

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО СРС ТА ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З РОЗДІЛУ «ОСНОВИ БІОГЕОХІМІЇ»
ДИСЦИПЛІНИ
«ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ»**

Для студентів II курсу
Напрямок підготовки 6.040106
«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування»

ОДЕСА-2010

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО СРС ТА ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З РОЗДІЛУ «ОСНОВИ БІОГЕОХІМІЇ»
ДИСЦИПЛІНИ
«ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ»**

Для студентів II курсу

Затверджено

На засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № 7 від 15.03.2010 р.

Одеса-2010

Методичні вказівки до СРС та проведення практичних занять з розділу «Основи біогеохімії» дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» для студентів 2 курсу денної та заочної форми навчання, напрям підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / Г.В. Федорова – Одеса: ОДЕКУ, 2010. – 56 с.

ВСТУП

Навчальна дисципліна „Хімія з основами біогеохімії” – нормативна дисципліна освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів, належить до фундаментального природничо-наукового циклу Б ОПП підготовки студентів-екологів і входить до галузевого стандарту вищої освіти за напрямом 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» з освітньо-кваліфікаційним рівнем – бакалавр.

На II курсі природоохоронного і еколого-економічного факультетів ОДЕКУ студенти продовжують і закінчують вивчення «Хімії з основами біогеохімії», що починалася на I курсі у I семестрі. Якщо на I курсі предмет включав загальну, неорганічну і колоїдну хімію, як хімічний фундамент, необхідний для будь-якого спеціаліста з технічної освіти, то в III семестрі йде вивчення безпосередньо біогеохімії – науки, яка формує світорозуміння й відточує світовідчуття еколога всіх спеціалізацій.

Дані методичні вказівки розроблено відповідно до “Вимог по розробці методичних вказівок для студентів по вивченню навчальних дисциплін” і згідно “Положення про організацію контролю самостійної роботи студентів” від 28. 01. 2001 р. з метою підготовки студента до виконання практичних робіт і модулів, допомоги орієнтуватися у матеріалі дисципліни в процесі розгляду теоретичного курсу, а також у рішенні розрахункових задач з біогеохімії на завершальному етапі вивчення дисципліни.

Включення основ біогеохімії у вивчення хімічної науки сприяє розвитку у студентів-екологів наукового світогляду, формуванню природознавчого уявлення про єдність косної та живої матерії та форми їх руху в природі.

Біогеохімія – це наука, яка вивчає хімічний склад живої речовини, роль біогенних елементів у життєдіяльності організмів і геохімічні процеси, які протікають в біосфері Землі за участю живих організмів. Вона включає основи органічної геохімії й розглядає природу в єдності органічного та неорганічного світу. Біогеохімія є загальноосвітньою природознавчою наукою, це порівняне молода наука й відноситься до сучасних природознавчих наук, які зараз інтенсивно вивчаються та розвиваються.

Метою вивчення розділу дисципліни «Основи біогеохімії» є пізнання фундаментальних законів, які керують біогеохімічною діяльністю живих істот в біосфері; розуміння єдності та взаємодії живої та косної природи, формування сучасного світогляду на абсолютно новому підході – розгляду життя як цілісної системи, з урахуванням геологічної ролі „живої речовини”, безперервного руху біогенних елементів у циклічному напрямку та особливої ролі в природі унікального елемента органічного світу – Карбону.

Для засвоєння останнього розділу дисципліни студенти повинні мати базис знань загальної хімії, що вивчалася на I курсі, та таких загальноосвітніх фундаментальних дисциплін, як «Фізика», «Біологія», «Геологія з основами геоморфології», а також мати знання з органічної хімії шкільного курсу.

Знання, що отримують студенти після вивчення розділу «Основи біогеохімії», потрібні для доброго сприйняття інших нормативних дисциплін, таких як «Ґрунтознавство», «Основи екологічної хімії», «Загальна екологія та неоекологія», «Моніторинг навколишнього середовища», «Основи гідробіології», «Безпека життєдіяльності», «Гідрохімія», «Техноекологія», а також спецкурсів «Радіаційна хімія», «Радіоекологія», «Екологічна хімія», «Моделювання й прогнозування стану довкілля», «Ландшафтна екологія», «Оцінка техногенного впливу на підземні води і ґрунти».

Навчальна програма розроблено на виконання типового Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах (наказ Міносвіти і науки №161 від 2.06.93 р.) і в III семестрі включає 7 розділів, вивченню яких відповідають лекційний матеріал, 6 лабораторних і 3 практичних роботи.

Базові знання, що безпосередньо входять до освітньо-професійної підготовки та освітньо-кваліфікаційної характеристики студента, є наступними:

1. Знання основних понять, законів, закономірностей і методів досліджень біогеохімії.
2. Знання будови біосфери, її структурних одиниць, властивостей й енергетики.
3. Знання процесів міграції хімічних елементів, їх ізотопів і найбільш важливих для біосфери сполук; біогеохімічних циклів біогенних елементів; окиснювально-відновних властивостей біогенних елементів: O, N, C, P, H, S й їх сполук та участь у створенні геохімічних бар'єрів.
4. Знання класифікації органічних речовин, номенклатури IUPAC, природних біологічно-активних речовин і низькомолекулярних біорегуляторів у єдності з поняттям В.І. Вернадського про „живу речовину” та її функції.
5. Знання класифікацій хімічних забруднювачів довкілля, як природного, так і антропогенного походження за ступенем небезпеки для живих істот.
6. Знання основ біогеохімічного районування в світлі формування біогеохімічних провінцій і прояви біогеохімічних аномалій та ендемій.
7. Знання основ біоіндикації, її форм, типів, методів, рівнів, тест-об'єктів із здатністю їх використання на практиці.

Після вивчення розділу «Основи біогеохімії» дисципліни „Хімія з основами біогеохімія” студент повинен **вміти**:

- класифікувати речовини живої та косної природи, розпізнавати забруднюючі речовини за класами органічних речовин, а також класифікації пріоритетності і небезпеки;

- користуватися методами біоіндикації при виконанні польових екологічних досліджень; визначати ступінь небезпеки розвитку аномалій або негативних явищ за допомогою біоіндикаторів на макроскопічному рівні;
- використовувати біогеохімічну інформацію при виконанні екологічних оцінок та експертиз;
- володіти методами біогеохімії при підготовці даних екологічного моделювання природних процесів та об'єктів.

Організацію поточного контролю побудовано за накопичувально-модульним принципом згідно з «Положенням про організацію контролю самостійної роботи студентів в ОДЕКУ» від 29.03.2004 р. (зі змінами та доповненнями, затвердженими 27.04.2006 р.).

Підсумковий контроль здійснюється згідно Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів» від 25.05.2004 р. зі змінами та доповненнями, затвердженими 25.05.2006 р. Підсумкова оцінка виставляється у шкалі ECTS за кожну залікову одиницю.

Контрольні заходи розроблено на основі «Положення про модульну систему організації навчання та контролю знань студентів», що затверджено на засіданні Вченої ради ОГМІ 30 березня 2000 р. і на протязі III семестру виконуються згідно з табл. 1.

Таблиця 1 – Графік контролюючих заходів з дисципліни “Хімія з основами біогеохімії” у III семестрі II курсу

Номер тижня	Контролюючий показник та вигляд занять, на яких буде проведено контроль	
	Теоретична частина	Практична частина
1-2		Практична робота №1
3-4		Модуль 1 (практ.)
5-6	Модуль 2 (теор.)	
7-8	Атестація 1	Практична робота №2
8-9		Модуль 3 (практ.)
10-11		Модуль 4 (практ.)
12-13		Практична робота №3
14-15	Модуль 5 (теор.)	
15	Атестація 2	Практична робота №4
16-17	Модуль 6 (теор.)	
18	Підсумковий тестовий модуль №7 за III семестр	
Сесія	Іспит	

Таким чином, після вивчення та засвоєння курсу „Хімія з основами біогеохімії” студент придбає необхідну базу знань і вмінь для розуміння взаємодії та єдності живої та неорганічної природи в масштабі біогеоценозу та всієї біосфери в цілому, ролі біогенних елементів у біосфері, в т. ч. Карбону, як у живій природі, так і в історії хімічних елементів нашої планети.

РОЗДІЛ 1 БІОГЕОХІМІЯ ЯК СКЛАДОВА ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ». ВВЕДЕННЯ У ПРЕДМЕТ БІОГЕОХІМІЇ

Мета розділу. Розглянути основні поняття біогеохімії, її місце в системі природничих наук і основні задачі, простежити історію виникнення, головні закони, принципи, закономірності цієї науки, внесок видатних учених в її становлення та розвиток.

Головні запитання розділу 1, що виносяться до практичного модуля №1

1. Коротка історія біогеохімії. Виникнення назви “біогеохімія”, предмет і об’єкт вивчення, зв’язок біогеохімії з іншими науками.

2. Основні задачі біогеохімії. Основні біогеохімічні поняття, закономірності, принципи та закони.

3. В.І. Вернадський – засновник біогеохімії та лідер новітніх природознавчих наук; напрями його діяльності та заслуги. Еволюція поглядів В.І. Вернадського на біосферу.

4. Попередники, сучасники та послідовники В.І. Вернадського.

5. Методологія й методи біогеохімії. Виникнення нових наукових дисциплін на її основі. Основні напрями біогеохімії; її значення для пізнання біосфери.

Рекомендована література: [1], [4]; [5], стор. 5-21; [7], [8], [9], [16].

На допомогу студенту.

Основні закони біогеохімії

Еколого-геохімічний закон. Асоціації хімічних елементів, що утворюють значні техногенні аномалії, визначаються рівнем розвитку науки й техніки в період забруднення. Автор закону – сучасний рос. геохімік В.О. Алексєєнко.

Закон Всесвіту – закон збереження енергії та речовин

1. У природі все взаємопов’язано, все віддзеркалює існування колосальної мережі зв’язків у біосфері, тобто між різними живими організмами, між живою та неживою природою.

2. Ніщо в природі не зникає безслідно. За своєю суттю це фундаментальний закон природи про вічність матерії. В біосфері Карбон, який виділяють тварини, як відходи дихання в складі CO₂, – є поживною речовиною для деяких рослин. Рослини в процесі фотосинтезу виробляють кисень,

який використовують тварини і людина для дихання. Органічні відходи тварин слугують їжею для бактерій, які розщеплюють їх на прості речовини. Відходи бактерій – це неорганічні речовини, такі як сполуки Нітрогену, Фосфору, Карбону, Сульфуру та ін., якими живляться інші бактерії, а також рослини, водорості та тварини.

3. Природа – досконала жива і самоорганізуюча система: “Природа знає все” або “Природа знає краще” (амер. еколог Б. Коммонер, 1974) і все в ній оптимізоване.

4. В живій природі усе має свою історію, еволюційний розвиток, цінність і вартість. Ще раз нагадаємо, що мегабіосфера є одним цілим і не можна допустити загального погіршення її стану або окремих елементарних ланок. Все природне, чим користуються люди, потрібно повертати або компенсувати. Нинішня глобальна екологічна криза планети Земля саме й є свідченням того, що відстрочка оплати занадто затяглася.

Закон біогенної міграції атомів В.І. Вернадського. Міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється або при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція), або ж відбувається в середовищі, геохімічні особливості якого (наявність кисню, карбон (IV) оксиду в атмосфері, метану та нафти у глибинах літосфери та ін.) зумовлені живою речовиною – як тією, що в даний час заселяє Землю, так і тією, що була на ній протягом всієї геологічної історії.

Закон біологічного кругообігу. У ході біологічного кругообігу атоми поглинаються живою речовиною й заряджаються енергією, перетворюючись у геохімічні акумулятори. Залишаючи живу речовину, вони віддають енергію, що накопичили, навколишньому середовищу. Вперше закон біологічного кругообігу був сформульований рос. геохіміком О.І. Перельманом (1912–1998) у 1982 р. на основі праць В.І. Вернадського, Б.Б. Полинова (1877–1952), В.Р. Вільямса (1963–1939).

Закон вектора розвитку. В біосфері будь-який розвиток однонаправлений. Неможливо прожити життя в зворотному напрямку, повернути історію людини назад. Життя живих систем у природі відбувається лише один раз в напрямку від народження до смерті.

Закон Дитмара. У воді океанів незалежно від абсолютної концентрації кількісні відношення між головними компонентами основного сольового складу є завжди сталими. Тобто незважаючи, що під впливом випаровування, атмосферних опадів, утворення й танення льодів, загальна кількість солей океанського розчину змінюється, співвідношення його компонентів практично не відрізняються. Закон встановлений У. Дитмаром на основі 77 повних хім. аналізів проб води з різних глибин різних океанів.

Закон єдності організму та середовища. Між організмами і навколишнім середовищем існують тісні взаємозалежності, взаємовідносини та взаємовпливи, що виявляється в неперервному метаболізмі, енерго- й

інформообміні. За В.І. Вернадським, у цьому ланцюзі взаємодій провідну роль відіграє жива речовина.

Закон загального розсіювання хімічних елементів Кларка-Вернадського (амер. геохімік Ф.У. Кларк, 1847–1931): у будь-якому природному об'єкті (у т. ч. в живій речовині) містяться всі хімічні елементи, які є в земній корі, тобто **всі елементи є всюди**. Наслідком з цього закону є висновок Вернадського про «розповсюдженість» життя: всі живі організми в процесі свого розвитку й еволюції існували в умовах, що визначалися наявністю всіх елементів земної кори, тобто **в біосфері життя було завжди і всюди**.

Закон кібернетичний: внутрішня складна динамічна рівновага біосфери як кібернетичної системи є саморегульованою, стійкою, здатною забезпечити біосфері властивості гомеостату, тобто виконання кібернетичного закону полягає у самодостатності життя на Землі для стабілізації умов існування організмів, але вихід за певні межі хоча б одного параметра призводить до порушень в компонентах біосфери, руйнуванні саморегуляції аж до екологічної катастрофи.

Закон константності біосфери В.І. Вернадського. Загальна кількість живої речовини біосфери для даного геологічного періоду є сталою величиною.

Закон максимізації енергії. У природі в суперництві з іншими системами виживає та, яка найкращим чином сприяє надходженню енергії та використовує максимальну її кількість найбільш ефективним способом. Закон був сформульований Г. Одумом й Е. Одумом у 1978 р.

Закон мінімуму Ю. Лібіха. Витривалість живого організму є найслабшим місцем у ланцюзі його екологічних потреб. Це означає, що життєві можливості організму обмежує той екологічний фактор, кількість якого є необхідним мінімумом для організму або екосистеми. Подальше його зниження веде до загибелі організму або до деструкції екосистеми. Закон мінімуму був сформульований у 1840 р. нім. агрохіміком Юліусом Лібіхом (1803–1873) і мав назву «тріади плодючості», оскільки враховував вплив мінімум трьох поживних речовин (N, P, K) на одержання врожаю та встановлював обмеження росту рослини тим елементом, який був у відносно малій кількості.

Закон незворотності еволюції. Еволюція є незворотною; організм або жива система не може повернутися до попереднього стану предків, колишньої цивілізації або геологічної обстановки. Закон був встановлений бельгійським палеонтологом Л. Долло (1857–1931) у 1893 р., який, до речі, вважав своїм учителем рос. палеонтолога В.О. Ковалевського й високо цінив його труди.

Закон необхідної різноманітності Ешбі (точніше Ешбі – Віннера – Шеннона). Кібернетична система тільки тоді має стійкість для блокування внутрішніх і зовнішніх збурень, коли вона має достатню внутрішню різно-

манітність. Різноманітність природи, що забезпечує стабільність, є очевидною: це – геоїдна форма Землі, її рух навколо своєї осі та Сонця, які забезпечують широтну та сезонну зміну кількості сонячного тепла й, як наслідок, кліматичну різноманітність; також слід ураховувати різноманітність рельєфу, ґрунту, рослинного покриву, тваринного світу, людських рас, неорганічних і, особливо, органічних природних речовин.

Закон оборотності біосфери Дансеро: після припинення антропогенного навантаження на компоненти біосфери, вона намагається повернути їх початковий стан (П. Дансеро, 1957 р.); напр., процеси самоочищення біосфери.

Закон толерантності В. Шелфеорда. Природним обмежуючим чинником розквіту організму (виду) може бути як мінімальний, так і максимальний елемент умов його існування, діапазон між якими визначає величину витривалості (толерантності) організму до даного чинника.

Закон ноосфери В.І. Вернадського. На сучасному рівні розвитку людської цивілізації біосфера неминуче перетворюється в ноосферу, тобто в сферу, де розум людства в розвитку природи відіграє основну роль.

Закон фізико-хімічної єдності живої речовини В.І. Вернадського. Вся жива речовина Землі є фізико-хімічно єдиною. Цей закон має висновок: шкідливе для однієї частини живої речовини не може бути байдужим для іншої, або шкідливе для одних видів істот є шкідливим і для інших. Будь-які фізико-хімічні агенти, які смертельні для одних організмів, не можуть не робити шкідливий вплив на інші живі організми. (Згадаємо застосування пестицидів або добрив в сільському господарстві).

Основні закономірності в біогеохімії

Біогеохімічна закономірність: в процесі свого розвитку живі організми споживають хімічні елементи в основному у вигляді йонів. Запропоновано сучасним російським геохіміком В.О. Алексеєнко в 2000 р.

Закономірність еволюційного розвитку: процес еволюції живих організмів відбувався в середовищі з різким переважанням легких хімічних елементів над важкими. Дійсно, зміна температурних умов і тиску при народженні планети сприяла термоядерним процесам перетворень легких елементів на важкі за рахунок нейтронного захвату й випускання β -частинок. Поступова природна поява важких елементів в біосфері та сучасний техногенез супроводжується підвищеним вмістом в організмах важких металів, які не властиві живій речовині, тому це викликає інтоксикацію організмів та забруднення довкілля. Закономірність сформулював у 2000 р. російський геохімік В.О. Алексеєнко.

Закономірність Гаркінса: елементи з парними протонними числами (*термін «порядковий номер» є застарілим. Примітка автора МВ*) та парними значеннями атомних мас є більш поширеними в біосфері, ніж елементи з непарними протонними числами і непарними атомними масами.

Закономірність встановив учений В. Гаркінс (США; *переклад прізвища також зустрічається як Гаркіс. Примітка автора МВ*) у 1917 р. Дійсно, розрахунки за методом В. Гаркінса підтверджують цю закономірність, а масові кларки парних елементів становлять у сумі більш 86 %. В. Гаркінс пояснює цей факт більшою сталістю елементів з парними зарядами ядер.

Закономірність усереднення: вміст хімічних елементів у ґрунтах являє собою усереднені значення кларків тих самих елементів у гірських породах. Визначення базується на визначенні вмісту та розподілу елементів у ґрунтах російським геохіміком О.П. Виноградовим (1895–1975).

Закономірність Ферсмана: з ускладненням будови атомного ядра хімічних елементів і збільшенням їх маси, кларки елементів зменшуються.

Закономірність поширення елементів в земній корі вперше вивчав В.І. Вернадський шляхом поділення елементів на 5 декад. Ним встановлено крайня **нерівномірність** їх розподілу, наприклад, сумарна масова частка Оксигену і Силіцію складає 70 %, а дев'ять таких елементів як О, Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na складають 98 % загальної маси усіх елементів земної кори. Продовженням досліджувань у цьому напрямку були праці російського академіка О.Є. Ферсмана з використанням напівлогарифмічної кривої залежності атомного кларка хімічного елемента в логарифмічній формі (вісь ординат) від його протонного числа (вісь абсцис). Ламана крива наочно показала розподіл елементів як **залишкових**, які мали достатній вміст і розташовувалися понад умовної усередненої кривої, і **дефіцитних**, або **недостатніх** – елементів з дуже малим вмістом, розташування яких було під усередненою кривою. Виключенням з правила Оддо-Гаркінса за графіком Ферсмана і за величиною кларків виявилися інертні гази He, Ne, Kr, Xe, Ar, які мають парні порядкові номери. Це пояснюється В. І. Вернадським і О.Є. Ферсманом т. зв. «гелієвим диханням Землі», тобто постійним відтоком інертних газів від нашої планети у відкритий космос.

