SO_2 при умові, що загальний вклад в ці процеси вносять такі реакції.

Задача 30

Константа рівноваги реакції утворення оксиду Нітрогену із азоту та кисню при 800К дорівнює $3 \cdot 10^{11}$. Якого рівноважного значення може досягнути концентрація оксиду Нітрогену в суміші, якщо вихідна суміш – повітря?

Задача 31

Електростанція спалює за добу 1200т вугілля, що містить 3% Сульфуру. Припустимо, що 10% сірчистого газу, що утворюється при спалюванні вугілля, окислюється в атмосфері до сірчаного ангідриду, який перетворюється в сірчану кислоту. Розташований поруч завод з випалюванні вапняку викидає в атмосферу до 50 кг оксиду кальцію, який реагує з атмосферною вологою. Написати рівняння всіх реакцій, що відбуваються в атмосфері і після розрахунків дати

відповідь на питання: чи вистачить гідроксиду кальцію, що утворюється в атмосфері на нейтралізацію сірчаної кислоти, яка утворюється при роботі ТЕС.

5.3 Визначення кратності розбавлення стічних вод в непроточних водоймах

При випуску стічних вод в непротічні водоймі (озера або водосховища) розбавлення стоку відбувається шляхом переміщення води під дією вітру (рис. 1.6). При цьому переміщуються верхні шари води, які в свою чергу надають руху нижнім (вони мають зворотні вітру напрямки) L – відстань від місця скиду.

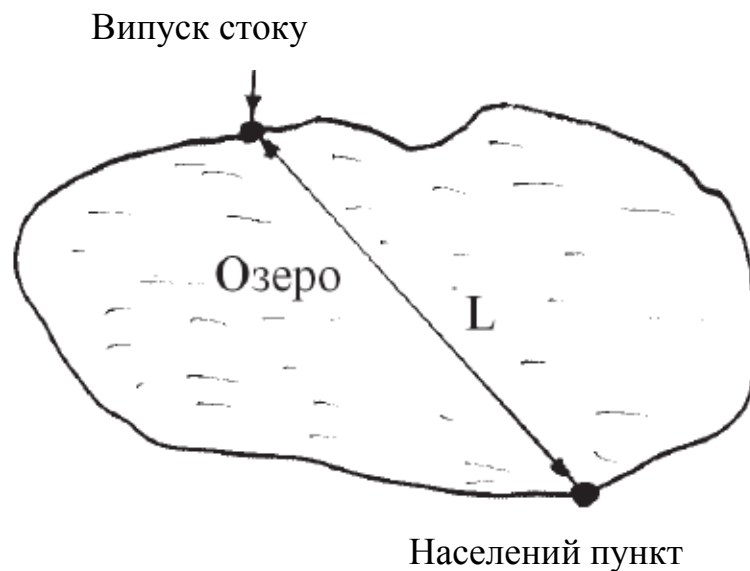


Рисунок 1.6 - Схема випуску стоку в непротічній водоймі:

Розрізняють початкове розбавлення n_n , що відбувається безпосередньо у місці випуску стічних вод, і основне n_o , в воді водойми. Повне розбавлення розраховується:

$$n_n = n_n \cdot n_o \quad (5.31)$$

Початкове розведення визначається відношенням концентрації шкідливої речовини в стічній воді до її концентрації в найближчому до випуску місті (з вирахуванням фонові концентрації):

$$n = \frac{q + 0,111 \cdot H_{cp}^2 \cdot V_{cp}}{q + 0,111 \cdot H_{cp}^2 \cdot r}, \quad (5.32)$$

де q - витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

H_{cp} - середня глибина водосховища, м;

V_{cp} - середня швидкість течії, м / с;

r - відношення концентрації шкідливих речовин у воді до концентрації в стоці.

Приймається V_{cp} :

- для верхньої третини глибини водойми - 0,106 м / с;

- для середньої глибини водойми - 0,28 м / с;

- для нижньої глибини водойми - 0,078 м / с.

