

**Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Факультет природничих наук
Кафедра хімії середовища та хімічної освіти**

Матківський М.П. , Тарас Т.М.

**РОБОЧИЙ ЗОШИТ
з лабораторних робіт до дисципліни «Хімічна екологія»
для студентів освітньої програми «Середня освіта (хімія)»**

Івано-Франківськ, 2024

**Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Факультет природничих наук
Кафедра хімії середовища та хімічної освіти**

Матківський М.П. , Тарас Т.М.

**РОБОЧИЙ ЗОШИТ
з лабораторних робіт до дисципліни «Хімічна екологія»
для студентів освітньої програми «Середня освіта (хімія)»**

Івано-Франківськ, 2024

УДК 378:001.891.53]502/504-026.78(072)

Рекомендовано до друку ухвалою Вченої ради Факультету природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника», протокол № 7 від 20 березня 2024 року.

Робочий зошит з лабораторних робіт до дисципліни «Хімічна екологія» для студентів освітньої програми «Середня освіта (хімія)»

Укладачі: Матківський М..П., Тарас Т.М. — Івано-Франківськ: ПНУ, 2024. – 68 с.

Рекомендовано до друку ухвалою Вченої ради Факультету природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника», протокол № 7 від 20 березня 2024 року.

Рецензенти:

Г.М. Грицуляк – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, т.в.о. завідувача кафедри технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу;

О.В. Кузишин – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії середовища та хімічної освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

У.М.Карбівська – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового і аграрного менеджменту Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника

© Матківський М.П., Тарас Т.М., 2024
ПНУ, 2024

©

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1.Вимоги до оформлення звіту з лабораторної роботи.....	
1.1. Загальні правила роботи в хімічній лабораторії.....	5
1.2. Заходи безпеки.....	6
2.Лабораторна робота №1. Механізм утворення кислотних дощів.....	7
3.Лабораторна робота №2. Визначення нафтопродуктів, фенолів і хлору у воді.....	15
4.Лабораторна робота №3. Визначення сухого залишку, карбонат-, хлорид-, сульфат- та нітрат-йонів ґрунтового витягу.....	24
5.Лабораторна робота №4. Визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу ґрунтом як біотест на щільність заселення живими організмами.	32
6.Лабораторна робота №5. Тема: Визначення твердості побутової та природної води.....	39
7.Перелік рекомендованої та використаної літератури.....	49

Вступ

Робочий зошит - є різновидом навчального посібника з завданнями для самостійної роботи студента, що допомагає йому засвоювати навчальну дисципліну. Застосування листів робочого зошита у навчанні покращує якість освіти, підвищує ефективність навчального процесу на основі його індивідуалізації, з'являється можливість реалізації перспективних методів навчання.

Актуальність і практична значимість робочого зошита полягає в оптимальному поєднанні змісту інформаційної підготовки на заняттях з можливістю формувати навички практичної діяльності, вивільненні часу від переписування завдань для роботи над аналізом помилок, поглибленням знань, розвитком зв'язного професійного мовлення.

Мета застосування робочого зошита - забезпечити покрокове формування понять, сприяти активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів. Однак забезпечити успішне поопераційне формування розумових процесів неможливо без розробки засобів поопераційного контролю цих процесів. Основними джерелами знань педагога про хід засвоєння студентами знань і умінь є опитування та різного роду перевірочні роботи. Але опитування вимагає значних витрат часу, і відносно кожного студента таке опитування носить епізодичний характер.

Функції робочого зошита:

- навчальна, оскільки передбачається формування необхідних знань і вмінь;
- розвиваюча через сприяння розвитку стійкої уваги на занятті; завдяки робочому зошиту навчальний матеріал легше сприймається; робочий зошит стає інструментом в розвитку мислення через спеціально розроблені завдання і вправи творчого характеру;
- виховна, оскільки виховує акуратність у веденні конспекту;
- формуюча через вироблення у студентів навичок самоконтролю за умови систематичного заповнення листів робочого зошита;

- раціональна — сприяє раціональній організації навчального часу та навчальної роботи студентів, бо при роботі з листами робочого зошита основний час студентів затрачається на пізнання сенсу досліджуваних понять.
- контролююча через використання робочого зошита може для контролю знань і вмінь студентів.
- результативність та ефективність, оскільки за рахунок використання робочого зошита сприяє підвищенню якості навчання студентів та оформлення лабораторних робіт.

Розроблений робочий зошит з лабораторних робіт до дисципліни «Хімічна екологія» для студентів освітньої програми «Середня освіта (хімія)» складається з двох частин.

В першій частині приведено загальні правила роботи в хімічній лабораторії та заходи безпеки. Друга частина містить теоретичні відомості та методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу. Опис лабораторної роботи поданий за схемою: мета і завдання роботи, засоби виконання роботи, теоретичні основи методу, хід роботи, розрахунки за отриманими результатами, завдання для самостійної роботи та контрольні запитання.

Зміст завдань з лабораторних робіт та ступінь їх складності дає можливість поглиблення теоретичних знань з дисципліни, сприятиме можливості розширення та набуття практичних вмінь та навичок.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Основне призначення лабораторних робіт – сприяти формуванню у студентів основних понять, законів, теорій, розвитку мислення, самостійності, практичних вмінь і навичок, в тому числі вмінь спостерігати хімічні, фізичні та екологічні явища, виконувати досліди, вимірювання, спілкуватись з матеріалами і приладами, аналізувати результати, робити висновки.

Оформлення звіту по лабораторній роботі складається з наступних етапів:

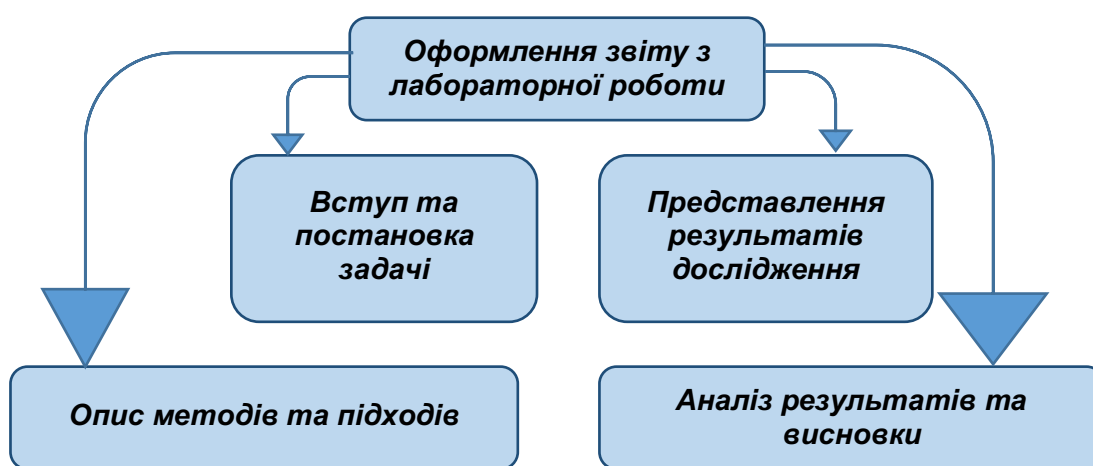


Рис.1. Етапи оформлення лабораторних робіт.

У звіті вказують мету роботи, дають перелік приладів, реактивів та посуду, що застосовується при виконанні лабораторної роботи; складають схеми приладів та устаткування, на якому проводять експеримент; вказують умови, в яких виконувалася робота, описують результати дослідження та рівняння хімічних реакцій.