Ізотопна закономірність: серед ізотопів одного елемента зазвичай переважають ті, масові числа яких кратні чотирьом, напр., в залежності від величин масових чисел масові частки ізотопів Оксигену розподіляються наступним чином: ^{16}O (масове число є кратним чотирьом) – 99,75 %; всі інші – у мінімумі: ^{17}O – 0,04 %; ^{18}O – 0,2 %.

Закономірність переважання в літосфері елементів, атомні маси яких кратні чотирьом, напр., 49,52 % О (ат. маса 16), 1,94 % Mg (ат. маса 24), 25,75 % Si (ат. маса 28), 0,048 % S (ат. маса 32), 3,29 % Ca (ат. маса 40), 4,7 % Fe (ат. маса 56).

Закономірність переважання в літосфері шостих за протонним числом парних або непарних елементів у таблиці Д.І. Менделєєва, напр., парних №8 О (49,52 %), №14 Si (25,75 %), №20 Ca (3,29 %), №26 Fe (4,7 %), №38 Sr (0,037 %), №50 Sn ($2,5 \cdot 10^{-4}$ %), №56 Ba (0,047 %) і непарних №1 Н (0,88 %), №7 N (0,03 %), №13 Al (8,05%), №19 К (2,4), №25 Mn (0,08 %).

Головні правила біогеохімії

Правило Менделєєва (російський хімік Д.І. Менделєєв, 1834–1907). Хімічні елементи парних підгруп періодичної системи істотно переважають над елементами непарних підгруп.

Правило Оддо-Гаркінса (італійський хімік Д. Оддо (1865–1954). Серед сусідніх елементів періодичної системи у парних хімічних елементів кларки завжди вищі, в порівнянні з непарними елементами. Напр., кларк Ті (№22) – 0,58 %, а сусідніх непарних Sc (№21) і V (№23) – 0,001 і 0,016, відповідно.

Правило (американський еколог Е. Одум, ініціали за ім'ям автора Eugene Odum, у різних виданнях зустрічаються також Ю. (транскрипція Юджин), Є. (Євген), 1913–2002). При незмінному потоці енергії через трофічну мережу дрібні наземні організми з вищим питомим *метаболізмом* створюють меншу *біомасу*, ніж великі організми. (Тлумачення термінів, що помічені курсивом, див. у словничку студента в методичних вказівках для самостійної роботи [22].)

Правило Перельмана I (російський геохімік О. І. Перельман, 1912–1998). Геохімічна робота живої речовини створює переважання різко окиснювальної обстановки на земній поверхні, яка з глибиною змінюється на відновну.

Правило Перельмана II. Геохімічна особливість системи визначається провідними елементами, які мають високі кларки, активно мігрують і накопичуються в цій системі.

Правило поширення колоїдних систем в біосфері. Накопичення колоїдів в біосфері є пропорційним інтенсивності й тривалості перебігові біологічного кругообігу в геохімічних ландшафтах.

Правило Сеченова (рос. природознавець і фізіолог, засновник вітчизняної фізіології І. М. Сеченов, 1829–1905): розчинність кисню та ін. газів повітря у морській (солоній) воді є значно меншою, ніж у річковій або озерній (прісній).

Цим правилом пояснюється швидка загибель прісноводних риб та ін. аеробних гідробіонтів через ядуху у мор. водах. Натомість, деякі морські риби гинуть у річковій воді, незважаючи на достатню кількість O_2 у воді з ін. причин, а саме, через підвищення осмотичного тиску.

Правило Ферсмана I (рос. геохімік О.Є. Ферсман, 1883–1945). У дисоційованих стопах, розчинах і флюїдах послідовність кристалізації мінералів йде за зниженням енергії їхніх кристалічних ґраток. Це положення також задовольняє послідовності окремої кристалізації мінералів у певному процесі, *напр.*, магматичному у надрах Землі, і загальних – від високо-температурних ендегенних до низькотемпературних екзогенних процесів.

Правило Ферсмана II. У мінералів з однаковою кристалічною будовою та аналогічними формулами хімічного складу твердість зростає зі

збільшенням енергії кристалічної ґратки, тобто при збільшенні величин *енергетичних коефіцієнтів* ЕК і ВЕК (*валентних* ЕК) йонів, що складають кристалічну ґратку.

Правило . Розчинність йонних сполук зменшується зі збільшенням енергетичних коефіцієнтів (ЕК) катіонів й аніонів, що утворюють ці сполуки.

Правило Ферсмана IV. При переході від високотемпературних до більш поширених у біосфері екзогенних процесів (тобто при збільшенні ролі йонів з невеликими значеннями ЕК) відбувається еволюція забарвлення мінералів від чорного та темно-зеленого до білого та безбарвного.

Основні принципи біогеохімії

Принцип актуалізму. Існування біосфери на планеті є безперервним у часі.

Принцип Бауера (німецький біолог Е. Бауер, 1890–1942). За рахунок вільної енергії живих систем постійно відбувається робота проти рівноваги, яку вимагають закони фізики й хімії при певних зовнішніх умовах, тобто біосфера як відкрита нерівноважна система еволюціонує у бік зниження ентропії. Цей принцип також носить назву принципу стійкої нерівноваги і відноситься до однієї з властивостей біосфери, відомої як *динамічна нерівноваженість*.

Принцип Геттона (шотландський геолог Ч. Л. Геттон, 1726–1797): в геології немає ні початку, ні кінця, тобто історія Землі є повторенням циклів з чергуванням руйнування одних континентів і виникнення інших (1796 р.).

Принцип Дана (американський геолог, автор першої хімічної класифікації мінералів, 1813–1895): еволюційний процес має спрямованість. Відносно людини еволюція спрямована у бік розвитку головного мозку. Сам Д. Дана називав це положення «принципом *цефалізації*», від *гр. kephalē* – голова (1856 р.).

Принцип енергетичний. Найбільш сталий стан електрона в атомі відповідає мінімальному значенню його енергії (тобто електрону в незбудженому стані). Цей принцип поширюється на всі природні системи, які у стабільному стані характеризуються мінімумом енергії.

Принцип єдності організму і середовища. Живий організм є саморегульованою, циклічною й тривало діючою системою, тісно пов'язаною з довкіллям, завдяки процесам обміну енергією й речовиною. Принцип узагальнено російським фізіологом І.М. Сеченовим (1829–1905) у 1861 р.

(італійський натураліст Франческо Реді, 1626–1697). Все живе – тільки від живого. Розглядається як органічна досконалість живого з його властивістю народження й безперервним генетичним зв'язком теперішніх поколінь організмів з їх предками та майбутніми нащадками. Ця особливість відкидає можливість виникнення живих істот з

неживої матерії та відрізняє *живу речовину* від *косної*, оскільки є невлас- тивою *абіогенному* світові. Сучасний погляд на походження життя не під- римує ідею *біогенезу*, що визначений у принципі Реді, оскільки, в остаточ- ному підсумку, життя на Землі виникло шляхом абіогенезу, але не миттєво, а у ході тривалої еволюції.

Завдання на підготовку до виконання модуля №1.

- 1.1 Опишіть історію виникнення та розвитку науки «Біогеохімія». Чи пов'язаний з нею принцип Реді?
- 1.2 Розгляньте методологічну основу біогеохімії. Опишіть фізико-хімічні методи дослідження в біогеохімії.
- 1.3 Обміркуйте значення ідей Ж.-Б. Ламарка, А. Гумбольдта, Е. Зюсса для становлення біогеохімії.
- 1.4 В.І. Вернадський – засновник біогеохімії та лідер новітніх природозна- вчих наук; еволюція поглядів В.І.Вернадського на біосферу. Обміркуйте роль В.І. Вернадського в розвитку науки в Україні.
- 1.5 Опишіть передумови виникнення біогеохімії в роботах стародавніх фі- лософів Плінія Старшого, Гермеса Трисмегіста, Л.Ю. Колумели і ґрунтоз- навців ХІХ ст. В.В. Докучаєва та П.О. Костичева.
- 1.6. Розгляньте внесок в розвиток біогеохімії одного зі засновників геохімії Ф.У. Кларка й математика В.О. Костицина.
- 1.7 Розгляньте наукову діяльність, М.В. Тимофєєва-Ресовського, і А.П. Ви- ноградова, їх роль у розвитку біогеохімії.
- 1.8 Розгляньте зв'язок біогеохімії з іншими науками. Сформулюйте прин- цип єдності організму і середовища.
- 1.9 Обміркуйте сучасні проблеми біогеохімії, її напрями. Які нові наукові дисципліни виникли на основі біогеохімії?
- 1.10 Сформулюйте головні закони біогеохімії: закон Всесвіту – закон збе- реження енергії та речовин, а також закони міграції хімічних елементів і константності біосфери. Хто їх автори?
- 1.11 Обміркуйте роль біогеохімії в системі природознавчих наук. Розглянь- те взаємозв'язок біогеохімії та екології.
- 1.12 Сформулюйте наступні закони біогеохімії: закон мінімуму та закон ноосфери. Хто вперше їх сформулював?
- 1.13 Сформулюйте такі закони біогеохімії, як закон толерантності, закон розсіювання хімічних елементів, закон вектора розвитку. Вкажіть їх авто- рів.
- 1.14 Сформулюйте основні задачі біогеохімії та досягнення цієї науки.
- 1.15 У чому сутність двох основних напрямів біогеохімії за Вернадським?
- 1.16 Розгляньте внесок В.М. Гольдшмідта і К.К. Гедройца в розвиток біогеохімії. Який напрям у геохімії набув особливого розквіту під впливом робіт В.М. Гольдшмідта?
- 1.17 Які методи використовують при біогеохімічних дослідженнях?

- 1.18 Дайте визначення таких понять біогеохімії, як *біотоп*, *біофактор*, *біота*, *біокосна система*, *біогенна акумуляція*.
- 1.19 Розгляньте сутність термінів *автотрофи* і *гетеротрофи* та їх класифікацію.
- 1.20 Дайте визначення основних понять біогеохімії: *абіогенна*, *біогенна*, *необіогенна*, *палеобіогенна речовина*.
- 1.21 Вкажіть об'єкт дослідження біогеохімії і дайте опис біогеохімічних принципів живої речовини за В.І. Вернадським.
- 1.22 Вкажіть використання нових методів у вивченні біогеохімії, їхня розробка в експериментальній практиці В.М. Ключковського, О.О. Саукова, М.В. Тимофєєва-Ресовського.
- 1.23 Дайте визначення основних понять біогеохімії: *фітоценоз*, *зооценоз*, *мікробіоценоз*, *біоценоз*, *біогеоценоз*. Якій з них є синонімом поняття *екосистема*?
- 1.24 Сформулюйте сутність таких наукових термінів, як *сукцесія*, *гомеостаз*, *симбіоз*, які часто використовує біогеохімія.
- 1.25 Як ви розумієте назви, що пов'язані зі земною корою, – *межа Мохо* і *межа Конрада*. Хто їх першовідкривачі?
- 1.26 В.І. Вернадський – засновник геохімії та біогеохімії. Розгляньте напрями діяльності та заслуги. Які закони біогеохімії сформулював В.І. Вернадський?
- 1.27 Обміркуйте розвиток ідей В.І. Вернадського в дослідженнях О.Є. Ферсмана, Я.В. Пейве, Б.Б. Полинова.
- 1.28 Опишіть внесок послідовників та однодумців В.І. Вернадського, видатних учених ХХ ст. В.А. Ковди, О.И. Перельмана, В.В. Ковальського.
- 1.29. Розгляньте внесок ботаніка і географа В.М. Сукачева та мікробіолога М.А. Єгунова у вивчення властивостей та особливостей біосфери.
- 1.30 Оцініть роль філософа П.О. Флоренського, і археолога О.Л. Чижевського у дослідженні біосфери Землі. Хто відкрив властивість біосфери, що пов'язана з новими сучасними науками – космохімією та геліобіологією?

РОЗДІЛ 2 ФІЗИКО-ХІМІЯ БІОСФЕРИ

Мета розділу. Вивчення будови мегабіосфери, структури біосфери, її властивостей, енергетики й еволюції. Зрозуміти роль живої речовини у геологічній історії Землі, її функцій і форми роботи, значення у функціонуванні біосфери.

Головні запитання розділу 2, що виносяться до практичного модуля №1

1. Сучасне визначення біосфери, її склад, компоненти, особливості та властивості.
2. Будова мегабіосфери за М.Б. Вассоевичем; енергетика біосфери: сутність, джерела, запаси енергії.
3. Основне поняття біогеохімії “жива речовина”, що ввів В.І. Вернадський: типи, категорії речовин біосфери, роль, основні функції живої речовини.

4. Еволюція біосфери як розвиток форм життя. Критерії еволюції. Сучасний стан ноосферної концепції й потенційні шляхи її розвитку.

5. Розрахункові завдання з визначенням складу природних об'єктів.

Рекомендована література: [2]; [3]; [5], стор. 22-72, 99-114, 279; [16].

На допомогу студенту.

Будова *мегабіосфери* – багатошарової оболонки Землі, яка сформувалась у результаті діяльності живої речовини, відносно сучасних робіт М.Б. Вассоевича, має 4-х компонентну структуру: *анобіосфера* – верхня частина атмосфери Землі, вища від межі поширення форм життя у стані анабіозу; *парабіосфера* – зовнішня, нижня частина літосфери, нижча за межу поширення форм життя; *метабіосфера* – оболонка Землі, яка коли-небудь зазнавала дію життя; безпосередньо *біосфера*.

Головні властивості біосфери: біоанізотропічність, відносна замкненість, вічність, гідратний фактор, динамічна нерівноваженість, еволюція, єдність і цілісність, зв'язок з космосом, мозаїчність, організованість, саморегуляція та сталість, різноманітність, рухливість, централізованість.

Зараз **жива речовина** розглядається як **геологічна функція біосфери** (роботи акад. Соколова Б.С.) і є, за визначенням В.І. Вернадського, «наймогутнішою геологічною силою біосфери». Головні функції живої речовини наступні: концентраційна, газова, окиснювально-відновна, енергетична, деструктивна, середовищотворна, механічна, електрична, транспортна, біохімічна, біогеохімічна. Як наслідок дії концентраційної функції живої речовини можуть бути розглянуті організми-концентратори, які здатні вибірково накопичувати хімічні елементи.

Важливими підрозділами є: теми енергетики біосфери і джерел енергії; знання структурних одиниць біосфери: *біоценозу, екосистеми, ландшафтів* різних груп, їх ряди та класифікація; роль біологічного фактора в самоочищенні атмосфери, ґрунту, водойм; огляд глобальних впливів на біосферу.

Завершують розділ тема еволюції біосфери та сучасного етапу її розвитку. Тут необхідним є розуміння історичних віх розвитку біосфери, розгляд «біосфери, яка керується людиною» (В.І. Вернадський), введення термінів «*біосфера*» (Е.Зюсс) і «*ноосфера*» (П. Тейяр де Шарден та Е. Леруа), розвитку останньої до ноосферної концепції (В.І. Вернадський) й створення сучасної фундаментальної теорії ноосфери.

Студенту потрібне розуміння зв'язку прискорення науково-технічного прогресу з глобальною екологічною ситуацією і ланцюгом «техногенез – ноосфера», а також знання основних тез теорії ноосфери, яка визнана глобальним досягненням сучасного природознавства. Головні напрями розвитку ноосферної концепції пов'язані з вітчизняною економічною географією, екологією, ландшафтоведінням, поняттям інформації, її виникненням, сховом, переробкою та використанням з метою керування ноо-

сферними процесами. Об'єктом вивчення та керування біосферно-ноосферної цілісності є природно-народогосподарський комплекс (ПНК) – прообраз ноосферного комплексу (НК) майбутнього, який пропонується автором численних праць в області ноосферної проблематики академіком А.Г. Назаровим. Ноосфера зароджується у надрах біосфери. Її головною біогеохімічною відмінністю є величезне прискорення міграції хімічних елементів. Головним призначенням ноосфери є перетворення біосфери. Основними складовими комплексу є: біосфера, техносфера, соціально-культурна сфера і сфера людини.

Приклади розв'язання розрахункових завдань.

Приклад 2.1 Обчислити масову частку Силіцію та його оксиду в природному мінералі альбіті $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.

Розв'язання завдання. 1. Визначити молярну масу альбіту:

$$M_{\text{альбіту}} = 23 + 27 + 28 \cdot 3 + 16 \cdot 8 = 262 \text{ г-моль}$$

2. Обчислити масову частку Силіцію за формулою, де n – кількість атомів Si в мінералі:

$$\omega = \frac{M(\text{Si}) \cdot n(\text{Si})}{M(\text{альбіта})} = \frac{28 \cdot 3}{262} = 0.3206, 32.06 \%$$

3. Обчислити масову частку оксиду силіцію за формулою:

$$\omega = \frac{M(\text{SiO}_2) \cdot n(\text{Si})}{M(\text{альбіта})} = \frac{(28 + 16 \cdot 2) \cdot 3}{262} = 0.6870, 68.70 \%$$

Приклад 2.2 Попіл кісткової тканини піддослідної тварини становить 24% її маси. У попелі міститься 480 мкг % Молібдену. Яка масова частка молібдену у кістковій тканині піддослідної тварини?

Розв'язання завдання. В процесі мінералізації кісткова тканина розкладається на попіл і леткі компоненти. Молібден, який міститься у кістковій тканині, концентрується у попелі. Нехай, вміст Молібдену в кістковій тканині в % – X , тоді в t г кісткової тканини міститься tX г Молібдену. За умовами задачі з t г тканини утворюється $0.24t$ г попелу, в якому міститься $0.24t \cdot 480 \cdot 10^{-6}$ г Молібдену. Маса M_0 у кістковій тканині й маса M_0 у попелі є однаковою. Отже, складемо рівняння:

$$tX = 0.24 \cdot 480 \cdot 10^{-6} t.$$

Після скорочення правої і лівої частин рівняння на t і його вирішення отримаємо: $X = 115.2 \cdot 10^{-6} \%$, або 115.2 мкг%, тобто вміст Молібдену в кістковій тканині тварини складає 115.2 мкг%.

Приклад 2.3 Обчислити відносну густину бутану за повітрям.

Розв'язання завдання. Відносна густина бутану C_4H_{10} за повітрям визначається за формулою: $D_{\text{повітря}} = \frac{M(\text{C}_4\text{H}_{10})}{M(\text{повітря})} = \frac{12 \cdot 4 + 1 \cdot 10}{29} = 2$

Завдання на підготовку до виконання практичного модуля №1.

