

Житомирський державний університет
імені Івана Франка
Природничий факультет
Кафедра хімії

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ
САМОСТІЙНОЇ/ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

з обов'язкової освітньої компоненти

«ХІМІЯ З ОСНОВАМИ ГІДРОХІМІЇ»

для підготовки здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Галузь знань	<i>Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина</i>
Спеціальність	<i>Н5 Водні біоресурси та аквакультура</i>
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	<i>Водні біоресурси та аквакультура</i>
Факультет	<i>Природничий</i>

Автор:
доктор філософії галузі знань Хімічна та біоінженерія, доцент **Кучерук Сніжана**

Розглянуто та схвалено
на засіданні кафедри хімії
Протокол від «04» червня 2026 р. № 27
Завідувач кафедри _____ Олена АНІЧКІНА

Житомир 2026

УДК 547 (076.5)

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного
університету імені Івана Франка
(протокол № 12 від «26» червня 2026р.)*

Рецензенти:

Дорохов Віктор – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства Поліського національного університету.

Ірина Шелюк – кандидат хімічних наук, голова циклової комісії хімічних дисциплін Житомирського базового фармацевтичного фахового коледжу Житомирської обласної ради.

Камінський Олександр – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Кучерук С.В. Методичні рекомендації до організації самостійної/індивідуальної роботи із обов'язкової освітньої компоненти «Хімія з основами гідрохімії»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2026. 58 с.

© Кучерук С. В., 2026
© Житомирський державний університет імені
Івана Франка, 2026

ВСТУП	4
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 Тема: Основні поняття та закони хімії.....	7
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 Тема: Будова атома	9
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 Тема: Періодичний закон та періодична система елементів	11
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 Тема: Хімічний зв'язок та будова молекул	14
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5 Тема: Хімічні реакції та їх закономірності.....	17
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6 Тема: Розчини.....	19
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7 Тема: Окисно-відновні процеси	21
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8 Тема: Основні класи неорганічних сполук. Зв'язок між класами неорганічних сполук.	23
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9 Тема: Хімічні елементи-метали.	25
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10 Тема: Хімічні елементи-неметали.....	27
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 11 Тема: Вуглеводні.....	29
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 12 Тема: Карбонові кислоти. Естери. Жири.....	31
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 13 Тема: Вуглеводи.....	33
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 14 Тема: Амінокислоти. Білки	35
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 15 Тема: Підсумкова контрольна робота.....	38
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 16 Тема: Органолептичний аналіз та визначення фізичних властивостей води.	39
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 17 Тема: Вимірювання водневого показника та загальної мінералізації води.....	41
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 18 Тема: Комплексометричне визначення загальної, карбонатної та некарбонатної твердості води.	43
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 19 Тема: Визначення лужності води та її буферних властивостей.....	45
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 20 Тема: Визначення вмісту розчиненого у воді кисню	47
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 21 Тема: Оцінка органічного забруднення води.	49
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 22 Тема: Колориметричне визначення токсичних сполук Нітрогену.....	51
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 23 Тема: Визначення вмісту фосфатів та оцінка ризику евтрофікації («цвітіння») водойм.....	53
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 24 Тема: Контроль вмісту іонів важких металів та заліза у рибогосподарських водоймах.....	55
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 25 Тема: Підсумкова модульна контрольна робота.....	57

ВСТУП

Лабораторний практикум є невід'ємною частиною обов'язкового освітнього компонента «Хімія з основами гідрохімії», а самостійна та індивідуальна робота здобувачів вищої освіти виступає базовим інструментом для глибокого засвоєння цієї дисципліни. Головною метою самостійної підготовки є поглиблення теоретичних знань, здобутих під час лекційних занять, формування практичних навичок експериментальної роботи, розвиток еколого-хімічного мислення, а також вміння самостійно аналізувати, узагальнювати та робити науково обґрунтовані висновки щодо властивостей і поведінки хімічних речовин у водних екосистемах, оцінки якості води та стану об'єктів аквакультури. Навчальний матеріал для самостійного опрацювання структуровано за логічною послідовністю тем, що забезпечує цілісність курсу та його узгодженість з іншими фаховими дисциплінами біологічного, гідробіологічного та іхтіологічного профілю в контексті сучасного рибного господарства.

Програма позааудиторної роботи охоплює ключові розділи загальної, біоорганічної, аналітичної та гідрохімії. На першому етапі здобувачі самостійно вивчають класифікацію, номенклатуру та електронну будову органічних сполук, що дозволяє сформувати фундаментальні знання про молекулярну основу біологічних систем. Наступні теми присвячено основним класам вуглеводнів, які є базою для розуміння будови ліпідів, компонентів спеціалізованих кормів для риб та дезінфікуючих засобів, що застосовуються в аквакультурі. Особливу увагу під час індивідуальної підготовки приділено вивченню функціональних початків кисневмісних та нітрогенвмісних сполук, зокрема спиртів, фенолів, карбонових кислот, амінів та естерів. Ці теми є ключовими для розуміння біохімічних метаболічних шляхів гідробіонтів, процесів кругообігу речовин у водоймах, а також хімізму формування якості водного середовища. Значна частина самостійної роботи зосереджена на закономірностях хімічних трансформацій біополімерів – вуглеводів, ліпідів та білків. Головний акцент зміщено на вивчення хімічних властивостей поживних речовин, аналіз процесів деградації та стабілізації біологічних макромолекул під дією чинників зовнішнього середовища, таких як волога, температура та рН. Окремо розглядаються питання екологічного моніторингу водойм, нейтралізації токсикантів, солей важких металів, сполук Нітрогену й Фосфору, а також безпечної утилізації відходів рибницьких комплексів.

Методичні рекомендації до організації самостійної/ індивідуальної роботи укладені відповідно до навчальної програми дисципліни. Містять чітко визначену мету і завдання кожної лабораторної роботи, перелік необхідного обладнання, посуду та хімічних реактивів, а також безпечний порядок виконання експерименту.

У процесі виконання завдань студенти опановують основи безпечної роботи з хімічними речовинами й біоматеріалом, знайомляться з методами вхідного хімічного та гідрохімічного контролю якості води й кормів, вчать

інтерпретувати результати якісного та кількісного аналізу, оцінювати похибки вимірювань і застосовувати математичну обробку експериментальних даних матеріального балансу.

Окрему увагу в методичних рекомендаціях приділено академічній доброчесності: усі експериментальні та розрахункові роботи мають виконуватися самостійно, з дотриманням вимог точності, послідовності та об'єктивності фіксації хімічних ефектів і аналітичних сигналів.

Після опрацювання всього матеріалу здобувачі виконують підсумкову контрольну роботу, яка дозволяє перевірити й систематизувати знання через розв'язання професійно-орієнтованих технологічних кейсів. Це формує вміння аргументовано викладати власну точку зору, самостійно знаходити й виправляти помилки під час аналізу середовища й продукції аквакультури. Зміст самостійної роботи повністю узгоджено з сучасними вимогами до підготовки фахівців галузі «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина» і безпосередньо спрямований на формування базових та професійних компетентностей майбутніх спеціалістів із водних біоресурсів та аквакультури.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ

Оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти з обов'язкової освітньої компоненти «Хімія з основами гідрохімії» проводиться відповідно до вимог «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою», яке доступне для ознайомлення за посиланням: https://zu.edu.ua/offic/ocinjvannya_zvo.pdf

Процес оцінювання навчальних досягнень передбачає поетапний контроль, що охоплює поточне оцінювання, модульний контроль та підсумкову атестацію. Такий підхід забезпечує системну перевірку рівня засвоєння матеріалу, формування практичних навичок та здатності до самостійної роботи.

Поточний контроль

Поточне оцінювання здійснюється на кожному лабораторному занятті та є основним засобом регулярного моніторингу засвоєння знань і сформованості практичних умінь. До компонентів поточного контролю входять:

- підготовка до заняття (відповіді на контрольні запитання, знання теоретичних основ теми);
- якість виконання лабораторної роботи відповідно до інструктивно-методичних матеріалів;
- точність оформлення результатів експерименту;
- правильність розрахунків та логічність висновків;
- активність та самостійність під час виконання завдання.

У структурі дисципліни передбачено дві підсумкові модульні контрольні роботи, які охоплюють теми відповідних модулів. Вони включають як теоретичні, так і практичні завдання: тести, розрахункові задачі, аналіз хімічних процесів, оформлення висновків на основі експериментальних даних.

Модульний контроль дозволяє комплексно оцінити знання здобувача, його аналітичні здібності, рівень сформованості компетентностей. Результати модульного контролю мають вагомий вплив на підсумкову оцінку.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: Основні поняття та закони хімії.

Мета заняття

Закріпити знання про базові поняття хімії (атом, молекула, моль, молярна маса, хімічний еквівалент); експериментально підтвердити Закон збереження маси речовини; навчитися проводити стехіометричні розрахунки за хімічними рівняннями та освоїти роботу з лабораторними вагами. Навчитися застосовувати закон збереження маси для розрахунку матеріального балансу в аквакультурі (виробництво сухих рибних кормів) та використовувати закон еквівалентів для гідрохімічного контролю якості водного середовища.

Контрольні запитання

1. Що вивчає хімія як наука та яке її значення у сучасному світі?
2. Дайте визначення поняттям «атом», «молекула», «хімічний елемент».
3. У чому полягає суть закону збереження маси речовин?
4. Сформулюйте закон сталості складу речовини та наведіть приклад.
5. Який зміст має періодичний закон Дмитро Менделєєв?
6. Що таке відносна атомна та відносна молекулярна маса?
7. Поясніть поняття «кількість речовини» та «моль».
8. Що показує число Амедео Авогадро та яке його значення?
9. У чому полягає закон Авогадро та де його застосовують?
10. Які основні типи хімічних реакцій ви знаєте? Наведіть приклади.

Інструктивно-методичні матеріали

Сучасна аквакультура, штучне розведення гідробіонтів та гідрохімічний моніторинг водойм базуються на суворому кількісному обліку. Розрахунок рецептури комбікормів для риб, визначення доз реагентів для очищення води чи прогнозування солоності водойм спираються на три фундаментальні закони класичної хімії:

Закон збереження маси речовини (М. Ломоносов, А. Лавуазьє): *Маса речовин, що вступають у хімічну реакцію, дорівнює масі речовин, що утворюються в результаті неї.* В аквакультурі цей закон є основою розрахунку матеріального балансу (наприклад, при сушінні рибної сировини: маса вихідної риби дорівнює масі отриманого рибного борошна плюс маса випарованої води).

Закон сталості складу (Ж. Пруст): *Кожна чиста хімічна сполука молекулярної будови має сталий якісний і кількісний склад, незалежно від способу її отримання.* Наприклад, натрій хлорид як основний компонент солоності або кисень, розчинений у воді, мають ідентичну структуру в будь-якому куточку планети, що дозволяє стандартизувати гідрохімічні аналізи.

Закон еквівалентів (Дж. Дальтон): *Речовини взаємодіють між собою у кількостях, пропорційних їхнім хімічним еквівалентам.* Цей закон лежить в основі титриметричних методів аналізу води (визначення жорсткості, лужності, вмісту розчиненого кисню тощо).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. В аквакультурі та рибництві мікроелементи (Мідь, Цинк, Кобальт) ніколи не вводяться у комбікорми у чистому вигляді, оскільки металеві порошки є токсичними та не засвоюються організмом риби. Їх додають у складі преміксів у вигляді розчинних солей — кристалогідратів (наприклад, мідний купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Добова потреба лосося у чистій Міді (Cu) для стимуляції кровотворення та тканинного дихання становить 12 мг на кг маси. Скільки міліграмів кормового мідного купоросу зоотехнік-рибовод повинен внести у добовий раціон, щоб забезпечити цю потребу?

2. Для нормального формування луски та кісткового скелета тилапії при індустріальному вирощуванні в УЗВ (установках замкнутого водопостачання) корм збагачують Цинком. Добова потреба риби в чистому Цинку (Zn) становить 35 мг на 1 кг корму. На складі підприємства є мінеральна добавка – цинковий купорос ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Користуючись законом сталості складу, обчисліть молярну масу кристалогідрату. Скільки грамів цієї солі знадобиться для приготування партії корму масою 250 кг?

3. У вирощувальних ставках виявлено дефіцит Міді, що призводить до затримки росту коропа та зниження їхньої стійкості до інфекцій. Ветеринарний лікар призначив профілактичне внесення розчину мідного купоросу у воду. За нормативами, кожна локальна ділянка вирощувального басейну має отримати 8 мг чистої Міді (Cu) на добу. Лаборанту гідрохімічної лабораторії доручено приготувати маточний розчин купоросу. Обчисліть, яку масу сухої солі $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ потрібно зважити на аналітичних вагах, щоб приготувати 1л водного розчину, 5 мл якого міститимуть добову дозу Міді (8 мг).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: Будова атома.

Мета заняття

Закріпити знання про сучасну модель атома, структуру атомних ядер, ізотопи та електронні конфігурації елементів (зокрема біогенних та токсичних важких металів); експериментально освоїти метод якісного аналізу елементного складу за спектрами випромінювання (забарвленням полум'я); навчитися прогнозувати хімічні та біохімічні властивості елементів на основі їхнього положення у Періодичній системі; опанувати принципи радіоекологічного контролю та моніторингу об'єктів аквакультури й рибної сировини.

Контрольні запитання

1. З яких суб'ядерних частинок складається атом? Дайте характеристику протону, нейтрону та електрону (заряд, маса).
2. Що таке ізотопи? Чому відносна атомна маса елементів у Періодичній системі найчастіше є дробовим числом?
3. Поясніть фізичний зміст порядкового номера елемента, номера періоду та номера групи.
4. Які квантові числа описують стан електрона в атомі та який їхній фізичний зміст?
5. Сформулюйте принцип Паулі, правило Хунда та принцип найменшої енергії (Клечковського).
6. Що таке валентні електрони та як за електронною формулою атома визначити його вищу валентність?
7. Як змінюються радіуси атомів, енергія іонізації та електронегативність елементів у періодах і групах?
8. Що таке радіоактивність? Назвіть основні види радіоактивного випромінювання (α -, β -, γ -) та їхню проникну здатність.
9. Які радіонукліди становлять найбільшу небезпеку для тваринництва і чому вони накопичуються в кістках та м'язах?
10. На чому базується метод емісійного спектрального аналізу (визначення елементів за забарвленням полум'я)?

Інструктивно-методичні матеріали

Організм риб, гідробіонтів, вода та донні відклади є складними фізико-хімічними системами, властивості яких повністю зумовлені будовою атомів елементів, що до них входять. Усі процеси в гідрохімії, аквакультурі та іхтіотоксикології підпорядковані законам мікросвіту:

Конфігурація електронних оболонок визначає, чому одні елементи є життєво необхідними (Fe, Cu, Zn – елементи з незавершеним d-підрівнем, здатні утворювати міцні комплекси з білками та ферментами дихальної системи й метаболізму), а інші – небезпечними токсикантами (Cd, Pb, Hg), які блокують активні центри ензимів гідробіонтів через схожість електронної будови, але мають більший радіус атома.

