

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Іванов В. Г.

ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ

Конспект лекцій

Харків. Вид. ХНЕУ, 2013

УДК [504.06:54](042.4)

ББК 20.1я73

I-20

Рецензент – докт. фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри природознавчих наук Харківського національного економічного університету *Платков В. Я.*

Затверджено на засіданні кафедри технології, екології і безпеки життєдіяльності.

Протокол № 3 від 05.10.2012 р.

Іванов В. Г.

I-20 Екологічна хімія : конспект лекцій / В. Г. Іванов. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 108 с. (Укр. мов.)

Викладено теоретичні та практичні питання даної навчальної дисципліни. Велику увагу приділено екології та охороні природи, зв'язку хімічних знань зі знанням природознавчих наук. Розглянуто дію забруднюючих сполук на навколишнє середовище та живі організми.

Рекомендовано для студентів напряму підготовки 6.050101 "Комп'ютерні науки" спеціалізації "Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг" усіх форм навчання.

УДК [504.06:54](042.4)

ББК 20.1я73

© Харківський національний економічний університет, 2013

© Іванов В. Г., 2013

Вступ

У даний час екологія є складним інтегрованим комплексом наук. Економісти-екологи повинні мати достатньо чітке розуміння питань взаємодії сучасного технізованого суспільства і навколишнього середовища (НС), функціонування біосфери в умовах постійно зростаючого антропогенного тиску, методів аналізу природних об'єктів, контролю якості навколишнього середовища і місця хімії в екологічній науці.

Екологія як наука, що охоплює коло явищ у біосфері, тісно пов'язана з питаннями біології, хімії, хімічної технології, сільського господарства та ін.

Оскільки в основі життя, як і в основі зміни хімічного складу біосфери, лежать хімічні процеси, то для опису й управління динамічною рівновагою в біосфері необхідне знання хімічних механізмів взаємодії між окремими підсистемами. Ця область екології оформилася в окрему навчальну дисципліну – екологічну хімію або "Екохімію", під якою розуміється наука про хімічні взаємодії між живими організмами та неживою природою. До завдань екохімії належать питання про ступінь впливу окремих видів антропогенних наслідків на живу природу, передбачення можливих екологічних наслідків хімічних забруднень, де домінуючим аспектом є біологічний.

Існує й інший аспект взаємодії хімії та екології, який вивчає якісний і кількісний склад антропогенних забруднень біосфери в наслідок виробничої та сільськогосподарської діяльності людини і механізми хімічних перетворень речовин у навколишньому середовищі. У вирішенні цих проблем домінуючим є хімічний аспект, який більше входить до компетенції фахівців у галузі хімії, ніж біології. Ця галузь знань одержала назву екологічної хімії, під якою розуміється наука про антропогенні хімічні забруднення і про механізми їх перетворень в біосфері. Завдання екологічної хімії полягає у максимальному зменшенні рівня навантаження антропогенних впливів за рахунок розробки нових або модифікації існуючих технологічних процесів, розробки способів ефективної очистки відходів виробництва, розробки способів прогнозування і регулювання рівня хімічного забруднення в об'єктах навколишнього середовища. Сюди ж відносять: рекомендації щодо розробки нових препаратів, які споживають у сільському господарстві та побутовій хімії; рекомендації з профілактики інших процесів, що призводять до забруднення навколишнього середовища. Для вирішення проблем охорони навколишнього середовища

необхідні дослідження того, як поведуть себе в ньому і до яких наслідків призводять нові види хімічних сполук, що потрапляють до кругообігу речовин у біосфері внаслідок людської діяльності. Тобто потрібен якісно новий підхід до оцінки взаємодії людини з навколишнім середовищем і його впливу на швидкість і напрям антропогенних і природних факторів. "Екологічна хімія" – це загальноосвітня навчальна дисципліна. Під час вивчення цієї навчальної дисципліни студенти одержують знання в галузі хімії, хімічної технології, екології, економіки, які необхідні їм для оволодіння фахом "Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг".

Метою навчальної дисципліни є розвиток у студентів логічного мислення, акцентування уваги на важливості хімічних знань, моделювання економічного обґрунтування і розрахунків процесів раціонального природокористування.

Предметом навчальної дисципліни є вивчення хімічних процесів, які здійснюються у природі та аналізу їх впливу на навколишнє середовище (НС).

Вивчення навчальної дисципліни надасть студенту можливість сформуванню таких груп компетентностей на базі національної рамки кваліфікацій.

1. Знання – це компетентності, які пов'язані з отриманням цілісного уявлення про навчальну дисципліну "Екохімія" та про зв'язок з науками "Хімія" та "Екологія". з отриманням і критичним осмисленням законів, основних понять про властивості органічних та неорганічних сполук, отриманням практичних знань з аналізу шкідливих речовин.

2. Уміння – це компетентності, що пов'язані з отриманням практичних знань під час розрахунків хімічних процесів, за допомогою яких можливо дати оцінку впливу виробництва, що є в проекті, на екологічну безпеку НС.

3. Комунікації – це компетентності, які пов'язані з організацією системи менеджменту та оцінкою впливу шкідливих речовин на НС.

4. Автономність і відповідальність – компетентності, які пов'язані з урахуванням основних принципів еколого-економічного моніторингу забруднення НС та внесення пропозицій щодо їх попередження, здатності до подальшого навчання з високим рівнем автономності, на базі самодіагностики та самостійного вивчення деяких розділів навчальної дисципліни.

Ключові слова: екологічна хімія, шкідливі речовини, природне середовище, забруднення НС.

Модуль 1. Хімічні основи екологічних взаємодій

Тема 1. Теоретичні основи екологічної хімії. Основні поняття і визначення

1.1. Нормативно-правове забезпечення охорони навколишнього природного середовища. Основні положення Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища"

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища", виданий в 1991 р., змінений і доповнений законом від 9 лютого 2006 р.

Цей Закон визначає правові, економічні та соціальні основи організації охорони навколишнього природного середовища в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь.

Розділ I. Загальні положення

Стаття 1. Завдання законодавства про охорону навколишнього природного середовища.

Завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

Стаття 2. Законодавство України про охорону навколишнього природного середовища.

Відносини у галузі охорони навколишнього природного середовища в Україні регулюються цим Законом, а також розроблюваними відповідно до нього земельним, водним, лісовим законодавством, законодавством про надра, про охорону атмосферного повітря, про охорону і використання рослинного і тваринного світу та іншим спеціальним законодавством.

Стаття 3. Основні принципи охорони навколишнього природного середовища.

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища є:

а) пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість дотримання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання

природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;

б) гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;

в) запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

г) екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

д) збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;

е) науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;

є) обов'язковість екологічної експертизи;

ж) гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

з) науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;

и) безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;

і) стягнення збору за забруднення навколишнього природного середовища та погіршення якості природних ресурсів, компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

ї) вирішення питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної змінності територій, сукупної дії факторів, що негативно впливають на екологічну обстановку;

й) поєднання заходів стимулювання і відповідальності у справі охорони навколишнього природного середовища;

к) вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва (стаття 3 зі змінами, внесеними згідно з Законом № 186/98-ВР від 05.03.98).

Стаття 4. Право власності на природні ресурси.

Природні ресурси України є власністю народу України, який має право на володіння, використання та розпорядження природними багатствами республіки. У державній власності перебувають всі землі України, за винятком земель, переданих у колективну і приватну власність (статтю 4 доповнено частиною другою згідно з Законом № 3180-12 від 21.05.93). Повновладдя народу України в галузі охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів реалізується на основі Конституції України (254к/96-ВР) як безпосередньо, шляхом проведення референдумів, так і через республіканські органи державної влади відповідно до законодавства України. Від імені народу України право розпорядження природними ресурсами здійснює Верховна Рада України.

Стаття 5. Об'єкти правової охорони навколишнього природного середовища.

Державній охороні і регулюванню використання на території України підлягають: навколишнє природне середовище як сукупність природних і природно-соціальних умов та процесів, природні ресурси, як залучені в господарський обіг, так і не використовувані в народному господарстві в даний період (земля, надра, води, атмосферне повітря, ліс та інша рослинність, тваринний світ), ландшафти та інші природні комплекси. Особливій державній охороні підлягають території та об'єкти природно-заповідного фонду України й інші території та об'єкти, визначені відповідно до законодавства України. Державній охороні від негативного впливу несприятливої екологічної обстановки підлягають також здоров'я і життя людей.

Стаття 6. Державні цільові та інші екологічні програми (назва статті 6 зі змінами, внесеними згідно з Законом № 3421-IV (3421-15) від 09.02.2006 р.) З метою проведення ефективної і цілеспрямованої діяльності України по організації і координації заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, забезпечення екологічної безпеки, раціонального використання і відтворення природних ресурсів на перспективу розробляються і приймаються державні цільові, міждержавні, регіональні, місцеві та інші територіальні програми. (Частина перша статті 6 зі змінами, внесеними згідно з Законом № 3421-IV (3421-15) від 09.02.2006 р.) Порядок розробки державних цільових екологічних програм визначається Кабінетом Міністрів України (частина друга статті 6 із змінами,

внесеними згідно з Законом № 3421-IV (3421-15) від 09.02.2006 р.) Центральні та місцеві органи виконавчої влади, а також органи місцевого самоврядування під час розробки екологічних програм залучають громадськість до їх підготовки шляхом оприлюднення проектів екологічних програм для їх вивчення громадянами, підготовки громадськістю зауважень та пропозицій щодо запропонованих проектів, проведення публічних слухань стосовно екологічних програм (статтю 6 доповнено частиною третьою згідно з Законом № 254-IV (254-15) від 28.11.2002 р.; зі змінами, внесеними згідно з Законом № 3421-IV (3421-15) від 09.02.2006 р.).

Стаття 7. Освіта і виховання в галузі охорони навколишнього природного середовища.

Підвищення екологічної культури суспільства і професійна підготовка спеціалістів забезпечується загальною обов'язковою комплексною освітою та вихованням в галузі охорони навколишнього природного середовища, в тому числі в дошкільних дитячих закладах, в системі загальної середньої, професійної та вищої освіти, підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів. Екологічні знання є обов'язковою кваліфікаційною вимогою для всіх посадових осіб, діяльність яких пов'язана з використанням природних ресурсів та призводить до впливу на стан навколишнього природного середовища. Спеціально визначені вищі та професійні навчальні заклади здійснюють підготовку спеціалістів у галузі охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів з урахуванням суспільних потреб.

Стаття 8. Наукові дослідження.

В Україні проводяться систематичні комплексні наукові дослідження навколишнього природного середовища та природних ресурсів з метою розробки наукових основ їх охорони та раціонального використання, забезпечення екологічної безпеки. Координацію та узагальнення результатів цих досліджень здійснюють Академія наук України та спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів.

Розділ II. Екологічні права та обов'язки громадян.

Стаття 9. Екологічні права громадян України.

Кожний громадянин України має право на:

а) безпечне для його життя та здоров'я навколишнє природне середовище;

б) участь в обговоренні та внесення пропозицій до проектів нормативно-правових актів, матеріалів щодо розміщення, будівництва і

реконструкції об'єктів, які можуть негативно впливати на стан навколишнього природного середовища, внесення пропозицій до органів державної влади та органів місцевого самоврядування, юридичних осіб, що беруть участь в прийнятті рішень з цих питань;

Пункт "б" частини першої статті 9 в редакції Закону № 254-IV (254-15) від 28.11.2002 р.

в) участь у розробці та здійсненні заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, раціонального і комплексного використання природних ресурсів;

г) здійснення загального і спеціального використання природних ресурсів;

д) об'єднання в громадські природоохоронні формування;

е) вільний доступ до інформації про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація) та вільне отримання, використання, поширення та зберігання такої інформації, за винятком обмежень, встановлених законом; пункт "е" частини першої статті 9 в редакції Закону № 254-IV (254-15) від 28.11.2002;

є) участь у публічних слуханнях або відкритих засіданнях з питань впливу запланованої діяльності на навколишнє природне середовище на стадіях розміщення, проектування, будівництва і реконструкції об'єктів та у проведенні громадської екологічної експертизи; пункт "є" частини першої статті 9 в редакції Закону № 254-IV (254-15) від 28.11.2002;

ж) одержання екологічної освіти;

з) подання до суду позовів до державних органів, підприємств, установ, організацій і громадян про відшкодування шкоди, заподіяної їх здоров'ю та майну внаслідок негативного впливу на навколишнє природне середовище;

и) оскарження у судовому порядку рішень, дій або бездіяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, їх посадових осіб щодо порушення екологічних прав громадян у порядку, передбаченому законом. Частина першу статті 9 доповнено пунктом "и" згідно з Законом № 254-IV (254-15) від 28.11.2002 р. Законодавством України можуть бути визначені й інші екологічні права громадян республіки.

Стаття 10. Гарантії екологічних прав громадян.

Екологічні права громадян забезпечуються:

а) проведенням широкомасштабних державних заходів щодо підтримання, відновлення і поліпшення стану навколишнього природного середовища;

б) обов'язком міністерств, відомств, підприємств, установ, організацій здійснювати технічні та інші заходи для запобігання шкідливому впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, виконувати екологічні вимоги при плануванні, розміщенні продуктивних сил, будівництві та експлуатації народногосподарських об'єктів;

в) участю громадських об'єднань та громадян у діяльності щодо охорони навколишнього природного середовища;

г) здійсненням державного та громадського контролю за дотриманням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

д) компенсацією в установленому порядку шкоди, заподіяної здоров'ю і майну громадян внаслідок порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

е) невідворотністю відповідальності за порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

є) створенням та функціонуванням мережі загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації. Частина першу статті 10 доповнено пунктом "є" згідно з Законом № 254-IV (254-15) від 28.11.2002 р. Діяльність, що перешкоджає здійсненню права громадян на безпечне навколишнє природне середовище та інших їх екологічних прав, підлягає припиненню в порядку, встановленому цим Законом та іншим законодавством України.

Стаття 11. Захист прав громадян Україна у галузі охорони навколишнього природного середовища.

Україна гарантує своїм громадянам реалізацію екологічних прав, наданих їм законодавством. Ради, спеціально уповноважені державні органи управління в галузі охорони навколишнього природного середовища і використання природних ресурсів зобов'язані подавати всебічну допомогу громадянам у здійсненні природоохоронної діяльності, враховувати їх пропозиції щодо поліпшення стану навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів, залучати громадян до участі у вирішенні питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів. Порушені права громадян у галузі охорони навколишнього природного середовища мають бути поновлені, а їх захист здійснюється в судовому порядку відповідно до законодавства України.

Стаття 12. Обов'язки громадян у галузі охорони навколишнього природного середовища.

Громадяни України зобов'язані:

а) берегти природу, охороняти, раціонально використовувати її багатства відповідно до вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

б) здійснювати діяльність з додержанням вимог екологічної безпеки, інших екологічних нормативів та лімітів використання природних ресурсів;

в) не порушувати екологічні права і законні інтереси інших суб'єктів;

г) вносити плату за спеціальне використання природних ресурсів та штрафи за екологічні правопорушення;

д) компенсувати шкоду, заподіяну забрудненням та іншим негативним впливом на навколишнє природне середовище. Громадяни України зобов'язані виконувати й інші обов'язки у галузі охорони навколишнього природного середовища відповідно до законодавства України [10].

1.2. Основні поняття і закони екології. Екосистема. Біосфера і її структура. Екологічні фактори: абіотичні і біотичні

Навколишнє середовище – це природні тіла та явища, з якими воно знаходиться в прямих або непрямих відносинах. Умови середовища, які здатні надавати прямий або непрямий вплив на живі організми, називаються екологічними факторами. Існує кілька класифікацій екологічних факторів середовища. Найбільш простою і класичною є класифікація, за якою екологічні чинники середовища поділяються на дві категорії: абіотичні фактори, тобто чинники неживої природи, і біотичні фактори, а саме фактори живої природи.

До абіотичних факторів належать кліматичні – це світло, температура, волога, рух повітря і тиск; ґрунтові – механічний склад, вологоємність, повітропроникність, щільність; орографічні – це рельєф, висота над рівнем моря, експозиція схилу; хімічні, тобто газовий склад повітря, сольовий склад середовища, концентрація, кислотність і склад ґрунтових розчинів.

До біотичних факторів належать фітогенні, тобто рослинні організми, зоогенні (тваринні), мікробіогенні, а саме віруси, найпростіші, бактерії та рикетсії, а також антропогенні, які є діяльністю людини.

Вплив хімічного компонента абіотичного фактора на живі організми виражається в існуванні деяких верхніх і нижніх меж амплітуди допустимих коливань окремих факторів (температура, солоність, рН, газовий склад тощо), то є певний режим існування. Чим ширше межі будь-якого фактора, тим вище стійкість, або, як її називають, толерантність, цього організму.

Лімітуючим фактором розвитку рослин є елемент, концентрація якого лежить у мінімумі. Урожай культур часто лімітується елементами харчування, присутніми не в надлишку, такими як CO_2 і H_2O , а тими, які вимагаються в незначній кількості. Наприклад: бор – необхідний елемент живлення рослини, але його мало міститься в ґрунті. Коли його запаси вичерпуються в результаті обробітку однієї культури, то ріст рослин припиняється, якщо навіть інші елементи знаходяться в достатку.

Екологічні фактори середовища можуть чинити на живі організми впливу різного роду:

1) подразники, що викликають пристосувальні зміни фізіологічних і біохімічних функцій, наприклад, підвищення температури повітря призводить до потовиділення у ссавців і до охолодження тіла;

2) обмежувачі, що зумовлюють неможливість існування в даних умовах, наприклад, нестача вологи в посушливих районах перешкоджає проникненню туди багатьох організмів;

3) модифікатори, що викликають анатомічні та морфологічні зміни організмів, наприклад, запиленість навколишнього середовища в промислових районах деяких країн призвела до утворення чорних метеликів березових п'ядунів, які зберегли своє світле забарвлення в сільських місцевостях;

4) сигнали, що свідчать про зміну інших чинників середовища.

У характері впливу екологічних факторів на організм виявлено ряд загальних закономірностей.

Закон оптимуму – позитивний або негативний вплив фактора на організми – залежить від сили його впливу. Недостатня або надмірна дія фактора однаково негативно позначається на життєдіяльності особин. Благоприємна сила впливу екологічного фактора називається зоною оптимуму. Одні види виносять коливання в широких межах, інші – вузьких. Абіотичні фактори створюють умови проживання рослинних і тваринних організмів і надають прямий або опосередкований вплив на життєдіяльність останніх. До абіотичних факторів відносять елементи

неорганічної природи: материнська порода ґрунту, хімічний склад і вологість останньої, сонячне світло, теплота, вода і її хімічний склад, повітря, його склад і вологість, барометричний та водний тиск, природний радіаційний фон та ін. Хімічними компонентами абіотичних факторів є живильні речовини, сліди елементів, концентрація вуглекислого газу і кисню, отруйні речовини, кислотність (рН) середовища.

Вплив рН на виживання організмів-гідробіонтів. Більшість організмів не витримують коливань величини рН. Обмін речовин у них функціонує лише в середовищі з чітко обумовленим режимом кислотності-лужності. Концентрація водневих іонів багато в чому залежить від карбонатної системи, яка є важливою для всієї гідросфери і описується складною системою рівноваги, устанавлюється при розчиненні в природних прісних водах вільного CO₂, за реакцією:



Саме ця реакція є причиною того, що рН прісних природних вод рідко буває теоретично нейтральною, тобто рівною 7. Найчастіше рН чистої води коливається від 6,9 до 5,6. У природі наведеної рівноваги в чистому вигляді не існує, оскільки на природні води чинять дію численні фактори, а саме: температура, тиск, вміст в атмосфері кисню, аміаку, діоксиду та триоксиду сірки, азоту, склад порід, якими протікає річка чи розташоване озеро. рН порівняно легко виміряти, тому її дослідили у багатьох водних місцях проживання. Якщо рН не наближається до крайнього значення, а саме від 6,5 до 8,5, то співтовариства здатні компенсувати зміни цього фактора і толерантність спільноти до діапазону рН, який зустрічається в природі, дуже значна. Оскільки зміна рН пропорційна зміні кількості CO₂, то рН може слугувати індикатором швидкості загального метаболізму співтовариства, тобто фотосинтезу і дихання. У воді з низьким рН затримується мало біогенних елементів, у зв'язку з чим продуктивність тут мала. рН впливає і на розподіл водних організмів. При рН = 10 вода згубна для всіх риб. Максимальна продуктивність вод припадає на рН між 6,5 і 8,5.

Вплив кількості розчиненого кисню на видовий склад і чисельність гідробіонтів є таким. Ступінь насиченості води киснем навпаки пропорційний її температурі. Концентрація розчиненого O₂ в поверхневих водах вимірюється від 0 до 14 мг/л і схильна до значних сезонних і

добових коливань, які в основному залежать від співвідношення інтенсивності процесів його продукування і споживання. У разі високої інтенсивності фотосинтезу вода може бути значно пересиченою O_2 (20 мг/л і вище). У водному середовищі кисень є обмежуючим фактором. O_2 є в атмосфері на 21 % (за об'ємом) і становить близько 35 % від всіх газів, розчинених у воді. Розчинність його в морській воді становить 80 % від розчинності в прісній воді. Розподіл кисню у водоймі залежить від температури, переміщення шарів води, а також від характеру та кількості організмів, які живуть у ній. Витривалість водних тварин до низького вмісту кисню у різних видів неоднакова.

Живі організми залежать від концентрації мінеральних солей в середовищі. У природних водах концентрація мінеральних солей дуже різна. У прісній воді максимальний вміст розчинених речовин дорівнює 0,5 г/л. У морській воді середній вміст розчинених солей 35 г/л. У солонуватих водах цей показник дуже мінливий. Солоність зазвичай виражається в проміле (‰) і є однією з основних характеристик водних мас, розподілу морських організмів, елементів морських течій і т. д. Особливу роль вона відіграє у формуванні біологічної продуктивності морів і океанів, оскільки багато організмів дуже сприйнятливі до незначних її змін.

Здатність існувати у водах з різною солоністю забезпечується механізмом осморегуляції, який підтримує постійну концентрацію осмотично-активних речовин у рідинах внутрішнього середовища.

Стійкість щодо зміни солоності коливається з температурою.

Навколишнє середовище має хімічні екорегулятори.

Живі організми, що належать до рослинного або тваринного царства, впливають на своє оточення шляхом взаємного перехреснування дії різних молекул. Ці взаємодії можуть відбуватися між тваринами, рослинами. Крім того, нежива природа також впливає на тварин і рослини. Вивченням таких взаємодій і хімічних речовин, які слугують посередниками при цьому, займається екохімія.

Хімічні взаємодії здійснюються при передачі закодованих повідомлень за допомогою специфічних молекул, а також використовуються для захисту або нападу на всіх рівнях еволюційного розвитку.

Складність взаємовідношень між організмами виражається в характері дії цього організму на середовище (міжвидове або внутрішньовидове) – вони є сприятливими або шкідливими для їх виду.

Кожна молекула відповідає певному сигналу, потенційним носієм якого вона є. Передача інформації за допомогою молекул належить до одного з аспектів кібернетики. Автоматизм поведінки комах пов'язаний зі сприйняттям таких сигналів. Розшифровка таких хімічних повідомлень дозволить краще зрозуміти характер взаємозв'язків в екологічних системах і, можливо, управляти ними, дозволяючи зберегти природну рівновагу в боротьбі з забрудненням середовища.

Явище хімічної взаємодії між живими організмами починається на рівні біосфери. Щорічно в повітряний простір планети надходить близько 1 млрд т летючих органічних речовин. Кількість органічної речовини, що виносять ріки в океан і випускають в океан його мешканці – в першу чергу планктон, теж вельми значна. Органічна матерія відіграє роль живильного середовища і бере участь у складних біохімічних циклах. При посередництві речовин (хімічних телемедіаторів) підтримується біологічна рівновага між мешканцями океану.

Взаємодії між неорганічної матерією і тваринами або рослинами відіграють важливу роль у природі і здійснюються в основному рослинами. Рослини поглинають і накопичують у своїх тканинах велике число елементів з їх навколишнього мінерального середовища, причому це не завжди є для них необхідним. До найпоширеніших серед рослин елементів належать: С, Н, О, N, P, S, Ca, Mg, K, Fe, Mn, Cu, Cl, B, Mo, Co, Si, Se, F, Br, I.

За змістом неорганічних речовин у рослинах можна виявити поклади руд. Так, поклади арсенопіріта були визначені за змістом заліза в травах. Цим методом користуються для відшукування покладів бору, нікелю, кобальту, міді, хрому і молібдену.

Хімічна зброя, що застосовується живими організмами в боротьбі за збереження виду, дуже різноманітна: від токсинів і отрут до засобів маскування. Вона використовується як засіб нападу, коли тварина має спеціалізовані органи з отрутою. Токсичні речовини можуть перебувати в самому організмі-продуценті, в цьому випадку оборонний характер такої зброї проявляється тільки при нападі на організм-продуцент.

Нагальною потребою всіх живих організмів є взаємодія один з одним і з навколишнім середовищем, при цьому відбувається передача інформації. Для цього використовуються всі можливі засоби: звук, світло, форма, молекули – як порізно, так і в поєднанні один з одним. У передачі інформації виявляються основні функції хемомедіаторов: захисна,

атракативна, індикаційна, орієнтаційна, сигнальна і адаптивна. Різні види взаємодії між організмами однакові, їх мета – забезпечити збереження виду. Самозбереження і успішний розвиток живих особин є прихованою рушійною причиною взаємодії їх з середовищем проживання.

1.3. Хімічний етап еволюції біосфери. Виникнення життя. Поняття "ноосфера". Хімічні екорегулятори. Кібернетична природа екосистем

Усі процеси, що відбуваються на нашій планеті – як природні, так і антропогенні – по суті своїй є рухом хімічних елементів, перетворення, їх сполук.

Виникнення життя з неживої речовини було хімічним процесом, який здійснюється в строго визначеній послідовності і закономірності. Погляди Е. Геккеля (1834 – 1919) стали основою хімічної гіпотези еволюції, згідно з якими спочатку з'явилися з'єднання вуглеводу під дією суто хімічних і фізичних причин. Ці речовини були не розчинами, а суспензіями маленьких "грудочок", здатних до зростання і накопичення речовини. Зростання відбувалося до певної межі, за якою починався поділ. У результаті диференціювання "грудочок" в них виникало ядро. З'явилася ядерна клітина – вихідна форма для живих істот на землі.

Концепція Опаріна А. І. і його послідовників заснована на уявленнях про відновну (метан, аміак), окисну (фотохімічне розщеплення H_2O і CO_2) і нейтральну (CO_2 і N_2) складові первинної стародавньої атмосфери Землі.

У водному середовищі, наповненому "первородством" хімічних речовин, а саме амонійними і фосфорними солями, в достатку світла і тепла здійснювався абіогенний синтез всіляких нескладних органічних сполук. Як наслідок складних фізико-хімічних процесів виникла первинна жива система – колоїдний слиз, що проявляє функції асиміляції і зростання.

Колоїдний слиз, або стійкі напіврідкі згущення, – коацервати (від лат. коацерватус) могли руйнуватися, створюватися знову, а при досягненні певного розміру розпадатися на дочірні освіти, тобто ділитися. Окремі "краплі" могли утворювати групи (колонії).

У результаті стався якісний стрибок: збереглись лише ті "краплі", які містили в собі материнські ознаки і отримали здатність до відтворення.

У водному середовищі утворилися основні компоненти нуклеїнових кислот, імовірно дві з основних чотирьох нуклеїнових кислот: аденін і гуанін. Емпіричну формулу молекули аденіну можна подати у вигляді п'яти об'єднаних молекул ціановодню HCN.

Рибоза і дезоксирибоза в поєднанні з представниками нуклеїнових кислот (аденін, гуанін, цитозин, тимін) утворили нуклеозиди, які, в свою чергу, в поєднанні з фосфатами – нуклеотиди – найпростіші складові нуклеїнових кислот.