При цьому приймається: $r = 0,1$ - при випуску в верхню третину водойми і в мілководді; $r = 0,05$ - при випуску в нижню третину глибини.

Повне розбавлення при випуску в верхню третину глибини або мілководді:

$$n = \frac{q + 0,111 \cdot H_{cp}^2 \cdot V_{cp}}{q + 0,111 \cdot V_{cp} \cdot H_{cp}^2 \cdot r} \left[1 + 0,412 \cdot \left(\frac{L}{48} \right)^{0,627 + 0,42 \cdot L \cdot 10^{-5}} \right], \quad (5.33)$$

де L - відстань, м.

Повне розбавлення при глибинному випуску:

$$n = \frac{q + 0,111 \cdot H_{cp}^2 \cdot V_{cp}}{q + 0,111 \cdot V_{cp} \cdot H_{cp}^2 \cdot r} \left[1,85 + 2,32 \cdot \left(\frac{L}{27,2} \right)^{0,41 + 0,00023L} \right], \quad (5.34)$$

Приклад 1

Визначити повне розведення при випуску стоків (витрата 0,057 $\text{м}^3/\text{с}$) металургійного комбінату в верхню третину водойми глибиною 5,5 м на відстані 6 км від місця випуску. При випуску в верхню третину глибини водойми: $r = 0,1$; $V_{cp} = 0,106 \text{ м} / \text{с}$.

$$n = \frac{q + 0,111 \cdot H_{cp}^2 \cdot V_{cp}}{q + 0,111 \cdot H_{cp}^2 \cdot r} \left[1 + 0,412 \cdot \left(\frac{L}{48} \right)^{0,627 + 0,42 \cdot L \cdot 10^{-5}} \right] =$$

$$= \frac{0,057 + 0,111 \cdot 5,5^2 \cdot 0,106}{0,057 + 0,111 \cdot 5,5^2 \cdot V_{cp} \cdot 0,1 \cdot 0,106} \left[1 + 0,412 \cdot \left(\frac{6000}{48} \right)^{0,627 + 0,42 \cdot 6000 \cdot 10^{-5}} \right] = 38,0$$

Визначити розбавлення при глибинному випуску в озеро на відстані 240 м від стоків, при $r = 0,05$, $V_{cp} = 0,078$ м / с, решта умов така ж, що і в попередньому прикладі.

$$n = \frac{q + 0,111 \cdot H_{cp}^2 \cdot V_{cp}}{q + 0,111 \cdot V_{cp} \cdot H_{cp}^2 \cdot r} \left[1,85 + 2,32 \cdot \left(\frac{L}{27,2} \right)^{0,41 + 0,00023L} \right] =$$

$$= \frac{0,057 + 0,111 \cdot 5,5^2 \cdot 0,078}{q + 0,111 \cdot 0,078 \cdot 5,5^2 \cdot 0,05} \left[1,85 + 2,32 \cdot \left(\frac{240}{27,2} \right)^{0,41 + 0,00023 \cdot 240} \right] = 37,5$$

Таким чином, при глибоководному спуску на відстані 240 м від берега можливо 37,5 кратне розбавлення. При випуску в мілководді майже таке ж розведення можливо тільки на відстані 6000 м.

Задача 32

Оцінити можливість скидання в озеро Ч. стоку хімкомбінату (витрата - $0,08 \text{ м}^3 / \text{с}$), що містить 32 мг / л барію (ГДК = 0,1 мг / л), якщо глибина водойми 4,8 м. Скидання проводиться в верхню частину водойми. Озеро має форму близьку до кола діаметром 4,6 км. На протилежному боці озера розташовується дитячий табір. Чи зміниться ситуація, якщо підприємство організовує глибинний випуск стоку?

Задача 33

Визначити повне розведення при глибоководному і випуску в верхні шари водойми стоків металургійного комбінату на відстані 1 км від місця скидання. Витрата стоків $0,1 \text{ м}^3 / \text{с}$. Глибина водойми 7 м.