Явище ізотопії є основою радіоекології водойм. Радіонукліди-аналоги стабільних елементів легко обходять біологічні бар'єри риби: наприклад, ^{90}Sr , маючи аналогічну до Кальцію будову зовнішнього електронного шару (ns^2), заміщує його в кістковій тканині та лусці риби. ^{137}Cs є електронним аналогом Калію, тому інтенсивно накопичується в м'язах риби (філе).

Емісія фотонів: При нагріванні атомів металів їхні зовнішні електрони переходять на вищі енергетичні рівні (збуджений стан). Повертаючись у основний стан, вони випромінюють кванти світла строго визначеної довжини хвилі. Це дозволяє миттєво ідентифікувати наявність Кальцію, Натрію або Калію в біологічних об'єктах навіть без складних реактивів.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Радіоактивний розпад у рибогосподарських розрахунках. Період напіврозпаду ^{137}Cs становить приблизно 30 років. У водосховищі, що використовується для вирощування товарного коропа, початкова питома активність води за ^{137}Cs становила 1200 Бк/кг (при нормі для рибогосподарських водойм не більше 150 Бк/л). Обчисліть, яка частка (у %) початкової кількості радіоактивних атомів ^{137}Cs залишиться в екосистемі через 15 років. Чи дозволить природний розпад використовувати водойму для безпечного вирощування товарної риби без ризику накопичення токсиканту в філе риби?

2. Іхтіотоксикологія важких металів. У стічних водах індустріальних рибницьких комплексів часто фіксують надлишок Цинку та Кадмію. Кадмій є небезпечним кумулятивним токсикантом для риби, який витісняє Цинк з металоферментів зябер та нирок, що призводить до порушення осморегуляції, асфіксії та загибелі молоді риби. Користуючись положенням цих елементів у Періодичній системі та концепцією будови їхніх електронних оболонок, поясніть біологічну подібність цих металів і причину, чому організм риби «плутає» життєво необхідний Цинк із високотоксичним Кадмієм.

3. Колоїдна стабільність природних вод та заряд йонів. При очищенні та підготовці води для інкубаційних цехів аквакультури важливе значення має радіус та заряд катіонів-коагулянтів, які додаються для осадження мулистих колоїдних частинок та освітлення води. Складіть електронні формули іонів Натрію, Магнію та Алюмінію. Вони є ізоелектронними (мають однакову кількість електронів). Оцініть, як змінюється радіус цих іонів із підвищенням заряду ядра. Спрогнозуйте, який із цих йонів матиме найбільшу коагуляційну здатність (силу осадження негативно заряджених глинистих часток води) під час очищення водопостачання інкубатора. Поясніть чому.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: Періодичний закон та періодична система елементів

Мета заняття

Закріпити й поглибити знання про Періодичний закон та структуру Періодичної системи; навчитися встановлювати взаємозв'язок між положенням елемента в таблиці, його електронною будовою та хімічними властивостями. Експериментально дослідити закономірності зміни властивостей елементів та їхніх сполук у періодах і групах; навчитися використовувати періодичні закономірності для прогнозування поведінки макро- та мікроелементів у водних біологічних системах, іхтіотоксикології та технологічних процесах очищення рибницьких водойм.

Контрольні запитання

1. Сформулюйте Періодичний закон у класичній та сучасній інтерпретації. Що є головною характеристикою елемента?
2. Яка структура Періодичної системи? Дайте визначення поняттям «період», «група», «підгрупа» з погляду теорії будови атома.
3. Чому s-, p-, d- та f-елементи займають чітко визначені блоки в Періодичній системі?
4. Як і чому змінюється радіус атомів елементів у періодах та головних групах?
5. Що таке енергія іонізації та спорідненість до електрона? Як ці величини корелюють із металічними властивостями?
6. Дайте визначення електронегативності (ЕН). Як змінюється ЕН елементів у періодичній системі?
7. Як змінюється характер оксидів та гідроксидів елементів (на прикладі 3-го періоду) зі збільшенням заряду ядра?
8. Поясніть концепцію «діагональної подібності» на прикладі Берилію та Алюмінію. Яке це має значення для біосистем?
9. Які елементи Періодичної системи відносять до «елементів життя» (біогенних макро- та мікроелементів)?
10. Яким чином Періодичний закон дозволяє прогнозувати токсичність важких металів та їхніх сполук?

Інструктивно-методичні матеріали

Періодичний закон – це не просто класифікація хімічних елементів, а фундаментальний інструмент для гідрохіміка, технолога аквакультури та фахівця з екологічного контролю водного середовища. Будь-яка періодична зміна властивостей атомів (радіус, електронегативність, ступінь окиснення) безпосередньо впливає на практичне рибництво.

Зміна металічних та неметалічних властивостей. У періодах зліва направо металічні властивості послаблюються, а неметалічні посилюються. Це визначає, чому елементи початку періодів (наприклад, Na, Mg) існують у водних екосистемах у вигляді рухливих катіонів, які визначають сольовий склад води, а елементи кінця періодів (P, S, Cl) – у вигляді стійких аніонів

(PO_4^{3-} , SO_4^{2-}), що виступають головними поживними біогенами для водоростей та формують буферні системи природних вод.

Кислотно-основна еволюція сполук. Знання того, як змінюються властивості гідроксидів елементів у групах (зверху вниз посилюються основні властивості), дозволяє технологу правильно підбирати реагенти. Наприклад, для жорсткої дезінфекції та вапнування ложа рибницьких ставків використовують оксиди й гідроксиди елементів II групи (CaO , Ca(OH)_2), тоді як для регенерації та промивання фільтрів в індустріальних УЗВ – більш розчинні луки елементів I групи (NaOH).

Прогноз біологічної активності й токсичності. Елементи однієї групи мають подібні властивості, що визначає їхню фізіологічну взаємодію. Проте зі збільшенням радіуса атома у групі зверху вниз суттєво зростає токсичність елементів для гідробіонтів через їхню схильність утворювати міцніші ковалентні зв'язки з сульфурвмісними лігандами (тіоловими $-\text{SH}$ групами ферментів риб).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Антропогенне забруднення водою важкими металами. У промисловому рибництві серйозною проблемою є біоаккумуляція Плюмбуму (Pb) в товарній продукції. За хімічними властивостями та радіусом йона Плюмбум є конкурентним аналогом Кальцію (Ca) у кістковому скелеті риби, а у м'яких тканинах (філе) поводить себе як хімічний аналог Стануму (Sn). Користуючись Періодичною системою, визначте, до якого електронного сімейства (s-, p-, d-, f-) належить Плюмбум. Запишіть його валентну електронну формулу для ступенів окиснення +2 та +4. Прогнозуйте, який ступінь окиснення буде більш стабільним.

2. Захисні функції мікроелементів у гідробіонтів. Селен (Se) є есенціальним мікроелементом для риб, який входить до складу антиоксидантного ферменту глутатіонпероксидази, що захищає зябра від пероксидного руйнування. Проте при його надлишку у воді або кормах (через змиви з полів) розвивається гострий токсикоз, оскільки Селен починає замінювати Сульфур (S) в амінокислотах (метіоніні та цистеїні), руйнуючи третинну структуру білків кристалика ока риб («селенова катаракта») та луски. Порівняйте положення S та Se у Періодичній системі. Поясніть, чому ферментні системи «плутають» ці елементи, і як змінюється відновна здатність та стійкість їхніх сполук (наприклад, H_2S та H_2Se) відповідно до закону періодичності.

3. Оптимізація гідрохімічних мийних засобів у рибній промисловості. Для санітарної обробки та знежирення столів обробки риби використовують каустичну соду (NaOH). Якщо технологічна вода на заводі є «жорсткою» (містить високі концентрації катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+}), то використання NaOH призводить до моментального випадання пластівців гідроксидів, які забруднюють обладнання. На основі знань про періодичні зміни властивостей елементів I та II груп поясніть: чому гідроксиди елементів I

групи (NaOH, KOH) є сильними лугами і чудово розчинні у воді, тоді як аналогічні сполуки елементів II групи (особливо Магнію) утворюють осади? Як це пов'язано з енергією кристалічної ґратки та радіусами катіонів?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Тема: Хімічний зв'язок та будова молекул.

Мета заняття

Закріпити знання про основні типи хімічного зв'язку (ковалентний, іонний, металічний, водневий) та механізми їх утворення; вивчити поняття гібридизації атомних орбіталей та просторової геометрії молекул і кристалів. Експериментально дослідити вплив типу хімічного зв'язку на фізико-хімічні властивості речовин (розчинність, плавлення, електропровідність); навчитися прогнозувати поведінку мінеральних компонентів, сольових розчинів та дезінфектантів, що використовуються в аквакультурі та технологічних процесах водопідготовки.

Контрольні запитання

1. Які основні типи хімічного зв'язку ви знаєте? Чим вони відрізняються за механізмом утворення?
2. Поясніть різницю між полярним і неполярним ковалентним зв'язком. Що таке диполь?
3. Які механізми формування ковалентного зв'язку існують (обмінний та донорно-акцепторний)? Наведіть неорганічні приклади (наприклад, іон амонію).
4. Що таке електронегативність і як різниця електронегативностей (ЕН) визначає ступінь іонності зв'язку?
5. Поясніть явище гібридизації атомних орбіталей. Яку геометрію мають молекули з типами гібридизації sp , sp^2 , sp^3 ?
6. Чому молекула Карбон(IV) оксиду (CO_2) є неполярною, хоча зв'язки $C=O$ в ній є полярними?
7. Яка природа водневого зв'язку? Яке його значення для аномальних фізичних властивостей води?
8. Що таке металічний зв'язок? Які специфічні властивості металів (провідність, пластичність) він зумовлює?
9. Як тип хімічного зв'язку в кристалічній ґратці речовини впливає на її температуру плавлення та розчинність?
10. Сформулюйте правило «подібне розчиняється в подібному» на прикладі полярних та неполярних неорганічних розчинників.

Інструктивно-методичні матеріали

У технологічних процесах штучного вирощування риби, дезінфекції басейнів та приготування лікувально-профілактичних розчинів тип хімічного зв'язку повністю визначає поведінку всієї системи.

Водневий зв'язок та теплові процеси у водоймах. Вода є природним середовищем життєдіяльності гідробіонтів та головним теплоносієм в інкубаторах. Завдяки утворенню міцних водневих зв'язків між молекулами H_2O , вода має аномально високу температуру кипіння, високу питому теплоємність та теплоту випаровування. Це стабілізує температурний режим рибницьких ставків від різких добових перепадів.

Полярність та розчинність мінеральних добавок: Приготування сольових розчинів (наприклад, для лікувальних ванн риб від ектопаразитів) або розчинів для дезінфекції базується на полярності молекул. Речовини з йонним зв'язком (NaCl , CaCl_2) або ковалентним сильнополярним зв'язком легко руйнуються диполями води, утворюючи гідратовані йони. Неполярні гази або речовини з атомною кристалічною ґраткою у воді розчиняються погано.

Донорно-акцепторний зв'язок у водо підготовці. При очищенні технологічної води від катіонів жорсткості або важких металів в установках замкнутого водопостачання використовують комплекси (наприклад, поліфосфати натрію або ЕДТА). Вони утворюють міцні донорно-акцепторні (координаційні) зв'язки з металами, «замикаючи» їх у розчинні комплекси, що запобігає утворенню накипу на теплообмінниках та знижує токсичність вільних йонів важких металів для риби.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Електронна архітектура газів аерації та регулювання середовища в аквакультурі. При транспортуванні живої риби в закритих контейнерах або для регулювання інтенсивності фотосинтезу в замкнутих біосистемах контролюють концентрацію карбон(IV) оксиду (CO_2) та азоту (N_2). Обчисліть різницю електронегативностей для зв'язків C-O у молекулі карбон діоксиду. Визначте тип гібридизації атома Карбону та просторову геометричну форму молекули. Поясніть, чому за наявності полярних зв'язків сама молекула є лінійною і симетричною (неполярною). Запишіть електронну конфігурацію молекули N_2 . Поясніть, чому наявність потрійного ковалентного зв'язку робить цей газ надзвичайно стійким та хімічно інертним, через що риба не може засвоювати його безпосередньо з води зябрами.

2. Аномалії мінеральних гідридів: чому вода рідка, а сірководень – газ? У замулених рибницьких ставках за умов дефіциту кисню внаслідок розпаду органічних залишків (відмерлих водоростей, екскрементів риб) накопичується високотоксичний газ сірководень (H_2S), який викликає масову загибель гідробіонтів. Сульфур та Оксиген є елементами-аналогами VI головної групи. Проте їхні вищі гідриди мають абсолютно різні фізичні властивості: H_2O кипить при $+100^\circ\text{C}$ і є рідиною, а H_2S є газом, який зріджується лише при -60°C , хоча молекула сірководню є важчою. Користуючись поняттям електронегативності та радіуса атомів, поясніть, між молекулами якої з цих речовин можливе утворення міцного водневого зв'язку і як це впливає на її агрегатний стан.

3. Донорно-акцепторний механізм у фіксації амонійного азоту у водоймах. При накопиченні залишків нез'їденого рибного корму в розчиненому стані у воді накопичується токсичний для риби аміак (NH_3), який у кислих та нейтральних водах переходить у безпечнішу форму – катіон амонію (NH_4^+). Поясніть, як утворюється цей катіон з молекули аміаку та йона Гідрогену (H^+). Який атом виступає донором електронної пари, а який –

акцептором? Чи відрізняється четвертий ковалентний зв'язок в йоні амонію від інших трьох за своїми фізико-хімічними властивостями (довжиною, енергією зв'язку) після його утворення?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Тема: Хімічні реакції та їх закономірності.

Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію хімічних реакцій (сполучення, розкладу, заміщення, обміну) та їхні енергетичні ефекти (екзо- та ендотермічні процеси); вивчити закономірності хімічної кінетики (вплив концентрації, температури та каталізаторів на швидкість реакції) та принципи зсуву хімічної рівноваги. Експериментально дослідити теплові ефекти неорганічних реакцій та фактори, що керують швидкістю процесів; навчитися застосовувати принцип Ле Шательє для прогнозування та оптимізації гідрохімічних показників водного середовища.

Контрольні запитання

1. За якими ознаками класифікують хімічні реакції в неорганічній хімії?
2. Що таке тепловий ефект реакції? Чим відрізняються екзотермічні реакції від ендотермічних з погляду зміни ентальпії?
3. Сформулюйте закон Гесса та поясніть його практичне значення для термохімічних розрахунків.
4. Що вивчає хімічна кінетика? Дайте визначення швидкості хімічної реакції для гомогенних та гетерогенних систем.
5. Як чинить вплив концентрація реагуючих речовин на швидкість реакції? Сформулюйте закон діючих мас.
6. Поясніть правило Вант-Гоффа. Що таке температурний коефіцієнт швидкості реакції?
7. Яка роль каталізаторів у хімічних процесах? Чим відрізняється гомогенний каталіз від гетерогенного?
8. Що таке енергія активації та як вона впливає на швидкість взаємодії неорганічних сполук?
9. Дайте визначення явища хімічної рівноваги. Чому її називають динамічною? Що таке константа рівноваги?
10. Сформулюйте принцип Ле Шательє. Як впливають зміна тиску, температури та концентрації на стан рівноваги?