Наступний етап – полімеризація "малих" молекул у більші, тобто утворення власне нуклеїнових амінокислот і білків, що супроводжується виділенням ними води – дегідратацією.

Однак, усі ці процеси передують біологічній еволюції, яка почалась з утворення клітин і одноклітинних організмів.

Поняття біосфери як середовища існування живих організмів або сфери, зайнятої життям, було запропоновано в 1878 році австрійським ученим Е. Зюсом. Пізніше Вернадський В. І. підійшов до трактування поняття біосфери як до планетного середовища, в якому поширена жива речовина. Жива речовина розглядається як особливий прояв термодинамічних, фізичних і хімічних умов планети, здатний організувати їх таким чином, щоб мати максимальну стійкість у часі і просторі. Біосфера – це не тільки зовнішня оболонка Землі, охоплена життям, але й структурно нею організована. Жива речовина за час свого існування глибоко змінило первісну природу планети. Життя ніби саме пристосовувало середовище і оптимізувало умови. У стратосфері виник озоновий екран, який захищає живі істоти від згубного впливу ультрафіолетових променів та інших космічних випромінювань.

Обмеженість ресурсів азотно-вуглецевого, водного, повітряного і мінерального харчування живу речовину подолато шляхом створення ґрунтового покриву, синтезу високодисперсних мінералів, які забезпечують сорбцію сполук азоту, фосфору, кальцію, калію та інших, більш ефективною акумуляції гумусно-органічних сполук макро-С, N, P, Ca, S, K та мікроелементів (J, Zn, Cu, Co, Se та ін.) За своїм біохімічним значенням у підтримці життя на планеті ґрунтовий покрив можна порівняти з озоновим екраном у стратосфері.

Фотосинтез є механізмом накопичення активної біохімічної енергії в масах органічної речовини, в ґрунтовому гумусі у вигляді копалин горючих.

Виник і показав свою виняткову роль механізм "співпраці" (симбіоза) між рослинами, тваринами, комахами, нижчими безхребетними, мікроорганізмами з утворенням так званих харчових ланцюгів. Харчові ланцюги установ підтримують тривале утримання всередині екосистем енергії, пов'язаної фотосинтезом, і резерву біофільних елементів (С, N, К, S, Са, Mg та ін.), необхідних для нових поколінь живої речовини. На цій основі складаються головні ланки біогеохімічного кругообігу речовин.

Згідно з сучасними уявленнями про структуру біосфери, заснованими на ідеях Вернадського В. І., біосфера як місце проживання організмів разом з самими організмами може бути розділена на три підсфери: аеробіосферу, гідробіосферу і геобіосферу.

Аеробіосфера населена організмами, субстратом життя яких слугує волога повітря. Лімітуючими факторами життя в аеробіосфері є наявність крапель води і твердих аерозолів, що піднімаються з поверхні Землі. Аеробіосфера, в свою чергу, розпадається на дві субпідсфери: тропобіосферу і альтобіосферу.

Гідробіосфера – це весь глобальний світ води, населений гідробіонтами. У свою чергу гідробіосфера включає аквабіосферу – світ континентальних, в основному прісних, вод і марінобіосферу, тобто світ морів і океанів.

Геобіосфера – це оселя геобіонтів, середовище життя для яких слугує земна твердь. Геобіосфера ділиться на п'ять субпідсистем, до числа яких входить літобіосистема.

Біологічний спектр біосфери має ступінчастий характер: співтовариство, популяція, організм, орган, клітина, ген.

Слід зазначити, що в спектрі не можна знайти різких кордонів (у функціональному сенсі), оскільки кожен рівень інтегрований, взаємопов'язаний з іншими.

Як і організм, ізольований від популяцій, не в змозі жити довго, співтовариство не може існувати, якщо в ньому не відбувається кругообігу речовин і в нього не надходить енергія.

Будь-яка одиниця (біосистеми), що включає всі спільно функціонуючі на цій ділянці організми (біотичне співтовариство) і взаємодіє з фізичним середовищем таким чином, що потік енергії створює чітко визначені біотичні структури і кругообіг речовин між живою і неживою частинами, є екологічною системою.

У будь-якій екосистемі, з урахуванням зворотного зв'язку, наявні чотири основних компоненти: потік енергії, кругообіг речовин, співто-

вариство і керуюча петля зворотного зв'язку. Потік сонячної енергії, який пронизує екосистему, частково перетвориться співтовариством і переходить на якісно вищий щабель, трансформуючись в енергію хімічного зв'язку в органічній речовині. Більша частина сонячної енергії деградує (покидає систему у вигляді тепла – тепловий стік). Енергія може накопичуватися, трансформуватися, але її не можна використувати повторно. Проте елементи харчування (біогенні елементи) і вода використовуються багаторазово.

Слід зазначити кібернетичну природу екосистеми, тобто крім потоків енергії, кругообігу речовин вони характеризуються інформаційними мережами, а саме фізичними та хімічними сигналами, які пов'язують всі частини системи і керують нею як одним цілим.

Принцип зворотного зв'язку багато в чому визначає стабільність екосистем. Розрізняють резисторну і пружну стабільності.

Резисторна – це здатність екосистеми чинити опір порушенням, підтримуючи незмінним свою структуру і функцію.

Пружна – це здатність відновлюватися після того, як її структура і функції були порушені.

Література: [5; 7; 13].

Тема 2. Основні закони і поняття хімії, які пояснюють хімічні перетворення в біосфері

2.1. Періодичний закон Менделєєва. Стехіометричні закони

Сучасна хімія базується на атомно-молекулярному вченні:

1. Усі речовини складаються з молекул.
2. Молекули складаються з атомів.
3. Молекули і атоми знаходяться в безперервному русі.
4. Молекули простих речовин складаються з однакових атомів, складні – з різних атомів, тобто з атомів різних хімічних елементів.

Молекула – це якнайменша частинка речовини, що володіє його хімічними властивостями. Хімічні властивості визначаються її складом і будовою.

Атом – це якнайменша частинка хімічного елемента, що зберігає його хімічні властивості.

Хімічний елемент – це вид атомів з однаковим позитивним зарядом ядра. Сучасне визначення – атом – нейтральна частинка, що складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів. З молекул складаються речовини в газоподібному стані, а також речовини в твердому стані з молекулярною структурою – органічні речовини, неметали, оксид вуглецю, вода. Більшість твердих неорганічних речовин складається з атомів або іонів і існує у вигляді макротіл.

У речовин з молекулярною структурою хімічний зв'язок між молекулами менш міцний, тому вони мають порівняно низьку температуру плавлення і кипіння. У макротіл зв'язок між атомами та іонами більш міцний і вони мають більш високі температури плавлення і кипіння (метали, іонні сполучення).

Періодична система елементів Менделєєва Д. І. є графічним зображенням періодичного закону, який формулюється таким чином: "Властивості хімічних елементів, а також форми і властивості сполучень елементів знаходяться в періодичній залежності від заряду їх атомів".

Заряд ядра визначає число електронів в електронній оболонці атома, її будову і тим самим усі властивості елемента і його положення в періодичній системі.

Стехіометрія – це розділ хімії, в якому вивчають масові і об'ємні співвідношення між реагуючими речовинами.

1. Закон збереження маси.

Маса речовин, що вступили в реакцію, рівна масі речовин, що утворилися в наслідку реакції (М. Ломоносов, 1748 рік).

2. Закон збереження енергії.

Енергія системи, що включає речовини, які вступили в реакцію, рівна енергії системи, що включає речовини, які утворилися в наслідок реакції (Майер, 1842 рік).

Взаємозв'язок маси і енергії виражається рівнянням А. Ейнштейна (1905 рік).

$$\Delta E = \Delta m / C^2, \quad (1.1)$$

де ΔE – зміна енергії;

Δm – зміна маси речовини;

C – швидкість світла у вакуумі 3×10^8 км/с.

Кожне хімічне рівняння є законом збереження маси й енергії. Маса та енергія об'єктів, що вступили в реакцію, рівна сумарній масі й енергії продуктів реакції.

3. Закон постійності складу.

Кожна чиста речовина незалежно від способу його отримання завжди має постійний, якісний і кількісний склад.

4. Закон кратних відносин.

Якщо два елементи утворюють між собою декілька сполучень, то масова кількість одного елемента, що з'єднується з однією і тією ж кількістю іншого елемента, співвідносяться між собою як невеликі цілі числа.

5. Закон об'ємних відносин.

Об'єми, що вступили в реакцію газів, відносяться один до одного і до об'ємів газоподібних продуктів реакції, що утворюються, як невеликі цілі числа.

6. Закон Авогадро.

Закон Авогадро встановлює співвідношення між об'ємами реагуючих газів. Рівні об'єми газів за однакових умов містять однакове число молекул.

Висновки. 1. Один моль будь-якого газу за однакових умов займає один і той же об'єм, рівний 22,4 л/моль. $V = 22,4$ л/моль. Мольний об'єм газу – це відношення об'єму речовини до кількості цієї речовини $V = V/n$. V – об'єм речовини, n – кількість моля.

2. Мольна маса речовини в газоподібному стані рівна $D = M_1/M_2$ його подвоєної густини за воднем, $M = 2 D_H$ або за повітрям $M = 29D_B$.

7. Газові закони.

Стан газу характеризується його температурою, тиском і об'ємом. При $T = 273^0K$ (0^0C) і $P = 101,325$ КПа = 760 мм рт. ст. умови називаються нормальними і позначають $P_0U_0T_0$. Об'єм за цих умов нормальний – V_0 .

7.1. Закон Бойля-Маріотта. При постійній температурі тиск, який виробляється цією даною масою газу, обернено пропорційний до об'єму газу $P_1/P_2 = U_2/U_1$ або $PU = \text{const}$.

7.2. Закон Гей-Люссака. При постійному тиску об'єм газу прямо пропорційний температурі. $U_1/T_1 = U_2/T_2$ або $U/T = \text{const}$.

7.3. Закон Шарля. При постійному об'ємі тиск газу прямо пропорційний температурі. $P_1/P_2 = T_1/T_2$ або $P/T = \text{const}$. Загальне рівняння $PU/T = P_0U_0/T_0$.

7.4. Рівняння Клайперона-Менделєєва (рівняння стану ідеального газу).

$$PV = mRT/M,$$

де M – кг/моль;

R – газова постійна;

$R = 8,314 \text{ дж/моль} \cdot \text{K}$ (якщо м^3 ; кг; Па; $^{\circ}\text{K}$).

7.5. Закон Дальтона. Тиск суміші газів, що не взаємодіють один з одним, рівний сумі парціального тиску газів, що становлять суміш. Парціальний тиск – це той тиск, який мав би газ, якби він займав весь об'єм суміші. $P = P_1 + P_2 + \dots + P_i$.

8. Закон еквівалентів.

Хімічний еквівалент елемента – це така його кількість, яка з'єднується з 1 молем атомів водню (еквівалентом водню) або заміщує таку ж кількість атомів водню в хімічних реакціях. Еквівалентною масою називається маса 1 еквівалента. Еквівалентний об'єм – це об'єм, що займає 1 еквівалент речовини. Речовини взаємодіють між собою в кількостях, що пропорційні їх хімічним еквівалентам $m_1/m_2 = E_1/E_2$. Звідси, маси реагуючих речовин пропорційні їх еквівалентним масам.

Еквівалент елемента визначається за формулою $E = A/V_{\text{ел}}$. Еквівалентом сполучення називається така його кількість, яка в цій реакції взаємодіє з одним еквівалентом іншої речовини $E_{\text{осн}} = M_{\text{осн}}/OH^-$; $E_{\text{кисл}}/H^+$; $E_{\text{соль}} = M_{\text{сол}}/V_{\text{ме}}$; $E_{\text{окисл}} = M_{\text{ок}}/V_{\text{ок}}$, де $V_{\text{ме}} = n \cdot z_i$; n – число іонів; z_i – заряд іонів. Al_2O_3 $E = M/2 \cdot 3$.

Для окислювально-відновного процесу еквівалент речовини рівний $E = M/\Delta z$, де $|\Delta z|$ – абсолютна величина різниці ступенів окислення елемента (до та після реакції), що входить в цю речовину.

Еквівалент речовини, що бере участь в іонній реакції, визначається числом і зарядом іонів, якими вони обмінюються з своїми партнерами – $E = M/nx|z|$, де $|z|$ – абсолютна величина їх заряду; n – число іонів, що віддаються або молекулою, яка приєднує.

9. Виведення хімічних формул. Розрахунки за хімічними формулами і рівняннями.

Склад молекули зображають за допомогою хімічних формул, які показують: назву речовини, одну молекулу, один нуль, з яких елементів складається речовина, кількість молей елементів в одному молі, відносну молекулярну масу речовини.

Хімічні рівняння зображають за допомогою хімічних формул і хімічних знаків. Число атомів кожного елемента в лівій і правій частинах рівняння повинні бути однаковими. За допомогою хімічних формул і рівнянь проводять кількісні розрахунки.

Розрізняють формули прості і молекулярні. Прості формули виражають найбільш простий атомний склад молекули речовини, відповідний відношенню мас між елементами, які створюють цю речовину. Молекулярна формула показує дійсне число атомів кожного елемента в молекулі. Для виведення простої формули речовини досить знати її склад і атомні маси, які створюють це число елементів. Позначають число атомів у молекулі через X, Y та ін. Атомні маси елементів знаходять з Періодичної системи елементів.

2.2. Поняття сучасної системи відносних атомних мас елементів, молекулярних мас, молярної маси, еквівалента, моля

Маси атомів надзвичайно малі. Так, маса атома водню рівна $1,67 \times 10^{-27}$ кг, вуглецю – $1,993 \times 10^{-26}$ кг. Оскільки ці маси малі, то в хімії застосовують не абсолютні значення мас, а відносні. За одиницю відносних атомних мас прийнята з 1961 року атомна маса АЕМ рівна 1/12 маси атома вуглецю (ізоотопу ^{12}C).

Відносна атомна маса хімічного елемента – це величина, що рівна відношенню середньої маси атома до 1/12 маси атома вуглецю ^{12}C , яку позначають – A_R . Так, для водню:

$$A_H = \frac{1,674 \times 10^{-27} \text{ кг}}{1/12 \times 1,993 \times 10^{-26}} = 1,008 \text{ аем.}$$

Відносна молекулярна маса – це величина, рівна відношенню середньої маси молекули до 1/12 маси атомів вуглецю ^{12}C , яку позначають M_R . Вона рівна сумі відносних атомних мас всіх атомів, що входять до складу молекули.

Моль – одиниця кількості речовини – кількість речовини, що містить стільки структурних одиниць (молекул, атомів, іонів), скільки міститься атомів в 0,012 кг атома вуглецю. Так, для вуглецю число атомів, що містяться в 0,012 кг, буде:

$$M = \frac{0,012 \text{ кг/моль}}{1,993 \times 10^{-26} \text{ кг}} \geq 6,02 \cdot 10^{23}.$$

Число частинок в 1 молі будь-якої речовини одне і теж, рівне $6,02 \times 10^{23}$ і називається постійною Авогадро, має розмірність 1/моль.

Мольна (мольна) – це величина, рівна відношенню маси речовини до кількості речовини, має розмірність кг/моль, г/моль. Обчислюють, виходячи з маси молекули: для води – $M_{\text{H}_2\text{O}} = 2,99 \times 10^{-26} \times 6,02 \times 10^{23} = 0,018$ кг/моль або 18 г/моль. У загальному випадку мольна маса речовини в г/моль чисельно рівна відносній молекулярній масі речовини. Один моль атомів, молекул містить число цих частинок, рівне числу Авогадро. Маса і кількість речовини поняття різні. Маса виражається в кг, кількість речовини в молі. Між масою речовини, кількістю і мольною масою існує співвідношення: $M = \frac{m}{n}$; $n = \frac{m}{M}$; $m = n \cdot M$. Мольний об'єм – це об'єм, який займає 1 моль.

Хімічні знаки, формули, рівняння

Елементи позначаються хімічними знаками, що складаються з перших або останніх букв латинських назв елементів. Хімічний знак позначає: назву елемента, один атом елемента, відносну атомну масу елемента, атомний номер.

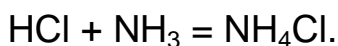
Склад молекули відображається за допомогою хімічних формул, які позначають: назву речовини, одну молекулу, один моль, з яких елементів складається речовина, кількість моля елементів в одному молі речовини, відносну молекулярну масу речовини.

Хімічні рівняння зображають за допомогою хімічних формул і хімічних знаків. Число атомів кожного елемента в лівій і правій частинах рівняння повинне бути однаковим. За хімічними формулами і рівняннями проводять різні кількісні розрахунки.

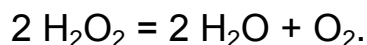
Хімічні реакції і їх класифікація

1. За ознакою зміни числа початкових і кінцевих речовин реакції розділяються на такі типи: з'єднання, розкладання, заміщення, обмін.

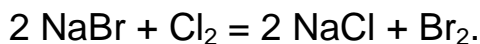
Реакції, в яких з двох або декількох речовин утворюється одна нова речовина, називаються реакцією з'єднання, наприклад



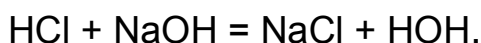
Реакції, в яких з однієї речовини утворюються декілька нових речовин, називаються реакціями розкладання:



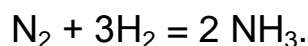
Реакції, в яких атоми простої речовини заміщають атоми одного з елементів складної речовини, називаються реакціями заміщення:



Реакції, в яких дві речовини обмінюються своїми складовими частинами, утворюючи дві нові речовини, називаються реакціями обміну:



2. За ознакою оборотності діляться на реакції оборотні і необоротні. Оборотні це реакції, які одночасно протікають у двох взаємно-протилежних напрямках:



Необоротні це реакції, які протікають в одному напрямі, в тих випадках, коли:

а) продукти, що утворюються, йдуть із зони реакції у вигляді осаду або газу;

б) утворюються малодисоційовані речовини;

в) реакції супроводяться великим виділенням тепла.

3. За ознакою зміни ступеня окислення атомів, що входять до складу реагуючих речовин розрізняють: із зміною ступеня окислення (окислювально-відновні) і без зміни ступеня окислення.

4. За ознакою виділення або поглинання теплоти:

а) протікають з виділенням тепла – екзотермічні ($\Delta H < 0$);

б) протікають з поглинанням теплоти – ендотермічні ($\Delta H > 0$).

Кількість виділеної або поглиненої в результаті реакції теплоти називають тепловим ефектом реакції. Розділ хімії, в якому вивчаються теплові ефекти, називають термохімією, а реакції – термохімічними. Тепловий ефект прийнято позначати через ΔH і виражають в КДЖ. Його відносять до тієї кількості речовини, яка визначена рівнянням реакції. Знаки теплових ефектів вважаються позитивними у ендотермічних процесів ($\Delta H > 0$) і негативними у екзотермічних процесів (теплота виділяється) $\Delta H < 0$.

2.3. Закономірності протікання хімічних процесів

Енергетика хімічних процесів

Під час хімічних реакцій відбувається перебудова електронних структур атомів і молекул, яка супроводжується виділенням або поглинанням тепла.

Розділ хімії, в якому розглядаються теплові ефекти хімічних процесів називається термохімією. У термохімії розрізняють два типи хімічних реакцій – екзотермічні, які супроводжуються виділенням тепла і ендотермічні, які супроводжуються поглинанням тепла.

Основою термохімії є закон Гесса: тепловий ефект реакції залежить тільки від стану початкових речовин і кінцевих продуктів і не залежить від шляху переходу. Для розрахунків теплових ефектів використовують висновок із закону Гесса: тепловий ефект реакції дорівнює сумі теплот утворення продуктів реакції за вирахуванням суми теплот утворення початкових речовин.

Кінетика хімічних реакцій

Хімічна кінетика вивчає швидкість і механізм хімічних процесів, а також їхню залежність від різних чинників – природи речовин, їх концентрації, температури, каталізаторів та інших параметрів. Швидкість реакції залежить від зміни концентрації реагуючих речовин за одиницю часу. Розрізняють середню і справжню швидкість реакції. Середньою швидкістю реакції називається відношення зменшення концентрації вихідної речовини до інтервалу часу, протягом якого це зменшення відбулося. Справжня швидкість реакції у цей момент – це зміна концентрації за нескінченно малий відрізок часу.

Згідно із законом діючих мас швидкість реакції пропорційна добутку концентрації діючих мас, реагуючих речовин у степенях, що дорівнюють їх стехіометричним коефіцієнтам. Цей закон можна виразити рівнянням

$$V = K[A]^m \times [B]^n$$

Його називають кінетичним рівнянням реакції, де [A] і [B] – концентрації речовин, що реагують у цей відрізок часу, виражені в

моль/л, K – коефіцієнт пропорційності, який називають константою швидкості хімічної реакції.

Константа швидкості реакції залежить не від концентрації речовин, а від їхньої природи, температури, наявності каталізатора. Численне значення константи швидкості реакції дорівнює кількості речовини, що прореагувала за одиницю часу при концентрації вихідних речовин, що дорівнюють одиниці. Константа швидкості показує, яка кількість із загального числа молекул здатна до хімічної взаємодії.

Швидкість хімічної реакції залежить від температури, збільшуючись при її підвищенні. Ця залежність наближено виражається правилом Вант-Гоффа, при нагріванні на кожні 10°C константа збільшується у 2 – 4 рази, тобто:

$$\frac{K_{t+10}}{K_t} = \gamma = 2 - 4,$$

де γ – число, що показує, у скільки разів збільшується швидкість реакції з підвищенням температури на 10°C (температурний коефіцієнт реакції).

Хімічна рівновага

Розрізняють два типи хімічних реакцій – необоротні та оборотні. Оборотними називають такі реакції, які водночас проходять у двох протилежних напрямках. Необоротними – такі реакції, що проходять практично до кінця в одному напрямі і завершуються повним перетворенням вихідних речовин.

З часом швидкість прямої реакції зменшується, а оборотної – збільшується і в якийсь момент часу швидкості стають однаковими. Такий стан називається станом рухомої хімічної рівноваги. Цей стан характеризується константою рівноваги – K .

Для рівняння $m\text{A} + n\text{B} \leftrightarrow p\text{C} + q\text{D}$ константа рівноваги буде:

$$K = \frac{[\text{C}]^p \times [\text{D}]^q}{[\text{A}]^m \times [\text{B}]^n}.$$

Це рівняння є рівнянням хімічної рівноваги. Воно свідчить, що для оборотних хімічних реакцій, які перебувають у динамічній хімічній

рівновазі, відношення добутку концентрацій продуктів реакцій до добутку концентрацій вихідних речовин дорівнює сталій величині – константі хімічної рівноваги.

Поведінка рівноважної системи залежно від умов визначається принципом Ле Шательє: якщо на систему, що перебуває в хімічній рівновазі, подіяти ззовні, змінюючи яку-небудь з умов (концентрація, температура, тиск), то рівновага зміщується в бік тієї реакції, яка зменшує цю дію.

Окислювально-відновні процеси

Усі хімічні процеси ділять на дві групи: обмінні і окислювально-відновні (ОВП). ОВП здійснюються за рахунок перерозподілу електронної густини між атомами реагентів у разі полярних ковалентних зв'язків або повного переходу одного або декількох електронів у разі речовин з іонним зв'язком, що виявляється в зміні ступеня окислення відповідних елементів. Тому до ОВП відносять хімічні процеси, в яких змінюється ступінь окислення одного або декількох елементів.

Ступенем окислення або окислювальним числом називається умовна величина, що показує величину заряду атома елемента в сполученні за умови, що всі зв'язки сполучень іонні.

Реакції, в результаті яких змінюється ступінь окислення атомів елементів, називається окислювально-відновною реакцією (ОВР). Процес віддачі електронів називається окисленням, процес приєднання електронів – відновленням. При окисленні ступінь окислення підвищується, при відновленні – зменшується.

Речовина, що віддає електрони, називається відновником, приймаюча електрони – окислювачем. Число електронів, відданих атомами відновника, рівна числу електронів, приєднаних атомами окислювача.

Для розрахунків коефіцієнтів ОВР існують два методи: метод електронного балансу (ЕБ) і метод електронно-іонного балансу (ЕІБ). Більш правильне уявлення дає метод ЕІБ, який розглядає зміни реально існуючих у розчинах молекул і іонів.

Про окислювально-відновні властивості елементів і сполучень можна судити, керуючись періодичною системою елементів. Вищий ступінь окислення відповідає номеру групи. Нижчий ступінь окислення

для металів рівний 0, для неметалів – рівний номеру групи мінус вісім. Уся решта елементів має проміжний ступінь окиснення.

Хід ОВР залежить від характеру середовища. Кількісною характеристикою окислювально-відновних властивостей явища величина окислювально-відновного потенціалу напівреакцій. Чим вище його значення, тим активніше виявляються окислювальні властивості.

Література: [3; 5; 11].

Тема 3. Загальні характеристики розчинів. Роль розчинів і дисперсних систем у біосфері

3.1. Розчини неелектролітів

Розчином називається тверда, рідка та газоподібна система, яка складається з двох або більше компонентів, відносна кількість яких може змінюватись у широких межах. Розчин складається з розчиненої речовини і розчинника, тобто середовища, де ці речовини рівномірно розподілені у виді молекул або іонів. Розчинник – це саме той компонент, який у чистому вигляді існує у такому ж агрегатному стані, що й отриманий розчин або компонент з більшою концентрацією.

Розчинність речовини у воді та інших розчинниках є їхньою індивідуальною властивістю. Одні речовини розчиняються добре, інші гірше.

Склад розчинів речовин виражається: заданою масовою часткою, молярною, моляльною та нормальною (еквівалентною) концентрацією. Як правило, розчинність в більшості неорганічних речовин у воді при нагріванні збільшується. Кількісно розчинність виражають масою речовини, яка може розчинитись у 100 г води або іншому розчиннику. Цю величину називають коефіцієнтом розчинності. Розчин, який знаходиться у рівновазі зі збитком речовини, називається насиченим.

3.2. Розчини електролітів

Розчини можуть бути електролітами або неелектролітами. Електролітами називаються речовини, розплави або розчини яких

проводять електричний струм. Здатність речовин проводити електричний струм пояснюється тим, що молекули електролітів під тиском полярних молекул води розпадаються на іони. Цей розпад називається електролітичною дисоціацією. Електролітична дисоціація – процес оборотний, тому в розчинах електролітів разом з їх іонами присутні й молекули. Відношення числа молекул, що розпалися на іони, до загального числа взятих для розчинення молекул, називається ступенем дисоціації електролітів й визначаються літерою "а". Залежно від ступеня дисоціації електроліти діляться на сильні і слабкі. Сильними вважають ті електроліти, в яких $a > 30 \%$, слабкими – в яких $a < 3 \%$. Здатність електролітів дисоціювати на іони характеризують величиною константи рівноваги процесу, яку називають константою дисоціації. У розчинах електролітів реакції протікають не між молекулами, а між іонами. Обов'язковою умовою перебігу реакції обміну є утворення: а) малорозчинних речовин, тобто речовин, що випадають в осад; б) летких; в) слабо дисоційованих.

Вода має дуже малий ступінь дисоціації. Концентрація водневих і гідроксильних іонів у чистій воді при температурі 25°C рівна 10^{-7} г-іон/л. Негативний логарифм цих значень називається водневим показником і позначається $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$. Якщо $\text{pH} = 7$ – це нейтральний розчин, якщо $\text{pH} < 7$ – кислий розчин, $\text{pH} > 7$ – лужний розчин.

Для розчину важливим показником якості є жорсткість води, яка визначається концентрацією у воді розчинних солей. Сумарний склад солей називається загальною жорсткістю. Вона визначається сумою міліграмеквівалентів іонів кальцію і магнію, які містяться у одному літрі води. Жорсткість, яка обумовлена складом гідрокарбонатів кальцію і магнію, називається тимчасовою, а яка залишилась у воді після кип'ятіння, постійною.