При аналізі результатів дослідження та формулювання висновків необхідно спиратися на факти та достовірні дані, уникати необґрунтованих тверджень та припущень, які не підтверджуються результатами експерименту. Це може знизити цінність виконаної роботи та погіршити оцінку.

Слід суворо дотримуватись рекомендованою структури лабораторної роботи та дотримуватися правил оформлення тексту, ілюстрацій та таблиць. Також важливо дотримуватися академічний стиль викладу, уникати сленгу, жаргону та

неформальних виразів. Недотримання структури та стилістики може утруднити читання та розуміння вашої роботи, що вплине на оцінку.

Записи повинні бути акуратними, з широким інтервалом між рядками та полями. Рівняння для розрахунків величин, що визначаються в досліді, наводять у загальному вигляді та з підставленими даними. Звіт закінчується висновками та відповідями на запитання, які були поставлені до кожного досліді і лабораторної роботи.

1. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

З перших днів роботи в лабораторії студент повинен привчити себе до акуратності та уваги, відсутність яких часто буває причиною недостовірності результатів експерименту, а також може привести до нещасних випадків.

Під час роботи в хімічній лабораторії необхідно знати і виконувати наступні правила:

1. Перед приходом на заняття слід ознайомитися з темою за методичним посібником, підручником та конспектом лекцій.
2. Перед виконанням лабораторної роботи потрібно прочитати відповідний опис, підготувати всі прилади та реактиви, необхідні для проведення дослідів, та з'ясувати всі незрозумілі питання у викладача.
3. Потрібно дотримуватися всіх заходів безпеки, що вказані в спеціальній інструкції з техніки безпеки та методичному посібнику.
4. На робочому місці потрібно підтримувати чистоту і порядок, не загроможувати сторонніми предметами. Всі предмети повинні знаходитися в певному порядку, так, щоб було зручно їх брати. Штатив з пробірками та набором реактивів потрібно ставити перед собою, справа від нього залишити вільне місце для лабораторного журналу і методичного посібника.
5. Методичний посібник і книги під час виконання лабораторних робіт потрібно оберігати від попадання на них води і хімічних реактивів. Забороняється ставити склянки з реактивами на книги і зошити.
6. При використанні реактивів необхідно дотримуватися наступних правил:

- під час виконання роботи потрібно користуватися незабрудненими реактивами;
- не можна брати реактиви і крапельні піпетки з інших штативів; при відсутності окремих реактивів і лабораторного обладнання потрібно звернутися до інженера лабораторії;
- склянки з реактивами загального користування повинні знаходитися на означеному місці, їх не можна переносити на робочі столи;
- перш ніж брати реактив з полички, потрібно уважно прочитати етикетку з назвою реактиву, після виконання дослідів повернути реактив на те ж місце;
- усі склянки з реактивами потрібно тримати закритими і відкривати їх тільки під час дослідів; закривати не плутаючи корки, оскільки реактиви при цьому забруднюються;
- сухі реактиви слід відбирати чистим шпателем;
- реактиви, що не були використані в досліді, не можна знову висипати в склянку з чистим реактивом. Їх потрібно передати інженеру лабораторії;
- дорогі та отруйні реактиви (сполуки срібла, ртуті та ін.) після проведення дослідів не можна виливати в раковину, їх потрібно зливати в окремі склянки.

7. Без дозволу викладача не можна виконувати дослідів, яких немає у відповідному посібнику.

2. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ

1. Усі роботи з отруйними речовинами, речовинами, що мають сильний запах, а також з кислотами, що випаровуються, і кислими розчинами потрібно проводити у витяжній шафі. При виконанні дослідів потрібно використовувати тільки розчини з вказаною концентрацією і дотримуватися рекомендованого дозування.

2. Дослідів з легкозаймистими рідинами слід проводити у витяжній шафі. Категорично забороняється використання відкритого вогню або електронагрівальних приладів з відкритою спіраллю.

3. Розжарені предмети потрібно ставити тільки на азбестовий картон.

4. Під час нагрівання розчинів в пробірці потрібно користуватися пробіркотримачем, спрямовуючий отвір пробірки у протилежний від студента та його сусіда напрямок.

5. Не слід нахилитися над киплячою рідиною або речовинами, що можуть розплавлятися, для запобігання попадання речовини в обличчя.

6. Запах речовин слід визначати обережно, не нахилиючись над пробіркою і не вдихаючи на повні груди. Направляти пару речовини необхідно легким рухом руки.

7. Під час розбавлення кислот, особливо сірчаної (сульфатної), кислоту потрібно вливати обережно, невеликими порціями, до води, а не навпаки.

8. Якщо під час роботи кислота або луг потрапили на тіло, потрібно змити їх сильним потоком води і звернутися до лаборанта або викладача за допомогою.

9. У лабораторії категорично забороняється палити або споживати їжу.

10. Не можна кидати у водопровідні раковини папір, бите скло, залишки металів.

11. У лабораторії категорично забороняється:

працювати без халата;

працювати одному в лабораторії;

залишати лабораторію без дозволу викладача;

пробувати на смак хімічні реактиви, допускати їх контакти зі шкірою;

залишати відкритими шкідливі хімічні речовини і зберігати в столі речовини без відповідного надпису;

брати для роботи реактиви невідомого походження, проводити синтези в забрудненому хімічному посуді;

працювати у витяжній шафі з повністю піднятими дверцятами, просувати голову до витяжної шафи;

вилити в раковину концентровані розчини кислот і лугів, а також органічні розчинники, сильно пахучі й вогненебезпечні речовини та їх розчини;

затягувати ротом у піпетки органічні і неорганічні сполуки та їх розчини.

12. Працювати треба у халаті, який застібається спереду.

13. Кожен студент повинен працювати на закріпленому за ним робочому місці.

Під час роботи студент не повинен залишати прилад, який працює, без нагляду; ходити без потреби по лабораторії та заважати іншим студентам виконувати роботу. У лабораторії треба зберігати тишу, підтримувати чистоту, порядок й дотримуватись усіх правил з техніки безпеки при виконанні роботи. Забороняється займатися в лабораторії сторонньою роботою (читати художню літературу, виконувати завдання з інших дисциплін, розмовляти по телефону). Неакуратність, неуважність і поспіх часто призводять до нещасних випадків з важкими наслідками.

14. Кожен студент повинен знати, де розташовані в лабораторії засоби протипожежної безпеки й аптечка, вміти ними користуватися та надавати першу допомогу при нещасних випадках.

15. Перед тим як приступити до роботи студент повинен добре засвоїти техніку виконання лабораторної роботи, вивчити хімічні й токсичні властивості вихідних речовин, розчинників та речовини, яку синтезують, або з якими речовинами працюють.

16. Перед синтезом слід перевірити працездатність приладу (герметичність, наявність води в холодильнику, тощо). У процесі синтезу чітко виконувати методику. Обережно й акуратно працювати з хімічним посудом і реактивами.

17. Синтез треба проводити тільки в чистому хімічному посуді. Після закінчення роботи студент повинен помити посуд.

Пробірки миють скляною паличкою, на кінці якої є шматок гумової трубки; потім добре промивають водопровідною водою і ополіскують 1-2 рази дистильованою водою. Якщо при звичайному митті забруднення не будуть усунуті, посуд заповнюють хромовою сумішшю (розчин $K_2Cr_2O_7$ в концентрованій сульфатній кислоті) чи гарячим розчином соди і залишають на декілька хвилин. Потім хромову суміш чи розчин соди зливають в ту ж склянку, в якій вони зберігалися, а посуд миють водопровідною водою і ополіскують дистильованою водою, висушують в сушильній шафі, окрім мірного посуду, або на дошці з кілочками, яка розміщена над раковиною для миття посуду.