Інструктивно-методичні матеріали

Управління хімічними реакціями у рибницьких ставках, інкубаторах та індустриальних системах із замкнутим водопостачанням (УЗВ) базується на фундаментальних законах термодинаміки та кінетики.

Матеріальний та тепловий баланс (Термохімія): Будь-яка хімічна меліорація водойм (наприклад, дезінфекція та нейтралізація кислого ложа ставків) супроводжується виділенням або поглинанням тепла. Знання термохімії дозволяє розрахувати, скільки енергії виділиться при гашенні вапна безпосередньо у воді, щоб уникнути температурного шоку гідробіонтів або локального перегріву обладнання УЗВ.

Керування швидкістю процесу (Кінетика): Швидкість хімічних перетворень у гетерогенних системах водного середовища (наприклад, розчинення кисню, мінеральних солей або вимивання біогенних елементів з

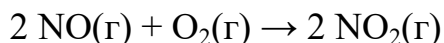
донних відкладів) безпосередньо залежить від площі контакту фаз (подрібнення), температури води та інтенсивності перемішування (аерації). Збільшення концентрації активного реагенту дозволяє інтенсифікувати процеси очищення води в рази.

Зсув рівноваги (Принцип Ле Шательє): Більшість гідрохімічних процесів є оборотними (наприклад, карбонатна буферна система водойм, розчинення газів). Зміна зовнішніх параметрів (температури, тиску, аерації) дозволяє штучно зміщувати рівновагу в бік утворення цільових безпечних форм речовин, регулювати рН води та видаляти токсичні гази (вільний аміак, сірководень).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Гетерогенна кінетика у виробництві мінеральних добрив для ставків. Для стимуляції розвитку природної кормової бази риб (фітопланктону) у ставках застосовують фосфатні добрива. Базовий суперфосфат отримують шляхом взаємодії подрібненого мінералу апатиту з кислотою. Запропонуйте три практичні методи прискорення (інтенсифікації) цієї гетерогенної реакції на хімічній ділянці господарства, спираючись на теоретичні закони кінетики для систем типу «тверда речовина – рідина».

2. Закон діючих мас у розрахунках екологічної безпеки повітряного середовища рибоводних цехів. При роботі дизельних генераторів аварійного живлення інкубаторів у повітря виділяється нітроген(II) оксид, окиснення якого описується рівнянням:



Обчисліть за допомогою кінетичних рівнянь закону діючих мас, як і в скільки разів зміниться початкова швидкість цієї гомогенної реакції, якщо загальний тиск у газовідвідній системі збільшити в 3 рази за незмінної температури.

3. **Корозійні процеси обладнання аквакультури та температурний коефіцієнт.** Металеві деталі автоматичних годівниць, лопаті аераторів та трубопроводи у ставках піддаються дії розчинених солей і кисню, що викликає корозію заліза. Швидкість корозії (розчинення металу) за середньої весняної температури води (10°C) становить 0,05 г/(м²·год). Обчисліть швидкість цього руйнівного процесу влітку при прогріванні води у мілководних ставках до температури 30°C, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції (γ) для даної системи дорівнює 3. Зробіть іхтіотехнологічний висновок про небезпеку літнього температурного чинника для експлуатації та довговічності металевих інженерних конструкцій в аквакультурі.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Тема: Розчини.

Мета заняття

Закріпити знання про фізико-хімічну природу розчинів, фактори, що впливають на розчинність неорганічних речовин, та теорію електролітичної дисоціації; навчитися проводити розрахунки для приготування розчинів із заданою масовою часткою та молярною концентрацією речовини. Експериментально освоїти техніку приготування розчинів із сухих солей, проведення точного розведення та дослідження властивостей електролітів.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення розчину. Чому розчинення є фізико-хімічним, а не суто фізичним процесом?
2. Що таке розчинність і від яких чинників (температура, тиск, природа речовини) вона залежить для твердих солей та газів?
3. Які розчини називають насиченими, ненасиченими та пересиченими?
4. Сформулюйте визначення масової частки розчиненої речовини (W). У яких одиницях вона вимірюється?
5. Що таке молярна концентрація (C_M) і яка її розмірність?
6. Поясніть суть процесу електролітичної дисоціації. Які неорганічні сполуки відносять до електролітів?
7. Чим відрізняються сильні електроліти від слабких? Наведіть приклади сильних і слабких кислот та лугів.
8. Що таке ступінь дисоціації (α) та які фактори впливають на його чисельне значення?
9. Запишіть у молекулярному та іонному вигляду класичні реакції обміну в розчинах неорганічних солей. За яких умов вони йдуть до кінця?
10. Яку роль відіграє рН розчину в хіміко-технологічних процесах? Яке середовище називають кислим, нейтральним та лужним?

Інструктивно-методичні матеріали

У практиці індустріальної аквакультури, іхтіопатології та екологічного моніторингу водойм точність приготування розчинів мінеральних речовин є критично важливою для збереження життя гідробіонтів:

Стандартизація концентрацій у рибництві: Будь-яка технологічна чи лікувальна операція – від дезінфекції рибницьких басейнів розчинами лугів до проведення протипаразитарних сольових ванн для молоді риб – вимагає суворого дотримання концентрації. Помилка у розрахунках масової частки або молярності може призвести або до неефективності лікування, або до масової загибелі риби від хімічних опіків зябер.

Гідратація та дисоціація йонних компонентів: При розчиненні у воді мінеральні солі, кислоти та луки дисоціюють на катіони та аніони, які оточуються диполями води (гідратуються). Вільні йони забезпечують електропровідність води, що дає змогу автоматично вимірювати солоність і мінералізацію за допомогою кондуктометрів та солемірів у системах УЗВ.

Контроль рН водного середовища: Електролітична дисоціація води та розчинених у ній ендогенних сполук (зокрема карбонатної системи) визначає рівень рН середовища. Контроль рН є базовим етапом у запобіганні аміачним отруєнням риб, оскільки у лужному середовищі дисоціація йонів амонію пригнічується, суттєво збільшуючи концентрацію високотоксичного вільного аміаку (NH_3).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок молярності лікувальних дезінфікуючих розчинів для іхтіопатології. Для антисептичної обробки ушкоджень на шкірі плідників осетрових риб використовують водний розчин сильного неорганічного окисника – калій перманганату (KMnO_4). У лабораторії є розчин цієї солі з молярною концентрацією $C_M = 0,25$ моль/л. Рибоводу потрібно приготувати 2 л розчину для поточної дезінфекції. Обчисліть, яку масу сухої мінеральної солі KMnO_4 необхідно було б витратити для приготування такого об'єму розчину.

2. Вплив електролітів на коагуляцію та стабільність колоїдних систем при очищенні води. При механічному очищенні зворотних вод рибницьких басейнів від дрібнодисперсних частинок (залишків кормів та фекалій риб) у блок флокуляції вводять неорганічний коагулянт – алюміній сульфат $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Складіть рівняння дисоціації цієї солі у водному розчині. Поясніть, чому утворення багатозарядних катіонів Al^{3+} значно ефективніше нейтралізує негативний заряд мінеральних колоїдних часток у воді порівняно з однозарядними катіонами Натрію (Na^+).

3. Математичний розрахунок йонних концентрацій та рН для контролю токсичності. При аварійному закисненні води гуміновими кислотами з торф'яних боліт у лабораторії змоделивали розчин хлоридної кислоти (HCl) з молярною концентрацією 0,001 моль/л. Вважаючи, що цей сильний електроліт дисоціює повністю ($\alpha = 100\%$), визначте молярну концентрацію іонів Гідрогену $[\text{H}^+]$ у цьому розчині, розрахуйте водневий показник рН даного розчину та спрогнозуйте, як зміниться колір універсального індикаторного паперу при зануренні у цей розчин.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Тема: Окисно-відновні процеси.

Мета заняття

Закріпити знання про природу окисно-відновних реакцій (ОВР), поняття «ступінь окиснення», «окисник», «відновник», «процес окиснення» та «процес відновлення»; освоїти метод електронного балансу для розставлення коефіцієнтів у неорганічних рівняннях. Експериментально дослідити залежність окисних властивостей мінеральних солей від рН середовища та навчитися прогнозувати продукти ОВР для контролю біохімічних та гідрохімічних параметрів в індустріальній аквакультурі.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення окисно-відновним реакціям. Чим вони відрізняються від реакцій обміну?
2. Що таке ступінь окиснення? Сформулюйте правила його визначення в неорганічних сполуках.
3. Які процеси називають окисненням, а які – відновленням? Як при цьому змінюється ступінь окиснення елементів?
4. Хто такий окисник, а хто – відновник?
5. Які неорганічні речовини виявляють функцію тільки окисника, тільки відновника, або мають окисно-відновну двоїстість? Наведіть приклади.
6. У чому полягає суть методу електронного балансу? Що таке закон збереження заряду?
7. Назвіть найважливіші лабораторні та промислові окисники.
8. Як характер середовища (кисле, нейтральне, лужне) впливає на глибину відновлення перманганат-аніону (MnO_4^-)?
9. Які існують типи ОВР (міжмолекулярні, внутрішньомолекулярні, диспропорціонування)? Наведіть приклади.
10. Яке значення мають окисно-відновні процеси у водоочищенні та знезараженні стічних вод рибоводних комплексів?

Інструктивно-методичні матеріали

Окисно-відновні реакції є основою багатьох дезінфекційних, очисних та аналітичних процесів в аквакультурі. Керування цими процесами вимагає чіткого розуміння напрямку переходу електронів.

Знезараження та деструкція токсикантів. Використання мінеральних окисників (хлору, озону, калій перманганату) у процесах очищення води базується на їхній здатності забирати електрони від неорганічних токсикантів (наприклад, сульфідів чи нітритів), перетворюючи їх на безпечні для риби вищі форми (сульфати та нітрати).

Вплив рН на гідрохімічні трансформації. Один і той самий окисник поводиться абсолютно по-різному залежно від кислотності розчину. Наприклад, калій перманганат у кислому середовищі приймає 5 електронів (знебарвлюється), у нейтральному – 3 електрони (випадає бурий осад MnO_2), а в сильно лужному – лише 1 електрон (утворюється зелений манганат

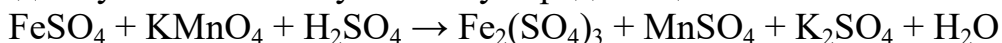
K₂MnO₄). Це дозволяє гідрохіміку регулювати витрату реагентів під час хімічної меліорації водойм.

Корозія підводних конструкцій як небажана ОВР. Руйнування металевих деталей рибоводних аераторів, запірної арматури та шлюзів під дією розчиненого у воді кисню є класичним окисно-відновним процесом. У ньому метал безпосередньо виступає відновником, втрачаючи електрони і переходячи у форму іржавих гідроксидів або солей, що погіршує експлуатаційні властивості гідротехнічних споруд.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

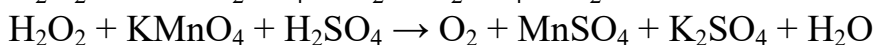
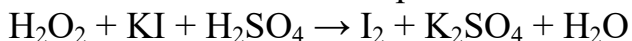
1. Електронний баланс при підготовці кисневих реагентів. У практиці транспортування живої риби в закритих ємностях для екстреного насичення води киснем іноді використовують реакцію термічного розкладу калію хлорату (бертолетової солі) у присутності мінерального каталізатора MnO₂. Напишіть рівняння реакції, визначте ступені окиснення та складіть схему електронного балансу. До якого типу ОВР належить цей процес? Поясніть чому.

2. Аналітичне визначення Феруму у джерелах водопостачання рибоводних цехів (Перманганатометрія). Для контролю якості підземних вод, що живлять форелеве господарство, визначають вміст іонів Феруму(II). Метод базується на ОВР у кислому середовищі:



Розставте коефіцієнти методом електронного балансу. Обчисліть, яку масу іонів Fe²⁺ може окиснити 1 моль калій перманганату відповідно до знайдених коефіцієнтів.

3. Окисно-відновна двоїстість у процесах екологічної санітарії. Гідроген пероксид (H₂O₂) широко використовується в сучасній аквакультурі як екологічно чистий антисептик для ікри, оскільки продуктами його розпаду є лише вода та кисень. Оксиген у пероксиді має проміжний ступінь окиснення -1. Складіть електронний баланс для реакцій:



Зробіть висновок, у якому з цих процесів перекис водню виконує роль окисника, а в якому – відновника. Поясніть це на основі переходу електронів.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

Тема: Основні класи неорганічних сполук. Зв'язок між класами неорганічних сполук.

Мета заняття

Закріпити й систематизувати знання про класифікацію неорганічних речовин, їхню номенклатуру та хімічні властивості; навчитися розрізняти солетворні (кислотні, основні, амфотерні) та несолетворні оксиди, середні та кислі солі, луги та нерозчинні основи. Експериментально дослідити хімічні властивості та способи взаємного перетворення неорганічних сполук; навчитися складати рівняння реакцій, що відображають генетичний зв'язок між різними класифікаційними групами речовин у водному середовищі.

Контрольні запитання

1. На які основні класи поділяють неорганічні сполуки? Дайте визначення кожному класу.
2. Як класифікують оксиди? Чим принципово відрізняються за хімічними властивостями кислотні, основні та амфотерні оксиди? Наведіть приклади.
3. Які оксиди відносять до несолетвірних?
4. Як класифікують основи за розчинністю у воді? Які специфічні властивості мають луги порівняно з нерозчинними у воді гідроксидами?
5. Охарактеризуйте хімічну природу та властивості амфотерних гідроксидів на прикладі цинк гідроксиду або алюміній гідроксиду.
6. Як класифікують мінеральні кислоти за складністю аніона та кількістю атомів Гідрогену (основністю)?
7. Дайте визначення солям. Чим відрізняються за складом і номенклатурою середні, кислі та основні солі?
8. Що таке «генетичний зв'язок» у неорганічній хімії? Сформулюйте принципи переходу від простої речовини (металу чи неметалу) до відповідної солі.
9. За яких умов солі можуть взаємодіяти з іншими солями або металами у водних розчинах? Скористайтеся рядом активності металів.
10. Яке практичне значення має реакція нейтралізації для очищення промислових стічних вод та утилізації залишків кислот і лугів?

Інструктивно-методичні матеріали

У рибогосподарській практиці, аналітичному моніторингу та екологічному менеджменті водних екосистем знання властивостей неорганічних класів речовин є базовим інструментом для керування якістю води.

Класифікаційний підхід у нейтралізації середовища. Розуміння хімічного характеру сполук дозволяє правильно підбирати реагенти для оптимізації рН. Наприклад, закислені ставкові води (через вимивання гумінових речовин або кислі дощі) нейтралізують за допомогою дешевшого основного оксиду (негашеного вапна CaO) або карбонатів. Для нейтралізації

лужних стресів (спричинених інтенсивним цвітінням водоростей) застосовують слабкі мінеральні або органічні кислоти.