Постійна жорсткість обумовлюється присутністю у воді хлоридів, нітритів, сульфатів та інших солей. Солі сприяють жорсткості води, у тому, що вони випадають в осад на поверхні труб, знижують теплопередачу, підвищують витрати теплоенергії.

Другим показником якості води є окиснюваність, яка провокує забруднення води органічними речовинами.

Гідроліз солей. Іонний добуток води.

Гідролізом солі називається обмінна взаємодія солі з водою, що приводить до утворення слабого електроліту. Гідролізу піддаються солі, утворені: а) слабою кислотою і сильною основою; б) сильною кислотою і слабою основою; в) слабою кислотою і слабою основою. Солі сильних кислот і сильних основ гідролізу не піддаються. Рівняння процесу гідролізу пишуться аналогічно іонним рівнянням. Рівняння гідролізу солей багатоосновних кислот і багатокислотних основ записується за ступенями.

Існують такі випадки гідролізу: а) сильна основа і слаба кислота, за яких розчин виявляє лужну реакцію; б) сильна кислота і слаба основа, за яких розчин виявляє кислу реакцію; в) слаба основа і слаба кислота, за яких реакція розчину залежить від константи дисоціації кислоти та основи. Гідроліз солей посилюється зі збільшенням температури і з розбавленням розчину. Кількісно процес гідролізу характеризується ступенем гідролізу h та константою гідролізу K_r . Між ними і концентрацією розчину C_m існує залежність $h = \sqrt{K \times C_m}$. Визначте рН розчинів. $pH = -\lg [H]$, використовуючи рівняння $h = [H^+]/C_{cm}$, ступінь, та константу гідролізу $K = [H^+]/C_{cm}$.

3.3. Дисперсні системи

При розчиненні кристалічних речовин вони можуть знаходитися в розчині в різному ступені роздробленості: макроскопічно видимих частинок більш 0,1 мм, мікроскопічно видимих від 0,1 до 400 нм і в молекулярному або іонному стані, невидимі в мікроскоп частинки менш 400 нм.

Дисперсні системи є гетерогенними. Вони складаються з суцільної безперервної фази – дисперсного середовища та роздроблених частинок, що знаходяться в цьому середовищі – дисперсної фази. Розчин називається істинним (гомогенним), якщо речовина знаходиться в дисперсному середовищі у вигляді молекул або іонів.

Література: [7; 13; 14].

Модуль 2. Хімічні елементи в біосфері, їх вплив на атмосферу, гідросферу, літосферу

Тема 4. Біогеохімічні цикли. Токсиканти. Стандарти якості навколишнього середовища

4.1. Кругообіг хімічних елементів. Антропогенний кругообіг сполук: кругообіг вуглецю, азоту, фосфору. Кругообіг біогенних елементів. Ресурсний цикл

В основі життя знаходиться обмін речовиною між організмом і навколишнім середовищем. Підхід до пізнання екосистем полягає в дослідженні біогеохімічних циклів (кругообігів), різні фази яких протікають всередині різних екосистем. Будь-яка екосистема як складова частина біосфери є джерелом необхідних окремому організму матеріальних ресурсів, є хімічним середовищем проживання. Від відповідності хімічного складу біосфери вимогам живих організмів залежить життєдіяльність цих організмів. На рівні екосистем і біосфери в цілому відбуваються безперервні фізико-хімічні процеси, які є біогеохімічним циклом.

Діяльність людського суспільства на цей час 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.

Сформулюємо поняття біогеохімічного циклу. Усі речовини на нашій планеті перебувають в процесі біогеохімічного кругообігу.

Висувають два основних кругообіги: великий (геологічний) і малий (біотичний). Великий кругообіг відбувається протягом сотень тисяч або мільйонів років. Він полягає в тому, що гірські породи підлягають руйнуванню, вивітрюванню, а продукти вивітрювання, в тому числі і розчинені у воді речовини, зносяться струмами води у Світовий океан. Тут вони утворюють опади, морські нашарування. Великі повільні геотектонічні зміни, опускання материків і підняття морського дна, переміщення морів та океанів протягом тривалого часу призводять до того, що накопичені на дні морів і океанів речовини знову повертаються на сушу (літосферу).

Малий кругообіг, будучи частиною великого, полягає в тому, що поживні сполуки ґрунту, 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 речовини після загибелі рослин потрапляють до розпорядження ґрунтової мікрофлори і мезофауни, а саме бактерій, грибів, хробаків, молюсків, найпростіших та інших, тобто знову залучаються до потоку речовини (та енергії).

Кругообіг хімічних елементів (або речовин) з неорганічного середовища через рослинні і тваринні організми назад у неорганічне середовище з використанням сонячної енергії або енергії хімічних реакцій називається біогеохімічним циклом.

До головних циклів належать біогеохімічні цикли вуглецю, води, азоту, фосфору, сірки, біогенних катіонів.

Кругообіг вуглецю

Біотичний кругообіг вуглецю є складовою частиною великого кругообігу у зв'язку з життєдіяльністю організмів. Вуглекислота, або CO_2 , що знаходиться в атмосфері ($23,5 \times 10^{11}$ т) або в розчиненому стані у воді, слугує сировиною для фотосинтезу рослин і переробки вуглецю в органічну речовину живих істот, тобто в процесі фотосинтезу перетворюється в цукор, потім перетворюється в протеїни, ліпіди і т. д. Ці речовини слугують вуглеводним харчуванням тварин і наземних рослин, тобто надходять у розпорядження консументів різних рівнів, а далі – редуцентів.

При диханні організмів CO_2 повертається в атмосферу. Певна частина вуглецю накопичується у вигляді мертвої органіки і переходить в копалинний стан. Коли настає смерть, то сапрофаги і біоредуценти двох типів розкладають і мінералізують трупи, утворюючи ланцюги харчування, в кінці яких вуглець нерідко надходить в круговорот у формі вуглекислоти ("ґрунтове дихання").

Тварини-сапрофаги і сапрофатичні мікроорганізми, що мешкають в ґрунті, перетворюють накопичені в ній залишки в нове утворення органічної матерії, більш-менш потужний шар коричневої або чорної маси – гумус.

Іноді через нестачу повітря або високу кислотність ланцюг буває неповним або коротким, тобто органічні залишки накопичуються у вигляді торфу, утворюючи торф'яні болота. У деяких болотах шар торфу сягає потужності 20 м і більше. Тут і призупиняється природний (біологічний) круговорот. Поклади кам'яного вугілля або торфу – продукт процесів фотосинтезу рослин минулих геологічних епох.

Однак сонячну енергію, акумульовану в викопному паливі, людина інтенсивно вивільняє при спалюванні палива, при цьому CO_2 поступає в атмосферу.

Основна маса вуглецю біосфери акумульована в карбонатних відкладах дна океану (вапняки і корали): $1,3 \times 10^{16}$ т, кристалічних породах – $1,0 \times 10^{16}$ т. У кам'яному вугіллі та нафті – $3,4 \times 10^{15}$ т. Саме цей вуглець бере участь в поважному геологічному кругообігу. Життя на Землі і газовий баланс атмосфери підтримується кількістю вуглецю, що міститься в рослинних (5×10^{11} т) і тваринних (5×10^9 т) тканинах. Проте в цей час людина інтенсивно замикає на собі кругообіг речовин, у тому числі і вуглецю.

З іншого боку, надходження діоксиду вуглецю в атмосферу в результаті спалення енергоносіїв веде до глобальних порушень в біосфері, – порушення теплового балансу. За останнє сторіччя вміст CO_2 збільшився на 10 %, причому основний приріст відбувся в останні десятиліття.

В атмосфері затримується близько половини всього "антропогенного" CO_2 , а решта поглинається Світовим океаном. Вважається, що екосистеми (наземні) асимілюють близько 12 % CO_2 , загальний час його перенесення – 8 років.

За прогнозами до середини XXI століття вміст CO_2 в атмосфері подвоїться.

Накопичення CO_2 в атмосфері в усьому світі пов'язується зараз з так званим "парниковим ефектом" (цьому сприяє також накопичення CH_4 , CFCl_2 , N_2O). Діоксид вуглецю не поглинає видиму і ближню УФ-області сонячної радіації, а з іншого боку, ІЧ-випромінювання Землі поглинається CO_2 в атмосфері, не пропускається в космос.

Затримування тепла поблизу поверхні Землі – це процес дуже важливий для підтримки життя на Землі, інакше середня температура була б на 33°C нижче існуючої. Але перспективи швидкого підвищення $t^\circ\text{C}$ Землі дуже небезпечні, оскільки призведуть до підвищення рівня Світового океану.

Кругообіг азоту

Незважаючи на найбільшу складність, цей кругообіг здійснюється швидко і безперешкодно. Повітря, що містить 78 % азоту, одночасно слугує і величезним вмістилищем і запобіжним клапаном системи. Він безперервно і в різних формах живить кругообіг азоту.

Цикл азоту полягає у такому. Його головна роль полягає в тому, що він входить до складу життєво важливих структур організму – амінокислот білка, а також нуклеїнових кислот. У живих організмах міститься приблизно 3 % всього активного фонду азоту. Рослини споживають приблизно 1 % азоту; час його кругообігу складає 100 років.

Від рослин-продуцентів азотовмісні сполуки переходять до консументів, від яких після відщеплення амінів від органічних сполук азот виділяється у вигляді аміаку або сечовини, а сечовина потім також перетворюється в аміак (внаслідок гідролізу).

Надалі в процесах окислення азоту аміаку (нітрифікації) утворюються нітрати, здатні асимілюватися корінням рослин. Частина нітритів і нітратів у процесі денітрифікації відновлюється до молекулярного азоту, що надходить в атмосферу. Всі ці хімічні перетворення можливі в результаті життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів. Ці дивовижні бактерії – фіксатори азоту – здатні використовувати енергію свого дихання для прямого засвоєння атмосферного азоту і синтезування протеїдів. Таким шляхом у ґрунт щорічно вноситься близько 25 кг азоту на 1 га.

Але найефективніші бактерії живуть в симбіозі з бобовими рослинами в клубеньках, що розвиваються на коренях рослин. У присутності молібдену, який слугує каталізатором, і особливої форми гемоглобіну (унікальний випадок у рослин) ці бактерії (*Rhizobium*) асимілюють величезні кількості азоту. Утворений (пов'язаний) азот постійно дифундує в ризосфері (частина ґрунту), коли бульбаки розпадаються. Але ще азот надходить у наземну частину рослин. Завдяки цьому бобові виключно багаті протеїнами і дуже поживні для травоядних. Річний запас таким чином накопичується в культурах конюшини та люцерни, складаючи 150 – 140 кг/га.

Крім бобових такі бактерії живуть на листі рослин (у тропіках), а також актиноміцети – на коренях вільхи, що фіксують азот. У водному середовищі – це сині водорості.

Отже, азот з різноманітних джерел надходить до коренів у вигляді нітратів, абсорбується корінням і трансформується в листя для синтезу протеїнів. Протеїни слугують основою азотного харчування тварин, а також їжею деяких бактерій. Організми, що розкладають органічну речовину після смерті, переводять азот з органічних сполук у мінеральні. Кожна група біоредукторів спеціалізується на якійсь одній ланці цього процесу. Ланцюг закінчується діяльністю аміноутворюючих організмів, що утворюють аміак (NH_3), який далі входить у цикл нітрифікації: *Nitrosomonas* окисляє його до нітритів, а *Nitrobarter* окисляє нітрити в нітрати.

З іншого боку, бактерії-денітрифікатори розкладають нітрати, звільняють N_2 , який випаровується в атмосферу. Але цей процес не дуже небезпечний, оскільки розкладає приблизно 20% загального азоту, і то лише на ґрунтах, дуже удобрених гноєм (приблизно 50 – 60 кг азоту 1 га).

Кругообіг азоту в даний час піддається сильному впливу людини. З одного боку, масове виробництво азотних добрив та їх використання призводить до надмірного накопичення нітратів. Азот, що надходить на поля у вигляді добрив, втрачається через відчуження врожаю, вилуговування і денітрифікації.

З іншого боку, при зниженні швидкості перетворення аміаку в нітрати амонійні добрива накопичуються в ґрунті. Можливо придушення діяльності мікроорганізмів у результаті забруднення ґрунту відходами промисловості. Однак ці процеси носять локальний характер. Набагато більше значення має надходження оксидів азоту в атмосферу при спалюванні палива на ТЕЦ, транспорті, заводах ("лисячий хвіст"). У промислових районах їх концентрація в повітрі стає дуже небезпечною. Під впливом випромінювання відбуваються реакції органіки (вуглеводів) з оксидами азоту з утворенням високотоксичних і канцерогенних сполук.

Кругообіг фосфору

Фосфор здійснює кругообіг у наземних екосистемах в якості важливої і необхідної складової частини цитоплазми: біоредуктори мінералізують органічні з'єднання фосфору з відмерлих організмів у фосфати, які знову споживають коріння рослин. Величезні запаси фосфору, що накопичилися за минулі геологічні епохи, містять гірські породи; в процесі руйнування ці породи віддають фосфати наземним

екосистемам, а проте значні кількості фосфатів беруть участь в круговороті води, коли відбувається їх вилуговування водою і винесення в моря й океани. Тут вони збагачують солоні води, живлять фітопланктон і пов'язані з ним харчові ланцюги. Потім разом з відмерлими залишками фосфати занурюються в океанічні глибини, частина втрачається в глибинних відкладах, частина повертається на землю за допомогою морських птахів. Повернення фосфору можливе ще й завдяки рибальству. Рибу в усьому світі використовують як добриво (рибна мука), в тому числі під посіви рису. Вважають, що кожен рік таким чином повертається в круговорот 60 тис. т. фосфору, що далеко не компенсує витрати тих 2 млн т. фосфатів, які щорічно видобувається з покладів і швидко вилуговується при використанні в якості добрив. Фосфор – це слабка ланка в життєвому ланцюзі, що забезпечує існування людини.

Кругообіг біогенних елементів

Відомо, що вуглець, азот, водень, кисень, фосфор, сірка формують живі організми. Однак ці організми не зможуть жити без достатньої кількості багатьох інших елементів – катіонів металів.

Серед них калій, кальцій, магній (іноді натрій) відносяться до групи макроелементів, оскільки вони необхідні у великій кількості, однак такі елементи, як залізо, бор, цинк, мідь, марганець, молібден, кобальт, аніон хлору, відносяться до мікроелементів і вони потрібні лише в малій кількості (вираженій у мільйонних частках сухої речовини).

На суші головним джерелом біогенних елементів (катіонів) слугує ґрунт, який отримує їх у процесі руйнування материнських порід. Катіони абсорбуються корінням, розподіляються різними органами рослин, накопичуються в листі, тобто входять у корм рослиноїдних споживачів подальших порядків у ланцюзі харчування.

Мінералізація загиблих організмів повертає біогенні катіони в ґрунт, створюється враження, що цикл здатний продовжуватися безперервно. Однак ґрунт вилуговується дощами, дощові води переносять катіони в систему підземного стоку, а також і в поверхневий стік: у річки, моря, іноді в значних кількостях.

Вилуговування – автокаталітичний процес: чим більше воно прогресує, тим більше деградують ґрунтові колоїди. Становище стає особливо важким у тропічних місцевостях: зливові дощі, низька

абсорбованість ґрунтового комплексу (мала кількість гумусу), виснаження ґрунтів монокультурами цукрового палиціника, кави, какао, кукурудзи, арахісу.

Коли вирубуються або випалюються ліси під сільське господарство, які мінералізуються таким шляхом, то запас біогенних речовин швидко вилугується дощами і ґрунт втрачає свою родючість. Якщо на ньому тимчасово припинити посіви, то він знову може дати життя лісу, але вже вторинному, з менш ціною біомасою, ніж у первісного. Після повторення подібних операцій ґрунт буде покриватися все більш і більш убогою рослинністю зі зменшеною біомасою. Спочатку утворюється савана, потім степ, а потім – пустеля. Значить, коловорот мінеральних катіонів супроводжує цикли вуглецю та азоту. У помірних широтах наслідки вилугування не так помітні, але в результаті вирубок (суцільних під корінь), при корчуванні пнів і зняття дерну руйнується гумус – ресурс поживних речовин. Отже, порушується кругообіг, його повнота: перехід до пустки або луку з мізерною рослинністю і меншим запасом біомаси.

Виснаження ґрунту можливе не тільки внаслідок зняття рослинного покриву, а й через сільськогосподарські культури. Є такі культури, як буряк, картопля, олійні культури, що забирають щорічно від 300 до 700 кг мінеральних речовин на 1 га.

Антропогенний кругообіг речовини. Ресурсний цикл

Людина інтенсивно трансформує процеси кругообігу всіх хімічних елементів не тільки на локальному, а й біосферному рівні. Людство – це частина біосфери (з його виробництвом).

Принципових відмінностей в утилізації природних ресурсів між людиною та іншими організмами немає з точки зору екології: відмінності полягають лише в масштабах. Той факт, що людина навчилася утилізувати природні ресурси, утворюючи для цього спеціальні засоби, справи не міняє. Наскільки б не були масштабними процеси антропогенної трансформації речовини, вони здійснюються в рамках глобальних біогеохімічних циклів. Людина не в силах радикально змінити ці цикли. Найбільше, що він може, – це змінити баланс речовини на визначальних етапах глобальних циклів або на певних територіях.

Людина знаходить і видобуває природні ресурси, перевозить їх до місць переробки, виробляє з них енергію, яку-небудь продукцію і

предмети, які в підсумку надходять у користування у вигляді засобів виробництва або виробів, споруд тощо. Тобто людина втягує природні ресурси (речовини) в ресурсний цикл.

Під ресурсним циклом розуміють сукупність перетворень і переміщень певної речовини або груп речовин на всіх етапах використання його людиною (виявлення, вилучення з природного середовища, переробку, використання, повернення в природу). Але якщо природні цикли речовин замкнуті, то ресурсний цикл як кругообіг практично не замкнутий, тобто використані речовини не повертаються в місця їх вилучення.

На кожному етапі ресурсного циклу неминучі втрати. При видобутку частина сировини залишається в місцях залягання, а у відвали йде так звана "порожня порода", на витяг якої витрачається енергія. Значна частка добутих копалин втрачається при транспортуванні до заводів і фабрик, при перевантаженні, переробці. Якщо ресурс використовується як паливо, то при його згорянні утворюються шлаки, що йдуть у відвали, оксиди, що летять в атмосферу і т. д.

Якщо ж нафта і вугілля переробляються промисловістю, то неминуче утворення побічних твердих, рідких, газоподібних продуктів як технологічних відходів, які формують так звані хвостові викиди, які завдають шкоди екосистемі, порушують якість середовища, що негативно впливають на здоров'я людей.

Таким чином, виходить парадоксальна ситуація: забруднення середовища дають природні ресурси. На їх видобуток, перевезення витрачаються величезні кошти, енергія, час, але вони ж у кінцевому рахунку погіршують якість навколишнього середовища. Але при видобутку корисних копалин та переробці сировини утворюється велика кількість відходів. Велика кількість відходів утворюється і при збагаченні фосфатної сировини.

При збагаченні мідних руд у відходи йде флотаційний сірчаний колчедан. Він використовується для виробництва сірчаної кислоти. Однак при випалюванні сірчаного колчедану утворюється колчеданних недогарок (* 0,73-0,75 т на 1 т піриту). Щорічно його скупчується більше 5 млн тонн. Недогарок використовується далеко не повністю, хоча містить в основному залізо, а також кольорові та дорогоцінні метали. Просочуючись через відвали, поверхневі води в результаті вилуговування сульфідів збільшують свою кислотність і збагачуються залізом,

міддю, нікелем, кальцієм, сульфатами та іншими речовинами. Ці води забруднюють річки, водойми та підземні води.

Висока концентрація важких металів може виявитися токсичною для рослин, пригнічуючи їх ріст.

Теплові електростанції дають десятки мільйонів тонн пилоподібної золи і кускових шлаків на рік. Відвали великої теплової електростанції займають сотні гектарів цінних земель, але ці відходи є сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Зола може бути сировиною для добування ряду металів: заліза, алюмінію. Золу можна використовувати у виробництві наповнювачів бетону, силікатної цегли, шлакометалів та ін.

Так, якщо вирубується деревостан, то вся екосистема може припинити своє існування просто тому, що вилучається і відчужується основна маса запасеної енергії і речовини, яка повинна була передаватися на наступні трофічні рівні. На місці знищеної екосистеми може виникнути нова, але значно менш продуктивна. Таким чином, розсіювання речовини та енергії різко випереджає її відновлення, і природний круговорот припиняється. Щоб не допустити цього, людина змушена брати на себе відновлення екосистеми: висівання насіння, внесення органо-мінеральних добрив, забезпечення рослин водою і тощо.

4.2. Токсиканти навколишнього середовища: неорганічні токсиканти, діоксини і споріднені з ним з'єднання. Джерела діоксану

Хімічне забруднення є наростаючою загрозою середовищу існування.

Охорона природи від навислої над нею хімічної небезпеки стала глобальною проблемою. Вона пов'язана з продуктивними силами суспільства: з розвитком промислового і сільськогосподарського виробництва, енергетики, транспорту, видобутком корисних копалин. Усе це веде до вступу в повітря, воду, ґрунт сотень тисяч токсичних сполук, проникненню їх в організм рослин, тварин і людини. Повсюдне застосування різних хімічних речовин у побуті, у сфері наукових досліджень також сприяє наростанню хіміко-екологічної небезпеки. У продажі зараз близько 40 000 різних хімікатів і щорічно до них додається сотня інших.

Масштаби техногенного хімічного забруднення природного середовища не піддаються точній оцінці, однак наведені в літературі дані свідчать про дорогу ціну, яку доводиться платити людині за успіхи,

досягнуті в ході науково-технічного прогресу. Так, за один рік на Землі спалюється 7 мільярдів тонн умовного палива та виплавляється більше 800 мільйонів тонн різних металів, що супроводжується виділенням у навколишнє середовище сотень мільйонів тонн шкідливих речовин. Так, в біосферу вже з середини сімдесятих років щорічно надходило 600 000 000 тонн токсичних газоподібних речовин, у тому числі оксиду вуглецю (II) – 200 000 000 тонн, сірчаного газу – 150 000 000 тонн, кілька мільярдів тонн різних аерозолів, 5 500 мільярдів кубічних метрів стічних вод.

У даний час під токсикантами навколишнього середовища розуміють такі шкідливі речовини, які поширюються в навколишньому середовищі далеко за межі свого первісного місцезнаходження та надають прихований шкідливий вплив на тварин, рослини і згодом на людину.

Справжні токсиканти – це ті отруйні речовини, які сама людина необачно включає в кругообіг природи. Основне ядро токсикантів навколишнього середовища складають пестициди: це збірна назва охоплює всі засоби боротьби з шкідливими організмами.

Поняття "біоцид" часто поширюється на ті біологічно активні речовини, які потрапляють з промислових стічних вод у біологічний кругообіг речовин. Наприклад, HCN – синильна кислота є інсектицидом, а тому також і біоцидом, але вона швидко випаровується і не може бути включена в розряд токсикантів навколишнього середовища.

Неорганічні токсиканти

Проблема деградації навколишнього середовища значною мірою пов'язана з негативним впливом неорганічних речовин, серед яких найбільшу екологічну небезпеку створюють метали та їх сполуки, а також діоксид сірки і оксиди азоту.

Потрапивши в живу клітину, з'єднання металу спочатку здійснює деяку найпростішу хімічну реакцію, за якою потім слідує каскадний відгук все більш складних взаємодій біологічних молекул і ансамблів.

Цілий ряд металів включений в різні процеси метаболізму. Ці метали є життєво важливими для живих організмів. Так, наприклад, залізо і мідь – переносники кисню в організмі, натрій і калій регулюють клітинний осмотичний тиск, магній і кальцій (і деякі інші метали) активізують ензими – біологічні каталізатори.

Багато металів у вигляді конкретних сполук знайшли застосування в медицині в якості лікарських та діагностичних засобів. Інші ж виявилися

вкрай небажаними для живих організмів і невеликі надлишкові дози їх надають фатальний вплив.

Активність металів як отрут значною мірою залежить від форми, в якій вони потрапляють в організм. Так, відомий всім миш'як отруйний в трьохвалентному стані практично не отруйний в п'ятивалентному стані. Денна потреба цинку становить 10 – 15 мг, але більші дози вже негативно позначаються на організмі. Однак іон Zn^{2+} добре комплексує з фосфатними групами, відщеплюється від нуклеїнових кислот та ліпідів. У результаті іон Zn^{2+} переходить в малоотруйну форму і легко виводиться з організму.

Барій – небажаний метал для живої клітини, але сульфат барію практично не розчиняється у воді і виводиться з організму без будь-якого впливу, що дозволило застосовувати його при рентгенівських дослідженнях шлунково-кишкового тракту.

Ртуть не надає негативної дії на організм у вигляді одновалентних з'єднань. Так, каломель майже неотруйна, але двовалентний іон Hg^{2+} , як і пари ртуті, надає токсичну дію.

Біологічна активність металів пов'язана з їх здатністю пошкоджувати клітинні мембрани, підвищувати проникність бар'єрів, зв'язуватися з білками, блокувати багато ферментні системи, що призводить до ушкоджень організму.

Усі метали за ступенем токсичності можна розділити на три групи:

1) високотоксичні метали – ртуть, уран, індій, кадмій, мідь, талій, миш'як, золото, ванадій, платина, берилій, срібло, цинк, нікель, вісмут;

2) помірно токсичні метали – марганець, хром, паладій, свинець, осмій, барій, іридій, олово, кобальт, галій, молібден, скандій, сурма, рутеній, родій, лантан, лантаноїди;

3) малотоксичні метали – алюміній, залізо, германій, кальцій, магній, стронцій, цезій, рубідій, літій, титан, натрій.

Метали розташовані в кожному ряду у напрямку зниження їх токсичності. Якщо токсичність іонів Na^+ прийняти за одиницю, то токсичність іону ртуті буде майже в 2 300 разів вище.

Ртуть як біоцид.

Небезпечні сполуки ртуті виявляються у всіх трьох середовищах проживання живих організмів. Самі живі організми сприяють ефективному транспорту цього отруйного елемента з одного середовища в інше.

Яким би шляхом ртуть не потрапила у воду, мікроорганізми метилірують її і при цьому завжди утворюється метилртуть CH_3Hg^+ або $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ – диметилртуть. З'ясувалося, що її небезпека вражаюча. $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ – жиророзчинна речовина, здатна потрапляти в організм людини не тільки через стравохід, а й через дихальні шляхи і просто через шкіру, проникаючи через стінки клітин. Час життя цього з'єднання в живій клітині становить близько 70 днів, у зв'язку з чим відбувається тривалий токсичний вплив.

Ще одним джерелом органічних похідних ртуті є виробництва інших металоорганічних сполук, з яких у результаті реакцій пере алкілування – виходить метилртуть:

У людини ртуть накопичується у волоссі. Це є індикатором. Якщо вміст ртуті в окупі 0,8 мг/кг маси, то у щуки вже 1,6 мг/кг. Після вживання такої щуки в їжу людиною, у волоссі вміст ртуті може становити 50 мг/кг. Якщо ж затримання ртуті у волоссі до 300 мг/кг маси, то це є смертельно небезпечним. Вплив ртуті на організм людини викликає ураження головного мозку, обмеження на полі зору аж до повної сліпоти. Встановлено також вплив на спадковість: метилртуть викликає аномальні мітози (К-мітози), поломки хромосом у 1 000 разів сильніше, ніж при дії такої отрути, як колхіцин.