- 2.1 Обчислити масову частку Титану й Феруму та їх оксидів (для Ti (II) і Fe(III) у природному мінералі титаномагнетиті $\text{FeTiO}_3 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$,
- 2.2 Обчислити відносну густину 1) пропану C_3H_8 за воднем; 2) карбон (II) оксиду за киснем. Який вміст Карбону (у %) в цих газах?
- 2.3 Назвіть основні властивості біосфери.
- 2.4 Дайте визначення живої речовини, поясніть її класифікацію та роль у біосфері. Сформулюйте принцип єдності організму й середовища.
- 2.5 Які з відомих правил пояснюють процеси та явища у гідросфері і літосфері, в т. ч. в утворенні мінералів?
- 2.6 Обміркуйте роль ґрунту у розвитку біосфери. Що таке літосфера, які у неї межі, який розподіл хімічних елементів?
- 2.7 Опишіть еволюцію біосфери, її критерії та сучасний етап її розвитку. Як принцип Дана і закономірність еволюційного розвитку характеризує еволюційний процес?
- 2.8 Яка роль гідросфери на планеті Земля і які типи вод вам відомі?
- 2.9 Приведіть сучасну класифікацію ландшафтів, назвіть її автора.
- 2.10 Дайте схему та пояснення будови мегабіосфери за М.Б. Вассоєвичем.
- 2.11 Дайте визначення поняття ноосфери, опишіть її ознаки. Розгляньте майбутній ноосферний етап розвитку планети у вигляді природно-нароdogосподарського комплексу, або ноосферного комплексу. Які його складові частини? Хто автор НК?
- 2.12 Встановлено, що кров становить 7% маси організму людини. Після мінералізації у 100 мг попелу крові міститься 8 мг заліза. Вихід попелу становить 1%. Обчисліть вміст біогенного елемента Феруму в крові людини масою 72 кг.
- 2.13 Листя рослини містять 0.38% фосфору, а після сушки – 2.51%. Якою масова частка втрати маси рослини в результаті видалення води?
- 2.14 Кров людини складається з 60 % плазми і 40 % клітин крові. Якою є масова частка H_2O в крові, якщо її вміст у плазмі 91%, а в клітинах – 64 %?
- 2.15 У зразку глини прибережної зони міститься 14 % хімічно зв'язаної і 20 % гігроскопічної води (останню можна видалити висушуванням). Обчисліть вміст хімічно зв'язаної води у висушеному зразку глини.
- 2.16 Обчислити масову частку Силіцію і Алюмінію та їх оксидів в природному мінералі топазі $\text{Al}_2[\text{Fe}(\text{OH})_2\text{SiO}_4]$.
- 2.17 Обчислити масову частку Натрію, Силіцію та натрій і силіцій оксидів у нефеліні $\text{K}_2\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Які правила Ферсмана мають відношення до мінералів?
- 2.18 Обчислити масову частку Феруму й Магнію та їх оксидів у фаяліті $\text{Mg}_2\text{Fe}_2\text{SiO}_4$.
- 2.19 Опишіть види, форми роботи й основні показники живої речовини.

- 2.20 Обчисліть відносну густину нітроген (IV) оксиду за повітрям і амоніаку за азотом (N₂). Який вміст Нітрогену (у мас. %) в цих газах?
- 2.21 Розрахуйте молярну масу фреону, якщо відносна густина цього газу за воднем дорівнює 60,5.
- 2.22 Обчисліть а) відносну густину етану C₂H₆ за гелієм і карбон (IV) оксиду за хлором; б) масову частку Карбону в цих газах.
- 2.24 Поясніть структуру та межі біосфери. Як властивості сталості, рухливості, єдності та цілісності біосфери співвідносяться з межами біосфери?
- 2.25 З яких компонентів складається біосфера Землі? Які складові мегабіосфери за уявленнями М. Б. Вассоевича?
- 2.26 Обчислити масову частку Калію й Алюмінію та їх оксидів у нефеліні **K₂Na₂Al₂Si₂O₈**.
- 2.27 У чому сутність енергетики біосфери й енергетичного принципу? Назвіть джерела енергії планети. Опишіть енергетичну функцію живої речовини.
- 2.28 Дати коротку характеристику таким функціям живої речовини, як концентраційна, деструктивна, транспортна і біохімічна.
- 2.29 У чому сутність газової, окиснювально-відновної, середовищетвірної і біогеохімічної функцій живої речовини?
- 2.30 Чому біогеохімія спирається на принципи Геттона та актуалізму?

РОЗДІЛ 3 БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ ЕЛЕМЕНТІВ І РЕЧОВИН

Мета розділу. Вивчення міграції хімічних елементів, їхніх ізотопів і сполук як необхідної умови існування біогеохімічних циклів елементів і створення геохімічних бар'єрів. Розглянути основні біогеохімічні кругообіги біогенних елементів, у т. ч. важких металів, і сучасні геохімічні бар'єри.

Головні запитання розділу 3, що виносяться до теоретичного модуля №2.

1. На основі лекційного матеріалу, рекомендованої літератури та самостійного вивчення тем розділу 3 сформулювати теоретичний базис знань.
2. Уміти класифікувати біогенні елементи, які знаходяться у даних сполуках, за кількісним та фізіологічним критеріями.
3. Огляд біогеохімічних циклів C, O₂, P, N₂, S, SiO₂, Al, K, Na, Ca, Mg, Cu, Fe, Hg.
4. Класифікація геохімічних бар'єрів; їх види і параметри.
5. Уміти застосовувати теоретичні знання для розрахунків з використанням біогеохімічної одиниці – кларка для перерахунків концентрацій біогенних елементів і їх сполук в компонентах біосфери.

Рекомендована література: [5], с. 44-54, 73-98, 141-266; [7], [8], [9]; [15].

На допомогу студенту.

Вивчення цього розділу програми з дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» необхідно почати з питань знаходження основних хімічних елементів в компонентах біосфери; всі питання міграції біогенних

елементів слід розглядати з позицій закону біотичного кругообігу, а також необхідно повторити закон про загальне розсіювання елементів Кларка-Вернадського, вивчити правило Оддо-Гаркіса, закономірність О. Є. Ферсмана, яким підпорядковується розподіл елементів в компонентах біосфери, а також закономірність Гаркінса про поширення елементів в земній корі, закономірність переважання у літосфері елементів, атомні маси яких кратні чотирьом, закономірність переважання в літосфері шостих за порядковим номером парних або непарних елементів в таблиці Д.І. Менделєєва, ізотопну та біогеохімічну закономірність.

Треба знати класифікацію елементів за кількісним принципом (рідкісний, розсіяний, дефіцитний, надлишковий). Однак, елементи, які знаходяться в живих організмах, прийнято класифікувати не тільки за кількісною ознакою, але і за функціональним, або фізіологічним критерієм. В залежності від кількісного вмісту й функціональної значущості елементний набір організмів підрозділяють на три основні групи.

Макроелементи – це елементи основної маси органічних і неорганічних сполук живих організмів. Вони потрібні організмам постійно і в дуже великій кількості для проходження життєвого циклу. Вміст їх змінюється від 60% до 0.001% маси тіла. Це – О, Н, С, N, P, K, Ca, S, Si, Mg, Na, Cl, Fe.

Мікроелементи – переважно йони важких металів, компоненти гормонів, ферментів й інших життєво важливих сполук. Вони також необхідні для життєдіяльності, як і макроелементи, але в значно меншій кількості. Їхній вміст змінюється від 10^{-2} % до 10^{-5} % маси тіла. До даної групи входять Купрум, Молібден, Цинк, Манган, Барій, Бор, Кобальт, Ванадій, Іод, Бром, Флуор, Алюміній, Стронцій, Титан, Цирконій, Рубідій, Хром, Станум, Плюмбум, Нікол, Літій, Ітрій, Лантан.

Вміст *ультрамікроелементів* не перевищує 10^{-6} % маси тіла. Фізіологічна роль їх в організмах ще повністю не з'ясовано. До цієї групи відносяться Арсен, Уран, Радій, Аурум, Меркурій, Берилій, Цезій, Селен та ін.

В залежності від валентного стану та структури електронних рівнів роль кожного елемента суворо специфічна, і через те його не можна замінити на іншій хімічний елемент. Наприклад, з 77 випробуваних елементів жоден не міг замінити Галію, необхідного для спороутворення грибів.

Одиниця середнього знаходження елемента в земній корі – *кларк*; в будь-якій системі відносно до середнього вмісту в земній корі використовують – *кларк концентрацій* (щодо живої системи – *біофільність*) і коефіцієнт біопоглинання. Зверніть увагу, що біогенні елементи у воді перебувають у йонному стані, й треба вміти перераховувати їх концентрації з одного виду виразу концентрації в інший (масова частка %; молярна концентрація і молярна концентрація еквівалентів *моль/л*; молярна концентрація, *моль/кг*, масові концентрації *г/л*, *мг/мл*; *мг/л*; *мкг/мл*).

Наступний етап вивчення теоретичного матеріалу належить розгляду видів міграції хімічних елементів у природі (механічна, фізико-хімічна, бі-

огенна, техногенна) та їх характеристикам (показник механічної міграції, йонний потенціал Картледжа, енергетичний коефіцієнт йонів, інтенсивність міграції), а також внутрішнім та зовнішнім факторам міграції, геохімічній класифікації елементів за особливостями їх міграції.

Тема міграції тісно пов'язана з важливою галуззю біогеохімії – геохімічними бар'єрами. Слід знати їх класифікацію: за масштабністю (макро-, мезо-, мікробар'єри); за типами (природні й техногенні), серед яких існує розподіл на 3 класи за різницею в міграції – механічні, фізико-хімічні, біогеохімічні; за накопиченням хімічних елементів (напр., сульфідний, содовий); в залежності від напрямку потоків (латеральні й радіальні, або вертикальні). До їх основних характеристик відносяться показники *контрасності бар'єру* та *градієнта бар'єру*. Геохімічні бар'єри треба розглядати разом із запитаннями геохімічної акумуляції енергії (напр., Гідроген, Карбон, сульфідни, органічна речовина – геохімічні акумулятори) і роллю мікроорганізмів в їх створенні.

Переходячи безпосередньо до вивчення біогеохімічних кругообігів, студент повинен засвоїти загальні поняття (*біомаса, фітомаса, первинна і вторинна продукція*), характеристики кругообігу (*ємність, швидкість та інтенсивність кругообігу*), головні елементи й сполуки кругообігів; основні ступені (поглинання, перетворення, газообмін, метаболізм) і процеси (енергетичні, деструктивні, окиснювально-відновні, синтезу нових сполук, переносу й розподілу енергії та речовин) біогеохімічних кругообігів. Кругообіги таких біогенних елементів, як С, О, Н, S, Р, N, Si, Na, К, Са, Mg, Cu, Fe і сполук H₂O, NH₃, SiO₂ і CO₂ треба вміти схематично ілюструвати.

Приклади розв'язання розрахункових завдань.

Приклад 3.1 Обчислити середній кларк магній оксиду, якщо кларк знаходження Магнію в ґрунті дорівнює 0.63 %.

Розв'язання завдання:

1. Визначимо кількість речовини магнію в 100 г зразка:

$$n(\text{Mg}) = \frac{m}{M(\text{Mg})} = \frac{0,63}{24,31} = 0.026 \text{ моль}$$

2. З формули оксиду магнію випливає: $n(\text{MgO}) = n(\text{Mg}) = 0.026 \text{ моль}$.

Визначимо масу магній оксиду в 100 г зразку ґрунту, тобто середній кларк:

$$m(\text{MgO}) = n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = 0.026 \cdot (24.31 + 16) = 1.05 \text{ г}, 1.05\%$$

Приклад 3.2 Обчислити молярну концентрацію й молярну концентрацію еквівалентів сульфат-іонів у морській воді, якщо їх масова частка – 0.0768.

Розв'язання завдання. 1. Згідно з умовами завдання 100 г морської води містять 7.68 г сульфат-іонів, оскільки $\omega = 0.0768$, це відповідає 7.68 %. Визначимо об'єм цієї маси води, якщо $\rho_{\text{морської води}} = 1.02 \text{ г/мл}$:

$$V = \frac{m}{\rho} = 100 : 1.02 = 98.04 \text{ мл.}$$

Таким чином, 7.68 г SO_4^{2-} розчинено в 98.04 мл морської води.

2. Молярна концентрація розчину C_M – це число моль розчиненої речовини в 1 л розчину. Визначимо кількість речовини SO_4^{2-} в 98.04 мл розчину морської води:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{7.68 \text{ г}}{96 \text{ г/моль}} = 0.08 \text{ моль} \text{ і перерахуємо на 1 л:}$$

У 98.04 мл морської води – 0.08 моль SO_4^{2-}
у 1000 мл морської води – x моль SO_4^{2-}

$$x = C_M = \frac{0.08 \cdot 1000}{98.04} = 0.815 \text{ моль / л}$$

3. Молярна концентрація еквівалентів, або застаріла назва – «нормальна концентрація», $c_{ек}$ (SO_4^{2-}) – це відношення кількості еквівалентів речовини $n_{ек}$ до об'єму розчину $V_{роз}$. з урахуванням перерахунку на 1 л (1000 мл) розчину, яка дорівнює:

$$C_{ек} = \frac{n_{ек}(\text{SO}_4^{2-})}{V_{роз}} = \frac{m(\text{SO}_4^{2-}) \cdot z(\text{SO}_4^{2-})}{M(\text{SO}_4^{2-}) \cdot V_{роз}} = \frac{7.68 \cdot 2 \cdot 1000}{96 \cdot 98.04} = 1.632 \text{ моль / л},$$

де z – еквівалентне число, яке для йонів SO_4^{2-} дорівнює 2.

Завдання на підготовку до виконання теоретичного модуля №2.

3.1 Дайте визначення загальним поняттям: *біологічний кругообіг, зони природи, фітомаса, первинна і вторинна продукція*. Назвіть авторів наукових розробок цієї галузі біогеохімії.

3.2 Охарактеризуйте загальні поняття: *структура біомаси, дрантя, підстилення, опад, прирістя* та обчислити середній кларк барій оксиду, якщо кларк знаходження Барію в літосфері дорівнює 0,065 %.

3.3 Обміркуйте загальні закономірності біогеохімічних циклів елементів і сполук в природі й опишіть види переносу речовини в атмосфері (за О. П. Лисициним), їх зв'язок з показником механічної міграції.

3.4 Назвіть основні хімічні елементи біогеохімічних циклів суші й океану і охарактеризуйте зовнішні фактори міграції. Сформулюйте закономірності Гаркінса, Ферсмана та поширення елементів у земній корі.

3.5 Наведіть класифікацію геохімічних бар'єрів а) за масштабністю; б) за типом міграції; в) за накопичуванням хімічних елементів. У чому сутність закономірності усереднення?

3.6 Опишіть кругообіг лужних, лужноземельних і важких металів.

3.7 Дайте визначення і формули кількісним показникам біогеохімічного кругообігу: *індекс водної міграції, індекс біогеохімічного кругообігу, коефіцієнт біологічного поглинання (КБП), коефіцієнт розкладу опад*.

3.8 Розгляньте основні показники геохімічних бар'єрів. Сформулюйте ізотопну і біогеохімічну закономірності.

3.9 Чому органічна речовина розглядається як геохімічний акумулятор? Наведіть для прикладу відповідні рівняння реакцій.

- 3.10 У чому сутність кисневого, відновного, глейового та кислого бар'єрів?
- 3.11 Приведіть класифікацію хімічних елементів В.М. Гольдшмідта.
- 3.12 Яка молярна концентрація SiO_3^{2-} , якщо ω_{Si} в морській воді – $2 \cdot 10^{-5} \%$?
- 3.13 Вміст Карбону у морській воді $3.5 \cdot 10^{-3} \%$. Якому об'ємові вуглекислого газу за н.у. це відповідає?
- 3.14 Якій молярній концентрації еквівалентів йонів SO_4^{2-} відповідає вміст Сульфуру в морській воді $9 \cdot 10^{-2} \%$?
- 3.15 Морська вода містить $0.127\% \text{Mg}^{2+}$. Визначити, якій молярній концентрації еквівалентів відповідає вміст Mg^{2+} в 196 мл води після реакції з 0.3 г Ca(OH)_2 ?
- 3.16 Перерахувати масову частку Na^+ в морській воді 10.764% в $\text{мг Na}^+/\text{л}$.
- 3.17 У воді міститься 0.4 мг/л NO_3^- . Виразити цю концентрацію в $\text{мг N}/\text{л}$.
- 3.18 Обчислити середній кларк оксидів наступних біогенних елементів, якщо кларк їх знаходження в літосфері дорівнює для F – 0.066% , Al – 8.05% .
- 3.19 У чому сутність сульфідного, лужного, сорбційного бар'єрів? Відповідь ілюструйте схемами.
- 3.20 Опишіть сутність комплексного техногенного бар'єра та наведіть приклад.
- 3.21 Обчислити середній кларк оксидів наступних біогенних елементів, якщо кларк їх знаходження в літосфері, (грунті) дорівнює для Mg – 1.87% , Fe – (3.8%).
- 3.22 Обчислити середній кларк оксидів наступних біогенних елементів, якщо кларк їх знаходження в літосфері, (грунті) дорівнює для H – 0.14% , Na – (0.63%).
- 3.22 Дайте визначення основних характеристик геохімічних бар'єрів *функції градієнта бар'єра* та *контрастності бар'єра*. Обчислити середній кларк кальцій оксиду, якщо кларк Кальцію в літосфері дорівнює $3,96 \%$.
- 3.23 Назвіть наступні речовини за Державним стандартом України «Елементи хімічні і речовини прості», ДСТУ 2434-94 і визначте ступінь окиснення елементів в речовинах: Cu, Au, Fe_2O_3 , H_2SiO_3 , Na_2O , Na_2O_2 , KOH, Na_2SO_3 , $\text{Fe}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.
- 3.24 Назвіть наступні речовини за ДСТУ 2434-94 і визначте ступінь окиснення елементів в них: Co(OH)_2 , I_2 , O_2 , O_3 , H_2SO_3 , CuO, K_2SeO_4 , H_2O_2 .
- 3.25 Назвіть наступні речовини за ДСТУ 2434-94 і класифікуйте їх елементи за кількісним і фізіологічним критерієм: Hg, KAlO_2 , Li_2VO_4 , NaH, UCl_6 , $\text{Fe(NO}_3)_3$, Ca_3N_2 .
- 3.26 Вкажіть міграційний ряд у корі вивітрювання для Mn, Cl, Al, лужних металів (за Б.Б. Полиновим).
- 3.27 Оцініть біофільність Ca, Cl, Fe, Pb, використовуючи таблиці 2.1 (с. 115) і додаток 2, с. 264 «Практикуму з біогеохімії для екологів» [21].
- 3.28 Розрахуйте йонний потенціал Картледжа (ПК) для Cs, V, H, P і Fe та віднесіть їх до відповідних характерних за властивостями груп ПК.

3.29 Оцініть величини енергетичних коефіцієнтів наступних йонів, їх здатність до міграції або накопичування в елювії: K^+ , Al^{3+} , Cl^- , S^{2-} . Який з них задовольняє закономірності переважання в літосфері елементів, з атомною масою кратною чотирьом?

3.30 До яких груп елементів за геохімічною класифікацією й особливостями міграції в ландшафтах за О.І. Перельманом відносяться наступні йони: Zr^{2+} , Bi^{3+} , Ba^{2+} , S^{2-} , K^+ та всі інертні гази?

РОЗДІЛ 4 КАРБОН ТА ЙОГО СПОЛУКИ В БІОСФЕРІ

Мета розділу. На основі знань будови атома розглянути причини своєрідності Карбону й його виняткових властивостей; знати джерела Карбону й його сполук в природі, класи органічних речовин; вивчити правила номенклатури IUPAC й уміти їх використовувати на практиці.

Головні запитання розділу 4, що виносяться до практичних модулів №3, 4.

1. Основні поняття органічної хімії: гомологія, ізомерія, гібридизація, просторова будова, хімічний зв'язок, радикал, у т. ч. карбени та йон-радикали, карбокатион, карбаніон, стереоізомер, електрофіл, нуклеофіл.

2. Основні класи органічних сполук – аліфатичні, циклічні, у т. ч. карбоциклічні (аліциклічні й ароматичні) та гетероциклічні. Номенклатура IUPAC вуглеводнів різних підкласів (алкани, алкени, алкіни, циклоалкани, ароматики), їх загальні формули і властивості, джерела одержання, забруднюючий вплив на біоту.

3. Оксигеновмісні вуглеводні: функціональні групи і загальні формули, назви відповідно IUPAC; знаходження в природі, властивості і методи одержання; використання й можливість забруднення.

4. Загальні уявлення про природу та джерела гетероциклічних сполук; склад природних біологічно-активних речовин – білків, ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот, алкалоїдів, вітамінів, антибіотиків, отрут, гумусу, смол.