18. Працювати слід акуратно, щоб реактиви не потрапляли на шкіру. У разі потреби потрібно негайно змити реактив і при потребі надати першу домедичну допомогу.

19. При змішуванні двох рідин необхідно дотримуватися правила: рідину з більшою густиною вливають в рідину з меншою густиною.

20. В разі нещасного випадку необхідно миттєво звернутися до інженера лабораторії або викладача.

Лабораторна робота №1

Тема: Механізм утворення кислотних дощів.

Мета: вивчити у змодельованих умовах механізм утворення кислотних дощів; експериментальним шляхом встановити дію кислотних дощів на рослинні тканини, живі істоти, метали, мармур.

Студенти повинні знати:

- визначення понять «кислотні дощі», «міру кислотності»;
- загальну характеристику кислотних дощів;
- основні джерела кислотоутворюючих викидів;
- механізм утворення кислотних опадів;
- шкідливий вплив на екосистеми, пам'ятки і людей;
- причини і наслідки закислення озер і струмків;
- джерела фонових та техногенних кислотних оксидів;
- механізми вилучення з атмосфери оксидів азоту та діоксиду сірки.

Студенти повинні вміти:

- отримувати оксид сірки (II);
- визначати рівень кислотних опадів за шкалою рН;
- писати рівняння реакцій утворення кислотних дощів;
- моделювати умови механізму утворення кислотних дощів.

Самостійна робота на занятті:

1. Виконання тестових завдань (перевірка домашньої самопідготовки).
2. Обговорення основних питань теми та складання алгоритму роботи.
3. Виконання лабораторної роботи.
4. Обговорення та математична обробка експериментальних результатів.
5. Формулювання висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

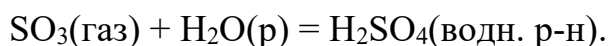
Теоретична частина

Кислотні дощі – це опади, що містять кислі компоненти, такі як сірчана або азотна кислота, які випадають на Землю з атмосфери у вологій або сухій формі. До них належать дощ, сніг, туман, град або навіть пил, які є кислотними. Мірою

кислотності є значення рН (водневий показник). Нормальне рН у чистих дощах — 5,6.

Хоча антропогенні забруднювачі в даний час є причиною більшості кислотних опадів, природні явища також можуть бути їх джерелом. Наприклад, вулкани можуть викликати кислотні дощі, викидаючи в повітря забруднюючі речовини.

Кислотні дощі виникають, коли діоксид сірки (SO₂) і оксиди азоту (NO_x) викидаються в атмосферу і переносяться вітром та повітряними потоками. SO₂ і NO_x реагують з водою, киснем та іншими хімічними речовинами, утворюючи сірчану і азотну кислоти. Зокрема, газоподібний SO₃ розчиняється у крапельках вологи з утворенням сірчаної кислоти:



Потім вони змішуються з водою і іншими матеріалами, перш ніж впасти на землю.

Хоча невелика частина SO₂ і NO_x, що викликають кислотні дощі, надходить з природних джерел, таких як вулкани, велика частина їх утворюється в результаті спалювання викопного палива. Основними джерелами кислотних оксидів в атмосфері є:

- спалювання викопного палива для виробництва електрики (дві третини SO₂ і одна чверть NO_x в атмосфері надходять від електрогенераторів);
- транспортні засоби та обладнання, що працює на нафтопродуктах;
- переробна, нафтопереробна та інші галузі промисловості.

Вітер може переносити діоксид сірки і оксиди азоту на великі відстані і через кордони, що робить кислотні дощі проблемою для всіх, а не тільки для тих, хто живе поблизу цих джерел.

Кислотні дощі мають негативні наслідки, особливо на озера, струмки, заболочені землі та інші водні середовища. Кислотні дощі роблять такі води більш кислими, що призводить до більшого поглинання алюмінію з ґрунту, який потрапляє в озера та потоки. Ця комбінація робить води токсичними для раків, моллюсків, риб та інших водних тварин.

Деякі види переносять кислі води краще за інших. Однак у взаємопов'язаній екосистемі те, що впливає на деякі види, врешті-решт впливає на інші по всьому харчовому ланцюгу, включаючи неводні види, такі як птахи.

Кислотні дощі та туман також завдають шкоди лісам, особливо на висотах. Кислотні відкладення позбавляють ґрунт необхідних поживних речовин, таких як кальцій, і призводять до вивільнення алюмінію в ґрунті, що ускладнює вбирання води деревами. Листя і хвоя дерев також пошкоджуються кислотами.

Такий вплив кислотних дощів у поєднанні з іншими стресовими факторами навколишнього середовища робить дерева та рослини менш здоровими, більш вразливими до холодних температур, комах та хвороб. Забруднювачі також можуть гальмувати здатність дерев до розмноження.

Деякі ґрунти краще нейтралізують кислоти, ніж інші. Але в районах, де “буферна здатність” ґрунту низька, наприклад, на північному сході США, шкідливий вплив кислотних дощів набагато більший.

Щоб запобігти кислотним дощам, необхідно скорочувати викиди кислотоутворювальних речовин в атмосферу: установлювати пиловловлювачі й фільтри для очищення газоподібних викидів, викликаних антропогенними чинниками; користуватись високоякісним паливом для автомобілів, застосовувати альтернативні джерела енергії, впроваджувати безвідходні технології, застосовувати фізико-хімічні і хімічні методи очищення викидів в атмосферу, і в перспективі — створення екологічно безпечних виробництв.

Основними природними механізмами вилучення з атмосфери оксидів азоту та діоксиду сірки є їх зв'язування з водяною парою та випадання у складі атмосферних опадів. Це цілком природний процес, завдяки якому відбувається повернення до наземних та водних екосистем сполук сірки та азоту. Проте, антропогенне забруднення тропосфери призвело до значного підвищення у повітрі цих оксидів, що викликало підвищення кислотності атмосферної вологи завдяки утворенню аерозолів сірчаної та азотної кислоти. У зв'язку з нетривалим періодом існування в атмосфері даних забруднювачів, їх швидким вимиванням атмосферною вологою, можливе локальне підвищення кислотності атмосферними опадами.

Кислотні дощі стали першою глобальною екологічною проблемою у 1970-х роках. Термін «кислотний дощ» був введений вперше у 1872 р. Робертом Смітом у книзі «Повітря і дощ: початок хімічної кліматології», де він розглядав підвищення кислотності опадів під час смогу у Манчестері. З того часу кислотні дощі стали глобальною проблемою, яка, навіть, призводить до міжнародних конфліктів.

Якщо до середини 20-го ст. проблема кислотних опадів мала локальний або регіональний характер, то з початком будівництва високих та надвисоких труб промислових підприємств, проблема вийшла за межі окремих країн та набула глобального характеру. Наприклад, труба висотою 100 м забезпечує розсіювання забруднювачів у радіусі 20 км, а висотою 250 м - у радіусі 75 км. Найвищою димовою трубою обладнана Екібастузька ГРЕС-2 (Казахстан) висотою 420 м.



Рис.2. Найвища димова труба у світі:Екібастузьська ГРЕС-2. Висота 420 м.

Як результат, перевищення нормативів забруднення атмосферного повітря не відбувається. Проте, забруднювачі не зникають з довкілля. Більш того, за умов наявності таких надвисоких труб виробники можуть не скорочувати обсяги викидів та не застосовувати сучасні засоби очистки викидів. Тому в більшості розвинутих країн застосовують обмеження будівництва таких споруд.