Амфотерність у водоочищенні. Деякі неорганічні сполуки мають подвійну природу – здатні взаємодіяти і з кислотами, і з лугами. Цю властивість амфотерних гідроксидів, наприклад алюміній гідроксиду $\text{Al}(\text{OH})_3$, активно використовують у процесах передочищення води коагулянтами: залежно від рН середовища, цей гідроксид формує пластівці, які ефективно адсорбують та захоплюють наелектризовані органічні і мінеральні суспензії, очищуючи воду від каламуті.

Генетичні ланцюги як основа промислових технологій. Отримання будь-якого цільового розчину для аквакультури (наприклад, сульфатів, нітратів чи фосфатів для мінеральних добавок) базується на послідовних хімічних перетвореннях за схемою: Метал (або Неметал) → Оксид → Гідроксид (або Кислота) → Сіль. Розуміння цих зв'язків дозволяє точно розрахувати дози, прогнозувати побічні продукти та мінімізувати утворення токсичних неорганічних шлаків на дні ставків.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичні зв'язки неметалів при отриманні фосфатних добрив для ставків. У рибництві для інтенсифікації розвитку природної їжі коропа (дафній, хірономід) у стави вносять водорозчинні фосфати. Базовим процесом є переробка фосфориту на ортофосфатну кислоту (H_3PO_4). Складіть рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка перетворень неметалу:



Назвіть усі утворені речовини за сучасною номенклатурою та вкажіть клас, до якого вони належать.

2. Властивості та взаємоперетворення кислих і середніх солей. При насиченні вапняної води неорганічним карбон(IV) оксидом спочатку спостерігається помутніння розчину через утворення середньої солі – кальцій карбонату. При тривалому пропусканні газу розчин знову стає прозорим, оскільки середня сіль переходить у розчинну кислу сіль – кальцій гідрокарбонат. Запишіть рівняння обох послідовних реакцій. Поясніть, чим відрізняються кислі солі від середніх за характером дисоціації та ступенем заміщення атомів Гідрогену в кислоті.

3. Прогнозування реакцій обміну між солями на основі розчинності для аналітичних цілей. У гідрохімічній лабораторії необхідно якісно осаджувати малорозчинну сіль барій сульфат для вагового аналізу сульфат-йонів у морській воді. Запропонуйте два різних варіанти молекулярних рівнянь реакцій для селективного отримання цієї солі, використовуючи:

а) взаємодію солі з кислотою;

б) взаємодію між двома розчинними неорганічними солями.

Перевірте за таблицею розчинності, чи виконуються умови перебігу реакцій обміну до кінця.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

Тема: Хімічні елементи-метали.

Мета заняття

Закріпити знання про особливості електронної будови атомів металів, їхні фізико-хімічні властивості та закономірності взаємодії з водою, мінеральними кислотами й розчинами солей. Експериментально дослідити хімічну активність металів та її залежність від положення елемента в електрохімічному ряду напруг; навчитися прогнозувати перебіг неорганічних процесів за участю металів та їхніх сполук для вирішення прикладних завдань аквакультури: захисту від корозії гідротехнічного інвентарю та розрахунку йонного складу води.

Контрольні запитання

1. Які особливості електронної будови атомів металів зумовлюють їхню відновну здатність? У яких блоках (s-, p-, d-, f-) Періодичної системи розташовані метали?
2. Що таке металічний зв'язок і які специфічні фізичні властивості (електропровідність, теплоємність, пластичність) він забезпечує?
3. Як змінюється хімічна активність металів у періодах та головних групах Періодичної системи зі збільшенням заряду ядра?
4. Що характеризує електрохімічний ряд напруг металів? Який фізичний зміст стандартного електродного потенціалу?
5. Які метали здатні витіснити водень із розчинів мінеральних кислот (хлоридної, розведеної сульфатної)?
6. Опишіть особливості взаємодії лужних та лужноземельних металів з водою. Які продукти при цьому утворюються?
7. Чому деякі активні метали (наприклад, алюміній, хром) стійкі до дії води та кисню за звичайних умов? Що таке пасивація?
8. Як взаємодіють метали з розчинами солей інших металів? Яке правило керує цими процесами?
9. У чому полягає відмінність у властивостях сполук типів оксидів та гідроксидів для металів головних (s-, p-) та побічних (d-) підгруп?
10. Які неорганічні методи захисту металевого обладнання від корозії у прісній та морській воді ви знаєте?

Інструктивно-методичні матеріали

У рибоводних спорудах, механічних вузлах систем УЗВ, каркасах садкових ліній та приладах контролю якості води метали виступають основними конструкційними матеріалами. Керування їхньою тривалою стабільністю в агресивному водному середовищі базується на законах неорганічної хімії.

Ряд активності як основа сумісності матеріалів в аквакультурі. При проектуванні та монтажі садкових ліній або систем подачі води в інкубатори важливо враховувати положення металів у ряду напруг. Безпосередній контакт двох різних металів (наприклад, залізного каркаса басейна та мідної сітки чи латунної запірної арматури) у водному мінералізованому середовищі

призводить до утворення гальванічної пари. При цьому більш активний метал (залізо, що стоїть лівіше у ряду напруг) піддається прискореному руйнуванню (електрохімічній корозії), що може призвести до аварійного прориву споруди.

Специфіка d-елементів у гідрохімічному аналізі. Метали побічних підгруп (хром, манган, ферум) мають незаповнений передзовнішній d-електронний підрівень. Це зумовлює наявність у них змінних ступенів окиснення та здатність утворювати широкий спектр сполук – від основних (у нижчих ступенях окиснення, наприклад FeO) до амфотерних (Fe₂O₃, Cr₂O₃) та кислотних (у вищих ступенях, наприклад CrO₃).

Лужноземельні метали та біологічна твердість води. Лужні (Na, K) та лужноземельні (Ca, Ba) метали утворюють розчинні або малорозчинні сильні основи. Наявність іонів Ca²⁺ та Mg²⁺ визначає загальну твердість води рибоводних водойм, яка вимагає постійного лабораторного контролю для забезпечення нормального ембріогенезу риб та запобігання утворенню кальцієвого накипу на кварцових чохлах бактерицидних УФ-ламп.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Амфотерні властивості металів у системах очищення стічних вод аквакультури. Елементи Алюміній та Цинк входять до складу багатьох конструкційних сплавів, але їхні оксиди та гідроксиди мають амфотерний характер, що обмежує їх використання в кислих або лужних дезінфікуючих середовищах. Запишіть молекулярні рівняння реакцій, що підтверджують амфотерність цинк гідроксиду Zn(OH)₂ під час взаємодії з:

- а) хлоридною кислотою;
- б) водним розчином натрій гідроксиду.

2. Розрахунок об'єму виділеного газу при випадковому хімічному пошкодженні обладнання. Під час очищення залізного рибоводного садка від водоростевого обростання за допомогою розчину хлоридної кислоти в реакцію випадково вступило 13 кг технічного цинкового покриття (яке містило 5% інертних мінеральних домішок). Спираючись на стехіометричні коефіцієнти хімічного рівняння, обчисліть теоретичний об'єм (м³ за нормальних умов) виділеного водню (H₂), який необхідно враховувати для розрахунку вентиляції закритого інкубаційного цеху.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

Тема: Хімічні елементи-неметали.

Мета заняття

Закріпити знання про особливості електронної будови атомів неметалів, їхнє положення в Періодичній системі та високу електронегативність; вивчити явище алотропії та причини відмінностей у властивостях алотропних модифікацій Карбону, Оксигену, Фосфору та Сірки. Експериментально дослідити специфіку неорганічних сполук неметалів (водневих сполук, кислотних оксидів), їхні окисно-відновні властивості та навчитися прогнозувати їхній вплив на життєдіяльність гідробіонтів і хімізм водного середовища.

Контрольні запитання

1. Які особливості електронної будови атомів неметалів зумовлюють їхню високу електронегативність та переважно окисний характер?
2. У якій частині Періодичної системи розташовані елементи-неметали?
3. Що таке алотропія? Які причини зумовлюють існування алотропних модифікацій (наведіть приклади для Оксигену та Фосфору)?
4. Поясніть, чому алмаз і графіт, маючи однаковий елементний склад (Карбон), кардинально відрізняються за твердістю та електропровідністю.
5. Як змінюються окисні та відновні властивості неметалів у періодах та головних групах? Назвіть найактивніший неметал-окисник.
6. Охарактеризуйте зміну властивостей вищих оксидів неметалів та відповідних їм гідратів (кислот) у періодах та групах.
7. Які особливості мають леткі водневі сполуки неметалів? Як змінюється їхній кислотно-основний характер у розчинах по періоду та групі?
8. Що таке окисно-відновна двоїстість неметалів? Наведіть неорганічні приклади сполук, де елемент виявляє проміжний ступінь окиснення.
9. Які неметали та їхні сполуки найчастіше використовуються як робочі середовища або агенти для очищення у промисловості?
10. Поясніть екологічне значення та токсичність деяких неорганічних газів неметалів (CO , SO_2 , H_2S) при замуленні рибоводних ставків.

Інструктивно-методичні матеріали

У рибоводній практиці, гідрохімічному аналізі та технологіях підтримки життєдіяльності об'єктів аквакультури хімічні властивості неметалів та їхніх сполук визначають стабільність біопродукційних процесів.

Окисна здатність галогенів у санітарії аквакультури: Висока електронегативність галогенів (зокрема Хлору та Йоду) робить їх потужними неорганічними окисниками. Хлор або сполуки, що його виділяють (гіпохлорити), руйнують клітинні мембрани збудників інфекцій риб шляхом окиснення білкових компонентів їхніх оболонок, що є основою дезінфекції підживлювальної води та рибоводного інвентарю.

Алотропія Карбону та сорбційні технології . Явище алотропії Карбону безпосередньо використовується в адсорбційному очищенні води

рециркуляційних систем. Графітоподібна мікроструктура активованого вугілля з величезною кількістю мікропор та некомпенсованих ковалентних зв'язків дозволяє ефективно утримувати на своїй поверхні дрібнодисперсні неорганічні токсиканти, залишки лікувальних препаратів, а також екзогенні гази.

Кислотно-основні трансформації газів та замори риби. Багато біохімічних процесів на дні замулених ставків супроводжуються виділенням кислотних оксидів неметалів (наприклад, SO_2 , CO_2 , NO_2). При взаємодії з водою вони утворюють відповідні мінеральні кислоти (сульфітну, карбонатну), викликаючи різке падіння рН води, що руйнує зябровий епітелій гідробіонтів та призводить до задухи (заморів).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Окисно-відновна двоїстість сполук неметалів у процесах нітрифікації в УЗВ. В біофільтрах рециркуляційних систем неметал Нітроген постійно змінює ступені окиснення від -3 до +5. Проміжне положення займають токсичні для риби нітрити. Запишіть неорганічні рівняння ОВР, які доводять, що калій нітрит виявляє:

а) відновні властивості при взаємодії з сильним окисником калій дихроматом у кислому середовищі, переходячи в нітрат;

б) окисні властивості при взаємодії з калій йодидом у кислому середовищі, відновлюючись до газу нітроген(II) оксиду.

Розставте коефіцієнти методом електронного балансу.

2. Порівняльна характеристика неорганічних гідридів неметалів у гідрохімії. Користуючись значеннями радіусів атомів та їхньої електронегативності, поясніть, чому при розчиненні у воді летка сполука Нітрогену – аміак – утворює слабку основу (амоній гідроксид), тоді як летка сполука Хлору – хлороводень – дисоціює повністю з утворенням хлоридної кислоти. Запишіть відповідні рівняння процесів у водному середовищі.

3. **Стехіометричні розрахунки дегазації та зв'язування вуглекислого газу лужними реагентами.** При переущільненому вирощуванні телят в інкубаційних залах накопичується надлишок карбон(IV) оксиду (CO_2), який необхідно зв'язувати для запобігання хворобі риби – нефрокальцинозу. Для цього використовують неорганічні поглиначі на основі натрію гідроксиду. Спираючись на хімічне рівняння, обчисліть масу (в кг) сухого лугу (NaOH), яку необхідно витратити технологу аквакультури для повного зв'язування 44 м^3 (за нормальних умов) карбон(IV) оксиду з утворенням середньої солі натрію карбонату та води.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

Тема: Вуглеводні.

Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію вуглеводнів, типи гібридизації атомів Карбону (sp^3 , sp^2 , sp) та види хімічного зв'язку (σ - та π -зв'язки); вивчити закономірності зміни фізико-хімічних властивостей у гомологічних рядах алканів, алкенів, алкінів та аренів. Експериментально дослідити способи лабораторного отримання та специфіку хімічної поведінки насичених і ненасичених сполук, освоїти якісні реакції на кратні зв'язки для ідентифікації сполук.

Контрольні запитання

1. На які основні групи класифікують вуглеводні за будовою карбонового ланцюга та характером зв'язків?

2. Які особливості електронної будови та просторової геометрії молекул алканів?

3. Дайте визначення гомології та ізомерії. Які види структурної ізомерії характерні для насичених вуглеводнів?

4. Які типи хімічних реакцій є найбільш характерними для алканів? Чому вони стійкі до дії концентрованих кислот та лугів за звичайних умов?

5. Охарактеризуйте електронну будову алкенів та алкінів. Чим π -зв'язок принципово відрізняється від σ -зв'язку за міцністю та реакційною здатністю?

6. Сформулюйте правило Марковнікова на прикладі реакцій гідрогенгалогенування ненасичених сполук.

7. Які якісні реакції дозволяють експериментально відрізнити ненасичені вуглеводні від насичених?

8. Опишіть особливості електронної будови молекули бензену. У чому полягає суть поняття «ароматичність» (правило Хюккеля)?

9. Які типи реакцій (заміщення чи приєднання) є переважними для ароматичних вуглеводнів і в яких умовах вони перебігають?

10. Які вуглеводневі фракції є основою паливно-мастильних матеріалів (дизельне паливо, мазут, мастила), що використовуються в матеріально-технічному забезпеченні рибницьких господарств?

Інструктивно-методичні матеріали

У рибогосподарській практиці, експлуатації ставкових механізмів та синтезі допоміжних ізоляційних матеріалів знання властивостей вуглеводнів дозволяє оптимізувати технологічні процеси та контролювати безпеку водного середовища.

Стабільність і гідрофобність насичених систем. Алкани (наприклад, пропан, бутан, компоненти моторних масел, вазелін) через високу міцність одинарних σ -зв'язків Карбон-Карбон та Карбон-Гідроген є хімічно інертними. Вони практично не взаємодіють з розчиненими у воді мінеральними солями, кислотами та лугами. Ця абсолютна гідрофобність робить їх ідеальними захисними мастилами для консервації металевих

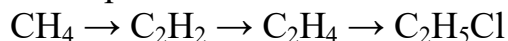
деталей шлюзів, редукторів ставкових аераторів та лопатевих насосів проти неорганічної корозії.