Рекомендована література: [12]; [13]; [18]; [19], с. 4–9; [21], с. 201–205.

На допомогу студенту. Цей розділ присвячується хімії унікального хімічного елемента – Карбону, сполуки якого мають як неорганічну, так і органічну природу. З'ясування специфічної поведінки Карбону треба починати з електронної будови атома, всіх можливих гібридизацій його орбіталей і розташування зв'язків в просторі, напр., у випадку sp^3 -гібридизації, що виникає як результат змішування однієї s - і трьох p -орбіталей (σ -зв'язок), виникає тетраедрична структура вуглеводів – алканів.

Нагадаємо, що sp^2 -гібридизація – це створення з однієї s - і двох p -орбіталей трьох гібридних орбіталей з тригональною будовою й кутом 120° , які утворюють σ -зв'язки C–C, C–H, C–H. В сполуках з подвійними зв'язками негібридизовані p -хмари перекиваються в напрямку, перпендикулярному зв'язку C–C й утворюють додатковий подвійний π -зв'язок.

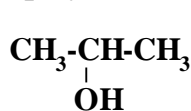
Відносно *sp*-гібридизації, то це – формування двох гібридних орбіталей (із *s*- і *p*-хмари), які знаходяться під кутом 180° , утворюючи σ -зв'язок C–C і C–H в сполуках з потрійним зв'язком, а дві *p*-хмари залишаються негібридизованими і формують два π -зв'язки в напрямках координат *y* і *z*. Цей тип гібридизації характерний для сполук з потрійними зв'язками.

Неорганічні сполуки Карбону належить розглядати в царстві мінералів (C, CaCO₃), в атмосфері (CO, CO₂), а кислі розчинні солі карбонатної кислоти (аніон HCO₃⁻) – у всіх видах природних вод. Особливу увагу студент повинен приділити вивченню класів органічних сполук Карбону, як безпосередньо вуглеводнів, так й їх оксигено- і нітрогеновмісних похідних.

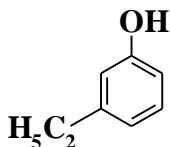
Класифікація вуглеводнів включає *алкани*, або *парафіни* – вуглеводні з простими зв'язками; *алкени*, або *олефіни* – сполуки з подвійними зв'язками; *алкіни* мають потрійний зв'язок; *циклоалкани* – це вуглеводні, ланцюг яких є замкнутий, а зв'язки можуть бути як простими, так і кратними, *ароматичні вуглеводні (арени)* – карбоциклічні сполуки, що містять стійку спряжену систему – бензенове ядро, в якому подвійні зв'язки чергуються з простими зв'язками, саме це створює ефект рівномірного розташування електронної густини *p*-електронів за всією площиною кільця. Арени такого виду називають бензоїдними (від назви бензену – родоначальник гомологічного ряду ароматиків), на відміну від небензоїдних аренив, до яких відносяться гетероциклічні сполуки (напр., пірол, імідазол) і деякі карбоциклічні сполуки (напр., азулен, катіон циклогептатриєнілу).

Студент повинен знати їх загальні формули, джерела, фізичні і хімічні властивості [12], вміти називати згідно сучасній номенклатурі IUPAC [18] або скласти формулу, спираючись на назву сполуки.

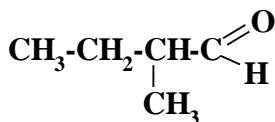
Класифікація оксигеновмісних вуглеводнів включає: **спирти і феноли**, (функціональна група – гідроксил -OH, в назвах за IUPAC до назви радикала R додається суфікс *-ол*); **альдегіди і кетони** (карбоніл >C=O; до назви R додається суфікс *-аль*, якщо карбоніл має форму $\text{—C} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{matrix}$ або *-он*, якщо карбоніл >C=O пов'язаний з двома радикалами); **карбонові кислоти** (карбоксильна група –COOH, до назви R додається *-ова кислота*), **етери і естери** (тобто прості й складні ефіри, загальних формул R₁–O–R₂ та R–COO–R₂, відповідно).



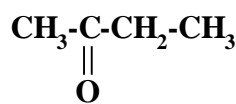
Пропанол-2



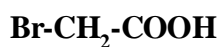
3-Етилфенол



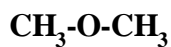
2-Метилбутаналь



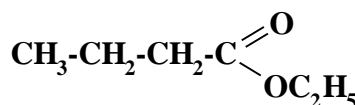
Бутанон-2



2-Брометанова кислота



Диметилловий етер



Етиловий естер бутанової кислоти (етилбутаноат)

Сульфуровмісні вуглеводні, їхня назва за IUPAC – *тіоли*; це органічні сполуки, в яких вуглеводневий радикал зв'язаний з тіольною групою –SH (інша назва – тіоспирти, меркаптани), напр., метантіол CH_3SH .

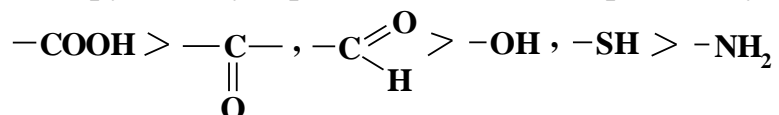
Нітрогеновмісні вуглеводні: *аміни* – сполуки, в яких вуглеводневий радикал зв'язаний з аміногрупою – NH_2 , наприклад, CH_3NH_2 – метиламін; *амінокислоти* – це сполуки з подвійною функцією: в них вуглеводневий радикал зв'язаний з двома функціональними групами – NH_2 та –COOH, вони традиційно мають тривіальні назви, однак складання назви згідно номенклатури IUPAC відповідає загальним правилам, напр., 3-амінопропанова кислота $\text{NH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--COOH}$; *нітропохідні*, що містять групу – NO_2 , напр., нітрометан CH_3NO_2 .

Вивчення кожного класу органічних речовин слід здійснювати за єдиним планом: визначення, загальна формула, знаходження в природі, будова, фізичні та хімічні властивості, методи одержання, застосування в народному господарстві, можлива токсичність, дія як поліутантів біосфери.

Правила номенклатури IUPAC для функціональних сполук

1. Визначити клас сполуки згідно функціональної групи і знайти найдовший ланцюг з вуглецевих атомів – це буде головний ланцюг, він буде визначати назву цієї сполуки, причому з двох однакових за довжиною ланцюгів вибирають найбільш розгалужений.

2. Пронумерувати атоми цього ланцюга, починаючи с атома С, який пов'язаний із функціональною групою, або з того кінця ланцюга, в якого функціональна група розташована ближче до нього. Якщо в сполуці є кілька функціональних груп, то нумерація відповідає старшинству функцій:



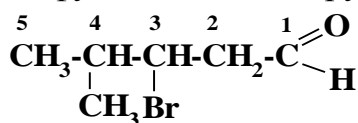
3. Побудувати саму назву, керуючись наступним: а) зазначити цифрами атоми Карбону головного ланцюга, у яких знаходиться радикал(и);

б) у префіксі назви вказати номери атомів Карбону і назви відповідних радикалів, між якими поставити дефіс (рисочку); за умов кількох радикалів, їх називають за абеткою; у випадку кількох однакових радикалів використовують грецькі числівники для зазначення їх кількості: 2 – ди-, 3 – три-, 4 – тетра-, 5 – пента-, 6 – гекса-, 7 – гепта-, 8 – окта-, 9 – нона-, 10 – дека-, наприклад, C_2F_6 – гексафлуоретан;

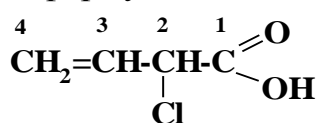
в) у корені назви вказують найдовший ланцюг (назву останнього радикала у префіксі і назву головного ланцюга у корені пишуть разом), потім – суфікс, який відповідає функціональній групі (формула а, стор. 26);

г) якщо функціональна сполука має подвійний чи потрійний зв'язок, то спочатку називають зв'язок, використовуючи суфікси –*ен* або –*ін*, відповідно, із зазначенням номера атому Карбону, у якого розміщується цей

зв'язок (керуючись правилом найменших номерів), а потім вказують суфікс самої функціональної групи, наприклад, формула б):

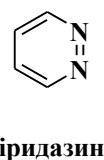
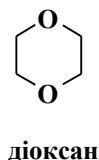
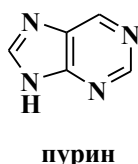
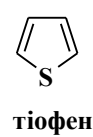
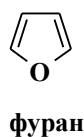
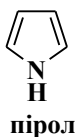
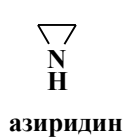


а) 3-бром-4-метилпентаналь



б) 2-хлорбутен-3-ова кислота
(або 2-хлор-3-бутенова кислота)

Студенту треба мати загальне уявлення про природу і джерела *гетероциклічних сполук* – органічних речовин циклічної будови ароматичної або неароматичної природи (насичені гетероцикли), які включають один або кілька гетероатомів, тобто інших елементів, ніж Карбон, зазвичай це Оксиген, Нітроген, Сульфур, рідко Фосфор, Силіцій, Германій:

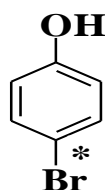


Все вищевикладене є необхідним для розуміння будови більш складних класів природних об'єктів, які мають біологічно активні властивості – а саме, білків, ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот, алкалоїдів, вітамінів, антибіотиків, отрут, гумусу, природних восків, смол [13].

Використовуючи шкільні знання з органічної хімії, лекційний матеріал, рекомендовану літературу для самостійного вивчення тем розділу 4, студент повинен сформулювати теоретичну основу знань для виконання практичних модулів №3 і №4.

Приклади розв'язання розрахункових завдань практичного модуля 3.

Приклад 4.1 Класифікувати дану речовину, структурна формула якої задано, а) вказати загальну формулу гомологічного ряду, б) назвати згідно номенклатури IUPAC, в) вказати зв'язки, г) гібридизацію, д) просторову будову, е) потенційний вплив на біоту, є) ступінь окиснення елемента, який позначений зіркою, ж) визначити масову частку С і Н; з) написати формули ізомерів, назвати їх згідно з номенклатурою IUPAC.



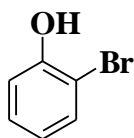
Відповідь на запитання завдання. Клас – феноли; а) загальна формула – $C_xH_y(OH)_n$; б) назва – 4-бромфенол; в) спряжені π - і σ -зв'язки, електронна густина рівномірно розташована за всією площиною кільця; г) sp^2 -гібридизація; д) плоский шестикутник з перпендикулярними до площини шістьма негібридизованими p -орбіталями; е) феноли – токсичні речовини, попадання на шкі-

ру викликає опіки; в малих концентраціях фенол використовують для дезинфекції у вигляді водного розчину, т. зв. карболової кислоти; наявність похідних фенолу у воді робить її непридатною для пиття, погіршує санітарний стан водойм, негативно впливає на біоту; є) ступінь окиснення $C^* = +1$; ж) брутто-формула C_6H_5OBr , отже:

$$\omega(C) = \frac{M_C \cdot n_C}{M} = \frac{12 \cdot 6}{12 \cdot 6 + 1 \cdot 5 + 16 + 80} = \frac{72}{173} = 0.4162, 41.62\%$$

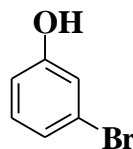
$$\omega(H) = \frac{M_H \cdot n_H}{M} = \frac{1 \cdot 5}{12 \cdot 6 + 1 \cdot 5 + 16 + 80} = \frac{5}{173} = 0.0289, 2.89\%$$

з) ізомерами 4-бромфенолу є його *орто*- і *мета*-похідні:



2-бромфенол

(*орто*-бромгідроксибензен)



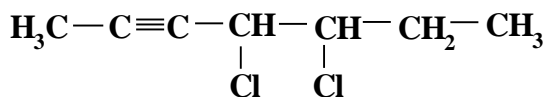
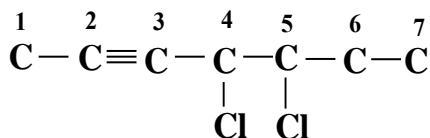
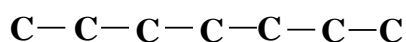
3-бромфенол

(*мета*-бромгідроксибензен)

Приклад 4.2 Скласти структурні формули вуглеводнів за їх назвами:

1) 4,5-дихлоргептін-2; 2) 3,4-диметилциклогексен.

Відповідь на запитання завдання. Для складання структурної формули необхідно: а) знайти і виділити в назві сполуки головний С–С-ланцюг, який є корінням у назві сполуки, і пронумерувати його; б) при наявності подвійного або потрійного зв'язків вони позначаються в першу чергу, а потім зазначають радикали, які наведено в префіксі назви сполуки; в) наприкінці дописують атоми Гідрогену, щоб валентність Карбону відповідала чотирьом:

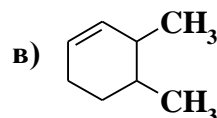
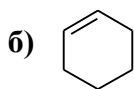
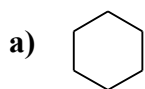


(гепт – корінь назви, це головний ланцюг, сьомий член гомологічного ряду алканів, тому складаємо С–С-ланцюг з 7 атомів С);

(суфікс *-ін-2* зазначає потрійний зв'язок в положенні 2 головного ланцюга, у положеннях 4 і 5 розташовують замісники Хлору);

(завершуємо формулу дописуванням атомів Гідрогену, зберігаючи валентність Карбону – IV).

2) Для 3,4-диметилциклогексену етапи написання формули наступні:



Приклад 4.3 Виконати наступні перетворення: карбід кальцію → етин (ацетилен) → етен (етилен) → етиловий спирт → брометан → бутан.

Відповідь на запитання завдання. За назвами сполук складаємо їхні структурні формули і записуємо ланцюг перетворень:



Виконуємо реакції одержання перелічених сполук на основі знання властивостей і методів одержання вуглеводнів різних класів та їх функціональних похідних (див. лекційний матеріал і рекомендовану літературу [12]):

- $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$
- $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pd або Ni}} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
- $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^0, p, \text{H}_3\text{PO}_4} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{HBr} \xrightarrow{t^0, \text{H}_2\text{SO}_4} \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$
- За реакцією Вюрца: $\text{C}_2\text{H}_5-\text{Br} + 2\text{Na} + \text{Br}-\text{C}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5-\text{C}_2\text{H}_5 + 2\text{NaBr}$

Приклад 4.4 Якій формулі відповідає газуватий вуглеводень, якщо масова частка Карбону в ньому становить 82.8 %, а маса 1 л цього газу (н.у.) дорівнює 2,59 г.

Розв'язання завдання. Оскільки молярний об'єм будь-якого газу при н. у. дорівнює 22.4 л, визначимо молярну масу газу: $M_r = m(1 \text{ л}) \cdot V_m = (2.59 \text{ г} \cdot 22.4 \text{ л/моль}) = 58 \text{ г/моль}$, тоді вміст Карбону в газі можна виразити

формулою: $\omega = \frac{m_C}{M_r}$, тобто $0.828 = \frac{12x}{58}$, де x – кількість атомів С, звідки

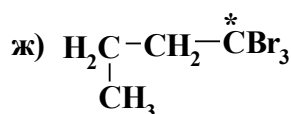
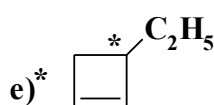
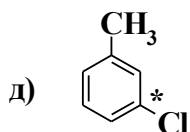
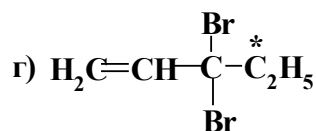
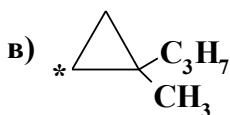
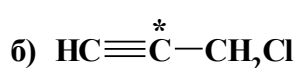
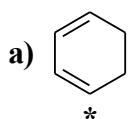
$$12x = 58 \cdot 0.828; \text{ отже } 12x = 48 \text{ г/моль, тоді } x = 4.$$

Розрахуємо кількість атомів Гідрогену в молекулі вуглеводню:

$$n_H = \frac{m_H}{A_H} = \frac{58 - 48}{1} = 10, \text{ тоді формула вуглеводню – } \text{C}_4\text{H}_{10}, \text{ це – бутан.}$$

I. Виконати наступні вправи з метою вміння використовувати номенклатуру IUPAC і перевірки знань тем розділу «Карбон та його сполуки в біосфері»:

1) Класифікувати дані сполуки, структурні формули яких задані, а) вказати загальну формулу гомологічного ряду, б) назвати відповідно номенклатурі IUPAC, в) вказати зв'язки, г) гібридизацію, д) просторову будову, е) потенційний вплив на біоту, є) вказати ступінь окиснення елемента, який позначений зіркою, ж) в сполуці, позначеною зіркою, обчислити масову частку С і Н; з) написати формули ізомерів, назвати їх за IUPAC.

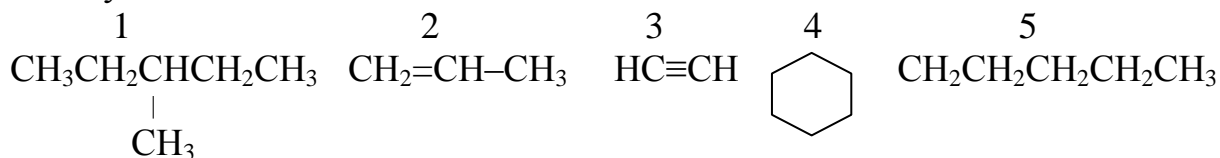


- 2) Виконати перетворення й відмітити сполуки, які є потенційними складовими нафти:
- а) Карбон → метан → бромометан → C_2H_6 → нітроетан;
 - б) Етан → хлоретан → гексан → циклогексан → бензен → етилбензен;
 - в) Етанова кислота → натрій ацетат → метан → ? → етан → пропан → 1-бромпропан → C_6H_{14} → бензен → бензенсульфонова кислота → фенол → пікринова кислота;
 - г) С → метан → етин (ацетилен) → бензен → 1,2,3,4,5,6-гексахлорбензен → 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан;
 - д) Гексан → циклогексан → бензен → метилбензен → бензойна кислота.
 - е) Етин → бензен → толуен → 1-метил-2,4,6-трихлорбензен
- 3) Складіть структурні формули сполук за їх назвами: 2,3-диметил-3-хлорпентан; 2-бромпентадієн-2,4; *мета*-дибромбензен; 1-бром-2,3,4-триметилгексан; 4,4-діметилгептін-2; 3-етил-4-хлорциклопентен; гексаметилетан (назвати за IUPAC); 2,3-диметил-3,4-дихлоргептен-1; 1-бром-4-етилциклогексан; 2-метил-3-етил-3,4-дихлордекан; 3,4-диметилоктен-3; 5-флуорциклогексадієн-1,3; *орто*-динітробензен; 3-етил-6-ізопропілнатриєн-1,4,7.

Завдання для самостійної підготовки до виконання практичного модулю 3.