Свинець як токсикант навколишнього середовища

Свинець відноситься до найбільш відомих отрут. За даними Інституту охорони повітряного середовища накопичення свинцю в організмі викликає погіршення розумових здібностей у населення. Методом атомно-адсорбційної спектроскопії досліджувався вміст свинцю в молочних різцях у дітей. Одночасно відстежувався їх розумовий розвиток за допомогою тестів. У всіх випадках діти з високим вмістом свинцю в зубах гірше справлялися із завданнями. Таким чином, навіть малі дози свинцю в організмі негативно впливають на увагу і центри, що регулюють мовні навички. Подібно до інших важких металів, свинець включається в різні клітинні ферменти, які потім втрачають свої функції в організмі. Свинець (як ртуть і кадмій) негативно впливає на реакцію паличок сітківки, що викликає погіршення сумеречного зору і дуже небезпечно для водіїв автотранспорту. Субклінічні отруєння свинцю проявляються неспецифічними симптомами: спочатку підвищена

активність і безсоння, потім – стомлюваність, депресії і запори. Більш пізніми симптоми є розлади функцій нервової системи й ураження головного мозку. Деякі вчені схильні пояснити свинцевим отруєнням агресивність і злочинність, які характерні для сучасного світу.

Близько 2/3 всього поглиненого свинцю людина отримує, споживаючи рослинні продукти, а саме листові і стеблові. Свинець, що поглинається листовими овочами, на 95 % акумулює його з повітря, і лише на 5 % – з ґрунту. Тому з точки зору безпеки прибирання опалого листя корисне, хоча й виводить азот з кругообігу речовин.

Свинець може потрапляти в організм людини і при вживанні в їжу м'яса промислових безхребетних, риби та ссавців.

Кадмій як токсикант навколишнього середовища

Важкий метал кадмій є одним з найбільш небезпечних токсикантів (токсичнішим за свинець). У природному середовищі кадмій зустрічається лише в дуже малих кількостях, тому його отруйну дію виявлено лише недавно. Він міститься в мазуті та дизельному паливі, в сплавах (як присадки), в гальванічних покриттях, у кадмієвих пігментах, в пластмасах (як стабілізатор), електричних батарейках тощо. У результаті спалювання відходів пластмас і промислових виробництв кадмій потрапляє в повітря. А в усьому світі в навколишнє середовище щорічно викидається близько 5 000 тонн цього металу.

Кадмій небезпечний у будь-якій формі. Доза в 30 – 40 мг є смертельною. Навіть пиття лимонаду з посудини, що містить кадмій в емалі, є небезпечним. Виводиться з організму дуже погано, лише 0,1 % на добу. Ранніми симптомами отруєння кадмієм є ураження нирок та нервової системи, білок у сечі, порушення функції статевих органів (вплив на насінники), гострі кісткові болі в спині і ногах. Крім того, кадмій викликає порушення функції легенів і має канцерогенну дію, накопичується в нирках (вміст 0,2 мг Cd на 1 г маси нирок викликає важке отруєння).

Причиною потрапляння кадмію в харчові ланцюги є промислові газоутворювальні викиди. Людина отримує кадмій в основному з рослинною їжею, оскільки він легко засвоюється рослинами з ґрунту (до 70 %). Дуже велику небезпеку в цьому відношенні становлять гриби. Джерела забруднення кадмієм:

- спалювання кам'яного вугілля (1 тонна вугілля містить 2 г кадмію);
- фосфатні добрива;

- відходи виробництва пластмас;
- нирки тварин.

Зміст кадмію в нирках тварин накопичується з віком. З підвищенням дози добрив підвищується вміст кадмію в ґрунті, а потім і в рослинах, якими харчуються тварини.

Діоксини й споріднені з ними з'єднання

Ксенобіотики – чужорідні живому організму речовини. Діоксини – поліхлоровані сполуки, що містять ароматичні ядра, – є супертоксикантами.

У цей час у результаті господарської діяльності людини в біосфері циркулює велика кількість різних чужорідних для людини сполук, або ксенобіотиків, багато з яких мають виключно високу токсичність.

З органічних сполук – забруднювачів виділені "пріоритетні", які становлять найбільшу небезпеку для людини зараз і в майбутньому. Це перш за все поліхлоровані діоксини, дібензофурани та інші родинні хлороотримані органічні сполуки. За високу токсичність їх відносять до особливого класу забруднюючих речовин – до екотоксикантів або супертоксикантів. Діоксини присутні в природному середовищі вже кілька десятиліть, а саме з часу початку виробництва хлорорганічних сполук. Вони мають широкий спектр біологічної дії на людину і тварин.

У малих дозах діоксини викликають мутагенний ефект, відрізняються кумулятивною здатністю, інгібіруючою та індуючою дією щодо деяких ферментів живого організму, викликають у людини підвищення алергічної чутливості до різних ксенобіотиків. Їх небезпека дуже велика навіть у порівняно з тисячами інших токсичних домішок. Комплексний характер дії цієї групи сполук призводить до придушення імунітету, ураження органів і виснаження організму. У природному середовищі ці суперекотоксиканти досить стійкі і можуть тривалий час перебувати в ній без змін. Для них, по суті, відсутня межа токсичності (явище так званої свержкумуляції), а поняття гранично допустимої концентрації (ГДК) втрачає сенс.

Організм людини піддається дії діоксинів через повітря (аерозолі), воду, а також харчові продукти. Вони можуть накопичуватися в жирах (у ході їх технологічної переробки) і не руйнуються при кулінарній (тепловій) обробці, зберігаючи свої токсичні властивості.

Діоксини почали знаходити у вихлопних газах автомобільного транспорту, продуктах спалювання сміття, у грудному молоці жінок у викидах целюлозно-паперової промисловості. Можна стверджувати, що діоксини і споріднені їм за структурою сполуки безперервно генеруються людською цивілізацією і надходять в біосферу.

Фізико-хімічні властивості діоксинів.

Дибензо-*p*-діоксини відносяться до гетероциклічних поліхлорованих сполук, у структурі яких присутні два ароматичних кільця, пов'язаних між собою двома кисневими містками.

Ці сполуки є безбарвними кристалічними речовинами, температура плавлення яких залежить від числа атомів хлору в їх структурі. Вони добре розчиняються в органічних розчинниках і практично нерозчинні у воді, причому зі збільшенням атомів хлору розчинність падає. Усі з'єднання (3) – (5) характеризуються високою хімічною стійкістю. Поряд з високою ліпофільністю, тобто здатністю розчинятися в органічних розчинниках і утримуватися жировими і жироподібними тканинами, діоксини мають високу адгезію до ґрунту, золи, донних відкладень. Діоксини ніби концентруються на цих частках, переходячи з водного середовища у суспензії, потім у мікроорганізми. Цьому допомагає і ефект висолювання, якщо у водному середовищі присутні неорганічні солі.

Деякі з діоксинів близькі до отруйних речовин типу зарину, замана і табуна. Проте їх небезпека полягає не в отруйності як такої, а в здатності викликати аномалії в роботі генетичного апарату організму. При цьому розрізняють первинні та вторинні ефекти впливу на організм.

Потрапляючи в організм, діоксини виступають як індуктори тривалих помилкових біовідповідей, сприяючи нагромадженню ряду біокаталізаторів – гемопротейдів у кількості, небезпечній для функціонування клітини і всього організму. У результаті страждають регуляторні механізми адаптації до зовнішнього середовища. Тому навіть слабе ураження діоксинами, що виявляється в постійній дискомфортності організму, високій стомлюваності, зниженій фізичній та розумовій працездатності, у підвищенні чутливості до біологічних інфекцій.

Вторинні ефекти діоксинів пов'язані з тим, що біокаталізатори – гемопротейди в комплексі з діоксинами включають механізм витрачання енергетичних ресурсів клітини на перетворення O_2 , H_2O_2 , OH^- , що

призводить до біодеградації гормонів, вітамінів, ліпідів, руйнування біомембран. Особливо чутливі до подібних впливів імунні клітини. Вторинні ефекти посилюють первинні, що призводить до зниження імунітету і в кінцевому підсумку викликає так звані екологічні захворювання людини і тварин.

Орієнтовна доза допустимого надходження діоксинів в організм людини в нашій країні становить 10 нг/кг (10^{-8} г/кг). В основному діоксини надходять в організм людини з харчовими продуктами, перш за все з м'ясом і молоком, а також з головним джерелом – тваринними жирами. До структурно споріднених діоксинів з'єднань, що є токсикантами навколишнього середовища, відносяться хлорорганічні пестициди, в структурі яких присутні ароматичні ядра: ДДТ, гексахлорциклогексан та ін. Вони також мають високу стійкість у навколишньому середовищі. Так, період напіврозпаду ДДТ дорівнює від 15 до 20 років.

Для ссавців, як і для птахів, хлорорганічні пестициди небезпечні тим, що впливають на репродуктивну функцію, а особливо на стадії розвитку ембріонів. При високій стійкості у навколишньому середовищі і широкому поширенні дії цього типу пестицидів багато в чому аналогічні впливу діоксинів і дибензофуранів. Контакт з цими пестицидами може викликати загибель тварин або патологію внутрішніх органів. Створено досить жорсткі нормативи з утримання пестицидів у природних об'єктах, особливо в прісних водоймах, бо накопичення пестицидів у рибі є джерелом їх проникнення в організм людини. Саме рибу пропонують вважати індикатором, свого роду біологічною мішенню для оцінки ступеня забруднення водних екосистем.

Джерела діоксинів (поліхлорованих органічних сполук).

1. Максимальний внесок роблять підприємства промислового хлорорганічного синтезу тих органічних сполук, які містять бензольні ядра.

2. Каталітична переробка і спалювання відходів цих виробництв, спалювання автомобільних шин, покришок.

3. При електролізі розчинів неорганічних хлоридів на графітових електродах можливе утворення деякої кількості діоксинів.

4. Помітний внесок у діоксиновий фон вносить целюлозно-паперове виробництво. У ході використання хлору в процесі відбілювання паперу можливе утворення хлорованих фенолів – попередників діоксинів. Папір, упаковка і вироби з неї (серветки, дитячі пелюшки, носові хустки) є ще

одним джерелом діоксинів у побуті, хоча і на надзвичайно низькому рівні їх утримання (* 10 – 12 г/кг). Зараз з'явилися нові технології виготовлення паперу без використання хлору. На виробках з такого паперу робиться відповідна позначка: "chlorine free".

5. Джерелом діоксинів можуть бути: палаюче звалище побутових відходів, які містять вироби з полівінілхлориду: лісові пожежі, якщо вони виникли після обробки лісу пестицидами.

4.3. Стандарти якості навколишнього середовища

Стандарти якості навколишнього середовища – це сукупність єдиних вимог до стану природних і промислових об'єктів. У них передбачені заходи, які забезпечують оптимальний стан навколишнього середовища, його якість, які складаються з технічних, економічних, організаційних норм, що визначають якісні параметри навколишнього середовища.

У якості критеріїв оцінки стану навколишнього середовища слугують показники природного непорушеного стану природних комплексів або фонові параметри середовища. Нормативні показники, що характеризують міру можливого впливу на природу, встановлюють на основі спеціальних досліджень або в результаті експертних оцінок. Виключити потрапляння шкідливих речовин у навколишнє середовище в силу економічних і технологічних причин неможливо, тому доводиться вводити норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин. Усі існуючі норми ГДК є компромісом між допустимим і реально існуючим рівнем забруднення атмосфери, гідросфери та літосфери. Нормативні показники, що використовуються для моніторингу, поділяються на дві основні групи: санітарно-гігієнічні та екологічні.

Санітарно-гігієнічні показники встановлюються, виходячи з вимог екологічної безпеки населення, але вони не враховують реакції інших організмів на забруднення. Тому для оцінки стану природного середовища використовують також екологічні критерії, які розглядаються як міра антропогенного впливу на екосистеми і ландшафти. До них належать індикатори стану повітря, вод, ґрунтів і біогеоценотичного покриву в цілому, а також важливе місце займають біоіндикатори.

Нормування атмосферних забруднень

Згідно з ГОСТом 17.2.1.04-77, забрудненням атмосфери називається зміна складу атмосфери в результаті наявності в ній домішок. Забруднення, обумовлене діяльністю людини, називається антропогенним забрудненням. Під домішкою той же ГОСТ розуміє розсіяне в атмосфері речовина, яка не міститься в її постійному складі. Таким чином, до домішок можуть ставитися не тільки токсичні, але і нетоксичні речовини.

Для кожної речовини, забруднюючої атмосферне повітря, встановлені два нормативи:

1) максимальна разова гранично допустима концентрація за 20 хвилин вимірювання (осереднення) – ПДК м.р., мг/м³;

2) середньодобова гранично допустима концентрація, усереднена за тривалий проміжок часу (аж до року) – ПДК с. мг/м³.

ГДК шкідливої речовини в атмосфері – це максимальна концентрація, віднесена до певного періоду усереднення (20 – 30 хвилин, 24 години, місяць, рік), яка не надає ні прямого, ні непрямого шкідливого впливу на людину і санітарно-гігієнічні умови життя.

При дії на організм одночасно декількох шкідливих речовин, які володіють сумарною дією, сума відносин фактичних концентрацій кожної речовини ($C_1, C_2, \dots C_n$) в повітрі і його гранично допустимої концентрації (ПДК₁, ПДК₂, ... ПДК_n) не повинна перевищувати одиницю: $C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n = 1$.

Гігієнічне нормування стикається з суттєвими труднощами організаційного, технічного і фізіологічного характеру. Екологічна ніша людини незмінна, тому умова – концентрація забруднюючої речовини повинна бути менше або дорівнювати ГДК – цього повинна дотримуватися в будь-яких місцях перебування людини. Це означає, що для кожної шкідливої речовини встановлюється декілька максимальних разових гранично допустимих концентрацій в повітряному середовищі.

Поряд з гранично допустимими концентраціями існують тимчасово допустимі концентрації (ТДК), інакше звані орієнтовно безпечними рівнями впливу (ОБРВ). Гранично допустимі концентрації встановлюються на основі експериментів з піддослідними тваринами, що вимагає досить довгого часу. На першому етапі встановлення ГДК визначаються основні токсикометричні характеристики досліджуваних речовин, і фактично встановлені в результаті експериментів нормативи вважаються

тимчасово допустимими концентраціями. На другому етапі ці дослідження тривають і носять перевірочний характер, а на третьому – здійснюються клініко-статистичні дослідження працюючих протягом трьох років для перевірки правильності отриманих в експериментах на тваринах значень. Тільки після другого етапу отримані нормативи можуть бути затверджені як ГДК.

Для регулювання якості навколишнього середовища введений і строго контролюється гранично допустимий викид (ГДВ), який є науково обґрунтованою технічною нормою викиду шкідливих речовин з промислових джерел в атмосферу, яка визначається на основі різних параметрів джерел, властивостей речовин, які викидаються і атмосферних умов.

Нормування забруднюючих речовин у водних об'єктах

В Україні за основу прийняті "природні" нормативи якості води, тобто базуються на біологічній оцінці ступеня шкідливості нормованих речовин як при розробці санітарно-гігієнічних норм, так і рибогосподарських нормативів. В останні роки з'явилися біологічні нормативи "criteria", але вони не є обов'язковими. Технічні нормативи визначаються можливостями існуючих методів оцінки стічних вод, і вони більш практичні. Біологічні нормативи, в свою чергу, дають можливість оцінювати реальний стан водних екосистем і застосовувати більш ефективні методи ліквідації забруднень.

Забрудненням водойм називається будь-яка негативна дія (порушення або погіршення умов водокористування), викликане надходженням або появою в водоймі речовин, пов'язаних прямо чи опосередковано з діяльністю людини. Розрізняють три види забруднень:

1) первинне забруднення – викликане надходженням забруднюючих речовин і процесами безпосереднього їх перетворення. У циклі первинного забруднення можуть з'являтися вторинні і послідовні за ними забруднюючі речовини;

2) вторинне забруднення розвивається як наслідок первинного забруднення і є новим циклом забруднення;

3) повторне забруднення викликане повторним винесенням забруднюючих речовин внаслідок первинного забруднення. Наприклад, винесення осілих на дно або вмерзлих у лід нафтопродуктів під час паводку або танення льоду.

Джерела забруднення водних об'єктів можуть бути організованими з локалізованим місцезнаходженням і пристроями для скидання, а саме з господарсько-побутовими стіками, промисловими стічними водами; неорганізованими, що не мають локалізованого місця скидання і пристроїв та пристосувань для скидання, а саме лісосплаву, змиви добрив з полів, замети пестицидів при авіаобробці; напіворганізування, що мають одне з двох перерахованих умов (бурові вишки, змиви з територій складів, підприємств транспорту та ін.).

За часом дії забруднення водойм може бути постійним, тобто яке поступає протягом всієї вегетаційної частини року, періодичним, коли водоймище не встигає відновлювати свої властивості в проміжках між надходженням забруднюючих речовин і разовим, коли водоймище встигає відновлюватися.

Інтенсивність прямої дії забруднюючих речовин оцінюється такими параметрами:

- гостролетальними концентраціями, що викликають загибель живих організмів протягом декількох годин до 10 діб;
- хронічними летальними концентраціями, що викликають загибель живих організмів у більш тривалі строки;
- сублетальними концентраціями (пригнічують), що порушують основні життєві функції – зростання, розмноження, обмін речовин;
- стимулюючими концентраціями;
- нечинними концентраціями.

Характер впливу забруднюючих речовин на водойми і водні організми поділяється на три основні групи, які прийнято називати лімітуючими показниками шкідливості (ЛПШ).

1. Загальносанітарні ЛПШ. Включають в себе зміну складу водойм, зниження концентрації розчиненого кисню, зміна солоності і температури середовища, механічне забруднення твердими і рідкими речовинами.

2. Токсикологічні ЛПШ. Відображають пряму токсичну дію речовин на водні організми.

3. Господарські (рибогосподарські) ЛПШ. Показують зіпсування товарної якості промислових водних організмів.

Існує дві групи нормативів для забруднюючих речовин, що надходять у водне середовище.

1. Нормативи надходження забруднюючих речовин, при яких зберігаються даними нормативом властивості водойм та їх населення, які охороняються, – гранично допустиме скидання (ГДС).

2. Нормативи утримання, за яких властивості водойми, які охороняються, не порушуються, – гранично допустима концентрація (ГДК).

ГДК встановлюється за найменшою пороговою концентрацією з урахуванням таких сторін дії: стабільності шкідливих речовин у воді, впливу їх на санітарний режим (здатність до самоочищення) водойм, впливу на органолептичні властивості води, вплив на здоров'я населення, що використовує воду. Зазначені показники належать до гранично допустимих коефіцієнтів викиду (ГДКВ) і вважаються санітарно-гігієнічними. Існує ще один вид ГДК, що відображає не тільки санітарно-гігієнічні вимоги до якості води, а й екологічні – ГДК_{Р.В.} (рибогосподарських водоймів).

Рибогосподарська ГДК – це така максимальна концентрація забруднюючої речовини, при постійній наявності якої у водоймі, не спостерігається негативних наслідків для рибогосподарського використання водойми. Слід урахувати, що забруднюючі речовини у водоймах не завжди постійно присутні. У цьому випадку використовують значення гранично допустимих разових концентрацій (ГДРК). Це така максимальна створена спочатку у водоймі концентрація речовини, яка туди потрапляє одноразово і шкідливі продукти її розпаду не викликають негативних наслідків для рибогосподарського використання водойми.

Рибогосподарське нормування включає в себе такі аспекти – оцінку впливу речовини на гідрохімічний режим водойми, тобто концентрацію розчиненого у воді кисню, окислюваність за Кубелем, БСК₅, зміну змісту трьох форм азоту – іонів амонію, нітритів і нітратів, на кормову базу риб (водорості, зоопланктон і бентос), на мікроорганізми, на ріст і розвиток риби (ікру, молодняк та дорослих особин), її товарні якості, а також оцінку швидкості руйнування забруднюючих речовин.

За ступенем небезпеки забруднюючих речовин для ГДК_{Р.В.} поділяються на:

- 1) особливо небезпечні (ГДК зі вмістом забруднюючих речовин менше 0,0001 мг/л), що передбачають відсутність шкідливої речовини у воді;
- 2) небезпечні (токсичні, але стабільні), лімітуючі за ГДК;
- 3) токсичні (стабільні і не накопичуються);
- 4) екологічні, лімітуючі за загальносанітарною ЛПШ.

Другим нормованим показником, який використовується для охорони водного середовища від забруднень, є гранично допустимим скидом (ГДС). Відповідно до ГОСТу, під гранично допустимим скидом речовин у водний об'єкт розуміється маса речовин у стічних водах, максимально допустима до відведення з установленим режимом у цьому пункті водного об'єкта в одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті.

ГДС встановлюється з урахуванням ГДК речовин у місцях водокористування, асимілюючої здатності водного об'єкта і оптимального розподілу маси скиданих речовин між водокористувачами, що скидають стічні води. При скиданні речовин з однаковими ГДК ГДС встановлюється так, щоб з урахуванням домішок, що надійшли до водойми або водостоку від розташованих вище випусків, сума відношення концентрацій кожної речовини у водному об'єкті до відповідних ГДК не перевищувала одиниці.

Проекти ГДС розробляються і затверджуються для підприємств і організацій, що мають або проектують самостійні випуски стічних вод у водні об'єкти, насамперед у зонах підвищеного забруднення з метою дотримання ГДК у контрольних резервуарах водокористування. Затверджуються проекти ГДС органами природокористування, комітетом охорони природи. Величини ГДС дійсні тільки на встановлений період, після чого підлягають перегляду.

Нормування вмісту шкідливих речовин у ґрунті

Контроль за санітарним станом ґрунту включає проведення санітарно-фізико-хімічних, санітарно-ентомологічних, санітарно-гельмінтологічних, санітарно-бактеріологічних і вірусологічних досліджень.

Санітарно-гігієнічне нормування враховує чотири показники:

- транслокаційний, тобто перехід забруднюючих речовин із ґрунту в рослини через кореневу систему;
- міграційний водний;
- міграційний повітряний;
- загальносанітарний, тобто вплив забруднюючої речовини на здатність ґрунту до самоочищення та його біологічну активність.

Забрудненість ґрунту органічними речовинами, а зокрема відходами виробництв хімічних продуктів з вуглеводнів нафти і газу,

оцінюють за комплексним показником "санітарне число", який є відношенням кількостей ґрунтового білкового та органічного азоту:

Характеристика ґрунту	Санітарне число
Чистий	– 0,98 – 1,00
Слабко забруднений	– 0,85 – 0,98
Забруднений	– 0,70 – 0,80
Сильно забруднений	– Менше 0,70

Нормування вмісту шкідливих речовин у ґрунті передбачає встановлення таких концентрацій, при яких вміст шкідливих речовин у контактуючих середовищах не перевищує ГДК для водоймів і повітря, а в вирощуваних культурах – допустимих залишкових кількостей. Відповідно до методичних рекомендацій нормування включає три основних напрямки досліджень. Перший напрям – визначення максимально допустимої концентрації речовини в ґрунті з точки зору токсикологічної дії на людину. Ця концентрація повинна гарантувати накопичення речовини в вирощуваних культурах не вище допустимої остаточної кількості, а потрапляння його в повітряне середовище і ґрунтові води – не вище ГДК. Другий напрям – встановлення органолептичних властивостей рослин, які вирощують на цьому ґрунті, а також води і атмосферного повітря. Третій напрям – вивчення характеру та інтенсивності дії речовини на процеси самоочищення, що протікають у ґрунті.

Зі знайдених порогових концентрацій вибирають найменшу, яку і приймають як гранично допустиму. Дослідження проводять в лабораторних умовах з модельними ґрунтами і рослинами, а отримані результати уточнюють в натуральних умовах.

За ступенем небезпеки речовини, що забруднюють ґрунт, поділяють на три класи:

- 1) високонебезпечні;
- 2) помірнонебезпечні;
- 3) малонебезпечні.

Клас небезпеки визначають не менше, ніж за трьома показниками відповідно до ГОСТу 17.4.1.02-83 "Охорона природи. Ґрунти. Класифікація хімічних речовин для контролю забруднення".

Література: [2; 3; 13; 14].

Тема 5. Екологічна хімія атмосфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість атмосфери

5.1. Структура і склад атмосфери

Атмосфера – це газова оболонка Землі. Її маса становить близько $5,9 \times 10^{15}$ тонн. Іноді вона нагадує шар рідкої води, що покриває у вигляді морів і океанів три чверті земної поверхні. І як умови життя в глибинах океану різке відрізняються від умов проживання поблизу поверхні води, так і умови на дні повітряного океану, в якому живе людство, відрізняються від тих, що існують на верхніх шарах земної атмосфери. Знання про атмосферу необхідно розглядати разом з позицій і географії, і фізики, і хімії.

Атмосфера має шарувату будову і складається з кількох сфер, між якими розташовуються перехідні шари – "паузи". У сферах змінюється кількість повітря і його температура. Області мінімуму і максимуму температур – це "паузи", а проміжні області – це сфери. Так, тропопауза відділяє тропосферу від стратосфери; стратопауза – стратосферу від мезосфери і т. д.

Найбільш щільний шар повітря, що прилягає до земної поверхні, має назву тропосфери. Протяжність її по висоті в середніх широтах становить 10 – 12 км над рівнем моря, на полюсах 7 – 10 км, над екватором 16 – 18 км. У ній зосереджено чотири п'ятих всієї маси атмосфери. Температура в тропосфері по висоті зменшується на $0,6^{\circ}\text{C}$ на кожні 100 м і коливається від $+40^{\circ}\text{C}$ до -50°C .

Далі температура від кордону 30 км починає підвищуватися і на висоті 50 км досягає $+10^{\circ}\text{C}$ (стратопауза). У мезосфері знову відбувається зниження температури до -53°C . Вище мезосфери (область знижених температур) розташована термосфера, або іоносфера. Тут знову відбувається потепління – на висоті 150 км температура досягає $200 - 240^{\circ}\text{C}$, на рівні 200 км – 500°C , а на висоті 500 – 600 км перевищує $1\ 500^{\circ}\text{C}$.

Розглянутий температурний зріз атмосфери багато в чому визначається характером хімічних перетворень у цих областях.

На відміну від температури, атмосферний тиск неухильно зменшується з висотою. Особливо різко він падає в нижніх висотах. Така особливість пояснюється стискальністю атмосфери на відміну від гідросфери: на рівні моря тиск складає 760 мм ртутного стовпчика, на висоті 100 км $P = 2,3 \times 10^{-3}$ мм рт. ст., а на висоті 200 км $P = 1,0 \times 10^{-6}$ мм рт. ст.

Атмосфера є надзвичайно складною системою. Її пронизує випромінювання Сонця і частки високої енергії, які ним випускаються, а також космічне випромінювання. Цей потік енергії робить помітний хімічний вплив на атмосферу. Крім того, під впливом земного тяжіння більш важкі атоми і молекули опускаються в нижню частину атмосфери, а у верхній її частині залишаються більш легкі. У результаті склад атмосфери виявляється непостійним.

Склад атмосфери в приземному шарі, наприклад, склад сухого повітря поблизу рівня моря має такі характеристики: приблизно 99 % всього складу припадає на частку двохатомних газів азоту і кисню, а все інше, за винятком вуглекислого газу, – на частку одноатомних газів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Склад повітря в приземному шарі

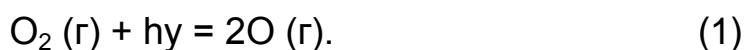
Компонент	Вміст у мольних %	Молярна маса
Азот, N ₂	78,04	28,013
Кисень, O ₂	20,948	31,998
Аргон, Ar	0,934	29,948
Діоксид вуглецю, CO ₂	0,033	44,009
Неон, Ne	0,001818	20,183
Гелій, He	0,000524	4,003
Метан, CH ₄	0,0002	16,043
Криптон, Kr	0,000114	83,800
Водень, H ₂	0,00005	2,0159
Оксид азоту, (1), N ₂ O	0,00005	44,013
Ксенон, Xe	0,0000087	131,300

Примітка. Озон O₃, діоксид сірки SO₂, оксид азоту NO₂, аміак NH₃, оксид вуглецю CO присутні в якості домішок, і їх зміст може змінюватися.