Завдяки особливостям руху повітряних мас, забруднені викиди переносяться на північ та у передгірські райони. В результаті країни Європи діляться на

експортерів та імпортерів кислотних опадів, зокрема експортерами є Данія, Нідерланди, Бельгія, Великобританія, Німеччина, Франція, а вимушеними імпортерами стають Норвегія, Швеція, Фінляндія, Австрія, Швейцарія. Ситуація ускладнюється тим, що ґрунти цих регіонів і без того характеризуються підвищеною кислотністю. А озера мають слабомінералізовані води, що не володіють достатньою буферною ємністю, щоб протистояти зниженню водневого показника рН при надходженні кислотних опадів. Буферність ґрунту — це властивість ґрунту перешкоджати зміні його реакції (рН) під дією кислот і лугів. Буферна дія ґрунту відносно кислих добрив пропорційна кількості солей сильних основ і слабких кислот в ґрунтового розчині.

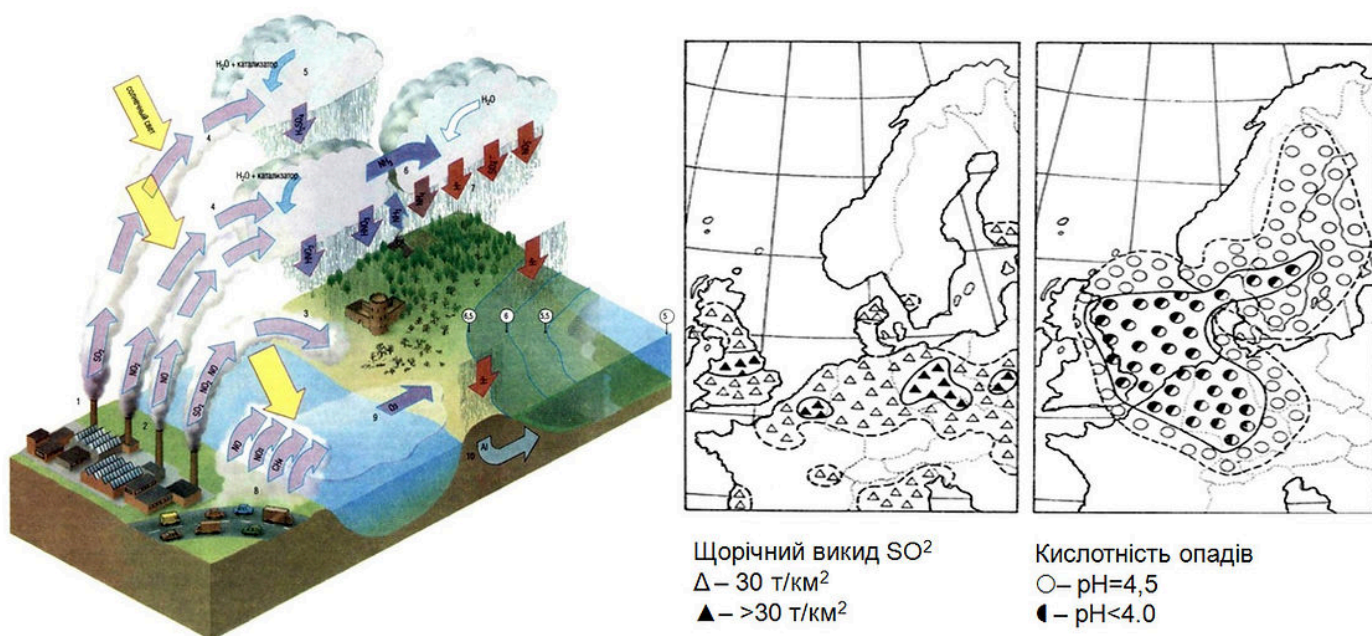


Рис.3. Механізм формування кислотних дощів та розташування на території Європи джерел викидів діоксиду сірки та районів випадіння кислотних опадів.

Отже, наявність солей, утворених слабкими основами і сильними кислотами, зумовлює буферну здатність ґрунту до лужних добрив. На буферність також впливає постійна взаємодія ґрунтового розчину із твердою фазою ґрунту. Найбільшу буферну ємність мають ґрунти важкого (глинистого) механічного складу.

Наслідки для довкілля

Вплив на ґрунти. Надходження кислих опадів до ґрунтів призводить до підкислення ґрунтового розчину, що збільшує рухливість та вимивання деяких хімічних елементів. Зокрема, такі зазвичай міцно зв'язані з ґрунтовими частками метали, як алюміній та марганець, переходять у йонну форму та стають доступними для рослин. Можливе накопичення токсичної кількості таких хімічних елементів у сільськогосподарських культурах, що зменшує їх продуктивність та створює загрозу отруєння тварин. З іншого боку ґрунти втрачають дефіцитні елементи шляхом вимивання водою (молібден, кобальт, магній).

Кислотність ґрунтового розчину є важливим фактором існування угруповань ґрунтових мікроорганізмів. Ґрунти поблизу промислових районів стають практично стерильними, що викликає порушення ґрунтоутворюючих процесів, зокрема - мікробної мінералізації органічних решток живих організмів (наприклад, листовий опад розкладається у приміських лісах значно повільніше).

Вплив на рослинність. Окрім опосередкованої дії кислотних дощів на рослини через зміни ґрунтових умов, яскраво вираженим є пряме пошкодження рослин (особливо голонасінних). Кислі розчини вимивають кальцій з листків, вилучають йони магнію з молекули хлорофілу. Відбувається безпосередня інтоксикація рослин. Найбільше страждають від кислотних опадів ялинові ліси Скандинавії.

Вплив на водні екосистеми. Перші негативні ефекти кислотних опадів були виявлені у скандинавських річках та озерах. Протягом 50-60-х років рН води в них стрімко знизився до 4.0, що призвело до припинення нормального розвитку лососевих риб, вилов яких є важливою складовою економіки північноєвропейських країн. Спроби штучного вапнування озер виявилися дороговартісними і давали неоднозначні результати (Henrikson, Brodin, 1995). Кислотні атмосферні опади, поряд зі збільшенням концентрації розчиненого вуглекислого газу, можуть бути одним з механізмів сучасної ацидофікації Світового океану.

Вплив на людину. Підвищення кислотності ґрунту призводить до накопичення деяких хімічних елементів у сільськогосподарській продукції, що

стають доступними для рослин. Зокрема це є однією з причин збільшення частоти захворювання та помолодшення невиліковної хвороби Альцгеймера внаслідок збільшення надходження до організму людини алюмінію. Діоксид сірки та сірчана кислота атмосферних опадів є одними з основних чинників виникнення смогу Лондонського типу, на рахунок якого десятки тисяч смертей.

Вплив на металічні та кам'яні конструкції. Кислотні дощі небезпечні не тільки для живої природи, а й для багатовікових пам'яток архітектури, металевих і бетонних конструкцій. Міцні будівельні споруди схильні до впливу кислотних дощів, оскільки оксиди азоту і оксиди сірки вступають в реакції з магнієм і кальцієм, які входять до складу застосовуваних будівельних сумішей. Підвищена кислотність опадів викликає швидке руйнування металічних та кам'яних конструкцій. Зокрема більшість скульптур і будинків у Римі, Венеції та інших європейських містах за кілька останніх десятиліть одержали значно більші ушкодження, ніж за весь попередній час існування. Пам'ятники і скульптури, побудовані часто з застосуванням піщаника і вапняку, дуже страждають від кислотних дощів, тому що карбонати, що містяться в них, легко розчиняється і перетворюється в сульфат кальцію (гіпс), що вимивається дощовою водою. Більшість фарб, а також латекси проникні для газів і вологи, тому при дифузії можливі гідрометричні й окисні перетворення покриття зі зміною його міцності і крихкості. Кислотні дощі, потрапляючи на межу фарби-покриття, прискорюють процес відшаровування; наповнювачі ж вимиваються швидше під дією УФ-променів.