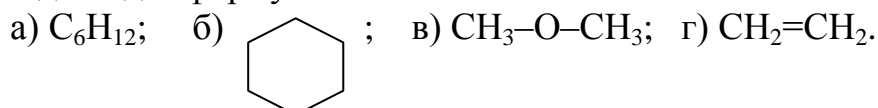
- 4.1 Визначити формулу циклоалкану, дати йому назву, якщо відносна густина його за воднем дорівнює 42. Циклоалкан не має відгалужень.
- 4.2 Скільки етаналю (оцтового альдегіду) одержують з 20 л етину (ацетилену) за реакцією Кучерова, якщо вихід реакції 79 %?
- 4.3 З 1 кг технічного кальцій карбїду було отримано 300 л C_2H_2 . Яка масова частка (%) домішок містилася у карбїді?
- 4.4 Скільки мл водню приєднається до 100 мл етилену (етену)?
- 4.5 Індивідуальний вуглеводень утворює подвійний зв'язок; 7 г його приєднують 16 г бромю. Визначити молярну масу речовини.
- 4.6 Дегідрогенізацією 5 г алкану отримали 4.6 г гомолога бензену. Визначити молекулярну формулу гомолога бензену.
- 4.7 Суміш 5 г гексену-2 і *n*-гексану реагує з 8 г бромю в реакції з бромною водою. Обчисліть % склад початкової суміші.
- 4.8 Органічна речовина містить 85.7% С і 14.3% Н. Густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 14. Напишіть емпіричну формулу речовини.
- 4.9 З наведених формул виписіть формули алканів, назвіть усі сполуки, спочатку розподілів їх на відповідні класи з вказівкою загальної формули для кожного класу: C_2H_4 , C_3H_8 , $C_{10}H_{22}$, $C_{12}H_{24}$, C_4H_8 , C_6H_6 , C_2H_2 , C_8H_{18} , C_3H_6 , C_9H_{20} .
- 4.10 Яка маса натрію є необхідною для одержання за реакцією Вюрца 50 г алкану з 1-бромпропану? Назвіть продукт реакції.
- 4.11 Знайдіть і виправте неправильні назви вуглеводнів: 2-метил-3-бутен; 3-хлор-2-етил-1-пентен; 2-етилпентен-4; 3,3-диметил-3-гексен, 2-метилбутан; 2-етил-2-флуоргексан.

4.12 Які сполуки наступної будови входять до складу нафти? Вкажіть правильну відповідь:



а) 1, 2; б) 3, 5; в) 1, 4, 5; г) 1, 5. Чи є серед сполук гомологи? Чи є ізомерами сполуки 1 і 4?

4.13 Конформації „крісла”, „ванни” та твіст-конформацію має сполука, що відповідає формулі:



4.14 Вкажіть назву фрагмента молекули, що залишається після «відділення» атома Гідрогену від молекули алкана:

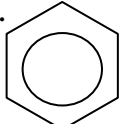
а) алкен; б) алкін; в) алкіл; г) арил. Наведіть приклади можливих залишків вуглеводнів даного класу та назвіть їх.

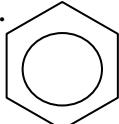
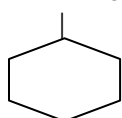
4.15 Знайдіть гомологічну різницю вуглеводнів усіх класів:

а) $-\text{CH}-$; б) $-\text{CH}_2-$; в) $-\text{CH}=\text{}$; г) $-\text{CH}_3$.

4.16 Скільки бензену потрібно для одержання 40 г *m*-динітробензену, якщо практичний вихід складає 93 % від теоретичного?

4.17 Вкажіть ізомери, які містяться в нафті:

1. CH_3 ; 2. C_6H_{14} ; 3.  ; 4. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$; 5. $\text{CH}_2=\text{CH}_2$.



а) 1, 3; б) 2, 4; в) 1, 4; г) 2, 5.

4.18 Вкажіть назву сполук, які мають однотипну будову, але відрізняються на одну або декілька $-\text{CH}_2-$ груп:

а) ізомери; б) полімери; в) мономері; г) гомологи.

4.19 Напишіть загальну формулу алкадієнів, циклоалканів, циклоалканів, ароматичних вуглеводнів. Наведіть приклади сполук кожного класу.

4.20 Молекули якої речовини знаходяться у стані інверсії:

а) гептен; б) поліетилен; в) циклогексан; г) бензен.

4.21 Серед наступних сполук знайдіть гомологи, які містяться в нафті:

1. C_6H_{14} 2. $\text{CH}\equiv\text{CH}$ 3. C_8H_{18} 4. C_6H_{12} 5. C_6H_6

а) 1, 5; б) 3, 4, 5; в) 1, 3; г) 2, 5.

4.22 Вкажіть формулу гомологів бутану:

а) C_6H_{12} ; б) C_6H_{14} ; в) C_3H_6 ; г) C_9H_{20} ; д) C_6H_6 .

4.23 Серед наступних речовин вкажіть сполуку, що є ізомером гексану:
а) бензен; б) циклогексан; в) пентан; г) 2,3-диметилбутан; д) 2,4-диметилпентан.

4.24 Який гомолог бензену й в якій кількості одержують в результаті алкілювання за реакцією Фріделя-Крафтса 56 г бензену за допомогою метиліодиду при виході продукту 87 %?

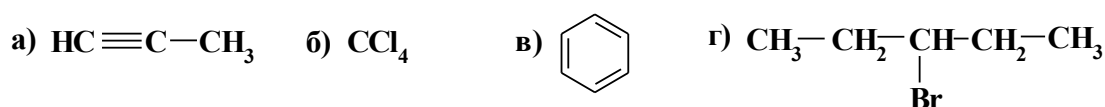
4.25 Вкажіть назву сполук, які мають різну будову, але абсолютно однакові за якісним і кількісним складом:

а) конформери; б) полімери; в) мономери; г) гомологи; д) ізомери.

4.26 Навести промислові та лабораторні методи одержання алканів. До яких з них відноситься крекінг? Дати визначення цьому процесу, назвіть його першовідкривачів і перелічіть його види, ілюструючи відповідь рівняннями реакцій.

4.27 Для кожної з іменних реакцій назвіть автора та напишіть рівняння процесів з вказівкою їх умов: взаємодія ацетилену (етину) з водою; метод одержання алканів із галагенопохідних; нітрування алканів; алкілування та ацилювання ароматичних вуглеводнів.

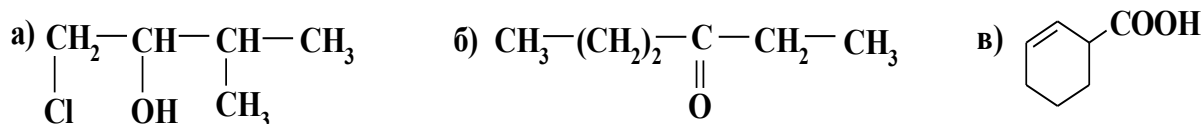
4.28 Яка з перелічених сполук входить до складу нафти?



4.29 З наведених формул випишіть формули алканів, назвіть їх, вкажіть загальну формулу гомологічного ряду, гібридизацію атомів Карбону в них і просторову будову молекул: C_2H_4 , C_3H_8 , $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$, $\text{C}_{12}\text{H}_{24}$, C_4H_8 , C_6H_6 , $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$, C_2H_2 , C_8H_{18} , C_3H_6 , C_9H_{20} .

Приклади розв'язання теоретичних і розрахункових завдань модуля №4.

Приклад 4.5 Класифікувати зазначені речовини, вказати загальну формулу гомологічного ряду, назвати згідно номенклатури IUPAC:



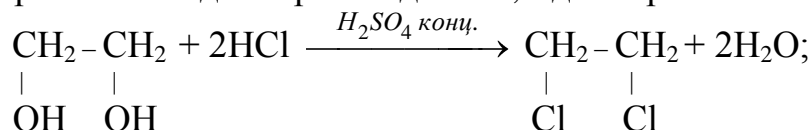
Відповідь на запитання завдання. а) Наявність гідроксильної групи відносить цю сполуку до класу спиртів, загальна формула гомологічного ряду $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$, назва по IUPAC: 3-метил-1-хлорбутанол-2;

б) Наявність карбонілу $>\text{C}=\text{O}$ відносить вищенаведену сполуку до класу кетонів, загальна формула гомологічного ряду яких $\text{R}_1-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{R}_2$
назва за IUPAC: гексанон-3

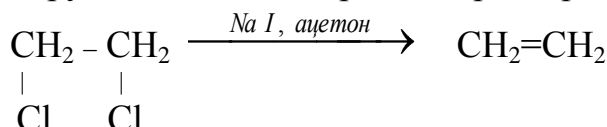
в) Присутність карбоксильної групи $-\text{COOH}$ відносить цю сполуку до класу карбонових кислот, подвійний зв'язок і циклічна будова означає, що це ненасичена циклічна карбонова кислота, загальна формула $\text{R}-\text{COOH}$, де $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n-3}$; назва за IUPAC: циклогексен-2-ова кислота.

Приклад 4.6 Виконати перетворення: етиленгліколь (назвати за IUPAC) \rightarrow 1,2-дихлоретан \rightarrow етен \rightarrow ацетилен (назвати за IUPAC) \rightarrow етаналь.

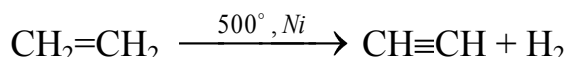
Відповідь на запитання завдання. 1) Відповідно до властивостей двохатомних спиртів, етиленгліколь у присутності концентрованої H_2SO_4 дією HCl перетворюється на дихлоропохідне – 1,2-дихлоретан:



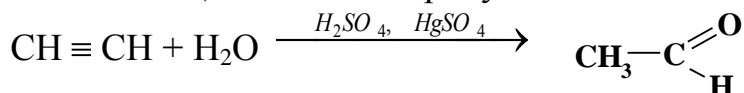
2) В умовах дехлорування 1,2-дихлоретан перетворюється в етен:



3) Реакція дегідрогенізації дає етин, за тривіальною назвою – ацетилен:



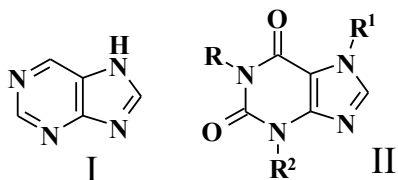
4) В умовах реакції Кучерова – у присутності суміші солі ртуті та сульфатної кислоти, при взаємодії етину (ацетилену) з водою утворюється етаналь (оцтовий альдегід) – кінцевий продукт ланцюжка перетворень:



Приклад 4.7 Обґрунтувати джерела, будову та хімічні властивості природних біологічно активних речовин на прикладі пуринів, вказати клас, приклади формул й оцінку їх біоролі в природі та життєдіяльності організмів.

Відповідь на запитання завдання. Пурини – нітрогеновмісні гетероциклічні сполуки з конденсованими імідазольним і піримідиновим кільцями, відносяться до алкалоїдів. Класифікація алкалоїдів за будовою гетероциклічного скелету молекули включає пуринові алкалоїди, а також пептидні, піридинові та ін. алкалоїди. Алкалоїди, в свою чергу, відносяться до великого класу природних низькомолекулярних біорегуляторів, які виконують різноманітні функції в організмах. Їх вивчення торкається проблем біології на рівні життєдіяльності клітини, питань медицини і фармакології, сільського господарства, взаємодії організмів у природній екосистемі й процесів обміну між організмами і навколишнім середовищем. Цікаво, що вивчення хімії взагалі і органічної хімії зокрема почалось з дослідження пуринів як основних складових біологічно активних речовин рослинних об'єктів.

Джерела усіх алкалоїдів – природні, переважно рослинного походження, але останнім часом їх також виявили у тваринних організмах, грибах і водоростях. Алкалоїди пуринового ряду – кофеїн, теобромін, теофілін містяться в чаї, каві, какао, горіхах кола і є типовими психостимуляторами. У зв'язку зі складністю структури для пуринів використовують як тривіальні назви, так і номенклатуру IUPAC. Хімічні властивості пуринів тісно пов'язані з їх фізіологічною дією, лікарською функцією чи отрутною активністю.



I Пурин;

II Ксантин $R = R^1 = R^2 = H$;

Кофеїн $R = R^1 = R^2 = CH_3$;

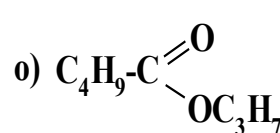
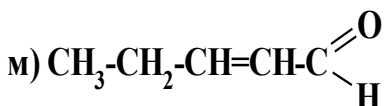
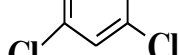
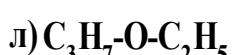
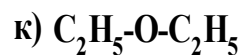
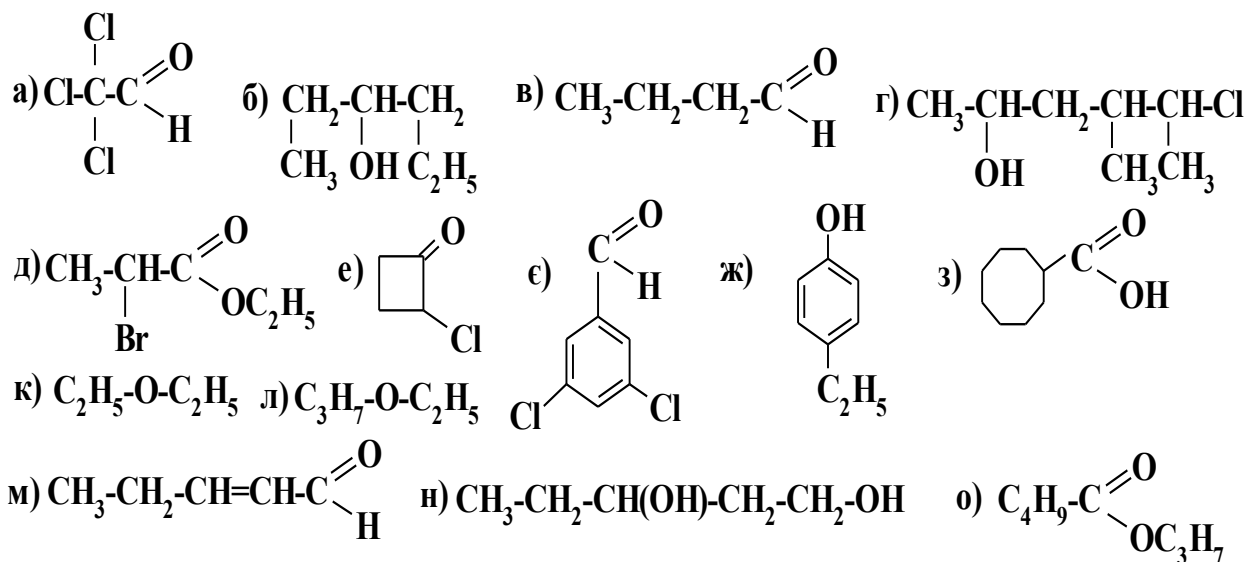
Теобромін $R = H, R^1 = R^2 = CH_3$;

Теофілін $R^1 = H, R = R^2 = CH_3$.

Окрім медичної та фармакологічної практики, пуринові алкалоїди є головними об'єктами синтетичної хіміотерапії, їх використовують в селекційній роботі для подвоєння хромосом й утворення поліплоїдних форм рослин.

II. Виконати наступні вправи з метою вміння використовувати номенклатуру IUPAC для оксигеновмісних вуглеводнів і перевірки знань методів одержання та хімічних властивостей функціональних сполук:

1) Класифікувати наступні органічні сполуки, вказати загальну формулу гомологічного ряду, назвати відповідно номенклатурі IUPAC:



2) Скласти структурні формули даних сполук за їх назвами: *para*-нітробензальдегід, монометилловий естер етиленгліколю, етилпропілкетон (назвати за IUPAC), циклогексанон, етиловий естер пропанової кислоти, 2,3-дихлорбутен-2-діова кислота, *para*-толуїловий альдегід (*n*-толілкарбальдегід), гексанон-3, диетилловий етер.

3) Виконати перетворення наступних функціональних сполук різних класів: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOC}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CONH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{C}\equiv\text{N}$

4) Написати формули ізомерів наступних сполук: пропанол-1; бутандіол-1,3; диметилловий етер; 3-амінобутанова кислота; 2-метилциклопентанова кислота; 2-хлорбензальдегід; циклогептен-3-аль; 2-гідроксипропанова кислота.

Завдання на підготовку до виконання практичного модулю №4.

- 4.30 Дайте визначення й наведіть загальну формулу таких органічних сполук як спирти, альдегіди, карбонові кислоти, амінокислоти, етери, естери.
- 4.31 Яку масу оцтової кислоти можна отримати з 112 л етину (ацетилену)?
- 4.32 Дайте характеристику біологічно активних речовин на прикладі вітамінів. Яка їх хімічна природа, яку функцію вони виконують у організмах?
- 4.33 Аналіз органічної речовини виявив, що до її складу входять 40 % С, 6.66 % Н, 53.34 % О. Встановити її молекулярну формулу і назвіть речовину, якщо $D_{H_2} = 15$.
- 4.34 Обґрунтувати джерела, будову, фізичні та хімічні властивості, біороль у життєдіяльності організмів природних біологічно активних речовин – ліпідів; наведіть приклади їх формул.
- 4.35 Що таке пестициди? Можливо чи ні відносити їх до низькомолекулярних біорегуляторів? Які властивості роблять їх дуже небезпечними для навколишнього середовища? Чому вони необхідні для сучасного сільськогосподарства?
- 4.36 Натрій масою 12 г занурили в етанол густиною 0.8 г/мл і об'ємом 23 мл. Масова доля води в етанолі становить 5 %. Знайти об'єм газу, що виділився (н. у.).
- 4.37 Метанол, кількістю речовини 0.7 моль, нагріли з надлишком бромоводню і концентрованою H_2SO_4 й отримали бромометан масою 38 г. Розрахувати практичний вихід продукту.
- 4.38 З 13.44 л етину (ацетилену) отримали 12 г бензену (н. у.). Скільки це складає відсотків порівняно з теоретичним виходом?
- 4.39 Виконати перетворення: вуглекислий газ \rightarrow крохмаль \rightarrow глюкоза \rightarrow глюконова кислота.
- 4.40 Які хімічні властивості спиртів і меркаптанів?
- 4.41 Класифікуйте такі органічні сполуки, як целюлоза, глюкоза, сахароза, крохмаль, маноза, рибоза, мальтоза. Які з них відносяться до моно-, оліго- і полісахаридів?
- 4.42 Виконати перетворення: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow$ етаналь \rightarrow етанова (ацетатна) кислота \rightarrow хлорангідрид ацетатної кислоти.
- 4.43 Отримайте з природного газу полімер за наступним ланцюгом кінцевих реакцій: $CH_2=CHBr \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_2=CHCl \rightarrow$ полівінілхлорид.
- 4.44 Як з вуглецю отримати органічний розчинник за ланцюгом перетворень: $C \rightarrow CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow$ етаналь $\rightarrow CH_3COOH \rightarrow$ етилацетат?
- 4.45 При нагріванні одноатомного спирту масою 12 г з концентрованою сульфатною кислотою утворюється алкен масою 6.3 г. Вихід продукту 75 %. Яка формула спирту?
- 4.46 Скільки г етилового естера етанової кислоти можна отримати з 120 г етанової кислоти і 138 г етанолу при виході естеру 80 % від теоретичного?
- 4.47 Опишіть хімічні властивості альдегідів і кетонів.