Хоча на верхні зони атмосфери припадає лише невелика частина її маси, ці верхні шари значною мірою визначають життя на поверхні Землі. Вони захищають нашу планету від потоку променів і граду частинок високих енергій. У результаті такого впливу молекули і атоми піддаються хімічним перетворенням. Дифузний поділ (більш важкі внизу, легші нагорі) за тривалий період призвело до того, що на висоті 500 – 1000 км елемент гелій стає основним компонентом атмосфери. Гелієва "корона" Землі простягається приблизно до 1 600 км, а вище 2 000 – 3 000 км переважає водень.

5.2. Фотодисоціація. Фотодисоціація води, повітря

Сонце випускає енергію з різною довжиною хвилі. Короткохвильове випромінювання в ультрафіолетовій області спектра має високу енергією, що викликає хімічні реакції. При цьому енергія фотона ($E = h\nu$) повинна бути достатньою для розриву хімічного зв'язку в молекулі та ініціювання процесу. Крім того, молекули повинні поглинати фотон, енергія якого повинна перетворюватися в якусь іншу форму. Перша реакція – фотодисоціація кисню:

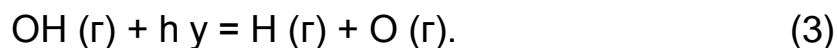
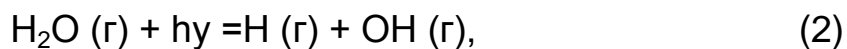


Максимальна енергія, яка необхідна для такого перетворення, дорівнює 495 кДж/моль.

Молекули O_2 поглинають більшу частину короткохвильового випромінювання з високою енергією, перш ніж воно досягне нижньої частини атмосфери. При цьому утворюється атомарний кисень. На висотах близько 400 км дисоційований 99 % молекул кисню, на частку молекул O_2 припадає лише 1 %. На висоті 130 км затримання O_2 і O однаково. На менших висотах зміст молекулярного кисню більше такого атомарного.

Енергія дисоціації молекули N_2 дуже велика, значить, розірвати молекулу можуть тільки фотони з надзвичайно високою енергією і дуже малої довжиною хвилі. Таких фотонів небагато, та й молекула азоту погано поглинає фотони, навіть якщо їх енергія виявиться достатньою. Внаслідок цього атомарного азоту дуже мало.

Фотодисоціація води. Концентрація парів води значна поблизу поверхні Землі, але швидко зменшується з висотою. На висоті 30 км (стратосфера) становить три молекули на мільйон молекул суміші. Однак, опинившись у верхніх шарах, вода піддається фотодиссоціації:

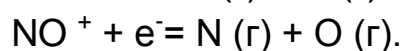
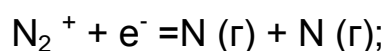


Фотодисоціація (рівняння 1 – 3) здійснюється через процес іонізації. У 1924 році було встановлено, що у верхніх шарах атмосфери є вільні електрони, а за законом балансу зарядів мають бути і позитивно заряджені іони. Звідки ж беруться ці іони? Меншою мірою від впливу електронів, які доносяться від Сонця разом із сонячним вітром, а більшою мірою – внаслідок фотодисоціації. При впливі фотона молекула може поглинути його, не розщеплюючись на атоми. При цьому фотон вибиває з молекули електрон найвищого рівня, і утворюється молекулярний іон. Таким же чином може піддатися іонізації і нейтральний атом.

Фотони, що викликають іонізацію, відносяться до високочастотної короткохвильової області в межах ультрафіолету. Це випромінювання не доходить до поверхні Землі, його поглинають верхні шари атмосфери.

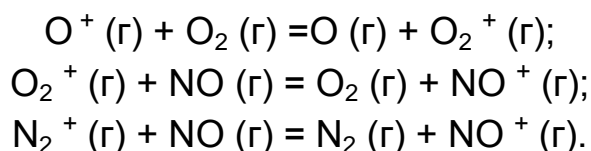
5.3. Реакції атмосферних іонів

Утворені молекулярні іони мають дуже велику реакційну здатність, швидко реагують з будь-якими іншими частинками при зіткненні, ці реакції також носять екзотермічний характер. Але оскільки при високому розрядженні віддача надлишкової енергії малоімовірна, то більш імовірна рекомбінація іону з електроном, що супроводжується дисоціацією:

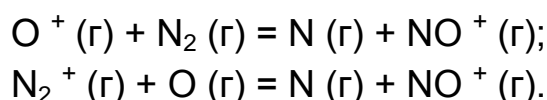


Такі реакції називаються реакціями дисоціативної рекомбінації. Атомарний азот у верхніх шарах атмосфери утворюється виключно в результаті такої реакції.

Перенесення заряду. Коли молекулярний іон стикається з якою-небудь нейтральною частинкою, між ними може відбутися перенесення електрону: $N_2^+ (г) + O_2 (г) = N_2 (г) + O_2^+ (г)$. Це можливо, якщо $E_1 (O_2)$ менше $E_2 (N_2)$, то є енергія іонізації молекули, яка втрачає електрон, повинна бути менше енергії молекули, яку набуває електрон, тобто реакція повинна бути екзотермічною.

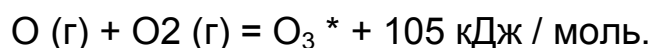


Реакції переносу заряду відіграють велику роль у багатьох областях хімії, особливо в біохімії. Реакції переносу заряду не супроводжуються розривом хімічних зв'язків, здійснюється тільки перенесення електрону від однієї частинки до іншої. Але існує клас реакцій в атмосфері, в ході яких частинки обмінюються атомами:



Ці реакції є екзотермічними і протікають дуже легко, при цьому утвориться молекулярний іон $NO^+ (г)$. Оскільки енергія іонізації NO найнижча з усіх часток, що знаходяться у верхніх шарах атмосфери, то $NO^+ (г)$ не можна нічим нейтралізувати і цей іон є переважаючим у цій області. Таким чином, молекули N_2 , O_2 і NO відфільтровують більшу частину небезпечного (жорсткого) ультрафіолетового випромінювання на висоті близько 100 км.

На висоті більше 30 км фотодисоціація кисню залишається. У мезосфері і стратосфері концентрація молекулярного кисню перевищує концентрацію атомарного кисню, оскільки утворені атоми часто стикаються з молекулами O_2 , що призводить до утворення озону:

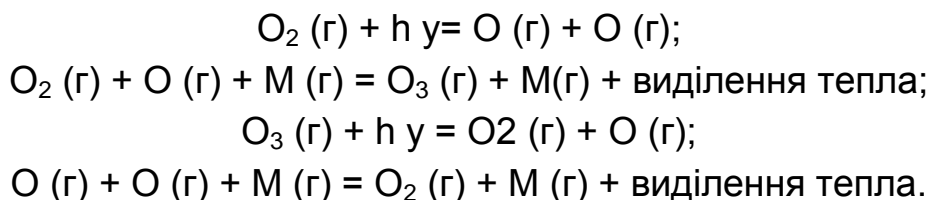


Ця реакція оборотна і якщо частка O_3^* не віддає надлишкову енергію при зіткненні з іншою (N_2 і O_2), то молекула розпадеться. Чим нижче до Землі, тим більше концентрація газів N_2 і O_2 , і тим частіше

зіткнення і стабілізація озону. Але знову ж таки, чим нижче, тим менше дисоціація O_2 на атоми, оскільки відфільтровано випромінювання з довжиною хвилі 242 нм. Максимальна швидкість утворення озону на висоті 50 км, бо мало атомів кисню і, отже, мало озону.

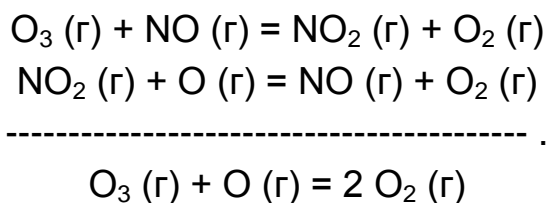
Молекули озону самі можуть поглинути випромінювання, і найсильніше озоном поглинається фотони з довжиною хвилі 200 – 310 нм, що є дуже важливим. Це випромінювання іншими частинками не поглинається тією мірою, як і озоном. При такому випромінюванні все живе не може існувати. "Озоновий щит" відіграє важливу роль у збереженні життя на Землі.

Узагальнений процес циклічного виникнення і розкладання озону:



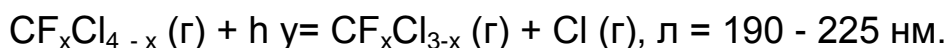
M – будь-яка частка в зіткненні.

Результатом цього процесу є перетворення ультрафіолетового випромінювання Сонця на теплову енергію. Озоновий цикл забезпечує підвищення температури в стратосфері. У цей цикл залучаються багато хімічних реакцій; загальним результатом є розкладання озону, наприклад:

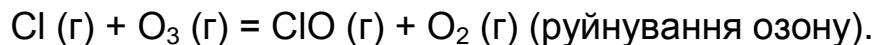


NO є каталізатором процесу. Коли в цей цикл проникають додаткові порції оксиду азоту, значно зменшується концентрація озону. Так, при польоті надзвукових літаків у двигунах досягається така висока температура, що стає можливою реакція: $N_2 (г) + O_2 (г) = 2 NO (г)$, у результаті якої оксид азоту викидається в стратосферу, істотно знижуючи концентрацію озону.

Руйнування озону зумовлено також впливом фторхлорметанів:



За цим слідує розкладання CF_xCl_{3-x} і т. д. Розрахунки показують, що швидкість обертання атомарного хлору максимальна на висоті 30 км.



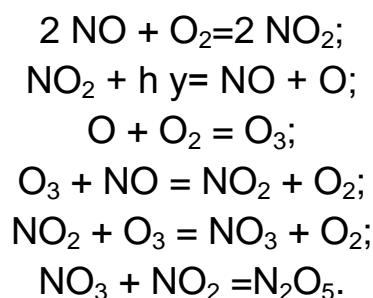
Оксид хлору, реагуючи з атомарним киснем, знову дає атомарний хлор: $ClO (г) + O (г) = Cl (г) + O_2 (г)$; знову $Cl (г) + O_3 (г) = ClO (г) + O_2 (г) \dots$ обрив ланцюга може відбуватися при взаємодії хлору з молекулами водню, метану, води, пероксида водню. У підсумку маємо сумарну реакцію: $O (г) + O_3 (г) = 2 O_2 (г)$.

Фреони дуже добре зберігаються в атмосфері, погано розчиняються у воді, не горять, мають низькі температури кипіння, тому добре випаровуються на повітрі. З тропосфери частина фреонів може йти з водою і, не гідролізуючись, скупчуватися в океані, який стає своєрідним резервуаром фреонів.

Постійно виникає і руйнується шар озону і викликає явище, яке називається "озонним дощем". Концентрація озону повинна бути максимальною на висоті 25 – 30 км. В атмосфері зі збільшенням висоти концентрація озону зменшується через концентрації третіх частин і кисню. Руйнування озону в основному обумовлює азотний цикл, антропогенне забруднення атмосфери:

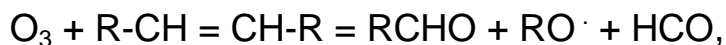
- ядерні вибухи. Розігрів до 6 000 К і швидке охолодження (замерзання NO). 1 Мт при вибуху дає від 1 000 до 12 000 тонн оксидів азоту ($2,5 \times 10^{32}$ молекул);
- надзвукові літаки (18 г NO на 1 кг палива). 1 млн тонн оксидів азоту в рік викидають двигуни надзвукових літаків;
- використання мінеральних азотних добрив;
- спалювання палива дає до 3 млн тонн оксидів азоту на рік.

У хімії та фотохімії атмосфери беруть участь п'ять основних азотовмісних газів: N_2 , NH_3 , NO, NO_2 , N_2O . У конденсованій фазі азот присутній у формі іону амонію (NH_4^+) та нітратного іону (NO_3^-). Можливі взаємодії можна описати такою схемою:



Цикл взаємодій на основі сполук азоту в тропосфері доповнюється виникненням азотної кислоти: $4 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4 \text{HNO}_3$ або за реакцією диспропорціонування $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$.

Атомарний кисень і озон здатні вступати в реакції з різними органічними речовинами, внаслідок чого отримуємо вільні радикали. Так, для олефінов можлива така реакція:



де RO і HCO – вільні радикали.

Утворений альдегід RCHO може піддаватися фотодисоціації за реакцією: $\text{RCHO} + h\nu = \text{R} + \text{HCO}$. Крім альдегідів фото-хімічно активні також кетони, пероксиди і ацілнітрати, які під впливом сонячної радіації також утворюють вільні радикали.

Цей ланцюг перетворень за участю вільних радикалів є основою для утворення смогу, що містить асоціації молекул альдегідів, кетонів, оксидантів і сполук типу пероксіяцетілнітратів (ПАН).

Пероксіяцетілнітрат – це газ, який дуже подразнює слизисту оболонку очей і негативно діє на асиміляційний апарат рослин.

Антропогенна діяльність і вулканічні виверження призводять до накопичення в атмосфері SO_2 . Фотодисоціація діоксиду сірки неможлива, оскільки довжина хвиль, які досягають нижніх шарів атмосфери, де відбувається накопичення SO_2 , занадто велика, жорстке короткохвильове випромінювання вже відфільтровано. Однак фотодисоціація NO_2 і кисню дає на цій висоті достатню кількість атомарного кисню і озону, тоді можливий процес: $\text{SO}_2 + \text{O} = \text{SO}_3$. Ефективність цієї реакції зростає в міру збільшення відношення концентрації SO_2 до концентрації NO_2 . Окисленню SO_2 до SO_3 можуть сприяти сліди металів, що проявляють каталітичну дію на цю реакцію (наприклад, марганець). З'єднуючись з водою, оксид сірки (VI) утворює сірчану кислоту, яка з металами або амонієм (NH_4^+) дає сульфати.

Є думка, що діоксид сірки існує в атмосфері від декількох годин до декількох днів залежно від вологості та інших умов. Проте встановлено, що сірчистий газ, який надходить до атмосфери з виверженням вулканів, дає сірчану кислоту, яка циркулює навколо Землі в стратосфері терміном до року і більше. Переносу діоксиду сірки на далекі відстані сприяє будівництво високих димових труб. Це, можливо, і знижує ступінь

локального забруднення, але збільшує час перебування SO_2 в повітряному середовищі і ступінь його перетворення в сірчану кислоту і сульфати. Таким чином, сірчистий газ у поєднанні з парами води (туман) є головним компонентом так званого сірчистого смогу.

Кислотні дощі. У результаті антропогенного забруднення атмосфери сірчаним газом і оксидами азоту відбувається утворення сірчаної та азотної кислот, що випадають на Землю разом з опадами. Кислотність звичайної дощової води за рахунок часткового розчинення у волозі вуглекислого газу дорівнює 5,6: $\text{pH} = 5,6$. Але відомі випадки випадання кислих дощів з $\text{pH} = 2,3$ (кислотність лимонного соку). Такі опади завдають істотної шкоди якості води в природних водоймах, якості ґрунту, призводять до руйнування виробів з металів, архітектурних споруд, мармуру і бетону.

Щорічно з опадами випадають мільйони тонн кислот, що призводить до радикальної зміни хімії природного середовища. Частинки сульфатів розміром 0,1 – 1 мкм, присутні в атмосфері, розсіюють світло, погіршуючи видимість, що негативно діє на організм людини. В умовах підвищеної вологості і гігроскопічності деяких сульфатів $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, NH_4HSO_4 розсіювання світла зростає.

5.4. Джерела забруднення атмосфери

Існує два види забруднень атмосфери: природне і штучне, кожне з яких обумовлене відповідними джерелами. Джерела забруднення атмосфери розрізняються також за потужністю викиду, а саме за могутністю, величиною, дрібністю, за висотою викиду на низькі, середньої висоти і високі, за температурою вихідних газів на нагріті й холодні.

Для підготовки вихідних даних для розрахунку гранично допустимих викидів (ГДВ) підприємства для кожного джерела за кожним показником потрібна класифікація не тільки джерел забруднень, але і класифікація та характеристика викидів, ступінь вивченості і облік в розрахунках. При цьому враховують організовані, неорганізовані та розподілені викиди.

Організовані викиди зазвичай проводяться зі стаціонарних джерел. Їх характеризує велика висота труб (50 – 100 м), а також значні концентрації та обсяги. Неорганізовані викиди проявляються у вигляді надходжень токсикантів до атмосфери з виробничих приміщень підприємств. Концентрація і обсяг забруднюючих речовин менше, висота викиду невелика. Розподілені викиди пов'язані в основному з транспортом, а також з обробкою сільськогосподарських територій отрутохімікатами.

Найбільш поширені викиди промисловості – це зола, пил, оксид цинку, сірчистий ангідрид, сірководень, меркаптан, альдегіди, вуглеводні, смоли, оксид і діоксид азоту, аміак, озон, оксид і діоксид вуглецю, фтористий водень, хлористий водень, кремнефтористий натрій, радіоактивні гази й аерозолі

Як свідчать дані, антропогенне (штучне) забруднення атмосфери переважає над природним, при цьому 37 % забруднень дає автотранспорт, 32 % – промисловість і 31 % – інші джерела.

Література: [8; 12; 15].

Тема 6. Екологічна хімія гідросфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість води

6.1. Гідросфера. Запаси води в гідросфері. Біологічна вода. Властивості води

Гідросферою називають переривчасту водну оболонку Землі, розташовану між атмосферою і земною корою, що представляє собою сукупність океанів, морів і водних об'єктів суші (ріки, озера, водосховища, болота, підземні води), включаючи скупчення води в твердій фазі (сніговий покрив, льодовики).

Океан займає 71 % поверхні Землі, його середня глибина 4 км, маса води $1,5 \times 10^{18}$ т. Запаси води в гідросфері становлять майже 1,5 млрд км³⁰, дані подано в (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Запаси води в гідросфері Землі

Частина гідросфери	Об'єм води, тис. км ³	Об'єм води у % загального об'єму
Океан	1 370 323	94,201
Підземні води	60 000	4,42
У тому числі зони активного водообігу	4 000	0,27
Льодовики	24 000	1,65
Озера	230	0,016
Грунтова волога	75	0,005
Пари атмосфери	14	0,001
Річні води	1,2	0,0001

З наведених даних видно, що запаси солоної води колосальні, а прісної води дуже мало, а саме лише близько 3 % загального обсягу вод суші. Крім того, значна частина прісної води практично не використовується через свою недоступність – води льодовиків і основної частини підземних вод. У даний час обсяг придатних для використання прісних вод становить 0,3 % загального запасу гідросфери (приблизно 4 млн км³).

Вода в атмосфері – це головним чином водяна пара і її конденсат (крапельки води й крижані кристали).

Біологічна вода – це вода, що міститься в живих організмах і рослинах, в яких в середньому її знаходиться 80 %. Загальна маса живої речовини біосфери близько 1 400 млрд тонн, відповідно маса біологічної води становить 1 120 млрд тонн, або 1 120 км³.

Вода – це єдина речовина на Землі, що існує в природі у всіх трьох агрегатних станах: рідкому, твердому і газоподібному. Під дією сонячного тепла вода випаровується з природних водойм і водотоків – океанів, морів, річок, а також ґрунту. Водяна пара є легшою за повітря, піднімається у верхні шари атмосфери і конденсується в дрібні крапельки, утворюючи хмари. З хмар вода повертається на земну поверхню у вигляді атмосферних опадів – дощів і снігу. Вода, що випадає надходить безпосередньо у водні об'єкти, а також збирається у верхніх шарах ґрунту, утворюючи поверхневі та ґрунтові води, які, стикаючись з мінеральними і органічними речовинами, частково розчиняють їх, формуючи хімічний склад природних вод.

Парниковий ефект, що призводить до порушення теплового балансу Землі, здатний підвищити температуру земної поверхні. Будь-яка людська діяльність, яка сприяє парниковому ефекту і змінам клімату, що відбуваються, впливає і на глобальний кругообіг води. Передбачуване підвищення рівня моря не тільки створює проблему захисту прибережних районів від затоплення, але може призвести до забруднення водних ресурсів, а особливо при затопленні хімічних підприємств, складів отруйних речовин, звалищ токсичних відходів тощо, а також до збільшення частки солоної води щодо прісної води. У результаті потепління клімату і збільшення випаровувань опади можуть зрости на 15 %. При підвищенні температури на 2 – 4°C в глобальному масштабі можливе танення льоду і підвищення рівня Світового океану приблизно на 20 м³ з подальшими непередбачуваними екологічними наслідками.

Величезну роль відіграє вода в живих організмах. Обмін речовин без неї неможливий; майже всі хімічні, фізіологічні та колоїдні процеси в

організмі, а саме асиміляція, дисиміляція, дифузія, ресорбція, осмос та інше протікають у водних розчинах або при обов'язковій участі води.

Виняткові властивості води в загальній біологічній системі Землі пов'язані з її фізичними і хімічними властивостями. Вода (H_2O) – найпростіша стійка хімічна сполука водню з киснем. При звичайних умовах – це рідина без запаху, смаку та кольору. За шкалою Цельсія температура плавлення води прийнята за $0^{\circ}C$, а температура кипіння – за $100^{\circ}C$. Температура кипіння води є аномальною і в той же час найбільш важливою, оскільки саме тому стало можливим існування на Землі води в рідкій фазі. З іншого боку, існування води в чистому вигляді обумовлено її високою температурою замерзання, що забезпечує вимерзання домішок. Висока теплоємність води сприяла тому, що Світовий океан став регулятором клімату, перерозподіляючи тепло по поверхні Землі. Найвищу щільність вода має при $4^{\circ}C$ ($1g/cm^3$), при $0^{\circ}C$ щільність льоду $916,8 kg/m^3$, а щільність води – $999,968 kg/m^3$. Така залежність щільності води від температури дозволяє зберегтися в холодні періоди всю воду біосфери. При температурах до $4^{\circ}C$ щільність льоду стає меншою щільності води і лід спливає. При подальшому охолодженні відбувається перемішування більш щільної холодної води із менш щільною теплою до тих пір, поки вся вода не досягне $4^{\circ}C$. Поверхневий шар стає легшим за глибинні шари, і перемішування води припиняється, що призведе до утворення на поверхні води льоду, стає тепловим бар'єром, який захищає гідросферу від переохолодження.

Вода має здатність розчиняти дуже багато речовин, має високу діелектричну постійну, здатна до мимовільної електролітичної дисасоціації з утворенням іонів: $H_2O = H^+ + OH^-$.

Ці властивості води дозволяють з будь-якої природної системи отримати водний розчин електроліту, в якому можливе протікання багатьох процесів, неможливих у безводному середовищі. Багато речовин вступають з водою в реакцію обмінного розкладу, названу гідролізом. Зміна фізичних властивостей водних розчинів майже лінійно залежить від концентрації розчинених у ній солей.

Зі зростанням населення Землі і збільшенням випуску промислової і сільськогосподарської продукції споживання води зростає. За оцінками Інституту світових ресурсів, близько $9\ 000 km^3$ прісної води доступно для людської діяльності. Цей запас води достатній, щоб забезпечити потреби 20 млрд осіб на рік. За оцінками фахівців, безповоротне водоспоживання

становить 150 км³ на рік, тобто близько 1 % стійкого стоку прісних вод). У середньому міське водоспоживання оцінюється в 450 л/добу на одну людину. З них 50 % йде на господарсько-питні, 20 % на комунально-побутові і 30 % на виробничі потреби.

Головним споживачем води є сільське господарство, на частку якого припадає близько 70 % всіх запасів прісної води. Велика потреба у воді в промисловості, де вона використовується для приготування і очищення розчинів, охолодження і нагрівання, транспортування сировини, теплоенергетичних цілей, видалення відходів, миття обладнання, тари, приміщень і т. д. Середній хімічний комбінат кожну добу витрачає 1 – 2 млн м³ води, теплоелектростанція – 300 км³ в рік.

6.2. Якість води. Показник якості води. Класифікація водних ресурсів. Класифікація природних вод за хімічним складом, за мінералізацією

Якість води – це поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води, що визначає її придатність для конкретних видів водокористування залежно від призначення води і особливостей технологічного процесу.

Вимоги до якості всіх видів вод, окрім стічних, встановлюються вітчизняними державними стандартами (ГОСТами). Терміни та визначення подано в ГОСТі 27065-86.

Існує кілька різних класифікацій вод. Залежно від водокористування, води можуть бути питні, річкові, озерні, артезіанські, морські, стічні, змішані і мули. Питна вода – це вода, в якій бактеріологічні, органолептичні показники і показники токсичних хімічних речовин знаходяться в межах норм питного водопостачання, а саме відсутність запаху, смаку, кольору, мінералізація не більше 1 г/л, жорсткість не повинна перевищувати 7,0 ммоль/л, рН в межах 6,5 – 9,5, концентрація нітрат-іону не більше 45 – 50 мг/л, колі-індекс не більше 3, колі-титр не менше 300. Склад річкових і озерних вод залежить від ряду особливостей, до яких належать швидкість течії, геологічні особливості місцевості, кліматичні і погодні умови, інтенсивність впливу на іонний і газовий склад біологічних процесів і господарської діяльності людини. Склад артезіанських вод залежить від зональності – від прісних гідрокарбонатних у верхній частині до високомінералізованих хлоридних у глибоких частинах

басейну. Під змішаними водами розуміється дощова, кринична, кип'ячена вода і вода з гирл річок (солоних). Інша класифікація підрозділяє всі води на морські, поверхневі, підземні й опади.

Класифікації природних вод за хімічним складом обґрунтовується за різноманітнішими ознаками: мінералізацією, концентрацією переважаючого компонента або їх груп, співвідношенням між концентраціями різних іонів, наявністю підвищених концентрацій будь-яких специфічних компонентів газового (CO_2 , H_2S , CH_4 тощо) або мінерального (F, Ra та ін.) складу. Відомі спроби класифікувати природні води відповідно до загальних умов, в яких формується їх хімічний склад, а також за гідрохімічним режимом водних об'єктів.

За переважним аніоном природні води поділяються на три класи:

- 1) гідрокарбонатні і карбонатні, а саме більшість маломінералізованих вод річок, озер, водосховищ і деякі підземні води;
- 2) сульфатні води, тобто проміжні між гідрокарбонатними і хлоридними водами, генетично пов'язані з різними осадовими породами;
- 3) хлоридні води, тобто високомінералізовані води океану, морів, солоних озер, підземні води закритих структур і тощо.

Кожен клас за переважним катіоном підрозділяється на три групи: кальцієвий, магнієвий та натрієвий. Кожна група, в свою чергу, поділяється на чотири типи вод, що визначаються співвідношенням між вмістом іонів у відсотках у перерахунку на кількість речовини еквівалента.

Води I типу утворюються в процесі хімічного вилугування вивержених порід або при обмінних процесах іонів кальцію і магнію на іони натрію і є мало мінералізованими. Води II типу змішані, до них відносяться води більшості озер, річок і підземні води з малою та помірною мінералізацією. Води III типу метаморфізовані, включають частину сильно мінералізованих природних вод або вод, що зазнали катіонного обміну іонів натрію на іони кальцію і магнію. До цього типу відносяться води морів, океанів, морських лиманів, реліктових водойм. До IV типу відносяться кислі води – болотні, шахтні, вулканічні або води, які сильно забруднені промисловими стоками.

Виділяють декілька класифікацій природних вод за мінералізацією:

- 1) розсоли (солоність $> 50 \text{ ‰}$);
- 2) морські (солоність $25 - 30 \text{ ‰}$);
- 3) солонуваті (солоність $1 - 25 \text{ ‰}$);
- 4) прісні (солоність до 1 ‰).

6.3. Джерела забруднення гідросфери. Виробничі стічні води. Міські стічні води. Стічна вода сільгоспвиробництва. Атмосферні води. Забруднення нафтою і продуктами її переробки

Забруднення гідросфери відбувається з наростаючою швидкістю. При проходженні через гідрологічний цикл вода забруднюється зваженими і розчиненими сполуками – як природними компонентами, так і відходами людської діяльності. Джерела забруднення вод поділяються на чотири великі групи.