Під впливом тиску урядів скандинавських країн у 1979 р. було прийнято міжнародний договір «Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані», яку Україна підписала у 1999 р., але й досі не ратифікувала. У 1985 р. у Хельсінкі 20 держав Європи та Канада підписали протокол щодо 30% зниження викидів оксидів сірки та азоту. Як результат кількість кислотних опадів знизилася на 90%.

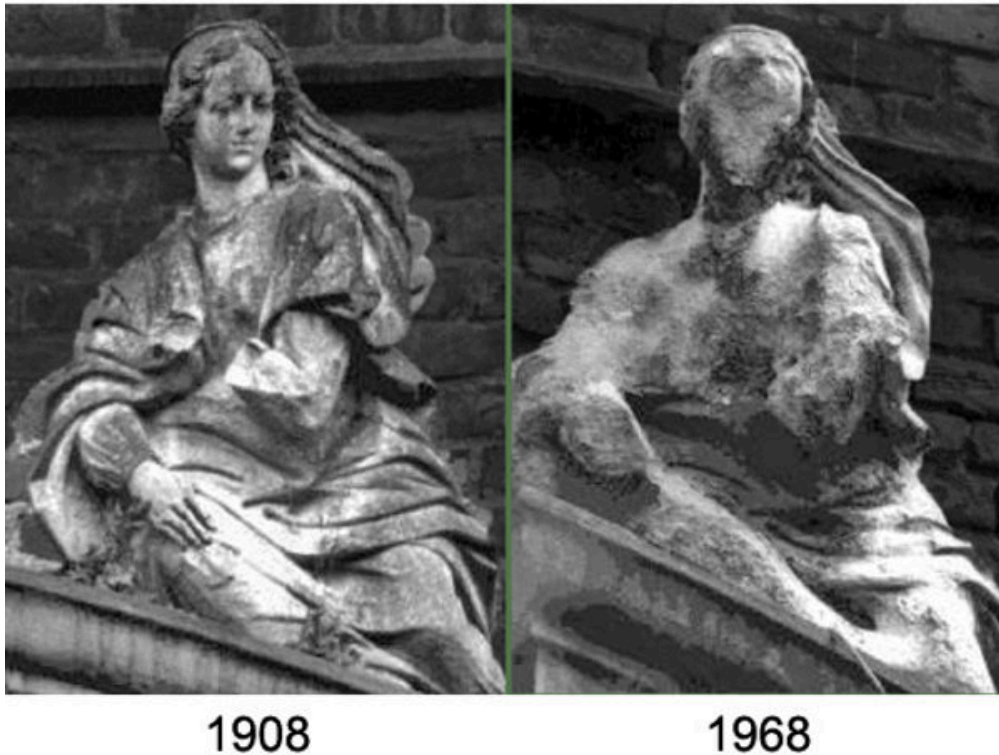


Рис. 4. Приклад руйнування скульптури у Німеччині за 60 років під дією кислотних опадів.

У Північній Америці з 1980-х років тягнеться повільний конфлікт між Канадою та США (США – експортер, Канада - імпортер). Внаслідок прийнятих зусиль вдалося значно скоротити викиди кислотних газів (головним чином - діоксиду сірки) у північній півкулі. Це призвело до відчутної нормалізації кислотності води в озерах Скандинавії.

Методика виконання роботи

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками, пробіротримач, штатив, газовідвідна трубка, спиртівка, газометр, пірит, розчин хлориду барію, універсальний індикатор, зразки кислотних дощів, лакмусовий папірець, залізний цвях, мармур, яблуко.

Завдання: Провести досліди з одержання кислотного оксиду сірки (II) та досліди із запропонованими зразками кислотних дощів. Описати механізм утворення кислотних дощів. Результати записати до таблиці. Зробити висновок про вплив кислотних дощів на рослинні тканини, живі істоти, активні метали, мармур.

Дослід 1. Отримання оксиду сірки (II).

Шматочки піриту помістіть у скляну трубку. Нагрійте трубку в полум'ї спиртівки та пропустіть з газометра повітря чи кисень. Газ з різким запахом, що утворився в результаті реакції, розчиніть у воді. Напишіть рівняння хімічної реакції.

Дослід 2.

Вміст пробірки поділіть на дві частини, додайте в одну розчин хлориду барію, в іншу - універсальний індикатор. Зробіть висновок про природу розчину виходячи з отриманих результатів.

Дослід 3.

Налійте приблизно по 2 мл рідини із запропонованого зразка опадів у чотири пробірки, перевірте реакцію на лакмусовий папірець. Запишіть спостереження, визначте рівень кислотного дощу за шкалою рН. Помістіть у другу пробірку залізний цвях. Поспостерігайте не менше 5 хвилин за пробіркою та запишіть спостереження. Додайте в третю пробірку шматочок мармуру. Поспостерігайте щонайменше 3 хвилин, запишіть спостереження. Помістіть у четверту пробірку шкірку яблука. Погляньте не менше 7 хвилин, запишіть спостереження в таблицю. Зробіть висновок.

Дія кислотних дощів на рослинні тканини, метали, мармур.

Кислотні опади	Рівень рН	Залізо	Мармур	Шкірка яблук
Зразок 1				
Зразок 2				
Зразок 3				

Запишіть рівняння реакцій отримання оксиду, якісну реакцію з хлоридом барію та висновки про вплив кислотних дощів на залізо, мармур та шкірку яблук.

Лабораторна робота №2

Тема: Визначення нафтопродуктів, фенолів і хлору у воді.

Мета: Ознайомлення з методами якісного та кількісного аналізу. Опрацювання методики визначення нафтопродуктів, фенолів, залишкового хлору у воді. Набування умінь роботи з лабораторним обладнанням

Студенти повинні знати:

- основні компоненти нафти;
- причини виникнення нафтових забруднень;
- найнебезпечніші компоненти нафти для живих організмів;
- основні джерела забруднення водойм та ґрунтів фенолами;
- переваги і недоліки питної води, обробленої сполуками хлору;
- проблеми використання питної води в Україні.

Студенти повинні вміти:

- визначати нафтопродукти у воді експрес-методом;
- оцінювати забруднення водоймищ плівкою нафти;
- визначати присутність фенолів у воді;
- визначати залишковий хлор у водопровідній воді.

Самостійна робота на занятті:

1. Виконання тестових завдань (перевірка домашньої самопідготовки).
2. Обговорення основних питань теми та складання алгоритму роботи.
3. Виконання лабораторної роботи.
4. Обговорення та математична обробка експериментальних результатів.
5. Формулювання висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

Теоретична частина

Нафта – це складна суміш органічних речовин. Основні компоненти нафти:

- парафіни (насичені вуглеводні);
- циклопарафіни (циклічні, насичені вуглеводні);
- ароматичні вуглеводні;
- сполуки сульфуру, нітрогену, металоорганічні комплекси;

– природні радіоактивні елементи (уран, торій).

Нафтові забруднення (табл. 1) частіше виникають через екологічно безграмотну діяльність людини.