Задача 34

Визначити можливість скидання в озеро стоку ЦПК, що містить $0,1 \text{ мг} / \text{л}$ метилмеркаптана (ГДК = $0,0002 \text{ мг} / \text{л}$), якщо витрата стоку $0,03 \text{ м}^3 / \text{с}$, глибина водойми 5,6 м. На відстані 3,9 км розташовується село М. Оцінку зробити для скидання в верхню частину водойми і для глибинного випуску. Зробити висновки.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Некос А.Н. Загальна екологія та неоекологія: Навчально-методичний посібник / Під ред.. В.Ю. Некоса. – Х.: Харківський національний університет, 2006. – 69 с.
2. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практикум. Навчальний посібник. - К.: Лібра, 2002. – 352 с.
3. Запольский А.К., та ін. Основи екології: Підручник / А.К. Запольский, А.І. Салюк; За ред. К.М. Ситника. – К.: Вища школа, 2005. – 383 с.
4. Екологія: основи теорії і практикум: Навчальний посібник /А.Ф. Потіш, В.Г. Медвідь, О.Г. Гвоздецький, З.Я. Козак– Львів: Новий світ-2000, 2004. – 328 с.
5. Фёдорова А.И. и др. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие для вузов. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
6. Руденко С.С. та ін. Загальна екологія: практичний курс. Частина 1 /С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова. – Чернівці: Рута, 2003. – 320 с.
7. Мусієнко М.М. та ін. Екологія: Тлумачний словник / М.М. Мусієнко, В.В. Серебряков, О.В. Брайон. – К.: Либідь, 2004. – 376 с.
8. Глинка Н.Л. Общая химия. - Л.: Химия, 1986. - 704 С.: ил.
9. Васильева З.Г., Грановская А.А, Таперова АА. Лабораторные работы по общей и неорганической химии. - Л.: Химия, 1986. - 288 С.: ил.
10. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. - М.: Высшая школа, 1998.-743 С.: ил.
11. Хомченко І.Г. Загальна хімія. - К: Вища школа, 1993. - 424 С.: ил.
12. Сергуткина О.Р. Химия [Текст]: конспекты избранных лекций для студ. спец. 08050. ; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. — Воронеж, 2006. — 51 с.
13. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1997. – 527с.
14. Химия: Учебник для ВУЗов / Никольский А.Б., Суворов А.В. – СПб: Химиздат, 2001.- 512с.

15. Ремсден Э.Н. Начала современной химии. Справ.изд..Пер.с англ./ под ред. В.И.Барановского, А.А.Белюстина, А.И.Ефимова, А.А.Потехина. – Л.: Химия, 1989. – 784с.
16. Корте Ф. Экологическая химия. Пер. с нем. под ред. Н.Б. Градовой. М.: Мир, 1997. – 396 с.
17. Прокофьев А.К. Химические формы ртути, кадмия и цинка в природных водных средах // Успехи химии, 1981. Вып. 1. - С. 54 – 67.
18. Кузьмин В. В., Болдырев К. А. Гидрохимические аспекты миграции растворённых нефтепродуктов в подземных водах//Водоснабжение и санитарная техника, 2009, № 2. - С. 44 – 48.
19. Ложниченко О. В., Волкова И. В., Зайцев В. Ф. Экологическая химия. - М.: Академия, 2008. – 272 с.
20. Садовникова Л. К., Орлов Д. С., Лозановская И. Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. - М.: Высшая школа, 2006. – 334 с.
21. Бескид П. П., Дурягина Е. Г., Фрумин Г. Т. Цикл нефтяного загрязнения от попадания в морскую среду до удаления // Экологическая химия, 2011. Вып. 2. - С. 74 – 83.
22. Вольф И. В., Синякова М. А. Химия окружающей среды. Химия гидросферы: учебное пособие; СПбГТУРП.- СПб., 2013. - 90 с.