Реакційна здатність у газовому контролі. На відміну від алканів, ненасичені газоподібні вуглеводні (етилен C_2H_4 , ацетилен C_2H_2) мають рухливі π -зв'язки. В інтенсивній аквакультури та супутніх біотехнологіях (наприклад, при сумісному вирощуванні риби та вищих водоростей або в аквапоніці) етилен виступає як фітогормон. Контроль наявності таких газів та їх нейтралізація неорганічними окисниками є критичними для оптимізації вегетації та запобігання деградації рослинних фільтрів.

Енергетичний баланс та горіння в замкнених комплексах: Усі вуглеводні є висококалорійним паливом для дизель-генераторів, що підтримують роботу систем УЗВ у разі аварійного вимкнення електромережі. Процес їхнього повного горіння є глибокою екзотермічною реакцією, продуктами якої є стабільні неорганічні сполуки – карбон(IV) оксид та пара води. Порушення режиму подачі кисню в котли або приводи призводить до неповного згорання з виділенням у повітря інкубаційних цехів токсичного для персоналу та риби чадного газу або сажі.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок між класами вуглеводнів для виробництва полімерних матеріалів. У рибному господарстві для виготовлення садкових решіток, басейнів та захисних плівок широко використовують неорганічні та органогенні полімери. Перехід від найпростіших вуглеводнів до мономерів базується на реакціях термічного розкладу, гідрування чи заміщення. Складіть молекулярні рівняння реакцій для такого ланцюжка перетворень:



Вкажіть умови перебігу процесів (температура, наявність мінеральних каталізаторів) та назвіть усі продукти за сучасною номенклатурою.

2. Закон об'ємних відносин газів при розрахунку систем вентиляції паливних складів. Для опалення підсобних приміщень і диспетчерських пунктів форелевого заводу використовують зріджений газ пропан. Користуючись законом Авогадро та стехіометричними коефіцієнтами рівняння горіння пропану, обчисліть об'єм (у m^3) чистого кисню, який витратиться на повне спалювання $5 m^3$ цього газу. Розрахуйте, який об'єм атмосферного повітря знадобиться для цього процесу (прийміть об'ємну частку кисню в повітрі за 21%).

3. Якісний аналіз вуглеводневих середовищ у лабораторії нафтопродуктів рибгоспу. Для змащування рухомих частин шнекових годинниць та компресорів на аналіз надійшли два немарковані рідкі зразки вуглеводневих фракцій: один є чистим гексаном (насичений алкан), інший – гексеном (ненасичений алкен, що містить домішки кратного зв'язку). Запропонуйте для лаборанта-гідрохіміка коротку інструкцію проведення експрес-аналізу. Опишіть візуальні ефекти, які дозволять однозначно ідентифікувати кожен речовину, та запишіть рівняння відповідних реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

Тема: Карбонові кислоти. Естери. Жири.

Мета заняття

Закріпити знання про будову карбоксильної групи, класифікацію карбонових кислот, механізм реакції естерифікації та хімічну природу жирів (тригліцеридів); вивчити відмінності у властивостях насичених і ненасичених вищих жирних кислот. Експериментально дослідити хімічні властивості монокарбонових кислот, синтезувати складні ефіри (естери) та вивчити процес лужного гідролізу жирів (омилення) з отриманням поверхнево-активних речовин для санітарної обробки рибоводних басейнів.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте електронну будову карбоксильної групи. Як взаємний вплив атомів у цій групі позначається на рухливості іона Гідрогену?

2. Як змінюється розчинність у воді та сила карбонових кислот у гомологічному ряду зі збільшенням молекулярної маси?

3. Порівняйте хімічні властивості мінеральних (неорганічних) кислот та одноосновних карбонових кислот. Які спільні реакції вони демонструють?

4. Що таке реакція естерифікації? Яку роль у цій реакції відіграє концентрована неорганічна сульфатна кислота?

5. Дайте визначення естерам. Які їхні головні фізичні властивості та де вони застосовуються у промисловості?

6. Що таке жири з хімічного погляду? Які спирти та кислоти є основою їхньої структури?

7. Чим принципово відрізняються за складом та фізичним станом рослинні олії від тваринних жирів? Наведіть приклади вищих жирних кислот.

8. Що таке процес гідролізу жирів? Чим відрізняється оборотний (кислотний) гідроліз від необоротного (лужного)?

9. Які продукти утворюються в результаті лужного омилення тригліцеридів? Чим відрізняється тверде мило від рідкого за хімічним складом?

10. Як експериментально довести наявність кратного зв'язку в молекулі рідкого жиру (олії)?

Інструктивно-методичні матеріали

Оксигеновмісні органічні сполуки складають основу енергетичного метаболізму гідробіонтів та широко застосовуються в санітарії аквакомплексів. Розуміння їхньої взаємодії є ключовим для хімічного контролю.

Взаємодія з неорганічними реагентами. Карбонові кислоти, хоч і є переважно слабкими електролітами, легко взаємодіють з неорганічними оксидами, гідроксидами та солями слабших кислот (наприклад, карбонатами). Реакція етанової (оцтової) кислоти з натрій карбонатом (Na_2CO_3) супроводжується бурхливим виділенням вуглекислого газу, що є

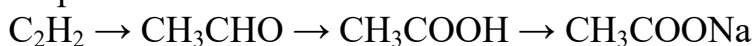
класичним тестом на наявність карбоксильної групи при аналізі консервантів силосованих рибних кормів.

Синтез естерів як компонентів нюхових стимуляторів: Реакція естерифікації є прикладом оборотної рівноважної системи. Щоб змістити рівновагу в бік утворення цільового естеру, використовують концентровану сульфатну кислоту (H_2SO_4), яка одночасно працює і як неорганічний каталізатор, і як дегідратуючий агент, що зв'язує утворену воду. Отримані естери мають виражені фруктові або специфічні запахи і слугують основою для синтезу компонентів штучних атрактантів в аквакультурі.

Хімія омилення та поверхнево-активні речовини (ПАР): Лужний гідроліз ліпідів у присутності лугів (NaOH або KOH) дозволяє розірвати естерні зв'язки тригліцеридів. Продуктами реакції є трьохатомний спирт гліцерол та натрієві або калієві солі вищих жирних кислот (пальмітати, стеарати, олеати), які є основою мила. Ці солі мають дифільну будову: гідрофільна «голова» ($-\text{COONa}$) та гідрофобний вуглеводневий «хвіст». Вони знижують поверхневий натяг води, що дозволяє емульгувати жирову плівку від кормів на стінках басейнів та дезінфікувати рибоводний інвентар.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок між класами: від ставкових газів до консервантів рибних кормів. У промисловому синтезі цінних силосних добавок і регуляторів кислотності кормів важливим є ланцюг отримання етанової кислоти. Складіть молекулярні рівняння реакцій для наступного перетворення:



Вкажіть назви всіх процесів та умови їхнього перебігу.

2. Розрахунок виходу солей при хімічній утилізації естерних відходів. Для очищення ємностей від залишків промислового естеру етилформіату (етилметаноату) масою 14,8 кг, лаборант цеху вирощування кормів обробляє його надлишком розчину натрію гідроксиду. Обчисліть теоретичну масу (в кг) утвореної солі (натрію форміату), виходячи зі стехіометричних коефіцієнтів хімічного рівняння лужного гідролізу.

3. Специфічні окисно-відновні реакції метанової (мурашиної) кислоти в іхтіопатології. Метанова кислота використовується в низьких концентраціях для боротьби з ектопаразитами риб. Вона є унікальною серед карбонових кислот, оскільки її молекула одночасно містить і карбоксильну, і альдегідну групи, через це вона здатна вступати в ОВР з мінеральними окисниками. Запишіть рівняння реакції «срібного дзеркала» (взаємодії з амоніачним розчином аргентум(І) оксиду) для мурашиної кислоти. Визначте, які саме неорганічні гази та продукти утворюються в результаті повного окиснення цієї кислоти, та розставте коефіцієнти.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

Тема: Вуглеводи.

Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію вуглеводів (моносахариди, дисахариди, полісахариди), їхню будову та наявність у структурах різних функціональних груп (гідроксильних, альдегідних чи кетонних); вивчити закономірності взаємоперетворення лінійних та циклічних форм моносахаридів. Експериментально дослідити хімічні властивості глюкози, сахарози та крохмалю, навчитися проводити якісні неорганічні реакції для ідентифікації різних класів вуглеводів у кормових сумішах та гідрохімічних пробах.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення вуглеводам. Чому вони мають таку назву і яка їхня загальна формула?
2. Як класифікують вуглеводи за здатністю до гідролізу? Наведіть приклади для кожної групи.
3. Охарактеризуйте будову молекули глюкози. Чому її називають альдегодоспиртом? Які функціональні групи зумовлюють її хімічні властивості?
4. У чому полягає відмінність між α - та β -формами циклічних молекул моносахаридів? Що таке глікозидний гідроксил?
5. Чим за хімічною будовою та властивостями відрізняється фруктоза від глюкози? До якого класу моносахаридів вона належить?
6. Що таке дисахариди? Поясніть, чому сахароза належить до невідновлюючих цукрів, а мальтоза чи лактоза — до відновлюючих.
7. Які продукти утворюються в результаті повного гідролізу сахарози? Яку роль у цьому процесі відіграють мінеральні кислоти?
8. Охарактеризуйте полісахариди на прикладі крохмалю та целюлози. З залишків якого моносахариду вони побудовані і чим відрізняються їхні структури?
9. Яка неорганічна речовина є специфічним якісним реагентом на крохмаль? Опишіть візуальний ефект взаємодії.
10. Яке біотехнологічне значення в рибництві мають процеси бродіння вуглеводів (молочнокислого – при силосуванні рибних відходів, спиртового – при підготовці дріжджів для згодовування)?

Інструктивно-методичні матеріали

У рибогосподарській практиці, біохімії живлення гідробіонтів та лабораторному аналізі кормів хімічні трансформації вуглеводів під дією неорганічних реагентів дозволяють контролювати поживну цінність раціонів та якість сировини.

Полігідроксильний характер та комплексоутворення. Оскільки моносахариди (глюкоза) та деякі дисахариди (мальтоза) містять кілька сусідніх гідроксильних груп -ОН, вони демонструють хімічні властивості багатоатомних спиртів. При взаємодії зі свіжоосадженим купрум(II)

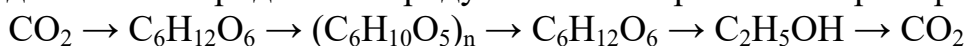
гідроксидом ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) у лужному середовищі вони легко утворюють прозорі розчини комплексних сполук інтенсивного волошково-синього кольору. Це слугує початковим етапом ідентифікації розчинних цукрів у кормовій сировині.

Окисно-відновні процеси у визначенні енергетичних цукрів. Наявність вільної альдегідної групи в лінійних формах відновлюючих цукрів дозволяє їм вступати в окисно-відновні реакції. При нагріванні зі свіжоосадженим $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (або при використанні реактиву Фелінга) альдегідна група моносахариду окиснюється до карбоксильної, а неорганічний Купрум(II) відновлюється, утворюючи спочатку жовтий осад купрум(I) гідроксиду, який при кип'ятінні переходить у цегляно-червоний осад купрум(I) оксиду. Даний хімізм покладено в основу напівкількісного аналізу легкозасвоюваних цукрів у хімусі риб.

Каталітичний гідроліз полісахаридів. Полісахариди $((\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n)$ є природними полімерами. Під дією температури та неорганічних мінеральних кислот (наприклад, розведеної H_2SO_4 або HCl), які виступають каталізаторами, відбувається послідовне розщеплення глікозидних зв'язків через стадії утворення декстринів та мальтози до кінцевого моносахариду – глюкози.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичні ланцюги вуглеводних трансформацій (від неорганіки до біополімерів водних екосистем). Основною ланкою утворення первинної органічної речовини та формування природної кормової бази ставків (фітопланктону) є процес фотосинтезу. Складіть молекулярні рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка, який пов'язує неорганічні оксиди з полісахаридами та продуктами їх енергетичної трансформації:



Вкажіть типи процесів та умови їхнього перебігу.

2. Розрахунки за рівняннями процесів бродіння вуглеводів при підготовці кормів. Для інтенсифікації живлення товстолобиків і коропів у рибгоспах проводять дріжджування висівкових кормів, де глюкоза, отримана внаслідок гідролізу клітковини, піддається спиртовому бродінню. Обчисліть теоретичну масу (в кг) утвореного етанолу та об'єм (в m^3 за нормальних умов) карбон(IV) оксиду, який виділиться в повітря закритих дріжджувальних цехів, якщо в реакцію бродіння вступило 180 кг чистої глюкози відповідно до стехіометричного рівняння.

3. Порівняльний аналіз природних ізомерів: Крохмаль проти Целюлози. Обидва полісахариди мають однакову емпіричну формулу $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Складіть порівняльну таблицю для цих неорганічно-органічних макромолекул, вказавши:

- тип моносахаридної ланки;
- геометрію ланцюга;
- фізико-хімічні властивості.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 14

Тема: Амінокислоти. Білки.

Мета заняття

Закріпити знання про будову та класифікацію амінокислот як гетерофункціональних сполук, що містять аміногрупу та карбоксильну групу; вивчити поняття про пептидний зв'язок та рівні організації білкових молекул (первинну, вторинну, третинну та четвертинну структури). Експериментально дослідити процеси денатурації та коагуляції білків під дією фізико-хімічних факторів середовища, а також опанувати класичні кольорові неорганічні реакції для ідентифікації білкових макромолекул у кормовій сировині та гідробіонтах.

Контрольні запитання

1. Чому амінокислоти відносять до гетерофункціональних сполук? Назвіть дві основні функціональні групи, що входять до їхнього складу.

2. Що таке біполярний іон амінокислоти? Як впливає рН середовища на заряд молекули амінокислоти у водному розчині?

3. Поясніть суть поняття «амфотерність» стосовно амінокислот. З якими неорганічними реагентами вони здатні взаємодіяти?

4. Який хімічний зв'язок називають пептидним? Між якими групами яких молекул він утворюється?

5. Охарактеризуйте чотири рівні структурної організації білків. Які типи хімічних зв'язків (ковалентні, водневі, іонні, гідрофобні) стабілізують кожен рівень?

6. Що таке денатурація білка? Які чинники (фізичні та хімічні) здатні викликати цей процес? Чи є денатурація оборотною?

7. Опишіть суть біуретової реакції. Наявність якого фрагмента в молекулі вона доводить і які неорганічні реагенти для неї потрібні?

8. Що виявляє ксантопротеїнова реакція? Які амінокислоти в складі білка відповідають за позитивний результат цього тесту?

9. Яка роль неорганічних солей важких металів (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+}) у процесах осадження та денатурації білків? Як це пов'язано з токсикологією?

10. Яке аналітичне та трофологічне значення має дослідження вмісту незамінних амінокислот (лізину, метіоніну, триптофану) у складі штучних кормів для лососевих та осетрових риб?

Інструктивно-методичні матеріали

У рибогосподарській практиці, екологічному моніторингу водойм та біотехнологіях аквакультури хімічна специфіка білків та амінокислот визначає повноцінність годівлі риби та її стійкість до екотоксикантів.