Таблиця 1

Надходження нафти в океани (млн т/рік)

Джерела	Середнє надходження
Природне надходження	0,6
Прибережне добування	0,08
Транспортування	2,13
Берегові очисні споруди	0,2
Муніципальні скиди	0,3
Індустріальні скиди	0,3
Змив з міських територій	0,3
Винесення річками	1,6
Разом	6,11

Після розвантаження нафтотранспортні судна заповнюють морською водою, яка утворює з нафтопродуктами стійку емульсію.

Цю емульсію потім часто зливають недалеко від порту. Нафта, що надійшла до морів або океанів, швидко розтікається у вигляді тонкої плівки, яка перешкоджає надходженню у воду вільного кисню.

Частина нафти, що виявилася у водоймищах, утворює з водою емульсію, яка згубно діє на живі організми. При концентраціях нафтопродуктів більше 0,05 мг/л, зменшується кількість фітопланктону, гине молодь риб. Найтоксичний вплив нафтопродуктів для мешканців прибережної зони.

Найнебезпечнішими для живих організмів є ароматичні вуглеводні, які містяться в нафті, їх присутність в кількостях 10^{-5} % викликає швидкі та часто значні зміни у біологічному середовищі водоймищ, за рахунок чого відбуваються порушення збалансованих процесів у ланцюгах живлення.

Морські хижаки, які полюють на дрібних тварин і риб, реагують на органічні речовини при концентраціях останніх у морській воді 10^{-7} %.

Ароматичні компоненти нафти придушують роботу відповідних рецепторів морських хижаків, порушують процеси, важливі для налагодженої роботи екосистем.

Під час аварій на нафтотранспортних суднах та значних скидах нафти може відбуватися практично повне вимирання морських риб, птахів та інших тварин.

Феноли — це група промислових органічних сполук, які, попри свою небезпечність, нечасто обговорюються у соціумі. Для України, а особливо її промислових регіонів, ця проблема має досить високу актуальність, враховуючи той факт, що основним джерелом питного водозабору є поверхневі води, а системи централізованої водопідготовки не дозволяють ефективно видаляти цю групу забруднювачів.

Раніше в медичних установах часто можна було зустріти характерний специфічний запах, який викликався карболовою кислотою або фенолом, що використовується для дезінфекції. Це і є найпростіша сполука цієї групи. З точки зору хімії, феноли — це велика група ароматичних органічних сполук, які містять у різних кількостях гідроксильні групи (OH^-). Іншими словами — це хімічні речовини, які дуже широко використовуються в промисловості для виробництва полімерів, барвників, поверхнево-активних речовин, пестицидів, медичних препаратів тощо. Кожен з нас щодня зустрічається з продуктами отриманими з фенолів, а, відповідно, з їх викидами у повітря та воду. Найпоширенішими забруднювачами води є карболова кислота, гваякол, тимол, хлорфеноли, крезолі, етилфеноли, ксиленоли.

Окремо варто відзначити пестициди на основі хлорфенолів, які вносяться в ґрунт у процесі обробки рослин, а потім змиваються ґрунтовими водами, з якими надходять у колодязі людей, річки та водойми.

Джерелом фенолів можуть бути й природні процеси у водоймах, але навіть при несприятливій екологічній ситуації, концентрації, що виділяються природним шляхом, незрівнянні з промисловими викидами.

Є фенол і в стічних водах, що надходять з наших будинків на станції аерації, і разом зі звалищами твердих побутових відходів замикають ланцюг фенольного забруднення водойм.

Основними джерелами забруднення водойм та ґрунту фенолами є:

- підприємства нафтопереробної та нафтохімічної промисловості;
- кам'яновугільна, металургійна промисловість;
- виробництва будматеріалів;
- виробництва полімерів, пластмас, гуми, клеїв, фенолформальдегідних смол;
- деревообробна промисловість, зокрема целюлозно-паперова;
- виробництва пестицидів та ліків.

У 2020 році набули чинності доповнення до державних санітарних норм питної води, які встановлюють максимальну концентрацію фенолів у водопровідній воді на рівні 0,001 мг/л та 0,0005 мг/л для бутильованої. Гранично допустима концентрація хлорфенолів повинна бути меншою ніж 0,0003 мг/л як для водопровідної, так і бутильованої.

Враховуючи нормативний документ ВООЗ, мінімальна межа концентрації хлорфенолів для виявлення запаху становить 2 мкг/л або 0,002 мг/л, тобто його поява сигналізує про щонайменше шестиразове перевищення ГДК.

Для децентралізованих джерел води, тобто колодязів, природних джерел, каптажів ці показники зовсім не нормуються. Втім, ґрунтові води й без фенолів дуже рідко відповідають вимогам до питної води.

Коли вода, що містить леткі фенольні сполуки потрапляє у відстійники на станціях водопідготовки, частина їх успішно виділяється в повітря, а все, що не виділилося таким шляхом, успішно проходить всі етапи водопідготовки та потрапляє на хлорування, в процесі якого феноли перетворюються на хлорфеноли (клас хлорорганічних речовин). А вже вони згодом разом з водою течуть з наших кранів та при великих концентраціях спричиняють той самий специфічний запах.

Ці речовини добре поглинаються нашим стравоходом і навіть здатні трохи проникати через шкіру. Вони не схильні накопичуватися в організмі й досить швидко виводяться з організму ссавців.

Методичні рекомендації Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я вказують, що вода з хлорфенолами практично не впливає на репродуктивні здібності мишей та не має тератогенних властивостей, припускається, що канцерогенні властивості виявляються сумісним впливом з іншими речовинами. Що стосується людей, то є достатньо підстав підтверджувати канцерогенні властивості хлорфенолів, а також робити припущення про їхню здатність ушкоджувати ДНК людських клітин (*in-vitro* дослідження).

Якщо зважати на наявність у водопровідній воді інших хлорорганічних речовин, а також ряду важких металів, то підстав для оптимізму мало.

Історія застосування хлору для знезараження води є одним з наукових відкриттів, які змінили світ. Перший раз ідея додавання в воду гіпохлориту кальцію (хлорного вапна) виникла в 1884 році у хіміка Моріца Траубе, який допустив, що таким чином можна отримати воду вільну від мікроорганізмів ("germ free" water). Першим містом, де вся вода почала оброблятися хлором став Мейдстон в Англії в 1897 році, що дозволило зупинити епідемію тифу, основним джерелом розповсюдження якого була вода. Спочатку дезінфекція води хлором почала активно застосовуватися в Англії, потім в США, а на початку ХХ століття набула популярності у всьому світі. Пізніше змінювалися лише хлоровмісні реагенти та системи обробки води. Сьогодні практично весь світ для забезпечення безпеки питної води використовує сполуки хлору. Їх головними перевагами є:

- висока ефективність стосовно патогенних мікроорганізмів;
- пролонгована дія - здатність до знезаражуючого ефекту не лише на станції водопідготовки, а й в момент протікання по трубопроводах, що запобігає повторному зараженню води;
- просте дозування у воду;
- низька вартість і простота отримання - ціна реагентів порівняно нижча ймовірних альтернатив, а системи отримання не вимагають великих витрат електроенергії, як, наприклад, при озонуванні.

Застосування хлору для знезараження (хлорування) питної води в наш час намагаються обмежити й замінити озонуванням, але на сьогодні воно є основним в

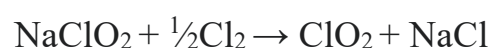
більшості країн, в тому числі Україні. Це та сама проста речовина Cl₂, молекула якої складається з двох атомів хлору. Існує два шляхи її отримання: у вигляді зрідженого хлору та електролітично в місці застосування. 90% води в Україні знезаражується саме шляхом дозування рідкого хлору. Цей метод ефективний, але має ряд недоліків. По-перше, він несе в собі небезпеку техногенних катастроф, оскільки аварія, наприклад, на складах може призвести до ураження декількох житлових районів. Тому єдине ефективне розв'язання даної проблеми криється у відмові від зрідженого хлору.