- 4.48 При дії надлишку металевого натрію на суміш з 6.2 г етиленгліколю і невідомої маси гліцерину отримали 5.6 л водню. Який % склад суміші?
- 4.49 4% розчин метанолу застосовують в медицині під назвою формаліну. Скільки води і метанолу потрібно для одержання 250 г формаліну?
- 4.50 Скільки г продукту утворюється при взаємодії 18.8 г фенолу і 5 г NaOH? Назвіть продукт реакції.
- 4.51 На 0.1 моль фенолу подіяли розчином бромної води. Яка маса продукту реакції? Визначить масову частку водного розчину продукту реакції, якщо маса розчину становить 120 г
- 4.52 Окиснили 0.5 моль метанолу до метанолу, останній розчинили у 200 г води. Знайти масову частку цього розчину.
- 4.53 При окисненні 5.4 г альдегіду аміачним розчином оксиду срібла виділили 16.2 г Ag. Розрахувати молярну масу і визначити формулу альдегіду.
- 4.54 Знайдіть формулу ароматичного спирту: $C_6H_{11}OH$, C_6H_5OH , CH_3OH , $C_6H_5CH_2OH$, $C_6H_{13}OH$. Назвіть сполуки.
- 4.55 Назвати і вказати потенційний вплив на біоту наведених нижче речовин: CH_3OH , $(C_6H_{10}O_5)_n$, $CH_3-COO-C_3H_7$, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$.
- 4.56 Серед зазначених формул сполук вкажіть формули гомологів і ізомерів. До яких класів речовин вони відносяться? Назвіть всі сполуки.
- а) CH_3-CH_2-OH , б) CH_3-O-CH_3 , в) $Cl-CH_2-C \begin{matrix} \equiv O \\ \diagdown \\ H \end{matrix}$ г) $C_2H_5C(=O)CH_3$
- д) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$, е) $OH-CH_2-CH_2-CH_2-OH$,
- є) $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH(OH)-CH_3 \end{matrix}$ ж) $\begin{matrix} OH \\ | \\ CH_3-CH-CH_2-CH_3 \end{matrix}$, з) $C_2H_5-COO-C_4H_9$.
- 4.57 Серед зазначених формул речовин вкажіть формули ізомерних амінокислоти і назвіть усі сполуки: а) $NH_2-CH_2-CH_2-COOH$, б) $C_2H_5NO_2$, в) $CH_3-CH-COOH$, г) $CH_2-(CH_2)_3-COOH$, д) $CH_2-COO-CH_3$,
- $\begin{matrix} | \\ NH_2 \end{matrix}$ $\begin{matrix} | \\ NH_2 \end{matrix}$ $\begin{matrix} | \\ NH_2 \end{matrix}$ е) $CH_3-CH_2-CO-NH_2$.
- 4.58 Дайте характеристику біологічно активних речовин на прикладі алкалоїдів і токсинів. Яка їх хімічна структура, до яких класів органічних речовин вони відносяться? Назвіть джерела їх знаходження у живій речовині.
- 4.59 Що таке гетероциклічні сполуки? Дайте визначення, наведіть приклади та джерела знаходження у природі. Чи відносяться до них порфірини і вуглеводні?
- 4.60 Обґрунтувати джерела, будову та біороль у життєдіяльності організмів природних полімерів – білків. Які ще природні високомолекулярні сполуки вам знайомі?
- 4.61 До якого загального класу відносяться тетрози, пентози, гексози, поліози? Дайте визначення цим сполукам і наведіть приклади.

РОЗДІЛ 5 ВПЛИВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА БІОТУ

Мета розділу. Розглянути основні забруднювачі у природному середовищі, їх сучасну класифікацію, джерела й небезпечну дію на живі істоти.

Головні запитання розділу 5, що виносяться до теоретичного модулю №5

1. Характеристика хімічних агентів глобального хімічного забруднення, їх джерела.

2. Загальні уявлення про токсичність і канцерогенність елементів і сполук.

3. Основні типи класифікацій забруднювачів: а) класи небезпеки різних хімічних речовин; б) класифікація за характером дії і ступенем прояву токсичності; в) класифікація забруднювачів за хімічною природою; г) класифікація забруднювачів за їх дією на організм людини.

4. Особливо небезпечні агенти біосфери: газоподібні забруднення атмосфери; важкі метали; забруднювачі органічної природи (3,4-бенз[*a*]пірен, нафта, діоксини, флуоровуглеводні, пестициди, детергенти; радіонукліди; біогени й добрива; компоненти харчових продуктів; шляхи їх міграції у довкіллі. Напрям дії та наслідки накопичування у живих організмах.

Рекомендована література: [5] с. 301-307; [10]; [19], с. 11-13, 18-19, 26; [20] с. 18-81, 92-94, 98-110, 144-146, 166-189, 190-202, 205-215; [21] с. 170-174, 201-210, 213-224, 259-261.

На допомогу студенту.

Характеристика хімічних агентів глобального хімічного забруднення включає їх розподіл на 1) газоподібні речовини (напр., CO, CO₂, озон, оксиди азоту та сірки, вуглеводні та ін.); 2) важкі метали (Cr, Cu, Hg, Cd, Co, Pb, Mn, Ni) і металоїди (As, P, галогени); 3) добрива; 4) органічні сполуки; 5) радіоактивні нукліди (радон, Sr-90, Cs-137).

Джерела забруднювачів можуть бути природними, антропогенними і змішаними. Прикладом природних забруднювачів є нафта, пил (степовий, вулканічний). Змішані – це забруднювачі, які можуть бути і природного, і антропогенного походження, напр., амоніак, CO, CO₂, цементний пил. До антропогенних джерел відносяться: автотранспорт, виробництво енергії, важка, хімічна й агрохімічна промисловість, будівництво, біотехнологічні процеси, небезпечні компоненти харчових продуктів, продукти фармації.

Студенту слід пам'ятати, що усі чужерідні для організмів хімічні речовини, що не входять до природних біогеохімічних кругообігів об'єднуються під назвою **ксенобіотиків** довкілля. При цьому розрізняють *шкідливу речовину* – це сторонній, нехарактерний для біосфери інгредієнт, який негативно впливає на живі організми; *токсиканти* – це сполуки, які чинять отруйну дію; *канцерогени* – це речовини, які здатні проникати в клітину та реагувати з молекулою ДНК, що призводить до хромосомних порушень та викликає розвиток злякисних пухлин; *забруднююч*, або *полутант* – речо-

вина, присутня у компонентах біосфери в кількостях, що перевищують природний (фоновий) вміст і діють на людину, біосферу, матеріали.

Існують різні класифікації забруднювачів: 1) хімічні речовини, які попадають в ґрунт з відходів і викидів класифікують за **трьома класами небезпеки** в залежності від токсичної дії речовини:

I клас сполуки As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F, бенз[а]пірен
II клас сполуки B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr
III клас сполуки Ba, V, W, Vn, Sr, ацетофенон;

2) відома класифікація забруднювачів за **8 класами пріоритетності** та контроль за їх вмістом в різних середовищах (повітря, вода, їжа, людина і так ін.); 3) класифікація за дією шкідливих речовин на організм людини, яка розроблено Є.Я. Юдіним і С.В. Беловим, відповідно до якої токсичні речовини розподіляються на **6 груп: загальнотоксичні** (викликають отруєння всього організму – CO, Hg, Pb, As та їхні сполуки, бензен і др.); **дратівні** (викликають подразнення дихальних шляхів і слизуватих оболонок організму людини – хлор, амоніак, пари ацетону, оксиди азоту, озон і др.); **сенсібілізійні** (діють як алергени, спричиняють ненормальні, незвичайні реакції організму – пестициди, формальдегід, нітропохідні органічних сполук); **канцерогенні** (їх дія спричиняє виникнення й розвиток ракових захворювань – оксиди хрому та хромат-іони, 3,4-бенз[а]пірен, азбест, сполуки Берилію, Арсену, Кадмію, Ніколу); **мутагенні** (речовини, які викликають зміну спадкоємної інформації, це радіоактивні речовини, а також сполуки Mn, Pb, ніколорганічні комплекси); **речовини, які впливають на дітородну функцію організму людини**, у тому числі тератогенні: Hg, Pb, Mn, стирен (*заст.* стирол) і радіонукліди.

4) Крім того, шкідливі речовини поділяються за ступенем дії на організм на **4 класи небезпеки** в залежності від гранично допустимої концентрації (ГДК) та інших параметрів відповідно ДСТу (ГОСТ 12.1.00588):

I клас – надзвичайно небезпечні;
II клас – високонебезпечні;
III клас – помірно небезпечні;
IV клас – малонебезпечні.

Все це свідчить про важливість і велику увагу до проблем вивчення впливу забруднювачів на біоту у цілому і на людину зокрема. Досліджено токсичну дію на біоту, включаючи людину, і встановлено ГДК для понад 1300 речовин, ще для близько 500 шкідливих речовин встановлено орієнтовно небезпечні рівні дії (ОНРД).

Студент-еколог повинен знати найбільш поширені забруднювачі довкілля, їх природу, джерела, небезпечність для біоти, напрям і наслідки дії. Загальновідомий негативний вплив газоподібних речовин (CO, CO₂, SO₂, SO₃, NO₂, NH₃), нафти і продуктів її переробки, пилу, азбесту, пестицидів.

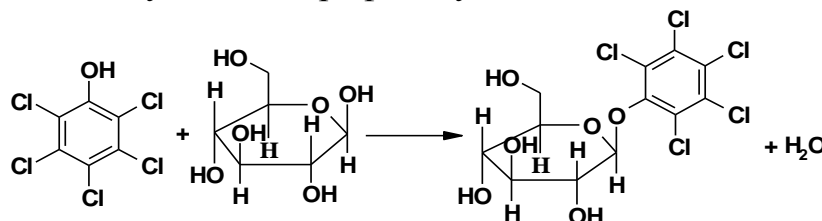
Особливу увагу треба звертати на забруднення важкими металами, радіонуклідами, детергентами (мийними засобами), біогенами – добрива-

ми, напр., нітратами. На разі гострою є проблема забруднення діоксином, флуоровмісними вуглеводнями, бенз[а]піренами, поліхлорбіфенілами та небезпечними компонентами харчових продуктів, до яких відносяться і хімікалії обробки, і пестициди, харчові добавки (нітрити, антиокиснювачі, стабілізатори, барвники, емульгатори). Приклади ГДК різних речовин подано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Гранично допустимі концентрації деяких шкідливих речовин

Назва речовини	Хімічна формула	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
3,4-Бенз[а]пірен	C ₂₀ H ₁₂	0.00015	1	Пари
Берилій і його сполуки	Be	0.001	1	Аерозоль
Плюмбум	Pb	0.01	1	Аерозоль
Хлор	Cl ₂	1.0	2	Газ
Сульфатна кислота	H ₂ SO ₄	1.0	2	Пари
Гідрогенхлорид	HCl	5.0	2	Газ
Нітроген (IV) оксид	NO ₂	2.0	3	Газ
Спирт метиловий	CH ₃ OH	5.0	3	Пари
Карбон (II) оксид	CO	20	4	Газ
Бензин	C ₇ H ₁₆	100	4	Пари
Ацетон	CH ₃ COCH ₃	200	4	Пари

Необхідно пам'ятати, що при дії поллютантів на організм можуть відбуватись такі процеси, як 1) утворення канцерогенних речовин безпосередньо в організмі ссавців, наприклад, сильних канцерогенів – **нітрозамінів**, у реакціях харчових компонентів, що містять нітрити й аміни [19, с. 26; 21, с.207]; 2) **синергізм** біоцидних стресорів – реакція організму на комбіновану дію кількох речовин і, як наслідок, підсилення дії стресорів у порівнянні з дією кожної речовини окремо; 3) так звана **кон'югація** – процес знешкодження токсичних речовин в організмі, наприклад, за рахунок взаємодії пестициду пентахлорофенолу з глюкозою:



Кон'югована речовина поступає до екосистеми з продуктами виділення (за умов її розчинності), або з тканиною, яка відмирає, а потім знову починає циркулювати в біогеоценозі, зберігаючи своє екотоксикологічне значення.

Пестициди використовують як засоби захисту рослин у сільському господарстві. За своєю природою вони є складними органічними речовинами з біологічно активними властивостями, у своїй більшості є *персистент-*

ними, тобто високостійкими у довкіллі. Вони здатні тривалий час зберігатися в екосистемах і чинити токсичну дію на організми. Деякі пестициди здатні при розкладанні продукувати ще більш небезпечні сполуки.

Пестициди зазвичай розподіляють за об'єктами дії, наприклад: гербіциди – для боротьби з бур'янами; фунгіциди – для боротьби з грибами; інсектициди – для боротьби зі шкідливими комахами; акаріциди – для боротьби із кліщами або нематодами; зооциди – для боротьби з гризунами; бактерициди – для боротьби з мікроорганізмами; дефоліанти – для відокремлення листя; дефлоранти – для відокремлення квітів.

Існує класифікація пестицидів на основі їх хімічного складу:

1. Хлорорганічні сполуки – це хлоровані вуглеводні, у т.ч. ароматичні, напр., гексахлороциклогексан, дихлородифенілтрихлоретан (ДДТ).
2. Фосфорорганічні – це змішані естери фосфатної кислоти (дихлорофос, хлорофос) або інші похідні, в т. ч. тіо- і дітіофосфатних кислот, напр., фосфамід, карбофос, протіофос.
3. Карбамати – це похідні сечовини, пестициди першого покоління, напр., карбарил, пірімікарб.
4. Гетероциклічні – це похідні різноманітних оксигено-, нітрогено та тіо-гетероциклічних сполук, напр., оксозолідин (R-29148), реліз, дропп, дауко.
5. Похідні дієнового синтезу – це сполуки, які отримані в результаті реакції Дільса-Альдера, напр., дилор.

Окрім того, пестициди, можна розподіляти за напрямом фізіологічної дії: фітостимулятори, інгібітори біосинтезу, антагоністи гормональних сполук, інгібітори вегетативного росту і т.д.

Таким чином, пестициди – це зброя в боротьбі зі втратами сільськогосподарської продукції від різноманітних шкідників (бур'янів, комах, черв'яків, щурів).

Пошук, синтез і необхідність використання пестицидів свідчать про пріоритетність хімічного засобу захисту рослин у теперішній час.

Підготовка до практичних занять має спиратися на теоретичні питання з програмних тем розділу, а також на вміння розв'язувати задачі експериментальної хімічно-екологічної практики. Практичні задачі відображають екологічні проблеми забруднення повітря, ґрунту й водойм, які оцінюються хімічними параметрами, реакціями та розрахунками на основі загальних хімічних законів і експериментальних прийомів.

При підготовці матеріалу розділу слід самостійно виконати практичну роботу «Вивчення фітотоксичності пестицидів на різних ґрунтах» [21, с. 174].

Приклади розв'язання теоретичних і розрахункових завдань теоретичного модуля №5.

Приклад 5.1 Опишіть можливість навколишнього середовища впливати на токсичність забруднювачів.

Відповідь на запитання завдання. Факторами навколишнього середовища, які впливають на токсичність забруднювачів, є температура, розчинний кисень, рН, твердість і лужність води, наявність агентів, які утворюють комплекси за типом хелатів, наявність інших забруднювачів. Зменшення парціального тиску кисню, збільшення рН і твердості води призводить до зниження токсикологічної дії розчинених речовин-забруднювачів на навколишнє середовище та живі організми в ньому. Стійкість живих організмів щодо токсикантів досягається при наступних обставинах:

- 1) зменшенні надходження токсиканта;
- 2) збільшення коефіцієнта виділення токсиканта;
- 3) переведення токсиканта в неактивну форму за рахунок ізоляції або осадження.

Приклад 5.2 У відстійних водах полімерного виробництва вміст органічних речовин відповідає 2.5 мг/л, масова доля фенолу в них становить 0.7. Оцініть екологічну ситуацію при забрудненні відстійними водами у кількості 100 м³ ставка, об'ємом 10000 м³, якщо критична концентрація фенолу для існування риби дорівнює 0.03 мг/л.

Розв'язання завдання. 1. Визначимо масу органічних речовин в 10⁵ л (100 м³) відстійних вод:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ л води} - 2.5 \text{ мг органічних речовин} \\ 10^5 \text{ л} - x \text{ мг органічних речовин} \\ x = 2.5 \cdot 10^5 \text{ мг.} \end{array}$$

2. Визначимо вміст фенолу у відстійних водах: $\omega = \frac{m_{\text{фенолу}}}{m_{\text{органіки}}}$, звідки

$$m_{\text{фенолу}} = \omega \cdot m_{\text{органіки}} = 0.7 \cdot 2.5 \cdot 10^5 = 17.5 \cdot 10^4 \text{ мг}$$

3. Визначимо масову концентрацію фенолу у ставці, якщо об'єм води в ньому після забруднення дорівнює 10000 + 100 = 10100 м³, або 10.1 · 10⁶ л.

$$10.1 \cdot 10^6 \text{ л} - 17.5 \cdot 10^4 \text{ мг фенолу}$$

$$1 \text{ л} - x \text{ мг фенолу}, \text{ тоді } x = 1.73 \cdot 10^{-2}, 0.017 \text{ мг/л}$$

Відповідь: Оскільки критична концентрація фенолу для існування риб дорівнює 0.03 мг/л, і розрахунок вмісту фенолу у ставці встановив його концентрацію – 0.017 мг/л, яка в 1.76 раз нижча за ГДК (0.03 мг/л), то забруднення відстійними водами полімерного виробництва даного об'єму водойми не впливає на екологічну обстановку й існування риби буде можливим.

Приклад 5.3 У якій масі добрива калійної селітри KNO₃ міститься стільки ж Калію, як в 5 моль калій хлориду?

Розв'язання завдання. В 5 моль KCl міститься 5 моль Калію. 5 моль Калію буде міститися і в 5 моль калійної селітри KNO₃. Молярна маса KNO₃ дорівнює: $M_{\text{KNO}_3} = 39 + 14 + 16 \cdot 3 = 101 \text{ г/моль}$.

Маса добрива KNO₃, яка відповідає 5 моль кількості речовини (n), буде розраховуватися за формулою: $m = M \cdot n = 101 \text{ г/моль} \cdot 5 \text{ моль} = 501 \text{ г}$.

Завдання на підготовку до виконання теоретичного модуля №5.

- 5.1 Обміркуйте біогеохімію забруднення радіонуклідами: джерела радіації, кругообіг радіонуклідів у біосфері, напрям їх дії на біоту і людину.
- 5.2 Вкажіть основні умови тривалості живих організмів від токсикантів.
- 5.3 Що таке пестициди? Розгляньте напрями їх дії у залежності від об'єкта.
- 5.4 Опишіть антропогенні та біогенні джерела нітратів у воді і ґрунті.
- 5.5 Назвіть методи якісного і кількісного визначення токсикантів.
- 5.6 Опишіть забруднення біогенами та добривами.
- 5.7 У чому сутність глобального забруднення важкими металами?
- 5.8 В якій масі карбон (IV) оксиду стільки ж Карбону, як у 1.5 моль CO?
- 5.9 Вкажіть зовнішні фактори, які впливають на токсичність.
- 5.10 Розгляньте забруднення атмосфери пилом і SiO₂, їх наслідки.
- 5.11 Спираючись на лекційний матеріал назвіть флуоровмісні забруднювачі, їх хімічний склад, напрям дії, наведіть рівняння реакцій.
- 5.12 Обміркуйте забруднення навколишнього середовища сполуками Плюмбуму й Арсену, а також дію на живі істоти азбесту і детергентів.
- 5.13 Дайте визначення поняття токсичності і канцерогенності, ксенобіотиків і поллютантів.
- 5.14 Назвіть небезпечні компоненти харчових продуктів, їх класифікацію.
- 5.15 Для очищення стічних вод від фенолу його відганяють з водяною парою, з пари здобувають гарячим розчином NaOH у вигляді феноляту, а потім регенерують карбон (IV) оксидом. Скільки натрій феноляту утворюється при очищенні тонни води з концентрацією фенолу 5 мг/л?
- 5.16 Засобом електронно-іонного балансу визначити коефіцієнти окиснювально-відновних реакцій забруднюючих речовин із зазначенням а) типу окиснювально-відновної реакції; б) окиснювача і відновника; в) можливості використання цього засобу на практиці для ліквідації викиду забруднювача:
- а) $\text{Cd} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CdSO}_4 + \text{MnSO}_4 + \dots$
- б) $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{AsO}_4 + \text{KI} + \dots$
- в) $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KClO} + \dots$
- г) $\text{CrCl}_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \dots$
- д) $\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Br}_2 + \dots$
- 5.17 Для витягання йонів Аргентуму з промислових вод їх обробляють калій хлоридом. Після повного осадження солі надлишок йонів Ag⁺ піддають дії йонів CrO₄²⁻. Напишіть рівняння відповідних реакцій у молекулярній та йонно-молекулярній формах і визначить, яка маса срібла була у воді, якщо маса першого осаду 287 г, а другого – 14.3 г.
- 5.18 При забрудненні стічних вод фенолом його запах відчувається вже при концентрації 15 мг/л. Чи перевищує цю порогову концентрацію вміст фенолу у стічних водах у кількості 0,002%?
- 5.19 Риба може існувати у водоймах із вмістом фенолу 0.03 мг/л. При аналізі води суміш забруднюючих органічних сполук мала склад: 40 % фенолу

і 60 % алканів, загальна концентрація органічних сполук у воді складала 0.12 мг/л. Визначить небезпечність екологічної ситуації.