Амфотерність, буферні системи та ізоелектрична точка: Наявність як кислотної ($-\text{COOH}$), так і основної ($-\text{NH}_2$) груп дозволяє амінокислотам і білкам крові та слизу риб виступати в ролі природних амфотерних буферних систем, що підтримують стабільний рН внутрішнього середовища гідробіонтів. При певному значенні рН розчину (ізоелектрична точка) сумарний заряд білкової макромолекули стає рівним нулю, вона втрачає

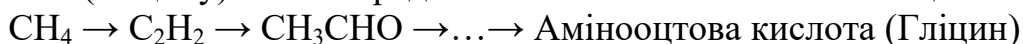
гідратну оболонку та випадає в осад. Цей ефект використовують у рибній біотехнології для ізоелектричного осадження білків при отриманні високобілкових кормових концентратів та утилізації відходів рибопереробки за допомогою слабких мінеральних кислот.

Кольорові реакції як метод контролю якості кормів. Якісний аналіз протеїнової сировини базується на взаємодії білків з неорганічними йонами та молекулами. Біуретовий тест використовує йони Купруму(II) у лужному середовищі для утворення яскраво-фіолетового комплексного сполучення з пептидними зв'язками (-CO-NH-), що дозволяє колориметрично визначити вміст сирого протеїну в кормі. Ксантопротеїновий тест базується на нітруванні бензольних кілець ароматичних амінокислот (фенілаланіну, тирозину) концентрованою нітратною кислотою (HNO₃), що призводить до появи жовтого забарвлення і підтверджує наявність циклічних амінокислот.

Білкові системи як ендогенні та екзогенні антидоти. Завдяки наявності великої кількості функціональних груп (зокрема, тіолових -SH, аміногруп та карбоксильних), білки здатні міцно зв'язувати йони важких металів (Pb²⁺, Hg²⁺, Cu²⁺), які потрапляють у водойми зі стічними водами. При цьому утворюються нерозчинні мінерально-органічні комплекси (хелати). У водній токсикології цей процес є подвійним: з одного боку, зв'язування металів білками зябрового слизу риби захищає її організм, з іншого – денатурація структурних білків самих зябер призводить до асфіксії риби.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок між неорганікою, найпростішими вуглеводнями та амінокислотами кормів. У біосинтезі амінокислот рибами та рослинами базовими елементами є прості органічні метаболіти та неорганічний нітроген (амоніак). У лабораторії перехід від найпростішого алкану до структурної одиниці білка (гліцину) можна представити таким генетичним ланцюжком:



Запишіть рівняння реакції, поясніть, як за допомогою амоніаку вводять нітрогенвмісну групу в молекулу хлороцтової кислоти.

2. Розрахунки масової частки Нітрогену в рибних кормах методом К'ельдаля. Для визначення вмісту сирого протеїну в стартовому кормі для осетрових наважку зразка спалюють у концентрованій сульфатній кислоті у присутності каталізаторів, перетворюючи весь органічний Нітроген у неорганічну сіль – амоній сульфат. Після обробки концентрованим лугом виділений газоподібний амоніак масою 0,34 кг вловлюють титрованим розчином кислоти. Обчисліть масу (в кг) елемента Нітрогену, що містився у зразку корму. Використовуючи стандартний іхтіологічний коефіцієнт перерахунку нітрогену на білок (6,25), визначте загальну масу чистого білка (протеїну) в дослідній партії корму.

3. Амфотерні реакції найпростішої амінокислоти м'язової тканини риб. Гліцин (амінооцтова кислота) є важливою смаковою добавкою-аттрактантом

у кормах. Запишіть молекулярні рівняння реакцій для амінооцтової кислоти, які підтверджують її подвійну (амфотерну) хімічну природу, при взаємодії з:

- а) хлоридною кислотою;
- б) розчином натрій гідроксиду.

Назвіть утворені неорганічно-органічні солі.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 15

Тема: Підсумкова контрольна робота.

Мета заняття: Контроль, узагальнення та систематизація знань студентів з теоретичних основ органічної хімії та їхнього безпосереднього практичного застосування в рибогосподарській галузі.

Перевірка вміння аналізувати хімічний склад кормів, біохімічну цінність ліпідів, вуглеводів і протеїнів для гідробіонтів, оцінювати динаміку біохімічних процесів у травному тракті та м'язових тканинах риб.

Оцінка навичок самостійного розв'язання технологічних, іхтіотоксикологічних та екологічних кейсів, пов'язаних із функціонуванням індустриальних комплексів, ставкових господарств та систем замкнутого водопостачання

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 16

Тема: Органолептичний аналіз та визначення фізичних властивостей води.

Мета заняття

Закріпити знання про фізико-хімічні показники якості води, сутність та стандарти органолептичного аналізу; вивчити методику визначення кольоровості, каламутності, запаху, смаку та прозорості водних систем. Експериментально опанувати базові інструментальні та візуальні методи оцінки фізичних властивостей природної, питної та технологічної води, навчитися інтерпретувати отримані результати відповідно до санітарно-екологічних нормативів.

Контрольні запитання

1. Що таке органолептичний аналіз води? Які показники якості відносять до органолептичних?
2. Яка неорганічна речовина або шкала використовується як стандарт для якісної та кількісної оцінки кольоровості води? Що таке градус кольоровості?
3. Чим зумовлені запах і смак природних вод? Які бувають типи запахів (природні та штучні)?
4. За якою шкалою і в яких одиницях оцінюється інтенсивність запаху та смаку води в лабораторній практиці?
5. Що таке каламутність і прозорість води? Які речовини (органічні та мінеральні) впливають на ці показники?
6. Опишіть методи визначення прозорості води.
7. Як температура води впливає на її фізико-хімічні властивості, розчинність неорганічних газів та кінетику біохімічних процесів?
8. Яка різниця між зваженими речовинами та сухим залишком води з погляду дисперсності систем?
9. Які існують неорганічні коагулянти для зниження каламутності та кольоровості води на очисних спорудах?
10. Чому органолептична оцінка завжди є першим і обов'язковим етапом будь-якого комплексного аналізу води?

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій екології, комунальному господарстві та експлуатації технологічного обладнання первинний контроль фізичних властивостей води дозволяє оперативно виявити аварійні зміни в системі:

Запах як індикатор хімічного забруднення. Поява специфічних неорганічних або органічних запахів (наприклад, запах сірководню H_2S , амоніаку NH_3 або хлору Cl_2) свідчить про гнильні процеси у джерелі або про порушення дозування реагентів на стадії знезараження. Інтенсивність запаху оцінюється за 5-бальною шкалою експертним шляхом при різних температурах ($20^{\circ}C$ та $60^{\circ}C$).

Кольоровість і мінеральні домішки. Висока кольоровість природних вод часто пов'язана з наявністю гумусових речовин або неорганічних сполук

заліза (зокрема, іонів Fe^{3+} , які надають воді жовтувато-бурого відтінку). Контроль кольоровості здійснюється шляхом порівняння з платиново-кобальтовою або імітуючою хромово-кобальтовою шкалою.

Каламутність і оптична густина. Каламутність води зумовлена наявністю дрібнодисперсних мінеральних частинок (глина, пісок, мул) або мікрководоростей. У сучасних лабораторіях цей показник визначають не лише візуально, а й інструментально – фотометричним методом (нефелометрією), вимірюючи інтенсивність розсіяного світла, або за допомогою стандартного неорганічного поглинання світла суспензією каоліну чи формазину.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Класифікація показників якості води за ДСанПіН. Користуючись чинними Державними санітарними правилами та нормами (ДСанПіН), складіть порівняльну таблицю нормативних значень для питної води. Вкажіть гранично допустимі рівні (ГДК) для:

- а) запаху при 20°C та 60°C (у балах);
- б) кольоровості (у градусах платиново-кобальтової шкали);
- в) каламутності (в НОК — нефелометричних одиницях каламутності або мг/дм^3 за каоліном).

2. Розрахунок маси сухого залишку та вмісту зважених речовин. Для визначення вмісту коагульованих частинок лаборант профільтрував 1дм^3 каламутної річкової води через попередньо висушений та зважений паперовий фільтр (маса сухого фільтра – 1,2450 г). Після фільтрування та висушування осаду до сталої маси, вага фільтра з мінеральним осадом становила 1,2855 г. Обчисліть концентрацію зважених речовин у воді (в мг/дм^3) та зробіть висновок про ступінь її забруднення.

3. Взаємозв'язок температури та розчинності газів у водних системах. При підвищенні температури води в літній період на відкритих водоймах часто спостерігається масова загибель риби (задуха) та поява специфічного болотяного запаху. Опишіть фізико-хімічний закон, який регулює розчинність газів (зокрема кисню O_2) у рідинах залежно від температури. Запишіть, як зменшення концентрації розчиненого кисню впливає на активацію анаеробних процесів та накопичення органічно активних неорганічних сполук.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 17

Тема: Вимірювання водневого показника та загальної мінералізації води.

Мета заняття

Закріпити знання про теоретичні основи водневого показника (рН), теорію електролітичної дисоціації неорганічних електролітів та природу електропровідності розчинів; вивчити принципи роботи рН-метра (потенціометрія) та кондуктометра/TDS-метра (кондуктометрія). Експериментально опанувати методику калібрування приладів за допомогою стандартних буферних розчинів, виконати точні вимірювання рН та загального вмісту солей (TDS) у зразках води різного походження, а також навчитися інтерпретувати отримані дані згідно з технологічними та санітарними нормами.

Контрольні запитання

1. Що таке водневий показник (рН)? За якими формулами розраховують значення рН та рОН для розчинів кислот і лугів?
2. Який зв'язок існує між концентрацією іонів Гідрогену $[H^+]$ та рухливістю іонів у водному середовищі?
3. Опишіть принцип потенціометричного вимірювання рН. Які електроди (вимірювальний та порівняння) використовуються в сучасних комбінованих скляних електродах?
4. Чому перед початком роботи з рН-метром обов'язково проводять його калібрування (градування)?
5. Що таке загальна мінералізація води? У яких одиницях вона вимірюється?
6. Поясніть фізико-хімічний принцип кондуктометрії. Як питома електропровідність розчину пов'язана з концентрацією розчинених неорганічних солей?
7. Чому показання кондуктометрів та рН-метрів залежать від температури розчину? Що таке автоматична температурна компенсація?
8. Які значення рН та мінералізації встановлені чинними санітарними нормами (ДСанПіН) для питної води?
9. Як висока мінералізація (солевміст) технологічної води впливає на процеси утворення накипу та корозію мінеральних стінок теплообмінного обладнання?
10. Чому дистильована вода, що тривалий час контактувала з повітрям, часто має значення рН < 7? Який неорганічний газ викликає цей ефект?

Інструктивно-методичні матеріали

При експлуатації промислових систем водопідготовки, контролі якості гідропонних розчинів та моніторингу екологічного стану водойм інструментальні вимірювання рН та солевмісту є основними експрес-методами оцінки стабільності систем:

Потенціометрія та корозійний контроль. Значення рН технологічної води безпосередньо впливає на швидкість руйнування металів. У кислих

середовищах ($\text{pH} < 6$) відбувається інтенсивна корозія з водневою деполаризацією. Навпаки, підтримка слаболужного середовища ($\text{pH} = 8.5-9.5$) за допомогою дозування неорганічних нелетких лугів або фосфатів сприяє пасивації поверхонь – утворенню захисної мінеральної плівки оксидів на металі.

Кондуктометрія та солеміст (TDS). Кондуктометричний метод вимірює здатність розчину проводити електричний струм, яка залежить від концентрації гідратованих неорганічних аніонів (Cl^- , SO_4^{2-} }, HCO_3^-) та катіонів (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Прилад (TDS-метр) автоматично перераховує електропровідність у масову концентрацію солей за допомогою стандартного неорганічного коефіцієнта (зазвичай за кухонною сіллю NaCl).

Буферні системи в аналізі. Для забезпечення точності потенціометрії прилади калібрують за стандартними неорганічними буферними розчинами (наприклад, калію гідротартрат, калію дигідрофосфат + натрію гідрофосфат, натрію тетраборат). Ці системи здатні зберігати постійну концентрацію іонів Гідрогену при додаванні невеликих кількостей мінеральних кислот чи лугів або при розведенні, що робить їх еталонами точкової шкали pH .

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок теоретичного pH розчинів сильних неорганічних електролітів. Для перевірки точності pH -метра лаборант приготував контрольний розчин хлоридної кислоти з концентрацією 0.001 моль/дм^3 . Вважаючи, що мінеральна кислота дисоціює повністю, розрахуйте теоретичне значення pH цього розчину за формулою:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Яким буде теоретичне значення pH , якщо цей розчин розбавити дистильованою водою у 10 разів? Запишіть хід розв'язання.

2. Математичний перерахунок одиниць мінералізації та питомої електропровідності. Кондуктометр показав питому електропровідність природної води $\chi = 400 \mu\text{S}/\text{см}$. Користуючись стандартним неорганічним коефіцієнтом перерахунку для прісних вод ($K = 0.64$), обчисліть приблизну загальну мінералізацію води за формулою:

$$\text{TDS} (\text{мг/дм}^3) = \chi (\mu\text{S}/\text{см}) \cdot K$$

Переведіть отримане значення в одиниці ppm (частин на мільйон). Складіть висновок, чи належить ця вода до ультрапрісних, прісних чи солонуватих.

3. Буферна ємність та механізм дії фосфатного буферного розчину. Фосфатний буферний розчин, що використовується для калібрування pH -метрів ($\text{pH} = 6.86$ при 25°C), містить еквімолярну суміш двох неорганічних солей: калію дигідрофосфату (KH_2PO_4) та натрію гідрофосфату (Na_2HPO_4). Запишіть іонні рівняння реакцій, які пояснюють, як цей буфер нейтралізує додані зовнішні домішки: а) при потраплянні неорганічних іонів Гідрогену (H^+ з доданої кислоти); б) при потраплянні гідроксид-іонів (OH^- з доданого луку).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 18

Тема: Комплексометричне визначення загальної, карбонатної та некарбонатної твердості води.

Мета заняття

Закріпити знання про хімічну природу твердості води та її класифікацію (загальна, карбонатна, некарбонатна); вивчити теоретичні основи комплексометрії (трилонометрії) та механізм дії металохромних індикаторів. Експериментально опанувати методику прямого комплексометричного титрування іонів Кальцію та Магнію, навчитися розраховувати всі види твердості води та оцінювати її якість відповідно до нормативних вимог.

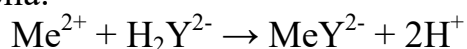
Контрольні запитання

1. Що таке твердість води? Іонами яких саме неорганічних елементів вона зумовлена?
2. Яка різниця між карбонатною (тимчасовою) та некарбонатною (постійною) твердістю води з погляду аніонного складу?
3. Які хімічні процеси відбуваються при кип'ятінні води, що містить гідрокарбонати Кальцію та Магнію? Запишіть рівняння реакцій.
4. У яких одиницях виражається твердість води в аналітичній хімії?
5. Охарактеризуйте хімічну будову Трилону Б. Чому він є універсальним комплексоутворювачем?
6. Який механізм дії металоіндикаторів у комплексометричному титруванні? Як змінюється колір розчину в точці еквівалентності?
7. Чому комплексометричне визначення твердості води обов'язково проводять у присутності амонійного буферного розчину?
8. Як висока твердість води впливає на побутові процеси (витрата мила, приготування їжі) та роботу теплоенергетичного обладнання?
9. Назвіть основні промислові та лабораторні методи зм'якшення води (реагентний, іонообмінний).
10. За якими значеннями загальної твердості воду класифікують на м'яку, середньої жорсткості, жорстку та дуже жорстку?