1. Виробничі або промислові стічні води, використані в технологічному процесі виробництва або виходять при видобутку корисних копалин.
2. Міські стічні води, що включають переважно побутові стоки.
3. Атмосферні води – дощові і від танення снігу, що несуть маси вимиваючих з повітря полютантів (забруднювачів) промислового походження.
4. Стічні води сільськогосподарських підприємств, що включають каналізаційні води та змиви з полів добрив і пестицидів.

Кількість забруднених стічних вод, що скидаються в озера, річки і моря, в усьому світі сягає 250 – 300 млрд м³ на рік.

Чітка класифікація промислових стоків утруднена через різноманітність забруднень в них. Розрізняють дві основні групи стічних вод: 1) містять органічні речовини; 2) містять неорганічні домішки.

До першої групи відносяться стічні води нафтопереробних і нафтохімічних заводів, підприємств органічного синтезу та синтетичного каучуку, коксохімічних, газосланцевих та ін. Вони містять нафту і нафтопродукти, нафтеніві кислоти, вуглеводні, спирти, альдегіди, кетони, поверхнево-активні речовини, феноли, смоли, аміак, меркаптани, сірководень та ін.

До другої групи належать стічні води содових, сірчаноокислотних, азотнотукових заводів, збагачувальних фабрик свинцевих, цинкових, нікелевих руд, шахт, рудників, каталізаторних фабрик, металургійних підприємств, гальванічних виробництв та ін. Вони містять кислоти, луги, солі, сірчані з'єднання, іони важких металів, зважені мінеральні речовини та ін.

Промислові стічні води класифікують також за дисперсійним складом забруднюючої речовини. Відповідно до цієї класифікації виділяють чотири групи стічних вод:

- містять нерозчинні у воді домішки з величиною частинок більше $10^{-5} - 10^{-4}$ м;
- є колоїдними розчинами;

- містять розчинені гази і молекулярно-розчинні речовини;
- містять речовини, дисоціюючі на іони.

Така класифікація дозволяє запропонувати для кожної групи певні методи очищення стічних вод.

Нтходження в ріки, озера, водосховища і моря забруднюючі речовини вносять значні зміни в сталий режим і порушують рівноважний стан водних екологічних систем, хоча водойми і здатні до самоочищення шляхом біохімічного розпаду органічних речовин під дією мікроорганізмів. Самоочищуюча здатність залежить від запасу розчиненого кисню, гідродінамічних і біохімічних процесів, сонячної радіації, життєдіяльності рослинних і тваринних організмів та ін. Ці процеси інтенсифікуються влітку, уповільнюються взимку і залежать від кратності розбавлення стічних вод.

Для нормального протікання процесу самоочищення, насамперед, необхідна наявність у водоймі запасу розчиненого кисню. Насиченість ним води потрібно для окисного розкладання більшості домішок. Хімічне або бактеріальне окислення органічних речовин призводить до зниження концентрації розчиненого у воді кисню (в 1 літрі води міститься всього 8 – 9 мл розчиненого кисню, в 1 літрі повітря – 210 мл кисню). Вплив дезоксигенізуючих (що зменшують вміст кисню) агентів виражається в заміні нормальної флори і фауни водойм примітивною, пристосованою до існування в анаеробних умовах. Органічні речовини, взаємодіючи з розчиненим киснем, окислюють до вуглекислого газу і води, споживаючи різну кількість кисню. За цим введено узагальнений показник, що дозволяє оцінити сумарну кількість забруднень у воді з поглинання кисню. Таким показником є біохімічний споживач кисню (БСК), дорівнює кількості кисню, що поглинається при окисненні конкретної речовини в певний відрізок часу. БСК висловлюється в міліграмах потрібного кисню на 1 грам окислювальної речовини (мг O_2 /г), а в розчинах – у міліграмах потрібного кисню на 1 літр розчину (мг O_2 /л). Поряд з БСК встановлений показник хімічного (біхроматного) споживання кисню (ГСК) – кількість кисню, споживаного при хімічному окисненні існуючих у воді органічних і мінеральних речовин під дією окислювачів; виражається в мг/л атомарного кисню.

Залежно від часу, за який визначається БСК, розрізняють БСК₅ (п'ятидобове), БСК₂₀ (двадцятидобове), БСК_{повн.} (повне, коли окислення закінчується). За нормами БСК_{повн.} не повинно перевищувати у водоймах

рибогосподарського значення (I категорії) 3 мг O₂/л, інших категорій – 6 мг O₂/л. БСК промислових стоків залежно від виробництва і складу стоків становить 200 – 3 000 мг O₂/л. Це значить, що при скиданні таких стоків вміст кисню у водоймі значно зменшується, або він вживається повністю. Це викликає загибель планктону, риби та інших організмів, що живуть у водоймі і потребують кисню. Одночасно посилено розвиваються анаеробні мікроорганізми, біологічна рівновага порушується, виникає загнивання водойми. Отже, необхідне очищення стоків до такої міри, щоб при скиданні їх у водойми і змішуванні з водою водойми БСК відповідало нормі, встановленої санітарними правилами. За міжнародною угодою для збереження водної фауни потрібен зміст розчинення кисню не нижче 5 мг O₂/л.

Одним з найважливіших показників здатності водойми до самоочищення є співвідношення форм азоту. Резервуаром азоту в біосфері є атмосфера. В результаті ряду перетворень він переходить у форму, що бере участь в утворенні амінокислот і протеїнів. У природних водах затримання іонів амонію не перевищує 0,1 мг/л, нітрит іонів – 0,001 – 0,01 мг/л і нітрат іонів – 0,01– 0,5 мг/л. Це співвідношення змінюється за сезонами року: влітку нітрати іонів складають соті частки мг/л, восени і взимку – декілька десятих мг/л, що обґрунтовано значним вживанням нітратів рослинами.

У результаті забруднення водоймищ господарсько-побутовими стоками кількість азоту в воді порівняно з природним його вмістом може зростати в сотні і тисячі разів. Перетворення різних форм азоту здійснюється у водоймі різними мікроорганізмами. Аміак накопичується у воді в процесі дезамінування і внаслідок автолізу клітин. Потім аміак окислюється мікроорганізмами до нітратів – основи живлення рослин. Цей процес називається нітрифікацією. Процес нітрифікації протікає у дві фази в аеробних умовах і здійснюється двома групами бактерій.

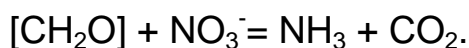
Перша характеризується здатністю окислювати аміак до нітритів:



Друга $\text{HNO}_2 + \text{O}_2 + \text{CO}_2 = \text{HNO}_3 + [\text{CH}_2\text{O}]$ – органічна речовина до нітратів. Енергія, виділена при окисленні аміаку і нітритів, використовує нітрифікатори для асиміляції вуглекислого газу та інших процесів життєдіяльності. Таким чином, гнильні бактерії і нітрифікатори здійснюють процес самоочищення водоймищ.

Усі мікроорганізми накопичують азот, сприяють евтрофікації водоймищ, що буває небажано для водокористувачів. Евтрофікація – це підвищення біопродуктивності водоймищ у результаті накопичення у воді біогенних речовин під дією природних і, головним чином, антропогенних факторів. У результаті посиленого розвитку в водному об'єкті рослин і мікроорганізмів, а потім їх загибелі погіршуються фізико-хімічні властивості води: зменшується її прозорість, вода набуває зеленого або жовто-бурого кольору, з'являється неприємний смак і запах, підвищують значення рН, в осад випадає карбонат кальцію та гідроксид магнію, спостерігається дефіцит кисню і виникають заморні явища.

Відновлення нітратів в анаеробних умовах здійснює у водоймі дуже неоднорідно в фізіологічному відношенні група мікроорганізмів денітрифікаторів. Однак загальним для них є здатність використання в анаеробних умовах нітрат-іону в якості кінцевого акцептора електронів при окисненні різних органічних субстратів і молекулярного водню:



У процесі денітрифікації нітрати відновлюються до аміаку або молекулярного азоту. У водоймах, призначених для водокористування, це не страшно, в рибогосподарських – небажано, оскільки це збіднює їх пов'язаним азотом, доступним для рослин і мікроорганізмів. Процесу денітрифікації перешкоджає відмінність розчиненого кисню. За наявності в водоймі азоту в тій чи іншій формі можна судити про ступінь органічного забруднення вод і про інтенсивність їх самоочищення. Присутність у воді іонів амонію і нітритів часто є ознакою недавнього забруднення, а нітрат іонів – ознакою більш раннього забруднення води.

На відміну від азоту кругообіг фосфору є односторонньою системою з рухом з літосфери в гідросферу, а в ній – в опади. Але при збільшенні скидання фосфоровмісних відходів води стають насиченими за фосфатами і наслідки цього явища досі незрозумілі через складність визначення швидкості гідролізу конденсованих поліфосфатів.

Суттєву роль у розвитку евтрофікації водоймищ відіграє сільське господарство. Змиті з ґрунту і надходять у водойми і підземні води мінеральні добрива і відходи тваринництва порушують природну рівновагу існуючих екосистем, призводять до бурхливого зростання водоростей, що викликає заростання каналів, річок, озер, водосховищ,

особливо меншпроточних, призводить до загибелі водоймищ, перетворює їх у болото.

Великої шкодиносять змиті з полів, зрошуваних масивів, лісових ґрунтів пестициди, які не піддаються біологічному розпаду і зберігаються протягом багатьох років у прісній і морській воді. Вони викликають загибель мешканців водоймищ на ранніх стадіях розвитку, різні мутації і виродження особин. Особливо небезпечні хлорорганічні пестициди, що володіють найбільшою здатністю накопичується в організмі гідробіонтів, що може призводити до летального результату. Більшість фосфорорганічних пестицидів накопичуються у воді і рибі в незначних кількостях. Розкладання пестицидів під дією мікроорганізмів в донних відкладах відбувається найшвидше в тих випадках, коли утворюються гідрофільні метаболіти.

Стічні води металургійних, хімічних, машинобудівних та інших підприємств забруднюють водойми солями важких металів, травильними розчинами, залізом, цинком та іншими неорганічними речовинами, багато з яких є найсильнішими отрутами. Важкі метали (Pb, Hg, Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Sn, Cr) та інші токсичні речовини прогресивно накопичуються у харчових ланцюгах, кінцевою ланкою яких є людина. Високотоксичними є кадмій і цинк, що містяться в скидних водах підприємств, що займаються гальванізацією, а також заводів з виплавки кольорових металів, де ці метали скидаються разом зі свинцем і міддю. Викликають побоювання у вчених такі елементи, як селен, миш'як, сурма, ртуть і вісмут. Металева ртуть малотоксична, але метилова ртуть – це сильна отрута. В організм водних тварин метали потрапляють в основному з їжею. Для водних рослин – через поверхню, шляхом безпосереднього проникнення в тканини. Токсичність металів залежить від концентрації, тривалості дії, температури, насиченості води киснем та інших факторів. Особливості токсичної дії металів полягають в їх універсальному впливі на живі організми як загальноплазматичних отрут і здатності до утворення комплексів з компонентами клітин, білків, амінокислот та інших радикалів. Дія важких металів обумовлена денатуруючим ефектом на тканини, клітини, білки, що полягає в порушенні структури колоїдних систем, осадженні білків, у зв'язуванні і блокуванні активних центрів ферментів. У результаті отруєння важкими металами порушується проникність оболонок клітин крові. Це доведено на прикладі дії свинцю, при отруєнні яким еритроцити стають проникні для калію. Утворюються

при попаданні в організм важко розчинні гідроксиди, фосфати, або стійкі комплекси з важкими металами. Вони погано всмоктуються з шлунково-кишкового тракту і здатні відкладатися в органах і тканинах, вибірково накопичуючись в них. Наприклад, в нирках відзначено високий вміст ртуті, в еритроцитах – свинцю, хрому, миш'яку і селену. В іонізованому стані метали переважно депонуються в кістковій тканині – кадмій викликає викривлення і деформацію кісток, що супроводжуються сильними болями.

Велику небезпеку становлять забруднення вод радіоактивними речовинами.

Особливим видом забруднення водоймищ є "теплове" забруднення, яке спричиняється скиданням у них підігрітої води, використовуваної для охолодження турбін ТЕЦ та інших цілей. Важливу проблему створило скидання у водойми нагрітих виробничих вод з температурою 35 – 37°C. Внаслідок цього температура біля місць скидання на великій площі підвищується на кілька градусів, що призводить до загибелі рослинного і тваринного світу.

Серйозну загрозу для гідросфери становить все зростаюче забруднення Світового океану нафтою. За наявними даними, у Світовий океан потрапляє близько 1 % нафти, що транспортується. Нафта і нафтопродукти потрапляють в моря й океани з баластними і промивними водами суден, під час катастроф з танкерами, при аваріях на морських нафтових промислах.

Кожна тонна нафти покриває тонкою плівкою приблизно 12 квадратних кілометрів водної поверхні і забруднює до мільйона тонн морської води. Нафтова плівка викликає загибель заплідненої ікри, порушує процеси фотосинтезу і виділення кисню фітопланктоном, що порушує газообмін між атмосферою і гідросферою. Забруднення нафтою викликає масову загибель птахів і морських ссавців – морських котиків та ін. Вплив на екосистеми виражається в зміні видового складу співтовариства, зниженні чисельності водних організмів, загибелі рослинності. Тривалість забруднення нафтою берегової зони залежить від геологічних особливостей будови берега і може зберігатися більше 10 років.

Крім нафти і шкідливих речовин, принесених у Світовий океан забрудненими ріками, велика кількість їх надходить з атмосфери. Щорічно випадає до 200 тисяч тонн свинцю, 1 мільйон тонн вуглеводнів, 5 000 тонн ртуті. Близько половини пестицидів потрапляє в океан з атмосфери.

Серед найбільш активних забруднювачів моря – об'єкти житлово-комунального господарства. У промисловій сфері особливу увагу вимагає природоохоронна діяльність підприємств целюлозно-паперової промисловості.

Забруднення водних систем становить більшу небезпеку, ніж забруднення атмосфери, бо процеси самоочищення у водному середовищі протікають повільніше, ніж у повітрі. Крім того, джерела забруднення водного середовища більш різноманітні і протікають в ній більш чутливо, ніж ті, які протікають в атмосфері.

Для зменшення ступеня забруднення природних вод стічними водами відповідно до "Правил охорони поверхневих вод від забруднень" якість води водоймища після скидання в нього стічних вод повинно відповідати певним вимогами. Кількість розчиненого у воді кисню – не менше 4 мг/л. БСК_{повн.} при 20°C – не вище 3 мг/л. Зміст зважених речовин не повинен збільшуватися більш ніж на 0,25 і на 0,75 мг/л для водойм рибогосподарського та господарсько-побутового водокористування відповідно. Мінеральний осад – не більше 1 000 мг/л, у тому числі хлориди – 350 мг/л, сульфати – 500 мг/л. Запахи і присмаки повинні бути відсутніми. Кислотність води (рН) – у діапазоні від 6,5 до 8,5. На поверхні води не повинно бути плаваючих домішок, плівок, плям масел, нафтопродуктів. У воді не повинні міститися отруйні речовини в концентраціях, що шкідливо впливають на людей і тварин. Категорично забороняється скидати у водойми радіоактивні стічні води. Виконання цих вимог є обов'язковим для проектувальників, будівельників і експлуатаційників. Правила орієнтуються на переважне скорочення обсягів стічних вод з шкідливими домішками шляхом упровадження прогресивних технологій і водообігних циклів.

Література: [3; 14].

Тема 7. Екологічна хімія літосфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість ґрунту

7.1. Склад літосфери

Літосфера – верхня тверда оболонка Землі, поступово з глибиною переходить в сфери з меншою площею речовини. Включає земну кору і верхню мантію Землі. Потужність літосфери 50 – 200 км, у тому числі

земної кори – до 50 – 75 км на континентах і 5 – 10 км на дні океану. Верхні шари літосфери називаються літобіосферою. Хімічний склад земної кори подано в табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Хімічний склад земної кори

Елемент	Масова частка, %
Кисень	49,13
Магній	2,35
Залізо	4,20
Вуглець	0,35
Калій	2,35
Алюміній	26,00
Титан	0,61
Натрій	2,40
Кремній	26,00
Водень	1,00
Кальцій	3,25
Хлор	0,20

Природні хімічні сполуки елементів земної кори називаються мінералами. З них складаються численні типи гірських порід. Основними групами гірських порід є магматичні, осадові і метаморфічні.

Людина практично не впливає на літосферу, хоча верхні горизонти земної кори піддаються сильній трансформації в результаті експлуатації родовищ корисних копалин

7.2. Природні ресурси

Природні ресурси – це тіла і сили природи, які використовуються людиною для підтримки свого існування. До них належать: сонячне світло, вода, повітря, ґрунт, рослини, тварини, корисні копалини і все інше, що не створене людиною, але без чого вона не може існувати ні як жива істота, ні як виробник.

Природні ресурси класифікують відповідно до таких ознак:

- за їх використанням – на виробничі (сільськогосподарські та промислені), охорони здоров'я (рекреаційні), естетичні, наукові та ін.;
- за належністю до тих чи інших компонентів природи – на земельні, водні, мінеральні, тварини або рослинного світу та ін.;
- за замінністю – на замінні (наприклад, паливно-мінеральні енергетичними ресурси можна замінити вітровою, сонячною енергією) і незамінні (повітря для дихання або прісну воду для пиття замінити нічим);
- за вичерпністю – на вичерпні і невичерпні.

Наведені ознаки дозволяють навести кілька класифікацій природних ресурсів, кожна з яких має свої переваги і недоліки. Більший інтерес для науки і практики становить розподіл природних ресурсів за признаку вичерпності.

Невичерпні ресурси – це кількісно невичерпна частина природних ресурсів (сонячна енергія, морські припливи, поточна вода, атмосфера, хоча при значних забрудненнях вона може переходити в категорію вичерпних).

Вичерпні – це ресурси, кількість яких неухильно зменшується у міру їх видобутку або вилучення з природного середовища. Вони, в свою чергу, поділяються на відновні, а саме рослинність, тваринний світ, вода, повітря, ґрунт, і невідновні (мінеральні). Вони можуть бути виснажені як і тому, що не заповнюються в результаті природних процесів (мідь, залізо, алюміній і ін.), так і тому, що їх запаси поповнюються повільніше, ніж відбувається їх споживання (нафта, вугілля, горючі сланці). Тому в майбутньому людству знадобиться пошук засобів і методів більш ефективного використання невідновних ресурсів, у тому числі методів переробки вторинної сировини. У даний час використовуються майже всі елементи періодичних системи Менделєєва Д. І.

Ступінь застосування та переробки численних видів мінеральної сировини визначає прогрес і добробут суспільства. Основними сировинними ресурсами слугують метали, вода, мінеральна і органічна сировина. Темпи експлуатації земних надр прискорюються з року в рік. За останні 100 років щорічне споживання вугілля, заліза, марганцю та нікелю збільшилася в 50 – 60 разів, вольфраму, алюмінію, молібдену і калію в 200 – 1 000 разів.

В останні роки зріс видобуток енергетичних ресурсів – нафти природного газу. Зріс в світі видобуток золота й алмазів.

Сучасна епоха характеризується все зростаючим споживанням мінерально-сировинних ресурсів. Тому виникає проблема більш раціонального використання мінеральних ресурсів, яку можна вирішити такими методами:

- створенням нових високоефективних способів геологічної розвідки корисних копалин, ресурсозберігаючих методів видобутку;
- комплексним використанням мінеральної сировини;
- скороченням втрат сировини на всіх етапах освоєння і використання запасів надр, особливо на стадіях збагачення і переробки сировини;
- створенням нових речовин, органічним синтезом мінеральної сировини.

Крім того, важлива роль у раціональному використанні природних ресурсів належить ресурсозберігаючим технологіям, що дозволяє забезпечити, насамперед, енергетичну ефективність – співвідношення між затрачуваною енергією і корисним продуктом, одержуваним при цих витратах. Тому основним принципом використання енергії має бути відповідність якості енергії поставленим завданням. Для обігріву жител можна використовувати сонячну енергію, енергію термальних джерел, вітру, що вже застосовується в деяких країнах. Другий тип суспільства – це суспільство майбутнього, в основі якого лежить розумне використання енергії та рециркуляції речовини, вторинне використання невідновних ресурсів, а також, що особливо важливо, не повинно відбуватися перевищення порогу екологічної стійкості навколишнього середовища. Наприклад, значно простіше і дешевше запобігти потраплянню забруднюючих речовин у природне середовище, ніж намагатися очистити його від цього забруднення. Відходи виробництва, побуту, транспорту тощо. Можуть реально і потенційно використовуватися як продукти в інших галузях народного господарства або в ході регенерації.

7.3. Шкідливі відходи, які забруднюють земну кору

Шкідливі відходи повинні піддаватися нейтралізації, а невикористовувані вважаються осадками. Основні види відходів поділяються на побутові, відходи виробництва і виробничого споживання.

1. Побутові (комунальні) тверді, у тому числі тверда складова стічних вод – їх осад, осадки, не утилізовані в побуті, утворюються в

результаті амортизації предметів побуту і самого життя людей, включаючи лазні, пральні, лікарні та ін. Для знищення побутових відходів споруджують потужні сміттєспалюючі установки або заводи, які дають електроенергію або пар, що йдуть на обігрів підприємств та житла.

2. Відходи виробництва (промислові) – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися при виробництві продукції. Вони можуть бути безповоротними (випаровування, чад, усушка) і поворотними, що підлягають переробці. За даними зарубіжних джерел, у країнах ЄЕС 60 % побутових відходів піддається захороненню, 33 % спалюється і 7 % компостується. Що ж стосується промислових і сільськогосподарських відходів, то понад 60 і 95 % відповідно піддаються інтенсивності переробки.

3. Відходи виробничого споживання – непридатні для подальшого користування машини, механізми, інструменти та ін. Вони можуть бути сільськогосподарськими, будівельними, виробничими, радіоактивними. Останні дуже небезпечні і потребують ретельного поховання або дезактивації.

В останні роки збільшилася кількість небезпечних (токсичних) відходів, які можуть викликати отруєння чи інші ураження живих істот. Це, перш за все, не використані різні отрутохімікати в сільському господарстві, відходи промислових виробництв, що містять канцерогенні та мутагенні речовини. На території багатьох країн є так звані "пастки", тобто давно забуті поховання небезпечних відходів, на яких з часом збудували житлові будинки та інші об'єкти, що дають про себе знати появою дивних захворювань місцевого населення. До таких "пасток" можна віднести і місця проведення ядерних випробувань в мирною метою. Існуючі проекти (частково реалізовані) захоронення, а також підземні ядерні випробування можуть ініціювати так звані "наведення" землетрусу.

7.4. Ґрунт. Склад Ґрунту. Родючість Ґрунту. Елементи, які впливають на родючість Ґрунту

Найбільшій трансформації піддається найвищий поверхневий горизонт літосфери в межах суші. Суша займає 29,2 % поверхні земної кулі і включає землі різної категорії, з яких найважливіше значення має плідорідний Ґрунт.

Ґрунт – це поверхневий шар земної кори, який утворюється і розвивається в результаті взаємодії рослинності, тварин, мікроорганізмів, гірських порід і є самостійним природним утворенням. Найважливішою властивістю ґрунту є родючість – здатність забезпечувати зростання і розвиток рослин. Ґрунт є гігантською екологічною системою, що чинить, поряд зі Світовим океаном, вирішальний вплив на всю біосферу. Вона активно бере участь у кругообігу речовин і енергії в природі, підтримує газовий склад атмосфери Землі. За допомогою ґрунту – найважливішого компонента біоценозів – здійснюються екологічні зв'язки живих організмів з літосферою, гідросферою й атмосферою.

Засновником наукового ґрунтознавства є видатний російський вчений Докучаєв В. В. (1846 – 1903), який розкрив сутність ґрунтоутворювального процесу. До факторів ґрунтоутворення відносяться материнські (ґрунтоутворені) породи, рослинні і тваринні організми, клімат, рельєф, час, вода (ґрунтова) і господарська діяльність людини. Розвиток ґрунту нерозривно пов'язаний з материнською породою (граніт, вапняк, пісок, лісовидні суглинки та ін.) Виникнення пухкої ґрунтової маси пов'язано як з процесами хімічного вивітрювання, так і з біологічними – утворенням специфічних органічних речовин (гумусу або перегною) під впливом рослин.

До складу ґрунту входять чотири важливих структурних компоненти: мінеральна основа, зазвичай 50 – 60 % загального складу ґрунту, органічна речовина до 10 %, повітря 5 % і вода 25 – 35 %. Структура ґрунту визначається відносним отриманням у ній піску, мулу і глини. Хімізм ґрунтів частково визначається мінеральним скелетом, частково – органічною речовиною. Велика частина мінеральних компонентів представлена в ґрунті кристалічними структурами. Переважаючими ґрунтовими мінералами є силікати.

Велику роль в утриманні води і поживних речовин відіграє особливо багаточисельна і важлива група глинистих мінералів, більшість з яких утворюють у воді колоїдну суспензію. Кожен кристал глинистого мінералу містить шари силікату, об'єднані з шарами гідроксиду алюмінію, що володіють постійним негативним зарядом, який нейтралізується катіонами, адсорбованими з ґрунтового розчину. Завдяки цьому катіони не вилугуюються з ґрунту і можуть обмінюватися на інші катіони з ґрунтового розчину і рослинних тканин. Ця катіонообмінна здатність слугує одним з важливих індикаторів родючості ґрунту.

Органічна речовина ґрунту утворюється при розкладанні мертвих організмів, їх частин, екскретів і фекалій. Кінцевим продуктом розкладання є гумус, перебуваючи у колоїдному стані, подібно до глини, і володіє великою поверхнею часток з високою катіонообмінною здатністю. Одночасно з утворенням гумусу життєво важливі елементи переходять з органічних сполук у неорганічні, наприклад азот в іони амонію, фосфор в ортофосфатіони, сірка в сульфатіони. Цей процес називається мінералізацією. Вуглець вивільняється у вигляді CO_2 в процесі дихання.

Ґрунтове повітря, як і ґрунтова вода, знаходиться в порах між частками ґрунту. Роздрібленість зростає в ряду від глин до суглинків і пісків. Між ґрунтом і атмосферою відбувається вільний газообмін, і в результаті цього повітря обох середовищ має подібний склад, але в повітрі ґрунту через дихання організмів, які його населяють, дещо менше кисню і більше діоксиду вуглецю.

Ґрунтові частинки утримують навколо себе певну кількість води, яка поділяється на три типи:

- гравітаційна вода, яка здатна вільно просочуватися вниз крізь ґрунт, що веде до вилуговування, тобто вимивання з ґрунту різних мінеральних речовин;
- гігроскопічна вода, адсорбує навколо окремих колоїдних частинок за рахунок водневих зв'язків і є найменш доступною для коренів рослин. Найбільший її вміст в глинистих ґрунтах;
- капілярна вода, утримувана навколо ґрунтових частинок силами поверхневого натягу і здатна підніматися вузькими порами і каналцями від рівня ґрунтових вод і є основним джерелом води для рослин, а на відміну від гігроскопічної, вона легко випаровується.

Ґрунти за зовнішніми ознаками значно відрізняються від гірських порід, внаслідок фізико-хімічних процесів, що протікають в них. Вони включають такі показники, як колір (чорноземи, буроземи, сірі лісові, каштанові тощо), структура (зерниста, грудкувата, стовпчаста та ін.), новоутворення (у степах – карбонати кальцію, в напівпустелях – скупчення гіпсу). Товщина ґрунтового шару в помірних районах на рівнинах не перевищує 1,5 – 2,0 м, в гірських – менше метра.

У ґрунтовому профілі, де переважають рухи ґрунтових розчинів зверху вниз, найчастіше виділяють три головних горизонти:

- перегнійно-акумулятивний (гумусовий) горизонт;
- елювіальний, або горизонт вимивання, що характеризується переважно виносом речовин;

- іллювіальний горизонт, куди з верхніх горизонтів вимиваються сполуки (легкорозчинні солі, карбонати, колоїди, гіпс та ін.).