5.20 Як і за рахунок яких параметрів навколишнє середовище може впливати на дію токсикантів?

5.21 Що таке кон'югація забруднювачів? Наведіть приклад і напишіть рівняння процесу на прикладі взаємодії пестициду пентахлорфенолу з будь-якою гексозою.

5.22 Спираючись на матеріал лекцій за розділом 5 відповісти на питання забруднення навколишнього середовища біфенілами і бенз[а]піренами. Напишіть їх хімічні формули. Оцініть канцерогенність цих сполук.

5.23 Порогова концентрація фенолу – це концентрація фенолу у природних водах у межах 15-20 мг/л, яку можна відчуту за запахом. Якої масової долі фенолу у воді ($\rho_{\text{води}} = 1 \text{ г/мл}$) вона відповідає?

5.24 Середня токсична концентрація нафтових кислот для риб – 4 мг/л. Оцініть безпечність екологічної обстановки, якщо при розливі нафти її концентрація у воді 10 мг/л, а вміст нафтових кислот у нафті – 21 %.

5.25 Серед наступних речовин: CrCl_3 ; CrO_3 ; K_2CrO_4 ; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; Cr ; Na_2CrO_4 ; As , знайдіть найсильніші окиснювачі, небезпечні для біоти важкі метали, сполуки із встановленими канцерогенними властивостями.

5.26 Серед сполук H_2SO_3 ; $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$; S_8 ; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$; SO_2 ; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$; Na_2S_5 ; H_2S ; Li_2SO_4 знайдіть полютанти довкілля, опишіть їх дію на живі істоти.

5.27 ГДК амоніаку в повітрі промислових підприємств становить 20 мг/м^3 . Який його об'єм (н. у.), що знаходиться в приміщенні об'ємом 100 м^3 , буде безпечним для життя?

5.28 Людина в стані спокою видихає за 1 хв приблизно $4 \text{ см}^3 \text{ CO}_2$ на 1 кг маси. Який об'єм CO_2 за добу видихає людина масою 70 кг? Якою масою кисню, що утворюється в результаті фотосинтезу, кімнатні рослини компенсують цей об'єм CO_2 (н. у.)?

5.29 Знайдіть молекулярну формулу сполуки наступного складу: Н – 17.2 %, С – 82.8 %, якщо густина її парів за повітрям дорівнює 2. Чи відноситься ця сполука до забруднюючих речовин? Вказати її природні джерела.

РОЗДІЛ 6 БІОГЕОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета розділу. Розглянути сучасний стан дослідної роботи у біогеохімічному напрямку природознавства: це включає останні відкриття й розробки в різних галузях біогеохімії, дослідження окремих компонентів мегабіосфери (космосу, гідросфери, атмосфери, літосфери) та їх складових: рослинного покриву, ґрунтів, надр, біомаси тварин, у т.ч. природних органічних речовин), а також аналітичний контроль забруднювачів неорганічної й органічної природи.

Головні запитання розділу 6, що виносяться до теоретичного модуля №6.

1. Сучасний стан біогеохімії океану, рослин, ґрунтів, повітря. Біогеохімія органічної речовини, її трансформації в природі й якісне визначення.
2. Загальні уявлення про районування за біогеохімічною ознакою; районування земної поверхні з поділом на т. зв. *біогеохімічні провінції*, вивчення пов'язаних з ними *ендемій* як головних результатів досліджень біогеохімії.
3. Обґрунтуйте загальні уявлення про роль хімічних елементів в прояві ендемій. Дефіцитні та надлишкові елементи. Безбар'єрні і бар'єрні організми.
4. Аналітичний контроль забруднювачів довкілля: якісний і кількісний аналіз (гравіметричний, титриметричний методи).
5. Твердість води. Види твердості, категорії якості води. Причини боротьби з твердістю й засоби її пом'якшення. Визначення води в кристалогідратах. *Рекомендована література:* [5] с. 117-140, 254-276; [6]; [7]; [8]; [17].

На допомогу студенту. При підготовці до практичного заняття з розділу 6 рекомендується звернути особливу увагу на використання студентами інформаційного матеріалу й на вміння аналізувати теоретичні положення та факти досліджень. В рекомендованих монографіях і підручниках матеріал викладено досить повно. Студенту слід пам'ятати, що з'ясування таких важливих проблем, як районування за біогеохімічною ознакою, районування земної поверхні на *біогеохімічні провінції*, вивчення пов'язаних з ними *ендемій* – захворювань людей і тварин через нестачу або надлишок певних біогенних елементів, трансформація різноманітних сполук в природі – це головні результати досліджень біогеохімії і дуже важливі для екології.

Приклади розв'язання розрахункових завдань теоретичного модуля №6.

Приклад 6.1 Визначити твердість прісної води, якщо встановлено що вона містить 0.01% кальцій гідрокарбонату і 0.005% магній гідрокарбонату.

Розв'язання завдання. 1. Оскільки вода містить тільки гідрокарбонати Ca^{2+} і Mg^{2+} , то вона має карбонатну (тимчасову) твердість, яку виражають в ммоль екв/л: карбонатна твердість (Т) відповідає тій частині катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , яка є еквівалентною аніонам HCO_3^- (1 ммоль екв/л відповідає 20.04 мг/л Ca^{2+} або 12.16 мг/л Mg^{2+}) і розраховується за формулою:

$$T = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{20.04} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{12.16}$$
 Таким чином, відповідно до умов завдання

$\omega(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 10^{-2} \%$ (0.01 г солі в 100 г води) і $\rho = 1$ г/мл вміст солі в 1000 г, або в 1 л води – 0.1 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; аналогічно розрахуємо масу солі магнію: $\omega(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = 5 \cdot 10^{-3} \%$, тобто 0.005 г солі в 100 г води, а в 1 л води – $5 \cdot 10^{-2}$ г $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ і визначимо Т води: $T = 0.1/20.04 + 5 \cdot 10^{-2}/12.16 = 0.00499 + 0.00411 = 0.0091$ моль екв/л, або 9.1 ммоль екв/л.

Приклад 6.2 ГДК бутадієну в повітрі становить 100 мг/м^3 . Якій молярній концентрації це відповідає?

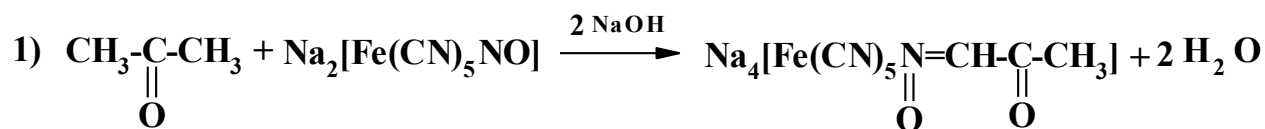
Розв'язання завдання. Молярна концентрація виражається кількістю речовини (n , моль) в 1 л (розчину, повітря, ін.). З умов завдання слідує, що 1 л повітря містить 0.1 мг забруднювача, тобто $m = 10^{-4} \text{ г}$. Розрахуємо молярну масу бутадієну: $M_r(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2) = 12 \cdot 4 + 1 \cdot 6 = 54 \text{ г/моль}$.

Визначимо кількість речовини бутадієну: $n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-4} \text{ г}}{54 \text{ г/моль}} = 1,85 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$.

Таким чином, $C_M = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ ммоль/л}$.

Приклад 6.3. Напишіть якісну реакцію визначення ацетону.

Відповідь на завдання. Якісним реактивом на ацетон є натрій нітропрусид $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$. Ознаки реакції – це оранжево-червоне забарвлення, яке в ацетатній кислоті переходить у червоний колір. Хімізм процесу відповідає рівнянням утворення забарвлених комплексів:



оранжево-червоний колір



червоний колір

Інші найважливіші якісні реакції на органічні сполуки див. [21], с. 228-229.

Завдання на підготовку до виконання теоретичного модуля 6.

6.1 Що таке ендемії? Яка роль Іоду та Мангану в прояві ендемії?

6.2 З 45 г розчину аргентум нітрату осадили 220 мг AgCl . Якій масовій частці відповідає вихідний розчин?

6.3 Напишіть якісну реакцію визначення крохмалю у природних об'єктах. Наведіть приклади природних джерел крохмалю.

6.4 Розгляньте *o*-толуїдиновий метод визначення глюкози. Який колір продукту цієї якісної реакції?

6.5 Який реактив є якісним до амінокислот? Напишіть відповідну реакцію. Які ще речовини можна визначати цією реакцією?

6.6 На прикладі ацетону поясніть якісний аналіз кетонів. Назвіть якісний реактив, умови визначення й колір характерних забарвлень в процесі ступеневої якісної реакції.

6.7 З 150 г розчину барій нітрату висадили 15 г його сульфату. Якій масовій частці відповідав вихідний розчин?

6.8 Якій концентрації (масової частці, %) кальцій гідрокарбонату відповідає м'яка вода з тимчасовою твердістю 2 ммоль екв/л ($\rho_{\text{води}} = 1 \text{ г/мл}$)?

- 6.9 Яка роль Pb і F в прояві ендемії?
- 6.10 Що таке твердість води, які її види Ви знаєте? Розгляньте класифікацію вод за цим параметром. До якого типу вод відноситься вода з концентрацією йонів Ca^{2+} 0,015 %?
- 6.11 Дати загальну характеристику ендемії. Яка роль хімічних елементів в прояві ендемії? Як ендемії пов'язані з біогеохімічними провінціями?
- 6.12 Потренуйтеся у написанні якісних реакцій на катіони металів, які здатні забруднювати природне середовище: K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , а також на наступні аніони $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, S^{2-} , I^- .
- 6.13 Потренуйтеся в написанні якісних реакцій на аніони галогенів, які забруднюють природне середовище: Br^- , I^- , Cl^- , а також напишіть формули бенз[а]піренів і укажіть причину їх небезпеки.
- 6.14 Для вилучення солей кальцію, що забруднюють воду й зумовлюють твердість води, її обробляють натрій оксалатом. Напишіть рівняння відповідних реакцій у молекулярній та йонно-молекулярній формах. Яка маса реагенту потрібна для усунення твердості води об'ємом 100 л, що містить 0.015 % кальцій гідрокарбонату?
- 6.15 На чому базується розподіл організмів на безбар'єрні та бар'єрні? В яких з них проявляється лімітуючий фактор геохімічного середовища? Наведіть їх приклади серед рослин і тварин.
- 6.16. Наведіть основні рівняння усунення твердості води й якісні реакції на наступні катіони і аніони: Ca^{2+} , Mg^{2+} , SiO_3^{2-} , PO_4^{3-} .
- 6.17 Потренуйтеся у написанні якісних реакцій на катіони важких металів, забруднювачів довкілля: Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ і на наступні небезпечні для водного середовища аніони: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, NO_2^- , S^{2-} .
- 6.18 Дайте визначення ендемії й біогеохімічної провінції. Яка роль Купруму і Бору в прояві ендемії?
- 6.19 Напишіть якісні реакції на катіони металів, що відносяться до небезпечних забруднювачів довкілля: Hg^+ , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} , а також на деякі аніони: SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Br^- і фенол, що погіршують якість води.
- 6.20 Дати визначення біогеохімічної активності виду (БАВ). Хто автор цього поняття? Наведіть приклади рослин, які не накопичують хімічні елементи взагалі, що здатні концентрувати певні елементи у великих кількостях і тих, здатність яких до накопичення невелика. Поясніть зв'язок БАВ з меркуріалізмом, оцініть наслідки останнього.
- 6.21 Складіть якісні реакції на катіони металів – забруднювачів усіх компонентів біосфери: Zn^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , а також на катіон NH_4^+ і наступні аніони: CrO_4^{2-} , NO_3^- , SO_3^{2-} .
- 6.20 Як визначити присутність у воді й повітрі етену та наступних йонів: Sr^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$?
- 6.21 Напишіть характерні реакції на присутність Cr^{3+} , Li^+ , Mn^{2+} , AsO_4^{3-} , а також ненасичених вуглеводнів з потрійним зв'язком.

- 6.22 Які наслідки дії на організми Арсену та його сполук? Якій склад головного та небезпечного метаболіту Арсену в організмі? Які якісні реакції на йони, що містять Арсен вам відомі?
- 6.23 Як підрозділяються забруднюючі речовин за ступеням дії на організм людини? Хто автори цієї класифікації забруднювачів?
- 6.24 Наведіть реакції, за якими якісно можна визначити такі небезпечні забруднювачі, як Co^{2+} , Hg_2^{2+} , Hg^{2+} , AsO_3^{3-} , бензен.
- 6.25 Серед сполук: H_2SO_3 ; $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$; S_8 ; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$; SO_2 ; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$; Na_2S_5 ; H_2S ; Li_2SO_4 , SO_3 , знайдіть полютанти довкілля, опишіть їх дію на живі істоти.
- 6.26 Напишіть якісні реакції визначення вуглеводів, як компонентів живої речовини (на прикладі відомої монози та поліози). Які з них відносяться до окиснювально-відновного типу? Для якого класу органічних речовин також можна використати деякі реагенти цих реакцій?
- 6.27 Об'єм водню в 1 л підземної води може доходити до 10^3 мл. Оцініть масу вуглеводу, з якого під дією водневих бактерій утворюється така висока концентрація H_2 (н. у.) за схемою: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2$.
- 6.28 Якими реагентами можна встановити присутність багатоатомних спиртів, альдегідів, карбонових кислот і амінів?
- 6.29 Який учений вперше ввів поняття біогеохімічних провінцій й ендемії? Опишіть ендемії за Zn, Co, Mo.

РОЗДІЛ 7 ОСНОВИ БІОІНДИКАЦІЇ

Мета розділу. Вивчення загальних відомостей про біоіндикацію, її історію, роль в екологічних дослідженнях, сучасний стан і практичне значення.

Головні запитання розділу 7, що виносяться до теоретичного модулю №6.

1. Основи біоіндикації: виникнення та розвиток; сутність і форми біоіндикації, фізіологічний діапазон толерантності і екологічні потенції.
2. Часові типи біоіндикації, рівні, методи й основні вимоги до них.
3. Мікро- та макроскопічні морфологічні зміни, які використовують при біоіндикації.
4. Розгляд дії стресорів на біохімічному рівні рослинної клітини.
5. Види біоіндикаторів: фітоіндикатори, а також тварини, віруси, мікроорганізми як індикатори довкілля.

Рекомендована література: [11] с. 1-17, 24- 60; [14]; [21] с. 22-27.

На допомогу студенту. Біоіндикація – це властивості багатьох організмів реагувати на зміну фізичних, хімічних, екологічних характеристик середовища проживання, які проявляються в особливостях їх росту, розвитку й чисельності. У теперішній час в усіх промислово розвинених країнах інтенсивно розробляється проблема біологічної індикації. Виникнення знань і спостережень деградаційних змін в природі під дією людини є відомим з античних часів (роботи Плінія Старшого, Катона). Особливо значущими є

праця давньоримського ученого Л. Ю. Колумели “Про сільське господарство” і багатотомні огляди давньогрецького філософа Теофраста “Дослідження про рослини” і “Про причини рослин”. Становлення біоіндикації як окремого напрямку науки, датується 1884 р., коли вперше було опубліковано роботи А.П. Карпінського, які й досі не втратили актуальності.

Найбільш широке застосування індикаційна геоботаніка набула в геології для розвідування корисних копалин. На поверхні Землі існують аномальні за хімічним складом ґрунтів і вод території, в межах яких концентруються поклади корисних копалин, що містять різноманітні хімічні елементи. Ряд рослин цих районів накопичують у собі ці елементи. За цією ознакою виділяють біогеохімічні провінції, для яких властиве концентрування у рослинах відповідних елементів і нестача інших. Нині досить широко застосовують біогеохімічні методи пошуку корисних копалин. На території дослідження збирають зразки рослин (листя, кори, гілок, корінців), потім їх спалюють, а надалі піддають елементному аналізу та спектрофотометричному дослідженню. За їх результатами роблять висновки відносно елементному складу даної ділянки поверхні Землі.

Мікроскопічні методи дослідження дозволяють встановити зміни під дією антропогенних стресорів вже на клітинному рівні.

Макроскопічні методи виявляють ефект біологічного накопичування в організмах окремих токсичних речовин. Чутливі організми-біоіндикатори реагують не тільки на малі дози стресора, але дають адекватну реакцію на комплексну дію чинників, виявляючи *синергізм, інгібування, емерджентність* (визначення термінів див. [22]).

Можливі наступні рівні біоіндикації: 1) біохімічні і фізіологічні реакції (зміна різних процесів і накопичування певних токсикантів в органах); 2) анатомічні, морфологічні, біоритмічні й поведінкові реакції; 3) флористичні, фауністичні, хорологічні зміни; 4) процеси на рівні біогеоценозу; 5) ландшафтний рівень.

Біоіндикація може проводитися на рівні макромолекул, клітини, організму, популяції, екосистеми.

В залежності від дії чинника на об’єкт існує 2 **види** біоіндикації: **безпосередня** (або **пряма**, якщо чинник діє на певний об’єкт) й **опосередкована** (або **непряма**, при виявленні змін у живих об’єктів, не зачеплених прямою дією чинника, але пошкоджених через трофічний ланцюг).

Біоіндикація має наступні **форми**:

специфічна – реакція тільки на один антропогенний чинник;

неспецифічна – одна і та ж реакція на різні чинники;

чутлива – реакція значними відхиленнями життєвих процесів від норм при незначних антропогенних діях, тобто чутливими біоіндикаторами можуть слугувати процеси в клітині й організмі, напр., накопичування амінокислоти проліну або сірки в листі, зміни у пігментному комплексі, порушення ферментативної активності, а також морфологічні відхилення

(зміна форми та розміру листа, порушення симетрії листа та пелюстків квітів, хлорози та некрози тканин і т. д.);

рання – відклик організму з помітною реакцією при низьких дозах і короточасній дії антропогенного стресора; відбувається в місці впливу стресора на біологічні процеси, у т. ч. на рівні молекули та клітини;

аккумулятивна – це накопичення антропогенних дій без швидкої прояви порушень.

В залежності від біооб'єкта, який використовують як індикатор, встановлено наступні **типи** біоіндикації: біоіндикація мікроорганізмів, біоіндикація вірусів, біоіндикація тварин, фітоіндикація (рослинна).

Зв'язок між об'єктами живої та неживої природи полягає в основі *фітоіндикації* – оцінки впливу абіотичних і біотичних стресорів середовища за допомогою рослин. Основні напрями фітоіндикації: біогеохімічна (з метою пошуку корисних копалин), галоіндикація, гідроіндикація, агроіндикація, кліматична та созоекологічна (або природоохоронна) індикація.

Фітоіндикаторами називають рослини, рослинні угруповання, що вказують на якість довкілля, конкретні умови середовища. Вони можуть бути прямими, тобто безпосередньо пов'язаними з якимись конкретними умовами середовища, напр., із вмістом у ґрунті кальцію (рослини-кальцієфіли), або непрямыми – супутниками, які вказують на присутність хімічних елементів, що супроводжують більш потужні поклади ін. хімічних елементів, напр., астрагал накопичує селен, який є супутником уранових руд.

Існують два основних методи біоіндикації: *пасивний* – досліджує видимі або непомітні ушкодження та відхилення від норми, які є ознаками несприятливої дії, й *активний* – використовує відповідну реакцію найбільш чутливих до даного чинника організмів (біотестування). Це може бути як один чинник (напр., газуватий радон), так і багатокомпонентна їх суміш (напр., випускні гази автотранспорту). Методи біоіндикації повинні відповідати наступним вимогам: відносна моторність проведення біоіндикації, отримання досить точних і відтворюваних результатів, наявність у великої кількості об'єктів, які придатні до біоіндикації.