Інструктивно-методичні матеріали

У хіміко-аналітичному контролі виробництва та екологічному моніторингу комплексометрія є еталонним методом завдяки високій точності та стехіометричності утворення внутрішньокмлексних сполук (хелатів):

Принцип комплексоутворення. При додаванні Трилону Б до води, що містить іони Ca^{2+} та Mg^{2+} , утворюються дуже стабільні, розчинні у воді безбарвні неорганічно-органічні комплексонати металів у співвідношенні 1:1 незалежно від заряду катіона:



Роль рН середовища та заважаючих іонів. Стабільність комплексів Магнію з ЕДТА значно нижча, ніж у Кальцію, тому повне титрування обох іонів можливе лише строго в лужному середовищі при $\text{pH} = 9.5-10.0$. Для

підтримки цього значення використовують амонійний буферний розчин ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$). Якщо у воді присутні домішки важких металів (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+}), вони можуть необоротно зв'язати («затруїти») індикатор. Для їхнього маскування додають неорганічні реагенти-осаджувачі, наприклад, натрій сульфід (Na_2S).

Розрахунок балансу твердості. Загальну твердість ($T_{\text{заг}}$) визначають комплексометрично. Карбонатну твердість ($T_{\text{карб}}$) оцінюють ацидиметрично – титруванням хлоридною кислотою (HCl) у присутності метилового оранжевого (визначення лужності води). Некарбонатну (постійну) твердість ($T_{\text{пост}}$) розраховують як математичну різницю:

$$T_{\text{пост}} = T_{\text{заг}} - T_{\text{карб}}$$

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок та утворення накипу у теплообмінниках. Карбонатна твердість є лабільною системою. Запишіть оборотний ланцюг хімічних перетворень, який демонструє, як розчинення вапняку під дією вуглекислого газу призводить до появи твердості, а подальше нагрівання викликає аварійне утворення накипу на стінках котлів. Охарактеризуйте типи реакцій та умови руйнування гідрокарбонатного комплексу.

2. Розрахунок загальної твердості води за даними елементного аналізу. За даними лабораторного неорганічного аналізу артезіанська вода містить $80 \text{ мг/дм}^3 \text{ Ca}^{2+}$ та $24 \text{ мг/дм}^3 \text{ Mg}^{2+}$. Обчисліть загальну твердість цієї води у ммоль/дм³ за формулою:

$$T_{\text{заг}} = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M_{\text{екв}}(\text{Ca}^{2+})} + \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{M_{\text{екв}}(\text{Mg}^{2+})}$$

3. Порівняльна характеристика катіонітного методу зм'якшення води. Сучасні системи водопідготовки базуються на іонному обміні за допомогою синтетичних неорганічно-органічних смол – катіонітів (Na_2R). Запишіть рівняння іонного обміну, що відбувається при пропусканні твердої води через натрій-катіонітовий фільтр. Поясніть, чому цей метод не змінює загальну мінералізацію води, але повністю усуває її твердість. Опишіть неорганічний процес регенерації фільтра розчином кухонної солі (NaCl).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 19

Тема: Визначення лужності води та її буферних властивостей.

Мета заняття

Закріпити знання про кислотно-основні рівноваги у водних розчинах, природу карбонатної системи та механізми буферної дії; вивчити методіку ацидиметричного титрування для визначення вільної, загальної лужності та карбонатної твердості. Експериментально дослідити здатність природних і технологічних вод протидіяти зміні рН при додаванні мінеральних кислот або лугів, а також навчитися розраховувати буферну ємність гідрокарбонатної системи.

Контрольні запитання

1. Що таке лужність води? Іонами яких неорганічних сполук вона переважно зумовлена в природних водоймах?

2. Яка різниця між вільною та загальною лужністю води з погляду хімічної еквівалентності?

3. Чому значення загальної лужності для більшості природних вод практично збігається з величиною їхньої карбонатної твердості? У яких випадках це правило порушується?

4. Які хімічні процеси відбуваються при титруванні лужної води робочим розчином хлоридної кислоти у присутності фенолфталеїну та метилового оранжевого? Запишіть рівняння реакцій.

5. Що таке буферні системи? Які компоненти утворюють карбонатну буферну систему природних вод?

6. Запишіть рівняння хімічних реакцій, які пояснюють, як гідрокарбонат-іон нейтралізує надлишкові неорганічні іони Гідрогену та гідроксид-іони.

7. Що таке буферна ємність розчину? Від яких факторів (концентрація, співвідношення компонентів) вона залежить?

8. Яке екологічне значення має буферна ємність водойм при випаданні кислотних дощів або скиданні промислових стоків?

9. Чому при визначенні лужності води точку еквівалентності за метиловим оранжевим фіксують при рН = 4.5?

10. Як пов'язані між собою показники лужності, рН та вмісту вільного вуглекислого газу у воді?

Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій гідрохімії, екологічному моніторингу та водопідготовці аналіз лужності та буферності є ключовим інструментом для прогнозування стабільності водних систем:

Хімізм ацидиметричного титрування. При визначенні лужності в аналізовану воду додають стандартний розчин неорганічної кислоти. Титрування за фенолфталеїном (рН = 8.3) завершується, коли всі карбонат-іони (CO_3^{2-}) переходять у гідрокарбонати. Титрування за метиловим оранжевим (рН = 4.5) триває до повного руйнування гідрокарбонат-іонів з

виділенням слабкої карбонатної кислоти, яка розпадається на воду та леткий неорганічний оксид CO₂:



Формування буферного захисту. Карбонатна буферна система є головним термодинамічним щитом біосфери. Вона утримує рН природних водойм у межах 6.5-8.5. Якщо у водойму потрапляє мінеральна кислота (наприклад, із шахтними водами), вона нейтралізується солями гідрокарбонатів. Буферна ємність за кислотою визначає, яку кількість сильної неорганічної кислоти може поглинути один літр води до того, як її рН стрімко впаде нижче критичного рівня.

Аналітичний взаємозв'язок з твердістю. Карбонатна твердість (T_{карб}), яка зумовлена гідрокарбонатами Кальцію та Магнію, чисельно дорівнює загальній лужності (L_{заг}), якщо лужність води сформована виключно цими солями. Якщо L_{заг} > T_{заг}, це вказує на присутність у воді значних кількостей карбонатів або гідрокарбонатів лужних металів (наприклад, питної соди NaHCO₃).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Генетичний зв'язок та математичні залежності карбонатної системи. Карбонатний буфер є динамічною неорганічною системою, де співвідношення компонентів залежить від концентрації іонів H⁺. Користуючись рівнянням Гендерсона-Хассельбаха для кислотних буферів:

$$pH = pK + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

де pK (перша константа дисоціації карбонатної кислоти) = 6.35. Обчисліть теоретичне співвідношення концентрацій гідрокарбонат-іона та вільної вугільної кислоти у зразку мінеральної води, якщо виміряне значення рН становить 7.35.

2. Розрахунок карбонатної твердості за результатами титрування. На титрування 100 мл природної води з індикатором метиловим оранжевим було витрачено 4.2 мл стандартного розчину неорганічної хлоридної кислоти з концентрацією 0.100 моль/дм³. Обчисліть загальну лужність води та визначте її карбонатну твердість. Охарактеризуйте ступінь стабільності такої води.

3. Вплив аерації та неорганічних газів на лужність. При тривалому продуванні атмосферного повітря через підземну артезіанську воду (процес дегазації та аерації) спостерігається зростання значення рН води, а загальна лужність залишається незмінною. Опишіть фізико-хімічну суть цього явища. Поясніть, чому видалення CO₂ зміщує рівновагу гідролізу карбонатів, але не змінює сумарний запас титрованої лужності системи.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 20

Тема: Визначення вмісту розчиненого у воді кисню.

Мета заняття

Закріпити знання про процеси окиснення-відновлення, хімічні властивості розчиненого кисню та його екологічне значення. Експериментально опанувати техніку фіксації кисню, проведення йодометричного титрування з крохмалем як специфічним індикатором, навчитися розраховувати концентрацію розчиненого кисню та оцінювати ступінь насичення води киснем.

Контрольні запитання

1. Яка біологічна та екологічна роль розчиненого у воді кисню? Які чинники (температура, мінералізація) впливають на його розчинність?
2. У чому полягає суть явища заморів водойм? Як вміст кисню пов'язаний із процесами евтрофікації?
3. Чому визначення кисню за методом Вінклера починається з етапу «фіксації» безпосередньо на місці відбору проби? Які неорганічні реагенти для цього використовуються?
4. Запишіть рівняння реакції утворення бурого осаду мангану(IV) гідроксиду при взаємодії мангану(II) хлориду з киснем у лужному середовищі.
5. Яку роль відіграє неорганічна сульфатна або хлоридна кислота на етапі розчинення осаду? Яка речовина при цьому виділяється у вільній формі?
6. Опишіть хімізм фінального етапу – титрування виділеного йоду робочим розчином натрію тіосульфату. Запишіть окисно-відновне рівняння.
7. Чому індикатор крохмаль додають не на початку титрування йоду, а лише тоді, коли розчин набуває світло-жовтого (солом'яного) забарвлення?
8. Які неорганічні домішки заважають точному визначенню кисню за Вінклером, і чому?
9. У яких одиницях виражають вміст розчиненого кисню? Які мінімальні норми встановлені для водойм рибогосподарського призначення?
10. Які переваги та недоліки має метод Вінклера порівняно з амперометричним (електродним) методом вимірювання кисню (оксиметрією)?

Інструктивно-методичні матеріали

У гідрохімічному аналізі метод Вінклера є арбітражним завдяки високій стехіометричності послідовних редокс-перетворень:

Етап 1: Фіксація кисню. До проби води без доступу повітря додають солі мангану(II) та лужний розчин калію йодиду. Кисень окиснює манган до нерозчинної неорганічної сполуки мінливого складу, що випадає у вигляді бурого осаду.

Етап 2: Виділення йоду. При підкисленні сульфатною кислотою осад розчиняється, і манган(IV) окиснює йодид-іони до вільного йоду в кількості, еквівалентній розчиненому кисню.

Етап 3: Титрування. Вільний йод, що забарвлює розчин у бурій колір, титрують натрію тіосульфатом, який відновлює його назад до безбарвних іонів. Крохмаль утворює з йодом темно-синій комплекс, який у точці еквівалентності миттєво знебарвлюється, фіксуючи завершення реакції.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок відсоткового ступеня насичення води киснем. Концентрація кисню залежить від температури. За таблицею розчинності, при температурі проби +20°C рівноважний вміст кисню становить $X_{\text{табл}} = 9.08 \text{ мг/дм}^3$. Обчисліть фактичний відсотковий ступінь насичення води киснем (S , %), якщо експериментально знайдена концентрація дорівнює 6.5 мг/дм^3 , за формулою:

$$S = \frac{X_{\text{факт}}}{X_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

2. Електронний баланс неорганічних стадій методу Вінклера. Метод Вінклера базується на ланцюгу взаємопов'язаних редокс-процесів. Розгляньте другу стадію – взаємодію мангану(IV) оксид-гідрату з йодид-іонами у кислому середовищі. Складіть електронний баланс, визначте коефіцієнти, вкажіть окисник і відновник.

3. Техніка безпеки при роботі з концентрованими неорганічними кислотами. Оскільки фіксація та розчинення осаду передбачають роботу з концентрованою сульфатною кислотою безпосередньо у полі або лабораторії, опишіть правила безпеки при дозуванні цього реагенту. Поясніть фізико-хімічні причини сильного розігріву суміші (гідратація) та порядок дій при потраплянні кислоти на шкіру.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 21

Тема: Оцінка органічного забруднення води.

Мета заняття

Закріпити знання про редокс-рівноваги за участю оксигенвмісних аніонів Мангану, природу органічної речовини у воді (гумусові сполуки, антропогенні токсиканти) та поняття хімічного споживання кисню (ХСК). Експериментально опанувати техніку перманганатометричного титрування у кислому середовищі при нагріванні, навчитися класифікувати воду за ступенем її забруднення.

Контрольні запитання

1. Що таке окиснюваність води? У яких одиницях виражають цей аналітичний показник?
2. Чому для чистих питних вод використовують саме перманганатний метод?
3. Які групи органічних сполук (природного та антропогенного походження) формують окиснюваність поверхневих водойм?
4. Запишіть електронний баланс та повне рівняння реакції взаємодії калію перманганату з оксалатною кислотою у кислому середовищі.
5. Чому перманганатну окиснюваність визначають обов'язково при кип'ятінні розчину? Яка кінетична особливість цієї редокс-реакції?
6. Яку роль відіграє додавання строго еквівалентного чи надлишкового об'єму оксалатної кислоти (або солі Мора) у методі зворотного титрування?
7. Чому для створення кислого середовища використовують саме сульфатну кислоту, а не хлоридну чи нітратну?
8. Які неорганічні іони-відновники заважають аналізу органічного забруднення, і як враховують їхній внесок?
9. Як показник окиснюваності пов'язаний із біохімічним споживанням кисню та інтенсивністю процесів самоочищення водойм?
10. Які гранично допустимі концентрації (ГДК) за перманганатною окиснюваністю встановлені для питної води та водойм господарсько-побутового призначення?

Інструктивно-методичні матеріали

У системі екологічного моніторингу перманганатна окиснюваність є експрес-індикатором чистоти середовища завдяки специфіці зворотного редокс-титрування:

Етап 1: Окиснення органіки. До проби води додають відомий надлишок сильного неорганічного окисника – калій перманганату у присутності сульфатної кислоти. При кип'ятінні іони MnO_4^- руйнують легкоокиснювану органіку, відновлюючись до безбарвних іонів Мангану(II).

Етап 2: Введення відновника. До гарячого розчину додають точний об'єм стандартного розчину натрію оксалату або оксалатної кислоти. Кількість відновника має бути більшою за залишок перманганату, тому рожеве забарвлення повністю зникає.

Етап 3: Фінальне титрування. Надлишок оксалат-іонів, що не прореагував із перманганатом на першому етапі, титрують робочим розчином KMnO_4 з бюретки до появи стійкого блідо-рожевого забарвлення, яке утворюється першою надлишковою краплею титранту (метод є самоіндикаторним).

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок коефіцієнта поправки для редокс-титрантів. Оскільки розчини калію перманганату є термодинамічно нестабільними і змінюють свій титр під дією світла, їхню точну концентрацію встановлюють за первинним стандартом – оксалатною кислотою. Обчисліть поправочний коефіцієнт (К), якщо на титрування 10.0 мл 0.01 М розчину $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ було витрачено 9.85 мл приготованого розчину KMnO_4 . Врахуйте цей коефіцієнт у розрахунках реальної окиснюваності системи.