Далі розташовується материнська (ґрунтоутворююча) порода. Типи ґрунтів характеризуються певним будовою ґрунтового профілю, однотипним напрямом ґрунтоутворення, інтенсивністю процесу ґрунтоутворення, властивостей і гранулометричного складу. Серед ґрунтів можна виділити кілька основних типів:

- арктичні і тундрові ґрунти, потужність покриву яких становить не більше 40 см. Ці ґрунти характеризуються перезволоженням і розвитком анаеробних мікробіологічних процесів, поширені на північних околицях Євразії та Північної Америки, островах Північного Льодовитого океану;

- підзолисті ґрунти, у формуванні їх переважне значення має підземний відтворювальний процес в умовах помірного вологого клімату під хвойними лісами Євразії та Північної Америки;

- чорноземи поширені в межах лісостепової і степової зон Євразії, формуються в умовах посушливого клімату і наростаючої континентальності, характеризують великою кількістю гумусу (> 10 %) і є найбільш родючим типом ґрунтів;

- каштанові ґрунти характеризуються незначним вмістом гумусу (< 4 %), формуються в посушливих і екстраконтинентальних умовах сухих степів, широко використовуються в землеробстві, оскільки володіють родючістю і містять достатньо точну кількість елементів живлення;

- сіробурі ґрунти і сіроземи типові для рівнинних внутрішньоконтинентальних пустель помірного поясу, субтропічних пустель помірного поясу, субтропічних пустель Азії та Північної Америки, розвиваються в умовах сухого континентального клімату і відрізняються високою засоленістю і малим вмістом гумусу (до 1,0 – 1,5 %), низькою родючістю і придатні до землеробства тільки в умовах зрошення;

- червоноземи і жовтоземи формуються в умовах субтропічного клімату під вологими субтропічними лісами, поширені в Південно-Східній Азії, на узбережжі Чорного та Каспійського морів, цей тип ґрунту при сільськогосподарському використанні вимагає внесення мінеральних добрив і захисту ґрунту від ерозії;

- гідроморфні ґрунти формуються під впливом атмосферної вологи поверхневих і ґрунтових вод, поширені в лісовій, степовій і пустельній зонах. До них відносяться болотисті та засолені ґрунти.

Основними хімічними та фізичними властивостями, що характеризують плодючість ґрунтів є:

- зміст і склад гумусу, його запаси, потужність гумусового шару;
- зміст доступних елементів живлення;
- показники фізичних властивостей ґрунту – щільність, агрегування, польова вологоємність, водопроникність, аерація;
- морфологічна будова профілю ґрунтів – потужність орного горизонту і в цілому гумусового профілю;
- фізико-хімічні властивості ґрунтів – реакція ґрунту, ємність поглинання, склад обмінних катіонів, ступінь насиченості підставами, рівень токсичних речовин – рухомих форм алюмінію і марганцю, показники сольового режиму. Хімічні забруднення ґрунтів призводить до деградації ґрунторослинного покриву та зниження ґрунтової родючості.

Ґрунтовий розчин – це розчин хімічних речовин у воді, що знаходиться в рівновазі з твердою і газоподібною фазами ґрунту і заповнює її поровий простор. Його можна розглядати як гомогенну рідку фазу, що має змінний склад. Склад ґрунтового розчину залежить від його взаємодії з твердими фазами в результаті процесів осадження-розчинення, сорбції-десорбції, іонного обміну, комплексоутворення, розчинення газів ґрунтового повітря, розкладання тваринних і рослинних залишків.

Кількісними характеристиками складу і властивостей ґрунтового розчину слугує іонна сила, мінералізованість, електропровідність, окислювально-відновний потенціал, титрована кислотність (лужність), активності та концентрації іонів, рН. Хімічні елементи можуть перебувати в складі ґрунтового розчину у формі вільних іонів, аквакомплексів, гідроксокомплексів, комплексів з органічними і неорганічними лігандами, у вигляді іонних пар та інших асоціатів. Ґрунтові розчини різних типів ґрунтів мають карбонатний, гідрокарбонатний, сульфатний або хлоридний аніонний склад з переважанням серед катіонів Ca, Mg, K, Na. Залежно від ступеня мінералізованості, яку знаходять як суму сухих солей після випарювання ґрунтового розчину (в мг/л), ґрунту класифікуються: на прісні, мінералізовані 1 %, солонуваті 1 – 10 % і солоні 10 – 25 %.

Важливою характеристикою ґрунтового розчину є актуальна кислотність, яка характеризується двома показниками: активність іонів H^+ (ступінь кислотності) і вмістом кислотних компонентів (кількість кислотності). На величину рН ґрунтового розчину впливають вільні органічні кислоти: винна, мурашина, масляна, корична, оцтова, фульвокислоти та ін.

З мінеральних кислот велике значення має вугільна кислота, на кількість якої впливає розчинення в ґрунтовому розчині CO_2 .

Тільки за рахунок CO_2 рН розчину може знижуватися до 4 – 5,6. За рівнем актуальної кислотності ґрунти класифікуються на:

- сильно кислі рН = 3-4; слаболужні рН = 7-8;
- кислі рН = 4-5; лужні рН = 8-9;
- слабокислі рН = 5-6; сильнолужні рН = 9-11.
- нейтральні рН = 7;

Надмірна кислотність токсична для багатьох рослин. Зменшення рН ґрунтового розчину викликає збільшення рухливості іонів алюмінію, марганцю, заліза, міді та цинку, що зумовлює зниження активності ферментів і погіршення властивостей протоплазми рослин і призводить до пошкодження кореневої системи рослин.

Іонообмінні властивості ґрунту пов'язані з процесом еквівалентного обміну в ґрунтовому поглинаючому комплексі катіонів, які там знаходяться, та аніонів взаємодіючих з твердими фазами ґрунту розчину. Основна частина обмінних аніонів знаходиться в ґрунтах на поверхні гідроксидів заліза і алюмінію, які в умовах кислої реакції мають позитивний заряд. В обмінній формі в ґрунті можуть знаходитися аніони Cl^- , NO_3^- , SeO_4^- , MoO_4^{2-} , HMoO_4^- . Обмінні фосфат-, арсенат- та сульфат-іони можуть міститися в ґрунтах у невеликих кількостях, оскільки ці аніони міцно поглинаються деякими компонентами твердих фаз ґрунту і не витісняються в розчин при впливі інших аніонів. Поглинання аніонів ґрунтами в несприятливих умовах може призводити до накопичення ряду токсичних речовин. Обмінні катіони знаходяться на обмінних позиціях глинистих мінералів і органічної речовини, їх склад залежить від типу ґрунтів. У тундрових, підзолистих, бурих лісових ґрунтах, червоноземах і жовтоземах серед цих катіонів переважають іони Al_3^+ , $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, та H^+ . У чорноземах, каштанових ґрунтах і сіроземах обмінні процеси представлені переважно іонами Ca_2^+ і Mg_2^+ , а в засолених ґрунтах – також іонами Na^+ . У всіх ґрунтах серед обмінних катіонів завжди є невелика кількість іонів K^+ . Деякі важкі метали (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} і ін.) можуть бути присутніми в ґрунтах в якості обмінних катіонів.

Для поліпшення ґрунту з метою сільськогосподарського виробництва проводять систему заходів, звану меліорацією. До меліорації належать: осушення, зрошення, окультурення пусток, занедбаних земель і боліт. У результаті проведення меліорації втрачено особливо багато водно-болотних угідь, що сприяє процесу вимирання видів.

Засолення – це накопичення у ґрунтах легкорозчинних солей. У природних умовах воно відбувається за рахунок випадіння солей з засолених ґрунтових вод або в зв'язку з еоловим долишкам солей з морів, океанів і з територій, де широко поширені солоні озера. На зрошуваних масивах суттєвим джерелом солей можуть бути зрошувальні води і випадання солей в ґрунтовій товщі з мінералізованих ґрунтових вод, рівень яких при зрошенні часто піднімається.

Пестицидами є хімічні речовини, що застосовуються для знищення тих чи інших шкідливих організмів. Залежно від напрямку використання вони поділяються на кілька груп.

1. Гербіциди, а саме діурон, симазин, атразин, монурон та інші, що використовуються для боротьби з бур'янами.

2. Фунгіциди, тобто цинеб, каптан, фталан, додін, хлорталоніл, беном, карбоксин – для боротьби з грибковими хворобами рослин.

3. Бактерициди, а саме солі міді, стрептоміцин, бронопол, 2-тріхлорметил-6-хлорпіридин та інші – для боротьби з бактеріями і бактеріальними хворобами.

4. Інсектициди, а саме ДДТ, ліндан, дільрін, альдрин, хлорофос, діфос, карбофос та інші – для боротьби зі шкідливими комахами.

До пестицидів відносяться також хімічні засоби стимулювання і гальмування росту рослин, препарати для видалення листя (дефоліанти) і підсушування рослин (десиканти).

Власне пестициди (діючі начала) – природні або найчастіше синтетичні речовини, що застосовуються не в чистому вигляді, а у вигляді різних комбінацій з розчинниками і поверхносно активними речовинами (ПАР). Відомо кілька тисяч діючих речовин, постійно використовується близько 500. Асортимент їх постійно оновлюється, що пов'язано з необхідністю створення більш ефективних і безпечних для людей і навколишнього середовища пестицидів, а також розвитком у комах, кліщів, грибів і бактерій різноманітні при тривалому застосуванні одних і тих же пестицидів.

Основними характеристиками пестицидів є активність щодо цільових організмів, вибірковість дії, безпечність для людей і навколишнього середовища. Активність пестицидів залежить від їх здатності проникати в організм, пересуватися в ньому до місця дії і пригнічувати життєво важливі процеси. Екологічна безпека пестицидів пов'язана з їх вибірковістю і здатністю зберігатися якийсь час у середовищі, не втрачаючи

своєї біологічної активності. Багато пестицидів токсичні для людей і теплокровних тварин.

Хімічні сполуки, що застосовуються в якості пестицидів, відносяться до таких класів: фосфороорганічні сполуки, хлорпохідні вуглеводні, карбонатів, хлорфенольної кислоти, похідні сечовини, амідні карбонових кислот та ін. Застосування пестицидів у сільському господарстві сприяє підвищенню його продуктивності і зниження втрат, проте пов'язане з можливістю залишкового потрапляння пестицидів у продукти харчування та екологічною небезпекою. Наприклад, накопиченням пестицидів у ґрунті, потраплянням їх до ґрунтових та поверхневих вод, порушення природних біоценозів, шкідливий вплив на здоров'я людей і на фауну.

Найбільшу небезпеку становить стійкі пестициди та їх метаболіти, здатні накопичуватися і зберігатися в природному середовищі до кількох десятків років. Пестициди вражають різні компоненти природних систем: зменшують біологічну продуктивність фітоценозів, видове різноманіття тваринного світу, знижують чисельність корисних комах і птахів, а в кінцевому підсумку становлять небезпеку і для людини. Підраховано, що 98 % інсектицидів і фунгіцидів, 60 – 95 % гербіцидів не досягають об'єктів пригнічення, а потрапляють у повітря і воду. Зооциди створюють у ґрунті мляве середовище.

Пестициди, що містять хлор (ДДТ, гексахлоран, діоксин, дібензфуран та ін.), відрізняються не лише високою токсичністю, але і надзвичайною біологічною активністю і здатністю накопичуватися в різних ланках харчового ланцюга. Навіть у незначних кількостях пестициди придушують імунну систему організму, підвищуючи, таким чином, його чутливість до інфекційних захворювань. У більш високих концентраціях ці речовини надають мутагенну і канцерогенну дію на організм людини. Тому останнім часом найбільше застосування знаходять пестициди з низькими нормами витрати (5 – 50 г/га), поширення отримують безпечні синтетичні феромони й інші біологічні методи захисту.

Світове виробництво пестицидів складає близько 5 млн тонн. Зростання обсягів застосування пестицидів пояснюється тим, що екологічно безпечніші альтернативні методи захисту рослин недостатньо розроблені, особливо в області боротьби з бур'янами.

Для підвищення врожайності культурних рослин у ґрунт вносять неорганічні й органічні речовини, звані добривами. У природному біоценозі панує природний круговорот речовин: мінеральні речовини, забираються рослинами з ґрунту, після відмирання рослин знову

повертаються в неї. Якщо ж в разі відчуження врожаю для власного споживання або на продаж система порушується, стає необхідним застосування добрив.

Добрива підрозділяють на мінеральні, видобуті з надр, промислово отримані хімічні сполуки, містять основні елементи харчування (азот, фосфор, калій) і важливі для життєдіяльності мікроелементи (мідь, бор, марганець та ін.), а також органічні складові (перегній, гній, торф, пташиний послід, компости та ін.), що сприяють розвитку корисної мікрофлори ґрунту і підвищенню ефективності його родючості.

Однак часто добрива вносять у кількостях, не збалансованих зі споживанням сільськогосподарськими рослинами, тому вони стають потужними джерелами забруднення ґрунтів, сільськогосподарської продукції, ґрунтових вод, а також природних водойм, річок, атмосфери. Застосування надлишкових мінеральних добрив може мати такі негативні наслідки:

- зміна властивостей ґрунтів при тривалому внесенні добрив;
- внесення великих кількостей азотних добрив призводить до забруднення ґрунтів, сільськогосподарської продукції та прісних вод нітратами, а атмосфери – оксидами азоту. Все сказане стосується і фосфорних добрив;
- мінеральні добрива слугують джерелом забруднення ґрунтів важкими металами. Найбільш забруднені важкими металами фосфорні добрива.

Крім того, фосфорні добрива є джерелом забруднення іншими токсичними елементами – фтором, миш'яком, природними радіонуклеїдами (ураном, торієм, радієм). Істотна кількість важких металів потрапляє в ґрунти із органічними добривами (торфом, гноєм), за рахунок високих доз (порівняно з мінеральними) внесення.

Переудобрення призводить до високого вмісту нітратів у питній воді та деяких культурах (коренеплодах і листових овочах). Власне нітрати відносно нетоксичні. Однак бактерії, що мешкають в організмі людини, можуть перетворювати їх в більш токсичні нітрити. Останні здатні реагувати в шлунку з амінами, утворюючи досить канцерогенні нітросоаміни.

Гранично допустимі кількості (ГДК) нітратів для людини, не повинні перевищувати 500 мг N – NO₃⁻ на добу. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) допускає вміст нітратів у продуктах до 300 мг на 1 кг сирової речовини.

Таким чином, надлишкове залучення сполук азоту в біосферу вельми небезпечно. Щоб знизити негативні наслідки, доцільно використовувати сумісне внесення органічних і мінеральних добрив (при зменшенні норми мінеральних і збільшенні частки органічних добрив). Необхідно забороняти внесення добрив по снігу, з літаків, скидати відходи тваринництва в навколишнє середовище. Доцільно розробляти форми азотних добрив з невеликою швидкістю розчинення.

Для запобігання забруднення ґрунтів і ландшафтів різними елементами, в результаті внесення добрив, слід застосовувати комплекс агротехнічних, агролісомеліоративних і гідротехнічних прийомів у поєднанні з інтенсифікацією природних механізмів очищення. До таких прийомів можна віднести полезахисну агротехніку, мінімальну обробку ґрунтів, удосконалення асортименту засобів хімізації, мало- і мікрооб'ємне внесення добрив разом з насінням, оптимізацію строків і доз внесення. Крім того, цьому сприятиме створення агро-лісомеліоративних систем і організація системи хімічного контролю за складом мінеральних добрив, вмістом важких металів і токсичних сполук.

Література: [8; 16].

Контрольні запитання для самодіагностики

Модуль 1. Хімічні основи екологічних взаємодій

Тема 1. Теоретичні основи екологічної хімії. Основні поняття і визначення

1. Поняття "екосистема", "біосфера", "ноосфера".
2. Екологічні фактори навколишнього середовища.
3. Основні закони екології.
4. Регіональні екологічні проблеми і роль хімічної науки.
5. Утилізація і регенерація реактивів і хімічних відходів.
6. Перерахунок складу забруднюючих речовин, що знаходяться в газоподібній і рідкій фазах.
7. Орієнтовна оцінка класу небезпеки токсичних речовин і їх ГДК розрахунковими методами.
8. Визначення класу токсичності промислових відходів розрахунковими методами.
9. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод перед їх відведенням у водоймище.

10. Розрахунок граничного ступеня очищення води від важких металів методами осадження і комплексування.

11. Розрахунок граничного ступеня очищення газів від домішок хімічними методами.

12. Екологічні проблеми міста.

13. Оцінка екологічного стану території.

14. Оцінка екологічного стану водоймища.

15. Вивчення ролі абіотичних чинників в оцінці стану водних екосистем.

16. Екологічне нормування господарської діяльності і раціональне використання природних ресурсів.

17. Нормативно-правове забезпечення охорони навколишнього середовища.

Тема 2. Основні закони і поняття хімії, які пояснюють хімічні перетворення в біосфері

1. Що спільного і чим відрізняються поняття "атом" та "хімічний елемент"?

2. Яка відмінність між поняттями "маса атому" та "атомна маса"?

3. Чому атомну та молекулярну маси називають відносними?

4. Який взаємозв'язок між молем і молекулярною масою?

5. Як перейти від кількості відомої речовини до її маси?

6. Який взаємозв'язок маси та енергії? Що вони виражають і чи можуть перетворюватись одна в одну?

7. Дати визначення поняттям еквівалента, молярної маси еквівалента, молярного об'єму еквівалента.

8. Яке трактування законів стехіометрії?

9. Сформулювати закон Авогадро, що характеризує об'єм газу, який дорівнює 22,4 л.

10. Який зв'язок між поняттями молярної маси та молярного об'єму?

11. Який фізичний зміст універсальної газової сталої?

12. Як звести газ до нормальних умов; наприклад, один л газу з температурою 73⁰С і тиском 0,9 атм.?

13. Сформулювати закон Дальтона, чому парціальні тиски пропорційні об'ємному вмісту цих газів у суміші?

14. У чому відмінності між реальними та ідеальними газами?

15. Що таке хімічна формула? Які дані можна одержати на її основі?
16. Які основні методи визначення молекулярних і атомних мас?
17. Квантові числа. Яких значень вони набувають і що означають?
18. Що таке атомна орбіталь і чим вона відрізняється від орбіти?
19. Як пов'язані числа електронів на підрівні з головним квантовим числом?
20. За якими принципами формулюються електронні оболонки атомів?
21. У чому поняття правила Гунда?
22. У чому суть правила формування електронних орбіталей?
23. Як збудовані атомні ядра? Що таке ізотопи, ізобари?
24. Що називають періодом піврозпаду радіоактивного елемента?
25. Навести сучасне формулювання періодичного закону, чим воно відрізняється від первісного?
26. У чому полягає загальнонаукове і філософське значення періодичного закону?
27. Який фізичний сенс порядкового номера елемента?
28. Які властивості атомів перебувають у періодичній залежності від протонних чисел елементів?
29. Електронегативність. Як вона змінюється у групах і періодах?
30. Як змінюється спорідненість до електрона у групах і періодах?
31. Як розміщені у періодичній системі метали і неметали?
32. У чому фізичний сенс номера групи? Які підгрупи називають головними, а які побічними?
33. Дати визначення поняття хімічного зв'язку.
34. Що таке швидкість хімічної реакції? Від яких факторів вона залежить? Який фізичний зміст константи швидкості? Як вона виражається?
35. Що таке енергія активації і активований комплекс?
36. Які процеси називають каталітичними? Який принцип дії каталізатора?
37. Що таке константа рівноваги? Від яких факторів вона залежить?
38. Які реакції називають окислювально-відновними?
39. Які типи окислювально-відновних реакцій?
40. Які принципи складання рівнянь окислювально-відновних реакцій?
41. Які елементи є окисниками, які відновниками?
42. Який вплив середовища на перебіг окислювально-відновних реакцій?
43. Як зробити висновок щодо можливості перебігу тієї чи іншої окислювально-відновної реакції?

Завдання для самостійного вирішення

1. Знайти просту формулу речовини, що містить (по масі) 43,4 % Na, 11,3 % C, 45,3 % O.
2. Знайти просту формулу речовини, до складу якої входить водень, вуглець, кисень і азот у співвідношенні мас 1:3:4:7.
3. Знайти просту формулу оксиду ванадію, знаючи, що 2,73 г оксиду містить 1,53 г металу.
4. Знайти просту формулу речовини, що містить (мас) 26,53 % калію, 35,37 % хрому, 38,1 % кисню.
5. Знайти молекулярну формулу речовини, що містить (мас) 93,75 % вуглецю і 6,25 % водню, якщо щільність за повітрям рівна 4.41.
6. При згоранні 4,3 г вуглеводню утворилося 13,2 г CO_2 . Щільність пари вуглеводню за воднем рівна 43. Вивести молекулярну формулу з'єднання.
7. При згоранні навішення органічної бромскладаючої речовини масою 1,88 г одержано 0,88 г CO_2 і 0,3 г води. Після перетворення всього броду, що міститься в навішенні в бромід срібла одержано 3,76 г AgBr . Щільність пари речовини за воднем рівна 94. Визначити молекулярну формулу з'єднання.
8. Який об'єм ацетилену (C_2H_2) можна одержати взаємодією води з 0,8 кг CaC_2 (карбід кальцію).
9. Яку масу заліза можна одержати з 2 т залізняку, що містить 94 % (мас) Fe_2O_3 .
10. При розкладанні CaCO_3 виділилося 11,2 л CO_2 . Чому рівна маса KOH , необхідна для скріплення газу, що виділився, в карбонат?
11. При згоранні 5,0 г металу утворюється 9,44 г оксиду металу. Визначити еквівалентну масу металу.
12. Маса 1 л кисню рівна 1,4 г. Скільки літрів кисню витрачається при згоранні 21 г магнію, еквівалент якого рівний $1/2$ моля?
13. Визначити еквівалентні маси металу і сірки, якщо 3,24 г металу утворюють 3,48 г оксиду і 3,72 г сульфїду.
14. Обчислити атомну масу двовалентного металу і визначити, який це метал, якщо 8,34 г металу окислюються 0,68 л кисню.
15. 1 г металу з'єднується з 8,89 г броду і з 1,78 г сірки. Знайти еквівалентні маси броду і металу, знаючи, що еквівалентна маса сірки рівна 16 г/моль.

16. Для розчинення 16,8 г металу було потрібно 14,7 г H_2SO_4 . Визначити еквівалентну масу металу і об'єм водню, що виділився.

17. Деяка кількість металу, еквівалентна маса якого рівна 27,9 г/моль, витісняє з кислоти 700 мл водню. Визначити масу металу.

18. На нейтралізацію 2,45 г кислоти йде 2 г NaOH . Визначте еквівалентну масу кислоти.

19. На відновлення 1,8 г оксиду металу витрачено 883 мл водню. Обчислити еквівалентні маси оксиду і металу.

20. При взаємодії 5,95 г речовини з 2,75 г хлорводню вийшло 4,4 г солі. Обчислити еквівалентні маси речовини і солі, що утворилися.

21. При 17°C деяка кількість газу займає об'єм 580 мл. Який об'єм займе цю ж кількість при 100°C , якщо тиск залишиться незмінним?

22. Тиск газу, що займає об'єм 2,5 л, рівний 121,6 кПа. Чому буде рівний тиск, якщо, не змінюючи температуру, стиснути газ до об'єму в 1 л?

23. На скільки градусів треба нагрівати газ, що знаходиться в закритій посудині при 0°C , щоб його тиск збільшився удвічі?

24. При 27°C і тиску 720 мм рт. ст. об'єм газу рівний 5 л. Який об'єм займе цю ж кількість газу при 39°C і тиску 104 кПа?

25. При 7°C тиску газу в закритій посудині рівний 96 кПа. Яким стане тиск, якщо охолодити посудину -33°C ?

26. За нормальних умов 1 г повітря займає об'єм 773 мл. Який об'єм займе та ж маса повітря при 0°C і тиску 93,3 кПа?

27. Тиск газу в закритій посудині при 12°C рівний 100 кПа. Яким стане тиск газу, якщо нагрівати посудину до 30°C ?

28. У сталевому балоні місткістю 12 л знаходиться при 0°C кисню під тиском 15,2 мПа. Який об'єм кисню при н. у. можна одержати з такого балона?

29. При тиску 98,7 кПа і температурі 91°C деяка кількість газу займає об'єм 680 мл. Знайти об'єм газу при н. у.

30. При взаємодії 1,28 г металу з водою виділилося 380 мл водню, зміряного при 21°C і тиску 104,5 кПа. Знайти еквівалентну масу металу.

31. Змішують $0,04 \text{ м}^3$ азоту під тиском 96 кПа з $0,02 \text{ м}^3$ кисню. Загальний об'єм змішай $0,06 \text{ м}^3$, а загальний тиск 97,6 кПа. Яким був тиск узятого кисню?

32. Газова суміш приготована з 2 л водню з тиском 93,3 кПа і 5 л метану (CH_4) з тиском 112 кПа. Знайти парціальний тиск газів і загальний тиск суміші.

33. 0,604 г двовалентного металу витіснили з кислоти 581 мл водню, зібраного над водою при 18⁰С і тиску 105,6 кПа. Тиск насиченої пари води складає 2,1 кПа. Знайти відносну атомну масу металу.

34. Чи однакове число молекул в 0,001 кг Н₂ і 0,001 О₂? У 1 молі Н₂ і в 1 молі О₂, в 1 л О₂ і в 1 л Н₂ за однакових умов?

35. Який об'єм при н. у. займають 27×10^{21} молекул газу?

36. Обчислити масу 2 л Н₂ при 15⁰С і тиску 100,7 кПа.

37. Визначити об'єм, займаний 0,07 кг Н₂ при 21⁰С і тиску 142 кПа.

38. Бертолетова сіль КСlО₃ при нагріванні розкладається з утворенням КСl і О₂. Скільки літрів О₂ при 0⁰С і тиску 101,3 кПа можна одержати з 1 моля КСlО₃?

39. Який об'єм Н₂ при 17⁰С і тиску 102,4 кПа виділяється при розчиненні 1,5 кг цинку в соляній кислоті?

40. За однакових умов узяті рівні об'єми Н₂ і О₂. Яке співвідношення мас обох газів?

41. Суміш еквівалентних кількостей водню і кисню знаходиться в закритій посудині при температурі вище 100⁰С. Як зміниться тиск в посудині, якщо посуміш висадити і потім привести вміст посудини до первинної температури?

42. Чому рівний атмосферний тиск у горах, якщо при 0⁰С маси 1 л узятого повітря рівна 700 мг?

43. Обчислити молярну масу газу, якщо маса 600 мл рівна 1,714 г.

44. Щільність етилену за киснем рівна 0,875. Визначити молекулярну масу газу.

45. Щільність пари сірки за азотом рівна 9,14. Зі скількох атомів складається молекула сірки?

46. Обчислити молярну масу ацетону, якщо маса 500 мл його пари при 80⁰С і тиску 96 кПа рівна 0,93.

47. Судина місткістю 20 л наповнена газом. Щільність газу за повітрям $D=0,4$, тиск 103,3 кПа, температура 17⁰С. Обчислити масу газу.

48. Газоподібний оксид містить 30,4 % азоту. У молекулу оксиду входить 1 атом азоту. Чому рівна щільність газу за киснем?

49. Маса 22,4 л газу при н. у. рівна 2,8 г. Чому рівна молекулярна маса газу?