У порядку зростання толерантності до забруднювачів рослини розташовують в наступний ряд:

гриби < лишайники < хвойні < трав'яні рослини < листопадні дерева.

Серед культур найбільш чутливі тютюн, салат, люцерна, злакові, хрестоцвіті, а до нечутливих видів відносять кукурудзу, виноград, трояндоцвіті, подорожник, каштан.

Особливу значущість біоіндикація набула в нашій країні після Чорнобильської аварії у зв'язку з поширенням її проблем до радіобіоіндикації та розробки радіопротекторів. Під час космічних досліджень біоіндикацію використовують для з'ясування впливу чинників космічного простору на живі організми. За складом флори і фауни у воді, чисельним співвідношенням їх представників можна говорити про ступінь забруднення води, при-

датність води до пиття і господарського використання, про ефективність робіт очисних споруд. Угрупування рослин і тварин бувають більш надійними індикаторами особливостей середовища, ніж окремі організми.

В останні роки виникла нова галузь біогеографії – *індикаційна біогеографія*. Геоботанічні індикаційні методи використовуються при вивченні ґрунтів, рельєфу, особливо зсувів, обвалів, для пошуків води в пустелі.

Для допомоги вирішення завдань, що пов'язані з науково-дослідними розробками у практиці біоіндикаційного моніторингу, наводиться таблиця найбільш поширених фітоіндикаторів, див. табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Індикатори збагачення ґрунту хімічними елементами або тест-об'єкти довкілля

Тест-об'єкт	Елемент або речовина
Фіалка, талабан, армерія	Цинк у ґрунті
Бурячок, полин	Магній у ґрунті
Астрагал, стенлея	Селен у ґрунті
Кроталарія, смілка кобальтова	Кобальт у ґрунті
Епігонум	Срібло у ґрунті
Липа	NaCl у ґрунті
Тютюн, кропива, петунія, квасоля	Озон у повітрі (сріблясте забарвлення)
Крес-салат	NaCl, солі Плюмбуму у ґрунті та випускні гази у повітрі
Сосна	SO ₂ , дими (некроз хвої)
Смородина, порічки	SO ₂ у повітрі (почервоніння листа)
Гіацинт	Органічні кислоти (зміна кольору на червоний)
Лишайники	S, SO ₂ , F, важкі метали, радіонукліди
Троянда, мак	Солі міді (зміна кольору на блакитний і навіть чорний)
Герань (сині квітки)	Кислі ґрунті (зміна кольору на рожевий)
Примула	NH ₃ (зміна кольору на фіолетовий), CH ₃ COOH (зміна кольору на червоний)
Зелені водорості <i>Scenedesmus quadricauda</i>	Водний біоіндикатор на зависі і каламутність води
Водорість <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Біоіндикатор гербіцидів у воді
Дощові черві, равлики	Біоіндикатори акумуляції важких металів
Сорока, яструб	Біоіндикатори акумуляції хлорованих вуглеводнів у жировій тканині

Перелік рослин і тварин – індикаторів чистоти водойм

<i>Рослини</i>	<i>Риби</i>	<i>Безхребетні</i>
Латаття біле	Окунь	Личинки волохокрильця
Латаття жовте (глечики жовті)	Судак	Личинки беззубки
Вільха чорна	Йорж	Личинки перлівниці
Верба	Щука	Перлівниця
Водокрас	Головень	
Тілоріз	Жерех	
	Підуст	

Біоіндикатори кислотності та лужності ґрунтів і води

Вид тест-об'єктів	рН	Біоіндикатор
Ацидофіли	3 – 4,5	Сфагнум Плаун булавовидний
	4,5 – 6,0	Болотняна калюжниця Жовтець їдкий
	5 – 6,7	Медунка Анемона жовтецева Купина багатоквіткова
	4,5 – 7,0	Чорна смородина Кропива жалка Малина Ліщина
Базофіли	6,7 – 7,8	Мати-й мачуха Полин Люцерна
	6,7 – 8,5	Айстра солончакова Кермек Гмеліна
Еврионні	4,5 – 9,0	Кільчасті черві, краби
Стеноіонні	<6	Веслоногий рачок циклоп
Полігідрогеніонні	3,8 (!)	Коловратки

Рослини, що переважно ростуть на кислих ґрунтах мають назву **ацидофілів**; ті, що воліють лужні умови – **базофіли**. Рослини, для яких сприятливі умови широкого діапазону рН, відносяться до **евритрофів**, їх прикладом є спориш, суниця, берізка, жовтець повзучий.

Приклади відповідей завдань теоретичного модуля 6.

ⁱ
Приклад 7.1 Розгляньте часові типи чутливості та ілюструйте їх графічно.

Розв'язання завдання. В залежності від часу розвитку біоіндикаційних реакцій відрізняють 6 типів чутливості.

1 тип: біоіндикатор не відповідає на дію антропогенного стресора, потім через деякий час він дає одноразову сильну реакцію й тут же втрачає чутливість (рис. 1).

2 тип: реакція біоіндикатора є раптовою і сильною, як і в 1-ому типі, однак, триває певний час, а потім різко зникає (рис. 2).

3 тип: індикатор реагує з моменту появи дії стресора з однаковою інтенсивністю протягом тривалого часу (рис. 3).

4 тип: після негайної сильної реакції спостерігається її загасання, спочатку швидко, потім більш повільне (рис. 4).

5 тип: за появою дії стресору чинника починається реакція, яка збільшує інтенсивність, досягає максимуму, а потім поступове зникає (рис. 5).

6 тип: реакція 5 типа неодноразово повторюється, виникає осциляція біоіндикаційних параметрів (рис. 6).

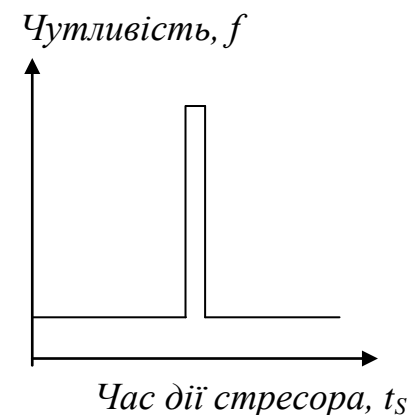


Рис. 7.1 Перший часовий тип індикації

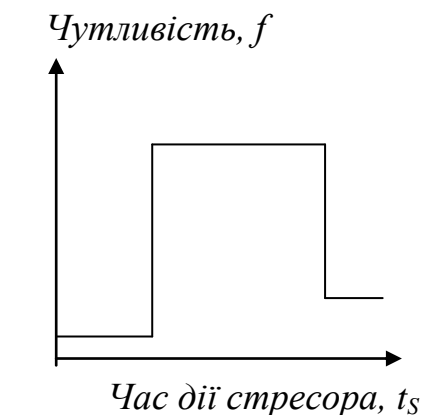


Рис. 7.2 Другий часовий тип індикації

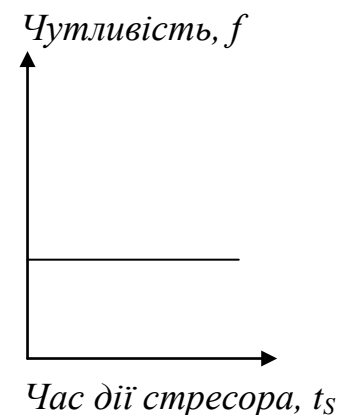


Рис. 7.3 Третій часовий тип індикації

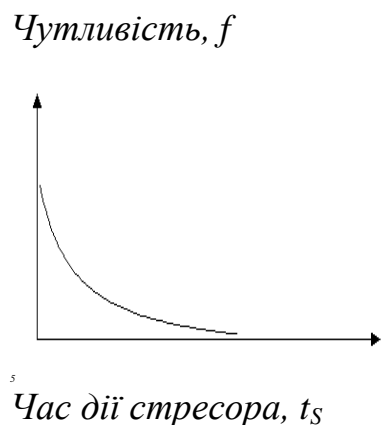


Рис. 7.4 Четвертий часовий тип індикації

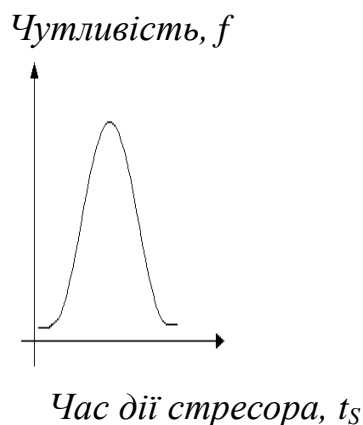


Рис. 7.5 П'ятий часовий тип індикації

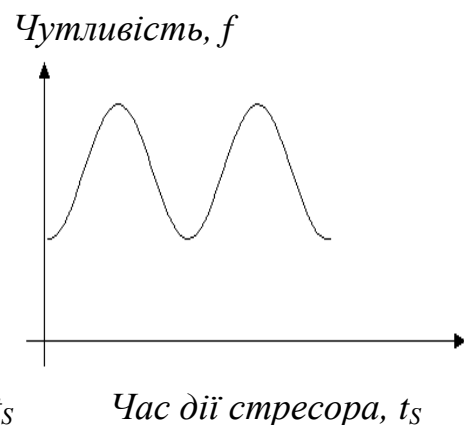


Рис. 6.1 Шостий часовий тип індикації

Приклад 7.2. При використанні інсектициду контактної дії гексахлороциклогексану (ГХЦГ) в результаті швидкого ураження нервової системи комах на території, яку обробляли, відбувається масова їх загибель. Це спричиняє зменшення кількості птахів, але збільшує врожай. Встановлено, що на кількість нетравоїдних тварин це не впливає, але спостерігається збільшення кількості гризунів. Вкажіть види біоіндикації у кожній ланці трофічного ланцюга.

Розв'язання завдання. 1) Зменшення комах – вид безпосередньої біоіндикації на антропогенну дію зовнішнього стресора.

2) Збільшення врожаю – вид опосередкованої біоіндикації на усунення негативного фактору, який впливає на врожай, а саме, ліквідацію шкідників сільського господарства.

3) Зменшення кількості птахів – це вид опосередкованої біоіндикації на трофічному рівні консументів I порядку.

4) Зміна співвідношення нетравоїдних тварин і гризунів – вид опосередкованої біоіндикації на трофічному рівні для гризунів, але нетравоїдні тварини як біосистеми є непридатними для біоіндикації.

Висновок: оскільки зменшення кількості птахів не означає їх загибелі, а пояснюється відльотом в пошуках їжі, то застосування інсектициду гексахлороциклогексану у даному прикладі сприяє врожаю, а його руйнівна дія гаситься буферними властивостями екосистеми.

Завдання на підготовку до виконання теоретичного модуля №6.

7.1 Назвати антропогенні стресори довкілля, які можуть оцінюватися реакціями живих організмів (рослин, тварин і т. д).

7.2 Розгляньте класифікацію методів біоіндикації, які застосовують на практиці. Які фізико-хімічні й інструментальні методи можуть використовуватися у біоіндикаційних дослідах?

7.3 Опишіть явище індустріального меланізму. Чи можна його віднести до будь-яких форм чи видів біоіндикації? Порівняйте це явище з альбінізмом.

7.4 Тютюн BEL W3 використовують як чутливий біоіндикатор моніторингу озону. Чи раціонально культивувати його у промислово розвинених країнах? Напишіть реакцію руйнування O_3 в атмосфері під дією тетрафлуоретилену. Які морфологічні зміни спостерігаються у тютюнові під дією O_3 ?

7.5 Дайте визначення еврипотентних і стенопотентних організмів у зв'язку з перенесеним стрес-фактором. Проілюструйте відміни між цими видами організмів графіками фізіологічного діапазону толерантності. За яким параметром таким способом поділяють організми? Що таке фізіологічний оптимум і песіум?

7.6 Дайте графічну характеристику часових типів біоіндикації та їх описання.

7.7 Пігментація листя є характерною ознакою впливу стресора. Зменшення хлорофілу у листі під дією фотоокиснювачів або SO_2 реєструє спектро-

фотометричний контроль. Чи є вміст хлорофілу кількісною характеристикою стресового навантаження? Про який вид і тип біоіндикації можна говорити?

7.8 Чим може бути пояснений підвищений вміст таких вуглеводів, як олігосахариди і моносахариди у плодах, корі та листі деяких рослин, що піддалися дії антропогенних стресорів? Вміст яких вуглеводів при цьому зменшується? Відповідь підтвердити рівняннями реакцій.

7.9 При застосуванні пестициду 2,2-дихлоропропанової кислоти зменшується частка злаків на лузі та зростає частка різнотрав'я. Ця зміна співвідношення злаків і різнотрав'я призводить до зсуву у пропорції прямо- та рівнокрилих комах і не змінює кількості павуків у лузі. Зробіть висновок відносно екологічної ситуації на лузі з вказівкою видів і типів біоіндикації.

7.10 Описати макроскопічні морфологічні зміни рослин під дією антропогенних стресорів – SO_2 , димів, випускних газів автотранспорту.

7.11 Описати мікроскопічні морфологічні зміни структури рослин під дією антропогенних стресорів.

7.12 У чому зв'язок і різниця фізіологічного діапазону толерантності й екологічного діапазону присутності?

7.13 Графічно проілюструйте екологічну ситуацію дії стресора на біоіндикатор, якщо біоб'єкт реагує відразу на зовнішній подразник, з часом чутливість поступово зростає до певної величини, а потім поступово послаблюється до нульового рівня. Чутливість (f) є функція часу дії стресора (t_s). До якого часового типу слід віднести цю біоіндикацію, її вид і форму?

7.14 Дати визначення біоіндикації. Обміркуйте історію виникнення та розвитку метода. Якого вченого визнають як засновника біоіндикації? Які її форми і типи ви знаєте? Дати характеристику видів біоіндикації.

7.15 Які зміни під дією зовнішніх стресорів встановлено в рослинній клітині останніми дослідженнями в галузі біоіндикації?

7.16 Обміркуйте зв'язок змін біологічної системи під дією антропостресора з урахуванням як антропогенних, так і природних факторів довкілля в такій послідовності: а) на біосистему діє тільки природний фактор; б) на систему діє антропогенний фактор; в) біосистема зазнає дію природного фактора й антропогенного полютанта. Кожен випадок ілюструвати схемою. В якому випадку можлива біоіндикація? У чому її основа?

7.17 Привести і пояснити схему обміну речовин в рослинній клітині. Які процеси можуть бути мішенню антропогенних стресорів? Які органи клітини можуть бути біоіндикаторами при мікроскопічному методі дослідження?

7.18 Назвіть біоіндикаційні макроскопічні ознаки пригнічення рослин полютаантами.

7.19 Класифікувати (за ознакою мікро- або макро-) й дати визначення наступних морфологічних змін, які використовуються при біоіндикації: плазмоліз, дефоліація, зміни субклітинних структур, некроз, зміна розмірів

клітини, дефлорація. Привести приклади забруднюючих подразників, які здатні чинити ці порушення.

7.19 Опишіть наслідки дії стресорів на 1-ому рівні біоіндикації (біохімічні і фізіологічні реакції). Які ще рівні ви знаєте?

7.20 Охарактеризуйте часові типи біоіндикації. Наведіть графіки залежності чутливості від часу дії стресора для кожного типу та порівняйте їх з формами біоіндикації.

7.21 Охарактеризуйте поняття “екологічні потенції”. Як вони пов’язані з фізіологічним діапазоном толерантності? Відповідь ілюструйте графіками.

7.22 Назвіть тварини, наявність яких є ознакою чистої води. В якому діапазоні рН живе більшість морських організмів?

7.23 Назвіть рослини – фітоіндикатори чистоти природної води. Які тварини є показниками кислих вод?

7.24 Які типи чутливості біоіндикаторів ви знаєте? Наведіть приклади. Які біоіндикатори застосовують для моніторингу солей свинцю, сірчистого газу, озону? Які з них є найбільше чутливими?

7.25 Як розрізняють фітоіндикатори кислотності та лужності ґрунтів?

7.26 Охарактеризуйте морфологічні макроскопічні зміни, які використовують при фітоіндикації, якщо стресором довкілля є а) радіація, б) дія гормональних гербіцидів, в) вплив пероксиацетилнітрату.

7.27 Дати визначення термінів – метаболізм, катаболізм, анаболізм; пояснити їх проходження в схемі обміну речовин в клітинах рослин в результаті реакції фотосинтезу.

7.28 Які рослини є індикаторами кислих ґрунтів? Яка назва їх поєднує?

7.29 Що таке біоіндикатор? Наведіть приклади. Як життєві функції організмів корелюють з факторами середовища, якщо цей організм використовують як біоіндикатор? Які напрями фітоіндикації Вам відомі?

7.30 Які рослини є біоіндикаторами лужності ґрунту? Який загальний термін використовують для назви таких рослин? На які рослини не впливають кислі або лужні властивості ґрунту?

ЛІТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. – М.: Изд-во АН СССР, 1980.
2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. /Отв. ред. А.А. Ярошевский. – М.: Наука, 1987. – 338 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – 258 с.
4. Вернадский В.И. Статьи по биогеохимии. – Избранные соч., т. 5. – М.: Изд. АН СССР, 1960.
5. Безуглова О.С., Орлов Д.С. Биогеохимия. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.
6. Биогеохимическое районирование и геохимическая экология./ Отв. ред. В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1985. - 199 с.
7. Биогеохимия растений / Сб статей. – Улан-Уде, 1969. – 224 с.
8. Биогеохимия океана / Отв. ред. А.С. Монин, А.П. Лисицын. – М: Наука, 1983 - 368 с.
9. Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. М.: Наука, 1987. – 141 с.
10. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия. Ленинградское отд., 1985. – 528 с.
11. Биохимическая индикация окружающей среды. – Л.: Наука, 1988.
12. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение, 1966.
13. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987. – 815 с.
14. Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. – М.: Мир, 1988. – 348 с.
15. Сытник К.М., Брайон А.В., Гордецкий А.В. Биосфера. Экология. Охрана природы. (Справочное пособие) – Киев: Наукова думка, 1987. – 522 с.
16. Биогеохимические методы при изучении окружающей среды /Ред. Э.К. Буренков, Н.Ф. Челинцев. – М.: ИМГРЭ, 1989. – 139 с.
17. Крешков А.П., Ярославцев А.А. Курс аналитической химии, кн. 1, 2. – М.: Химия, 1968. 496 с.
18. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии. – М. ВИНТИ, 1989 г.
19. Федорова Г.В., Зінченко В.Ф. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Біогеохімія» для студентів денної форми навчання. – Одеса: ОГМИ, 2000. – 30с.
20. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
21. Федорова Г.В. Практикум з біогеохімії для екологів: Навчальний посібник. – Київ: КНТ, 2007. – 288 с.
22. Федорова Г.В. Методичні вказівки до організації самостійної роботи студентів з дисципліни «Біогеохімія». – Одеса: ОГМИ, 2000. – 40 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО СРС ТА ПРОВЕДЕННЯ
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З РОЗДІЛУ «ОСНОВИ БІОГЕОХІМІЇ»
ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ»
для студентів 2 курсу денної та заочної форми навчання,
напряму підготовки 6.040106 „Екологія, охорона навколишнього середови-
ща та збалансоване природокористування”

Укладач доц., канд. хім. наук Федорова Галина Володимирівна

Підписано до друку 12.04.2011. Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 2,36.
Тираж 200 прим. Зам. № 273.

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

Надруковано з готового оригінал-макета

Друкарня видавництва «Екологія»
65045, м. Одеса, вул. Базарна, 106, к. 313
Тел.: (0482) 33-07-18, 37-07-95, 37-15-27

www.fotoalbom-odessa.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1873 від 20.07.2004 р.