2. Складання редокс-схем напівреакцій методом іонно-електронного балансу. Для процесу окиснення найпростішої органічної моделі – метанової (мурашиної) кислоти перманганатом у кислому середовищі складіть схеми напівреакцій, визначте кількість приєднаних та відданих електронів.

3. Правила роботи з лабораторними нагрівальними приладами та профілактика поштовхів кипіння. Оскільки кип'ятіння кислих розчинів перманганату супроводжується ризиком раптового викиду рідини (перегрів), опишіть правила правильного введення «кипілок» (неорганічних пористих матеріалів). Поясніть, чому категорично заборонено кидати кипілки у вже киплячий або сильно перегрітий розчин.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 22

Тема: Колориметричне визначення токсичних сполук Нітрогену.

Мета заняття

Закріпити знання про кругообіг Нітрогену у біосфері, процеси нітрифікації та денітрифікації, а також токсикологічне значення його неорганічних сполук; вивчити теоретичні основи закону Бугера-Ламберта-Бера та хімізм кольорових реакцій утворення азобарвників. Експериментально опанувати техніку побудови калібрувального графіка, проведення фотометричних вимірювань за допомогою спектрофотометра або фотоелектроколориметра (ФЕК) та навчитися розраховувати мікроконцентрації нітрит-іонів у досліджуваних пробах.

Контрольні запитання

1. Які основні джерела надходження токсичних сполук Нітрогену (нітритів, нітратів, амонійного азоту) у поверхневі та підземні води?
2. У чому полягає токсична дія нітритів на живі організми (явище метгемоглобінемії)? Чому нітрити вважаються значно небезпечнішими за нітрати?
3. Які базові положення закону Бугера-Ламберта-Бера? Що таке оптична густина розчину та молярний коефіцієнт поглинання?
4. Чому для визначення мікрокількостей нітритів використовують саме спектрофотометричні методи, а не класичне об'ємне титрування?
5. Опишіть хімізм реакції Грісса: які органічні неорганічно-модифіковані реагенти беруть участь у процесі діазування та азосполучення?
6. Яке забарвлення має утворений комплекс Грісса, і в якій області спектра лежить максимум його світлопоглинання?
7. Як здійснюють аналітичне відновлення нітрат-іонів до нітритів для їхнього подальшого сумарного фотометричного визначення? Які металеві редуктори (кадмієві колонки) для цього застосовують?
8. Що таке холоста (контрольна) проба, і чому її оптичну густина обов'язково враховують при налаштуванні приладу?
9. Для чого будують аналітичний калібрувальний графік? Які вимоги висуваються до лінійної залежності оптичної густини від концентрації?
10. Які гранично допустимі концентрації (ГДК) встановлені для нітрит- та нітрат-іонів у джерелах питного водопостачання?

Інструктивно-методичні матеріали

У гідрохімічному моніторингу фотометричне визначення нітритів базується на утворенні інтенсивно забарвленого рожево-пурпурного азобарвника (реакція Грісса):

Етап 1: Діазування. У сильноокислому неорганічному середовищі нітрит-іони реагують із сульфаніловою кислотою, утворюючи нестабільну сіль діафонію.

Етап 2: Азосполучення. Отримана катіонна сполука діазонію миттєво вступає в реакцію електрофільного заміщення з ароматичним аміном (1-нафтиламіном), формуючи стійкий водорозчинний азобарвник.

Інтенсивність рожевого забарвлення цього розчину є строго пропорційною кількості нітрит-іонів у вихідній воді, що дозволяє проводити точні вимірювання за допомогою фотоелектроколориметра.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок молярного коефіцієнта поглинання оптичного комплексу. Використовуючи експериментальні дані отримані для калібрувального розчину №4 (концентрація нітриту $C = 0.40 \text{ мг/дм}^3$, товщина кювети $l = 2 \text{ см}$), розрахуйте молярний коефіцієнт поглинання (ϵ , $\text{дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) утвореного азобарвника за формулою закону Бера:

$$D = \epsilon \cdot c \cdot l$$

Переведіть масову концентрацію мг/дм^3 у молярну концентрацію (моль/дм^3), знаючи молярну масу нітрит-іона.

2. Окисно-відновні перетворення азотистих мінеральних сполук. У процесах очищення стічних вод відбувається біохімічне окиснення амонійного азоту до нітритів. Складіть електронний баланс для цієї неорганічної редокс-системи, вкажіть зміну ступенів окиснення Нітрогену та коефіцієнти.

3. Техніка безпеки при роботі з токсичними неорганічними сполуками Кадмію. Оскільки аналіз нітратів передбачає використання кадмієвих редукторів, а Кадмій належить до важких токсичних металів із кумулятивною дією, опишіть правила безпечного поводження з редукційними колонками та порядок утилізації відпрацьованих розчинів. Поясніть небезпеку потрапляння солей кадмію у стічні води лабораторії.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 23

Тема: Визначення вмісту фосфатів та оцінка ризику евтрофікації («цвітіння») водойм.

Мета заняття

Закріпити знання про кругообіг Фосфору у гідросфері, лімітуючу роль фосфат-іонів у розвитку фітопланктону та хімізм процесів антропогенної евтрофікації. Експериментально опанувати техніку фотоколориметричного визначення ортофосфатів за інтенсивністю забарвлення молібденової сині, навчитися розраховувати концентрацію Фосфору у природних.

Контрольні запитання

1. Які головні джерела надходження неорганічних фосфатів у поверхневі водні об'єкти?
2. Що таке евтрофікація («цвітіння») води? Які екологічні та токсикологічні наслідки має масовий розвиток синьо-зелених водоростей (ціанобактерій)?
3. Чому саме Фосфор, а не Нітроген чи Карбон, найчастіше є лімітуючим елементом для росту біомаси у прісноводних екосистемах?
4. Опишіть хімізм утворення фосфоромолібденового гетерополікомплексу у сильноокислому неорганічному середовищі.
5. Які відновники неорганічної та органічної природи (аскорбінова кислота, олово(II) хлорид, сульфід натрію) застосовують для переведення жовтої гетерополікислоти у «молібденову синь»?
6. До якого ступеня окиснення відновлюється Молібден(VI) у складі синього змішановалентного комплексу?
7. У якій області спектра лежить максимум світлопоглинання молібденової сині, і який світлофільтр слід обрати для фотометрії?
8. Як впливає присутність силікат-іонів та арсенат-іонів на точність фосфатного аналізу, і як усувають заважаючий вплив Силіцію за допомогою регулювання кислотності?
9. Чому для збереження відібраних проб води на фосфати використовують консервацію сульфатною кислотою та зберігання при низьких температурах?
10. Які екологічні класифікації водойм існують за вмістом загального Фосфору?

Інструктивно-методичні матеріали

Фотометричний аналіз ортофосфатів базується на отриманні гетерополісполуки з її подальшим селективним відновленням:

Етап 1: Конденсація гетерополікислоти. При взаємодії ортофосфат-іонів із амоній молібдатом у присутності сульфатної кислоти утворюється жовта 12-молібдофосфорна гетерополікислота.

Етап 2: Відновлення («посиніння» комплексу). Під дією м'якого відновника (наприклад, аскорбінової кислоти у присутності калій антимонілтартрату як каталізатора) частина атомів Молібдену зі ступеня окиснення +6 відновлюється до +5. Утворюється стабільний інтенсивно-

синій забарвлений комплекс («молібденова синь»), структура якого містить змішановалентні молібденові октаедри. Оптична густина цього розчину в червоній області спектра підпорядковується закону Бугера-Ламберта-Бера.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок теоретичного фактора перерахунку фосфат-іона на елементний Фосфор. У гідрохімічних довідниках результати аналізу часто наводять або у перерахунку на масу фосфат-іона, або на масу чистого елементного Фосфору. Використовуючи значення відносних атомних мас елементів з таблиці Менделєєва, розрахуйте коефіцієнт перерахунку (F). Покажіть, чому значення маси Фосфору завжди приблизно у 3.06 рази менше за масу відповідного фосфат-іона.

2. Складання стехіометричних рівнянь утворення гетерополіаніонів. Запишіть повне рівняння реакції утворення осаджувального комплексу – амоній фосфоромолібдату, який утворюється при додаванні надлишку солей амонію до гетерополікислоти. Вкажіть стехіометричні коефіцієнти для всіх компонентів реакції.

3. Заходи безпеки при приготуванні молібдатного реагенту у концентрованій сульфатній кислоті. Оскільки приготування робочого реактора для фосфатометрії вимагає розчинення амоній молібдату у великих об'ємах концентрованої сульфатної кислоти (H_2SO_4 , $\rho = 1.84 \text{ г/см}^3$), опишіть правила безпечного змішування (принцип «кислоту додають у воду, а не навпаки») та засоби індивідуального захисту від хімічних опіків.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 24

Тема: Контроль вмісту іонів важких металів та заліза у рибогосподарських водоймах.

Мета заняття

Вивчити джерела антропогенного надходження важких металів та заліза у рибогосподарські водойми, їхню токсикологічну класифікацію та механізми біокумуляції в трофічних ланцюгах аквакультури; освоїти теоретичні основи комплексонометричного титрування та фотометричного аналізу з використанням специфічних органічних реагентів. Експериментально опанувати техніку кількісного визначення іонів Феруму за допомогою сульфосаліцилової кислоти та загального вмісту важких металів методом трилонометрії, навчитися оцінювати відповідність якості води суворим рибогосподарським нормативам.

Контрольні запитання

1. Чому рибогосподарські нормативи (ГДК) для важких металів є значно суворішими, ніж санітарно-гігієнічні вимоги до питної води?
2. Що таке біокумуляція та біоампліфікація? Як іони важких металів накопичуються в органах і тканинах риб і впливають на життєздатність їхтїофауни?
3. У чому полягає токсична дія надлишкових форм неорганічного та органічного Феруму на гідробіонтів?
4. Опишіть хімізм взаємодії іонів Феруму(III) із сульфосаліциловою кислотою в залежності від рН середовища (утворення моно-, ди- та трисульфосаліцилатних комплексів). Яке забарвлення має комплекс у лужному середовищі?
5. Який принцип лежить в основі комплексонометричного (трилонометричного) визначення суми важких металів? Що таке Трилон Б, і яка стехіометрія його взаємодії з двовалентними катіонами?
6. Які металохромні індикатори застосовують у комплексонометрії, і як фіксують точку еквівалентності?
7. Як впливає процес комплексоутворення з природними гумусовими та фульвокислотами на міграційну здатність та токсичність важких металів у водоймах?
8. Що таке «маточний» та «робочий» стандартні розчини солей металів, і як правильно здійснювати їхнє розведення для побудови калібрувального графіка?
9. Які методи попередньої підготовки проб води застосовують для руйнування стійких органічних комплексів металів перед аналізом?
10. Які інструментальні методи є арбітражними при визначенні ультрамікрокількостей екотоксикантів у гідробиології?

Інструктивно-методичні матеріали

У рибогосподарському моніторингу контроль вмісту Феруму найчастіше здійснюють фотометричним сульфосаліцилатовим методом. У лужному середовищі (рН = 9-11.5, створюється додаванням аміаку) сульфосаліцилова

кислота утворює з іонами Fe^{3+} стійкий трисульфосаліцилатний комплекс жовтого кольору.

Інтенсивність жовтого забарвлення пропорційна загальному вмісту Fe^{2+} попередньо окиснюють до Fe^{3+} за допомогою пероксиду водню.

Для експрес-оцінки сумарного забруднення водою важкими металами (Cu + Zn + Pb + Ni) застосовують пряме або зворотне комплексонометричне титрування Трилоном Б при строго фіксованому рН в присутності аміачного буферного розчину.

Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Розрахунок еквівалентної маси та концентрації металу при комплексонометрії. Використовуючи результати титрування 100 мл проби води розчином Трилону Б з молярною концентрацією 0.01 моль/дм³ (витрата титранту склала 4.5 мл), розрахуйте сумарну молярну концентрацію еквівалентів важких металів у досліджуваній водіймі.

2. Вплив рН на стійкість неорганічних комплексів Заліза. Сульфосаліцилатний комплекс Феруму (III) при рН = 2-3 має рожево-червоне забарвлення, при рН = 4-8 – буро-червоне, а при рН > 9 – лимонно-жовте. Складіть координаційні формули цих трьох комплексів, вказуючи зміну координаційного числа Заліза та кількості приєднаних лігандів.

3. Техніка безпеки при роботі з аміачними буферними розчинами. Оскільки аналітичне визначення суми важких металів вимагає використання аміачного буферного розчину з високим вмістом концентрованого кумулятивного токсиканту – аміаку, опишіть правила безпечної роботи у витяжній шафі та заходи першої допомоги при інгаляційному отруєнні парами аміаку.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 25

Тема: Підсумкова модульна контрольна робота

Мета заняття

Узагальнити, систематизувати та перевірити теоретичні знання й експериментальні навички, набуті під час вивчення модулів з аналітичного контролю біогенного навантаження, вмісту важких металів та заліза у водних екосистемах; оцінити здатність самостійно інтерпретувати результати фізико-хімічного моніторингу та приймати рішення щодо екологічної безпеки гідросфери.

I. Спеціалізована література: гідрохімія та аналіз водного середовища

1. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.

2. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод : навч. посіб. Луцьк : Вежа-Друк, 2021. 168 с.

3. Хільчевський В. К. Агрогохімія : підручник. Київ : ДІА, 2021. 176 с.

4. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / В. Д. Романенко, О. П. Жукинський, О. М. Журавльова та ін. ; під ред. В. Д. Романенка. Київ : Логос, 2006. 408 с.

5. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підручник. Київ : Обереги, 2001. 728 с.

II. Фундаментальна загальна, неорганічна та органічна хімія

6. Мітрясова О. П. Органічна хімія : навч. посіб. Київ : Кондор, 2018. 418 с.

7. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія : підручник для вищих навчальних закладів. 4-те вид., стер. Львів : Центр Європи, 2009. 868 с.

8. Губський Ю. І. Біоорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2017. 464 с.

9. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Київ : Перун, 2007. 480 с.

10. Глінка М. Л. Загальна хімія : навч. посіб. Київ : Вища школа, 1982. 608 с.

III. Екологічний моніторинг водних систем, токсикологія та якість кормів

11. Клименко М. О., Бедункова О. О. Екологічний моніторинг водних екосистем : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2010. 272 с.

12. Бомко В. С., Бабенко С. П. Зоохімічний аналіз (методи дослідження кормів і продукції тваринництва) : навч. посіб. Біла Церква : БНАУ, 2015. 184 с.

13. Шерман І. М. Ставкове рибництво. Київ : Урожай, 1994. 236 с.
14. Арсан В. О., Гнатюк Н. В., Кирипенко Т. О. Сучасні методи дослідження в аквакультурі : навч. посіб. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 212 с.
15. ДСТУ 2284:2010 Вода рибогосподарська. Методи визначення показників якості. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 42 с.