Тема 3. Загальні характеристики розчинів. Роль розчинів і дисперсних систем у біосфері

1. Що таке розчини і як пояснити їх утворення?
2. Дати характеристику газовим рідким розчинам.
3. У чому сутність теорії розчинів?
4. Що таке концентрація розчинних речовин, як їх виражають?
5. Що таке розчинність речовини, як вона визначається?
6. Що таке критична температура розчинення?
7. Сформулювати закон розподілу. Його практичне використання.
8. Сформулювати закон розчинності газів (Генрі).
9. Який зв'язок між тиском пару розчинів і їхньою концентрацією (закон Рауля).
10. Як пояснити ефект підвищення (зниження) температури кипіння (змерзання)?
11. У чому полягає явище осмосу? Правило Вант-Гоффа.
12. Що таке електроліти, чим вони відрізняються від неелектролітів?
13. Сформулювати теорію електролітичної дисоціації, у чому їх різниця?
14. Що виражає закон розведення Освальда?
15. Що визначає константа дисоціації і ступінь дисоціації?
16. Дати поняття активності іонів.
17. Що таке іонний добуток води, водневий показник, який їх хімічний зміст?
18. Які реакції обміну перебігають до кінця?
19. Які розчини називають буферними?
20. Чим молекулярні рівняння різняться від іонних?
21. Що таке гідроліз солі? Які солі підвергаються гідролізу?
22. Який зв'язок між ступнем гідролізу солі, її концентрацією і константою гідролізу?
23. Які фактори впливають на гідроліз солі?
24. Які характерні ознаки колоїдних розчинів?
25. Порівняйте поняття колоїдного стану з поняттям інших станів речовин.
26. Як класифікують колоїдні розчини?
27. Яка принципова різниця між сегментацією і коагуляцією?
28. Що таке поверхнево-активні речовини і миючі засоби?

Модуль 2. Хімічні елементи в біосфері, їх вплив на атмосферу, гідросферу, літосферу

Тема 4. Біогеохімічні цикли. Токсиканти. Стандарти якості навколишнього середовища

1. Поняття "біогеохімічні цикли".
2. Кругообіг хімічних елементів.
3. Кругообіг вуглецю.
4. Кругообіг азоту.
5. Кругообіг фосфору.
6. Кругообіг біогенних елементів.
7. Антропогенний кругообіг речовин.
8. Ресурсний цикл.
9. Токсиканти навколишнього середовища.
10. Неорганічні токсиканти.
11. Діоксини і споріднені з ними сполуки.
12. Фізико-хімічні властивості діоксинів.
13. Стандарти якості НС.
14. Нормування атмосферних забруднень.
15. Нормування забруднень води.
16. Нормування забруднень ґрунту.

Тема 5. Екологічна хімія атмосфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість атмосфери

1. Перерахуйте всі можливі джерела, включаючи і природні, появи в атмосфері: CO, O₂, CH₄, NO.

2. Опишіть всі способи окислення SO₂ і SO₃. Як впливає на навколишнє середовище це окислення?

3. Освіта в атмосфері сірчаноокислотних дощів можливо фотохімічним шляхом: SO₂ + hν = SO₂*; SO₂* + O₂ = SO₃ + O; SO₃ + H₂O = H₂SO₄. Поясніть можливість вказаних реакцій.

4. Щільний серпанок, що закутує багато промислових районів, є розпилений сульфат амонію. Поясніть його створення.

5. У вихлопних газах автомобіля є NO. Поясніть можливість його утворення, маючи на увазі, що в циліндрі автомобільного двигуна досягається високий тиск і температура близько 2 400°C. У які реакції вступає NO в повітрі?

6. Для зменшення змісту NO у вихлопних газах застосовують каталізатори, які сприяють реакції NO з H₂ або із C. Складіть рівняння реакцій.

7. Під дією атмосферного SO₂ мармур перетворюється на гіпс. Складіть рівняння реакції, що приводить до руйнування мармуру.

8. Чому в кожному аеропорту розміщене оголошення, що забороняє провозити в літаку ртуть у будь-якому вигляді?

Тема 6. Екологічна хімія гідросфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість води

1. Визначення змісту нітриту у воді.
2. Перманганатна окислюваність води. Методика визначення.
3. Хімічне споживання кисню (бихроматна окислюваність). Методика визначення.
4. Біохімічне споживання кисню. Методика визначення.
5. Визначення змісту розчиненого кисню.
6. Лужність води. Методика визначення.
7. Кислотність води. Методика визначення.
8. Зважені речовини. Визначення у воді.
9. Підготовка проб води до аналізу.
10. Визначення запаху води.
11. Визначення кольоровості води.
12. Визначення прозорості води.
13. Правила і методи відбору проб води.

Завдання для самостійного вирішення

1. Визначте добову витрату хлору на хлорування води в місті з мільйоном жителів, якщо прийняти, що витрата води на людину 350 л, а норма витрати хлору 10⁻⁴ г/л. Відповідь: 70 кг.

2. Яка мінімальна сумарна маса кожного з перерахованих металів, які можуть щодня проходити через міську мережу водопостачання потужністю 107 л день, якщо концентрація цих металів не повинна перевищувати: цинку – 5 мг/л, кадмію – 0,01 мг/л, марганцю – 0,05 мг/л, мідь – 1 мг/л. Відповідь: 50; 0,1; 0,5; 10 кг.

3. Скільки л морської води потрібно обробити, щоб одержати 108 кг бромю, якщо концентрація бромю 0,67 г/кг або 10^{-4} моль/л. Відповідь: 1013 л.

4. Кислотні дощі потрапляють в ґрунт і руйнують нерозчинні з'єднання металів, наприклад оксиди. Таким чином, важкі метали в надмірних кількостях потрапляють у воду, а потім у кров тварин і людини, викликаючи різні захворювання і масову загибель риби. До складу глини входить 10 – 40 % оксиду алюмінію. Яка кількість алюмінію опиниться у воді, якщо разом з осіданнями випало 10 т сірчаної кислоти. Відповідь: 1,837 тонн.

5. У прісній воді, призначеній для водопостачання, концентрація іонів кальцію складає 10^{-3} моль/л, а концентрація бікарбонат-іону рівна 10^{-3} моль/л. Яка кількість гідроксиду кальцію і карбонату натрію необхідна для зниження рівня вмісту іонів кальцію в чотири рази, якщо потрібно підготувати 107 л води. Відповідь: 583 і 240,5 кг

6. Вміст фосфору в морській воді складає 0,07 г фосфору на 106 г води. Якщо весь цей фосфор знаходиться у вигляді фосфат-іону, то які будуть молярні концентрації фосфату? Відповідь: $2,3 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

7. Згідно з наявним оцінкам, всі річки світу щорічно приносять в світовий океан 4×10^{15} г розчинених солей. Яку частку в % за масою складає це щорічне надходження від повної кількості солей, розчинених в океані? Об'єм води світового океану 1,35 млрд. км³, солоність води світового океану 35 г/кг, тобто 3,5 %. Щільність морської води прийняти за 1 кг/м³. Відповідь: 0,00846 %.

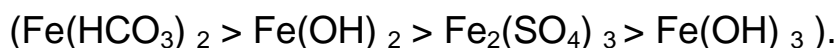
8. У акваріум місткістю 20 л помістилося 100 г натрієвої селітри (щ = 80 %). Скільки часу є у запасі, щоб дістати нову, придатну для вмісту золотих рибок воду, якщо відомо, що при концентрації нітрат-іонів 6 г/л рибки гинуть через 6,5 годин, при концентрації 5 г/л – через 37 годин, при 4 г/л – через 80 годин. Відповідь: 4 г/л.

9. У воді содового джерела об'ємом 1 л міститься 0,1 моль гідрокарбонат-іонів. Розрахуйте, скільки моль натрій-іонів міститься у

склянці такої води місткістю 200 мл. Яку фізіологічну дію на організм може чинити така вода? Відповідь: 0,02 моль/л.

10. Фтор потрапляє в організм людини з продуктами харчування і водою. У деяких районах вміст фтористих солей в питній воді в перерахунку на фторид натрію складає 2 мг/л. Вважаючи, що людина в середньому споживає в добу 2 л води, обчислити скільки фтору вводиться щодня в організм людини? Напишіть рівняння дисоціації фториду натрію і вкажіть, в якому вигляді фтор потрапляє до організму. До чого може призвести надлишок фтору в організмі? Відповідь: 1,8 міліграм.

11. ГДК заліза у воді 0,3 мг/л. Зміст заліза перевищений у 4 рази. Це призводить до підвищення захворюваності шлунково-кишкового тракту, ішемічної хвороби серця. Запропонуйте способи знешкодження, враховуючи, що в даній області іони заліза знаходяться у вигляді гідрокарбонату заліза (II), який може перейти в осад – гідроксид заліза (III). Напишіть рівняння реакцій цього переходу



12. Для визначення вмісту сульфат-іонів у воді мінерального джерела до 150,0 мл її додали 25,00 мл 0,1 м розчину хлориду барію. Не фільтруючи осідань сульфату барію, додали до суміші амонійний буфер, що містить комплексонат магнію і відтитрували 14,00 мл 0,01 м ЕДТА. Обчислити концентрацію сульфат - іонів (мг/л).

Відповідь: 67,16 мг/л.

13. Визначте молярну концентрацію хлора у воді, якщо для його видалення з води об'ємом 1 м³ було потрібно розчин тіосульфату натрію об'ємом 500 мл (C = 0,1 моль/л). Відповідь: 4 моль/л.

14. Гідроксид магнію одержують з морської води шляхом осадження іонів магнію вапняним молоком. Скільки кубометрів води потрібно переробити, щоб одержати 1 т гідроксиду магнію, якщо загальна мінералізація морської води складає 35 г/л, причому зміст магнію у вигляді хлориду складає 9,44 %? Відповідь: 495,7 м³.

15. Для визначення кисню, розчиненого у воді, узяли дві проби в склянки місткістю 500 мл. У першу склянку (робочий дослід) ввели 1,00 мл MnCl₂ і 3,00 мл лужного розчину іодид-іодатної суміші; у другу (контрольний дослід) – 1,00 мл MnCl₂, 3,00 мл KI + KIO₃ + KOH і 5,00 мл

HCl (пл. 1,19 г/мл). Після відповідної обробки з кожної склянки відібрали по 100 мл розчину. На титрування йоду в 100 мл розчину було витрачено 10,25 мл в робочому досліді і 2,20 мл 0,01 н розчину тіосульфату натрію в контрольному досліді ($K = 1,1440$). Обчислити зміст кисню, розчиненого у воді, в мг/л за нормальних умов. Відповідь: 7,41 мг/л.

16. Для визначення кисню, розчиненого у воді, взяли дві проби. У першу склянку місткістю 200 мл (робочий дослід) ввели 1,00 мл $MnCl_2$ і 3,00 мл лужного розчину іодид-іодатної суміші; у другу місткістю 180 мл (контрольний дослід) – 1,00 мл $MnCl_2$, 3,00 мл $KI + KIO_3 + KOH$ і 5,00 мл HCl (пл. 1,19 г/мл). Після відповідних операцій на титрування йоду в робочому досліді витрачено 8,76 мл і 1,40 мл розчину тіосульфату натрію в контрольному досліді $T(Na_2S_2O_3) = 0,0002600$ г/мл. Обчислити зміст кисню, розчиненого у воді, в мг/л за нормальних умов. Відповідь: 9,75 мг/л.

17. Для визначення кисню, розчиненого у воді, взяли дві проби в склянки місткістю 330,0 мл (робочий дослід) і 340,0 мл (контрольний дослід). У першу склянку ввели 1,00 мл $MnCl_2$ і 3,00 мл лужного розчину іодид-іодатної суміші; у другу – 1,00 мл $MnCl_2$, 3,00 мл $KI + KIO_3 + KOH$ і 5,00 мл HCl (пл. 1,19 г/мл). Після відповідних операцій на титрування йоду в робочому досліді витрачено 8,40 мл 0,1 н розчину тіосульфату натрію ($K = 0,7810$), а на титрування йоду в контрольному досліді – 4,25 мл того ж розчину. Обчислити зміст кисню, розчиненого у воді, в мг/л при нормальних умовах. Відповідь: 9,96 мг/л.

18. Для визначення кисню, розчиненого у воді, взяли дві проби в склянки місткістю 295,2 мл (робочий дослід) і 250,0 мл (контрольний дослід). У першу склянку ввели 1,00 мл $MnCl_2$ і 3,00 мл лужного розчину іодид-іодатної суміші; у другу (контрольний дослід) – 1,00 мл $MnCl_2$, 3,00 мл $KI + KIO_3 + KOH$ і 5,00 мл HCl (пл. 1,19 г/мл). Після відповідної обробки на титрування йоду в робочому досліді витрачено 6,20 мл розчину тіосульфату натрію $T(Na_2S_2O_3) = 0,01581$ г/мл, а на титрування йоду в контрольному досліді – 2,80 мл того ж розчину. Обчислити зміст кисню, розчиненого у воді, в мг/л за нормальних умов. Відповідь: 7,76 мг/л.

19. Для визначення кисню, розчиненого у воді, узяли дві проби в склянки місткістю 315,0 мл (робочий дослід) і 290,0 мл (контрольний дослід). У першу склянку ввели 1,00 мл $MnCl_2$ і 3,00 мл лужного розчину іодид-іодатної суміші; у другу (контрольний дослід) – 1,00 мл $MnCl_2$, 3,00 мл

KI + KIO₃ + KOH і 5,00 мл HCl (пл. 1,19 г/мл). Після відповідної обробки на титрування йоду в робочому досвіді витрачено 15,40 мл розчину тіосульфату натрію $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Fe}) = 0,002234\text{г/мл}$, а на титрування йоду в контрольному досвіді – 3,60 мл того ж розчину. Обчислити зміст кисню, розчиненого у воді, в мг/л за нормальних умов. Відповідь: 11,75 мг/л.

20. Для визначення сульфат іонів пробу води обробили катіонітом. На титрування 100 мл одержаної води після відповідної обробки було витрачено 12,20 мл 0,1 н розчину нітрату свинцю. Обчислити зміст сульфат іонів в мг/л аналізованої води. Відповідь: 519,7 мг/л.

21. Для визначення сульфат іонів пробу води обробили катіонітом . На титрування 200 мл води після відповідної обробки було витрачене 15,40 мл 0,05 н розчину нітрату свинцю. Обчислити зміст сульфат іонів у мг/л аналізованої води. Відповідь: 230,2 мг/л.

22. При визначенні вільного діоксиду вуглецю на титрування 200 мл води було витрачено 1,80 мл 0,01 н їдкого розчину в присутності фенолфталеїну. Обчислити вміст CO₂ в аналізованій пробі в мг/л. Відповідь: 2,18 мг/л.

23. На титрування 200 мл води у присутності фенолфталеїну витрачено 2,20 мл розчину їдкого натрію ($T_{\text{NaOH}} = 0,0003628\text{ г/мл}$). Скільки міліграм вільного діоксиду вуглецю містилося в 1 л аналізованої води? Відповідь: 1,99 мг/л.

24. Для визначення заліза у воді колориметричним методом у дві мірні колби місткістю 25,00 мл ввели в першу 6,00 мл і в другу 9,00 мл стандартного розчину заліза ($T_{\text{Fe}} = 0,0100\text{ г/мл}$), в третю колбу - 20 мл випробовуваного розчину. Після додавання відповідних реактивів було визначено оптичну щільність розчинів на фотоелектроколориметрі: $A_1=0,33$; $A_2= 0,63$; $A_3= 0,51$. Обчислити зміст заліза в аналізованій воді в мг/л. Відповідь: 3,9 мг/л.

25. На титрування 200 мл води було витрачене 2,25 мл 0,1 н розчину KMnO₄ ($K= 0,8466$). Обчислити окислюваність води і зробити висновок про забруднення її відновниками, якщо норма окислюваності за киснем 7,6 мг/л. Відповідь: 7,62 мг/л.

26. На титрування 100 мл води було витрачене 2,80 мл 0,1 н розчину KMnO₄ ($K= 0,9450$). Обчислити окислюваність води і зробити висновок про забруднення її відновниками, якщо норма окислюваності за киснем 21,2 мг/л. Відповідь: 21,16 мг/л.

27. На титрування 200 мл води було витрачене 2,40 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4} = 0,0008240$ г/мл). Обчислити окислюваність води і зробити висновок про забруднення її відновниками, якщо норма окислюваності за киснем 5,5 мг/л. Відповідь: 9,89 мг/л.

28. Вода містить 3,32 мг-екв/л карбонатної жорсткості, 6,52 мг-екв/л загальною жорсткості, 1,56 мг-екв/л магнію і 11,0 мг-екв/л вільного діоксиду вуглецю. Скільки міліграм CaO і Na_2CO_3 для пробного зм'якшування 1 л води содово-вапняним методом. Відповідь: 165 міліграм; 196 міліграм.

Тема 7. Екологічна хімія літосфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість ґрунту

1. Особливості хімічного складу ґрунту.
2. Основні елементи живлення рослин і їх вміст в ґрунті.
3. Склад ґрунту.
4. Органічні і неорганічні ґрунти, що становлять.
5. Класифікація хімічних сполук ґрунту за розчинністю.
6. Методи підготовки ґрунту до аналізу.
7. Водна витяжка з ґрунту.
8. Визначення змісту кальцію і магнію у водній витяжці з ґрунту.
9. Визначення кислотності ґрунту.
10. Визначення змісту сульфат-іонів у водній витяжці з ґрунту.
11. Витяжки з ґрунту: водні, сольові і лужні, їх застосування.
12. Рухливість хімічних елементів в ґрунті.
13. Визначення карбонат- і бікарбонат іонів у водній витяжці з ґрунту.
14. Ґрунтове повітря і ґрунтова вода.

Завдання для самостійного вирішення

1. Для аналізу ґрунту потрібно приготувати 500 мл 20 % розчину соляної кислоти. Скільки мл 35 % розчину HCl потрібно узяти, щоб приготувати необхідний розчин? Яка нормальність розчину HCl , одержаного після розбавлення розчину? Відповідь: 2,67 мл; 6 н.

2. Для визначення заліза повітряно-сухе навішування глини 0,8644 г після відповідної обробки переведена в розчин і поміщена в мірну колбу місткістю 250 мл. У 100 мл одержаного розчину залізо відновлено до Fe^{2+} і на титрування витрачено 9,5 мл 0,01 н розчину KMnO_4 ($K = 1,1140$). Розрахувати процентне вміст Fe_2O_3 в сухій пробі, якщо аналітична волога складає 1,85 %. Відповідь: 2,49 %.

3. З повітряно-сухого навішування глини 0,9215 г після відповідної обробки одержаний осад полуторних оксидів 0,2671 г і SiO_2 0,4596 р. Обчислити процентне вміст SiO_2 і Fe_2O_3 в сухому зразку, якщо зміст вологи складає 2,45 %. Відповідь: 51,13 і 29,72 %.

4. Для визначення кремнієвої кислоти проба глини 0,8793 г після сплаву переведена в розчин. Розчин упарений, а кремнієва кислота, що утворилася відфільтрована і прожарена в платиновому тиглі. Маса тигля з осадом 7,7820 г. Для отримання точніших результатів осідань оброблений плавиковою кислотою і знов прожарений. Маса тигля із залишками склала 7,0930 г. Обчислити процентний зміст оксиду кремнію в зразку в перерахунку на суху пробу, якщо аналітична волога складає 2,36 %. Відповідь: 80,26 %.

5. Для аналізу нітрату калію взято навішування 0,2800 г. При розкладанні її в нітрометрі виділилося 65,20 мл оксиду азоту при температурі $18,0^\circ\text{C}$ і тиску 738 мм рт. ст. Визначити процентний вміст нітрату калію в зразку калійної селітри. Відповідь: 95,96 %.

6. Для аналізу нітриту калію взято навішування 0,2512 г. При розкладанні її в нітрометрі виділилося 58,40 мл оксиду азоту при температурі 22°C і барометричному тиску 752 мм рт. ст. Визначити процентний вміст нітрату калію в зразку калійної селітри. Відповідь: 80,72 %.

7. Для визначення азоту за К'єдалем навішення добрива 0,9258 г обробили сірчаною кислотою і після повного розкладання розчин нейтралізували лугом. Аміак відігнали у колбу, що містить 40,00 мл розчину сірчаної кислоти ($T = 0,02296$ г/мл). На титрування надлишку кислоти витрачено 28,20 мл розчину гідроксиду натрію ($K = 1,2200$ до 0,2 н.). Розрахувати процентний вміст азоту в зразку. Відповідь: 17,92 %.

8. Для визначення фтору в добриві навішення апатиту 1,7580 г обробили сірчаною кислотою у присутності кварцевого піску і провели відгін одержаної кремнефтористоводневої кислоти в розчин, що містить хлорид калію. Одержаний розчин нейтралізували їдким натром до рН 3,4, а на титрування в присутності фенолфталеїну витрачено 19,70 мл 0,1 н. розчину їдкого натра ($K=0,8790$). У присутності фенолфталеїну протікає реакція: $K_2SiF_6 + 4 NaOH = 2 KF + 4 NaF + SiO_2 + H_2O$. Розрахувати процентний вміст фтору в зразку. Відповідь: 2,93 %.

9. Для визначення амонійного азоту навішення добрива масою 2,635 г розчинили в мірній колбі місткістю 250 мл. До 25,00 мл одержаного розчину додали формальдегід, кислоту отитрували, що виділилася, 18,72 мл розчину NaOH ($T_{(NaOH)}= 0,003987$). На титрування формальдегіду в незв'язаному досліді витратили 0,5 мл NaOH. Обчислити масову частку азоту в добриві (у %). Відповідь: 9,65 %.

10. Навішення добрива масою 4,026 г розклали дією мінеральної кислоти і об'єм розчину довели до 250,0 мл. Пробу 50,00 мл фільтрату після видалення нерозчинного залишку нейтралізували NaOH до появи мути, додали ацетатний буферний розчин до рН 4,6 і довели до об'єму 250,0 мл. Для визначення кальцію пробу 25,00 мл одержаного розчину отитрували 10,02 мл 0,051 м EDTA з флуорексоном. На титрування такої проби розчину з хром темно-синім для визначення сумарного зміст кальцію і магнію витратив 18,14 мл того ж розчину EDTA. Обчислити масові частки (%) CaO і MgO в добриві. Відповідь: 35,75 % CaO; 20,80 % MgO.

Рекомендована література

Основна

1. Артеменко А. И. Органическая химия / А. И. Артеменко. – М. : Изд. "Высшая школа", 1997. – 695 с.
2. Глинка Н. Л. Задачи и упражнения по химии / Н. Л. Глинка. – Л. : Изд. "Химия", 1988. – 263 с.
3. Глинка Н. Л. Общая химия / Н. Л. Глинка. – М. : Изд. "Металлургия", 1988. – 719 с.
4. Егоров В. В. Экологическая химия / В. В. Егоров. – Л. : Изд "Лань", 2009. – 192 с.
5. Иванов В. Г. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Хімія" / В. Г. Иванов. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2007. – 56 с.
6. Иванов В. Г. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни "Хімія" / В. Г. Иванов. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2010. – 32 с.
7. Иванов В. Г. Хімія : конспект лекцій / В. Г. Иванов. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2006. – 87 с.
8. Івашура А. А. Екологія : навч. посібн. / А. А. Івашура. – Х. : ІНЖЕК, 2004. – 208 с.
9. Исидоров В. А. Экологическая химия / В. А. Исидоров. – М. : Химиздат, 2004. – 304 с.
10. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25 червня 1991 р. // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41.
11. Робоча програма навчальної дисципліни "Екологічна хімія" для студентів напряму підготовки 6.050101 "Комп'ютерні науки" спеціалізації "Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг" усіх форм навчання / укл. В. Г. Иванов. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2012. – 44 с.

Додаткова

12. Карпенков С. Х. Концепции современного естествознания / С. Х. Карпенков. – М. : Изд. "Высшая школа", 2000. – 464 с.

13. Салем Р. Р. Общая химия / Р. Р. Салем. – М. : Изд. РХТУ им. Менделеева, 2000. – 458 с.

14. Телегус В. С. Основы общей химии / В. С. Телегус. – Л. : Изд. "Свет", 2000. – 423 с.

15. Чибисова Н. В. Практикум по экологической химии : учебн. пособ. / Н. В. Чибисова. – Калининград : Изд. КГУ, 1999. – 94 с.

16. Чибисова Н. В. Экологическая химия : учебн. пособ. / Н. В. Чибисова, Е. К. Домань. – Калининград : Изд. КГУ, 1988. – 113 с.

Зміст

Вступ.....	3
Модуль 1. Хімічні основи екологічних взаємодій.....	5
Тема 1. Теоретичні основи екологічної хімії. Основні поняття і визначення	5
1.1. Нормативно-правове забезпечення охорони навколишнього природного середовища. Основні положення Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища"	5
1.2. Основні поняття і закони екології. Екосистема. Біосфера і її структура. Екологічні фактори: абіотичні і біотичні	11
1.3. Хімічний етап еволюції біосфери. Виникнення життя. Поняття "ноосфера". Хімічні екорегулятори. Кібернетична природа екосистем....	16
Тема 2. Основні закони і поняття хімії, які пояснюють хімічні перетворення в біосфері	19
2.1. Періодичний закон Менделєєва. Стехіометричні закони.....	19
2.2. Поняття сучасної системи відносних атомних мас елементів, молекулярних мас, молярної маси, еквівалента, моля	23
2.3. Закономірності протікання хімічних процесів	26
Тема 3. Загальні характеристики розчинів. Роль розчинів і дисперсних систем у біосфері.....	29
3.1. Розчини неелектролітів.....	29
3.2. Розчини електролітів	29
3.3. Дисперсні системи	31
Модуль 2. Хімічні елементи в біосфері, їх вплив на атмосферу, гідросферу, літосферу	32
Тема 4. Біогеохімічні цикли. Токсиканти. Стандарти якості навколишнього середовища.....	32
4.1. Кругообіг хімічних елементів. Антропогенний кругообіг сполук: кругообіг вуглецю, азоту, фосфору. Кругообіг біогенних елементів. Ресурсний цикл	32
4.2. Токсиканти навколишнього середовища: неорганічні токсиканти, діоксини і споріднені з ним з'єднання.	
Джерела діоксану.....	40
4.3. Стандарти якості навколишнього середовища.....	48

Тема 5. Екологічна хімія атмосфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість атмосфери.....	55
5.1. Структура і склад атмосфери.....	55
5.2. Фотодисоціація. Фотодисоціація води, повітря.....	57
5.3. Реакції атмосферних іонів.....	58
5.4. Джерела забруднення атмосфери.....	63
Тема 6. Екологічна хімія гідросфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість води.....	64
6.1. Гідросфера. Запаси води в гідросфері. Біологічна вода. Властивості води.....	64
6.2. Якість води. Показник якості води. Класифікація водних ресурсів. Класифікація природних вод за хімічним складом, за мінералізацією.....	67
6.3. Джерела забруднення гідросфери. Виробничі стічні води. Міські стічні води. Стічна вода сільгоспвиробництва. Атмосферні води. Забруднення нафтою і продуктами її переробки.....	69
Тема 7. Екологічна хімія літосфери. Вплив хімічних елементів і сполук на якість ґрунту.....	75
7.1. Склад літосфери.....	75
7.2. Природні ресурси.....	76
7.3. Шкідливі відходи, які забруднюють земну кору.....	78
7.4. Ґрунт. Склад ґрунту. Родючість ґрунту. Елементи, які впливають на родючість ґрунту.....	79
Контрольні запитання для самодіагностики.....	88
Рекомендована література.....	104

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Іванов Владлен Григорович

ЕКОЛОГІЧНА ХІМІЯ

**Конспект лекцій
для студентів напряму підготовки 6.050101
"Комп'ютерні науки" спеціалізації
"Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг"
усіх форм навчання**

Відповідальний за випуск **Логвінков С. М.**

Відповідальний редактор **Сєдова Л. М.**

Редактор **Бутенко В. О.**

Коректор **Бриль В. О.**

План 2013 р. Поз. № 93-К.

Підп. до друку Формат 60 × 90 1/16. Папір MultiCopy. Друк Riso.

Ум.-друк. арк. 6,75. Обл.-вид. арк. 8,44. Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник – видавництво ХНЕУ, 61166, м. Харків, пр. Леніна, 9а

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи

Дк № 481 від 13.06.2001 р.