Альтернативою зрідженому хлору для централізованих систем водопостачання є: електролітичний хлор, діоксид хлору, гіпохлорити натрію і калію; для децентралізованих систем і басейнів можуть підійти солі хлорціанурової кислоти (хлор в таблетках).

Гіпохлорит натрію (NaOCl), це та ж білизна або хлорка, яка продається в наших магазинах. Реагент виробляється в рідкій формі, як для побутового, так і для промислового застосування. Також може отримуватися шляхом електролізу з розчину хлориду натрію (звичайної кухонної солі) безпосередньо на місці споживання. Цей дезінфектант має ряд важливих переваг. Виробництво його будь-яким методом не виділяє в навколишнє середовище небезпечних речовин, він безпечний при транспортуванні і зберіганні, а при виробництві електролітичним методом на місці зменшує викиди при транспортуванні, утворює менше побічних продуктів і має менш виражений запах.

Сьогодні гіпохлорит натрію отриманий електролізом повністю покриває потреби Херсонського, Житомирського, Кропивницького водоканалів, частково Львівського (68% жителів в березні 2021 року). А, наприклад, Луцьк вже понад 10 років закупає розчини гіпохлориту.

Діоксид хлору (Cl₂O) - ще один поширений реагент для знезараження води, який визнаний однією з кращих варіацій хлору. Він має високу ефективність, не утворює токсичних побічних продуктів. Виробляється виключно в місці споживання за реакцією:



Хлораміни - сполуки хлору та аміаку, які зазвичай формуються шляхом введення аміаку в оброблену хлором воду. Метод широко застосовують в США. Хлораміни утворюють менше тригалометанів і досить стійкі у воді. Після обробки спостерігається менш чітко виражений запах.

Гіпохлорит кальцію або хлорне вапно ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) був першим дезінфектантом для води, але практично не застосовується в наш час. Він утворює осадки та створює певні складності в застосуванні.

Як працює активний хлор? Принцип знезаражуючої дії хлору лежить в окисненні ним мікробіологічних частинок, іншими словами, в руйнуванні їх структури.

Хлоровмісні сполуки розпадаються у воді на хлорноватисту кислоту і/або гіпохлорит іони. Саме ці частинки здатні виділяти активний хлор, який є найсильнішим окиснювачем, і завдяки високій активності знищує бактерії, віруси, грибки, а також гумінові й фульвокислоти (викликають кольоровість поверхневих вод), похідні фенолу, хінони та інші промислові забруднювачі води. У випадку з підземними водами, ситуація з побічними продуктами краща, оскільки у вихідній воді органіки практично відсутня.

Чи можна обійтися без хлору? Високорозвинуті країни світу воду знезаражують озоном та ультрафіолетом, окрім цього, існують десятки реагентних (перекис водню, бром, органічні дезінфектанти, важкі метали) і безреагентних методів (ультразвук, опромінення) знезараження води. Всі ці методи мають певну ефективність, але при цьому їх супроводжують суттєві недоліки. Наприклад, озон, є сильним окиснювачем і здатний знешкоджувати навіть паразитів, проти яких не ефективний хлор, але при цьому не має пролонгованого ефекту. Тобто, коли вода потрапляє в водорозподільчу мережу, вона залишається незахищеною перед загрозою повторного мікробіологічного зараження. А з урахуванням українських трубопроводів, частина з яких вичерпали свій ресурс, а, відповідно, схильні до обростання і розгерметизації, повторне зараження має високі ризики. З цієї точки зору цікавим є кейс Дніпровської станції очищення води: з 1972 року там встановлений озонатор, який ефективно знижує кольоровість води, руйнуючи

гумінові та фульвокислоти, а після цього вода хлорується (сьогодні вже діоксидом хлору) перед запуском у водопровідну мережу.

Що стосується ультрафіолету, ситуація ще складніша. Його бактерицидні властивості нижчі й застосовні тільки до води з високою прозорістю, тобто до цього вона повинна бути досить очищена. Більш того, метод досить енергоємний.

Все більше і більше місця займають на ринку мембранні технології. Ультрафільтрація здатна видаляти бактерії, паразитів і спори грибів, а також колоїдні забруднення. Сьогодні вона часто застосовується в країнах Європи як один з етапів водопідготовки. В українських реаліях реалізація ультрафільтраційних систем на станціях централізованої водопідготовки в найближчі роки виглядає нереалістично.

Методика виконання роботи

Дослід 1. Визначення нафтопродуктів у воді.

Обладнання та реактиви: фільтрувальний папір.

Завдання: Провести дослід з доступних способів виявлення домішок нафти.

Хід роботи. Найпростіші способи виявлення домішок нафти:

- райдужна плівка на поверхні води;
- масляна пляма на фільтрувальному папері після висихання нанесеної проби води;
- знебарвлення підкисленого розчину перманганату калію.

Виявлення забруднення водоймищ плівкою нафти проводять візуально-описово як показник “плаваючі домішки” за приведеною нижче шкалою (табл.2).

Таблиця 2

Оцінка забруднення водоймищ плівкою нафти

Зовнішній вигляд водоймища	Бал
Відсутність плівок і плям	1
Окремі плями і сірі плівки на поверхні води	2
Плями та плівки на поверхні води. Окремі промазки нафти по берегах та прибережній рослинності. Купатись заборонено через нафту	3

Нафта у вигляді плям та плівок покриває велику частину поверхні водоймища. Береги та прибережна рослинність вимазані нафтою. Купатися неможливо через присутність нафти	4
Поверхня ріки покрита нафтою. Береги і прибережні споруди вимазані нафтою. Купатися неможливо	5

Дослід 2. Визначення фенолів у воді

Лабораторні методи визначення фенолів трудомісткі, тривалі та вимагають спеціальних приладів і реактивів. Саме просте визначення – якісне (за появою запаху хлорофенолів).

Обладнання та реактиви: конічна колба на 250 мл; розчин хлорного вапна; електроплитка.

Завдання: Провести дослід з доступного способу виявлення домішок фенолу.

Хід роботи. У конічну колбу об'ємом 250 мл вносять 100 мл води, що досліджуються, потім додають невелику кількість розчину хлорного вапна або хлорну воду. За 10 хвилин визначають (спочатку на холоді, а потім під час нагрівання), чи з'явився характерний для хлорфенолів – «аптечний» запах.

Дослід 3. Визначення залишкового хлору у водопровідній воді

Для забезпечення надійності дезінфекції необхідно, щоб після завершення процесу хлорування у воді містилося 0,3-0,5 мг/л вільного залишкового хлору.

Обладнання та реактиви: конічна колба на 500 мл; бюретка для титрування; ацетатний буферний розчин (див. нижче); 10% розчин калій йодиду; 0,005 н розчин натрій тіосульфату; 1% розчин крохмалю.

Завдання: Провести дослід з визначення залишкового хлору у водопровідній воді.

Хід роботи. В конічну колбу об'ємом 500 мл наливають 250 мл водопровідної води (перед відбором проби необхідно деякий час випускати воду з крану), 10 мл буферного розчину з рН 4,6 і 5 мл 10% розчину калій йодиду. Потім титрують йод, що виділився, 0,005 н розчином натрій тіосульфату до світло-жовтого забарвлення, доливають 1 мл 1% розчину крохмалю і знов титрують розчин до зникнення синього забарвлення.

Вміст залишкового хлору у воді (X, мг/л) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{V_1 \cdot K \cdot 0,177 \cdot 1000}{V}, \text{ де}$$

V_1 – об'єм 0,005 н розчину натрій тіосульфату, який витрачено на титрування, мл;

K – концентрація натрій тіосульфату;

0,177 – маса активного хлору, яка відповідна 1 мл 0,005 н розчину натрій тіосульфату, мг;

V – об'єм води, відібраний для аналізу, мл.

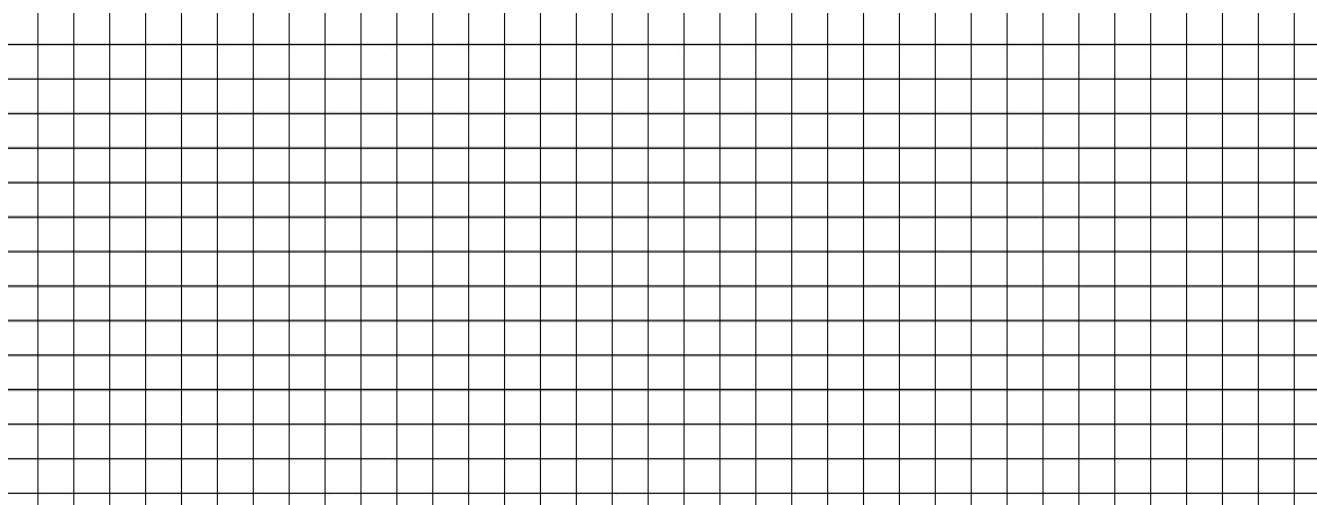
Приготування буферного розчину.

Для приготування буферного ацетатного розчину з рН 4,6 змішують 102 мл 1 М розчину оцтової кислоти (60 г 100% кислоти в 1 л води) і 98 мл 1 М розчину ацетату натрію (136,1 г кристалічної солі в 1 л води) і доводять об'єм до 1 л прокип'яченою дистильованою водою.

Запишіть результати до таблиці. Зробіть висновки про присутність нафти, фенолів та хлору у воді.

Присутність нафти, фенолів та хлору у воді.

Зразок	Спостереження



Висновки:

Питання для самоконтролю.

1. Чому забруднення нафтопродуктами є небезпечним для природних вод?
2. Опишіть сутність визначення нафтопродуктів у воді.
3. Які джерела постачання фенолів у природні води?
4. Чим обумовлена токсична дія фенолів на живий організм?
5. Опишіть сутність якісного визначення фенолів у воді.
6. Охарактеризуйте сутність визначення хлору у питній воді.
7. У чому полягає небезпека вмісту залишкового хлору у питній воді?

Лабораторна робота №3

Тема: Визначення сухого залишку, карбонат-, хлорид-, сульфат- та нітрат-йонів ґрунтового витягу.

Мета: Ознайомлення з гравіметричним методом та методами якісного аналізу ґрунту. Закріплення техніки зважування, приготування хімічних реактивів, роботи з лабораторним обладнанням.

Студенти повинні знати:

- хімічний та елементний склад ґрунту;
- хімічні властивості ґрунту;
- процес денітрифікації у ґрунті;
- перетворення сполук азоту, фосфору і сірки у ґрунті;
- взаємозв'язок між вмістом солей в ґрунті та ступенем його засоленості;
- методики визначення сухого залишку карбонат-, хлорид-, сульфат- та нітрат-йонів ґрунтового витягу.

Студенти повинні вміти:

- писати хімічні реакції утворення азотистої, азотної кислот, окиснення сірки та процесів денітрифікації і сульфуризації;
- визначити сухий залишок у ґрунті;
- визначити карбонат-, хлорид-, сульфат- та нітрат-йони ґрунтового витягу.

Самостійна робота на занятті:

1. Виконання тестових завдань (перевірка домашньої самопідготовки).
2. Обговорення основних питань теми та складання алгоритму роботи.
3. Виконання лабораторної роботи.
4. Обговорення та математична обробка експериментальних результатів.
5. Формулювання висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

Теоретична частина

1. Хімічний склад ґрунту.

Щоб зрозуміти процеси, які відбуваються в ґрунті, потрібно знати хімічний склад ґрунту та його зміни при ґрунтоутворенні і використанні ґрунту. Хімічний склад характеризується двома показниками: елементним і фазовим складом.

Елементним складом ґрунту називають склад і кількісне співвідношення хімічних елементів у ґрунті. Елементний склад ґрунту – це основна хімічна характеристика ґрунту, яка необхідна для розуміння його властивостей, генезису і родючості. Ґрунти містять майже всі елементи періодичної системи. За вмістом елементів та їх кількісним співвідношенням ґрунти відрізняються від живих організмів, мінералів і гірських порід. У ґрунтах майже всі елементи є обов'язковими і необхідними. Ґрунти містять багато вуглецю і кремнію, що вказує на два фактори ґрунтоутворення – живі організми і ґрунтоутворюючі породи.

Особливістю елементного складу є великий діапазон концентрацій. Вміст деяких елементів у ґрунтах (в %): Si - 26-44; Ti - 0,2-0,5; Al - 1-14; Mn - 0,01-0,3; Ca - 0,5-5; N - 0,05-0,2; K - 0,2-3; P - 0,02-0,1; Na - 0,2-2; S - 0,02-0,2; Mg - 0,1-2; H - 0,04-0,2. Елементний склад ґрунтів залежить від механічного складу, типу ґрунту і властивостей хімічного елемента. Наприклад, в легких ґрунтах велика концентрація кремнію (основна сполука SiO₂). Багато вуглецю міститься у ґрунтах, які утворились на карбонатних породах. У червоноземах знижений вміст кремнію і підвищений алюмінію і заліза. Біогенні елементи (C, N, P, S) накопичуються в ґрунті з гумусом, скелетні елементи (Si, Al, Fe, Mg, K, Na) успадковуються від ґрунтоутворюючої породи.

За вмістом у ґрунті елементи поділяються на:

- 1) макроелементи: ·Si і O, вміст яких у сумі складає 80-90%; ·Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, вміст яких від десятих долей до декількох процентів;
- 2) мікроелементи: вміст 0,01-0,001% (Ti, N, P, S, H);
- 3) ультрамікроелементи: вміст $n \times 10^{-4} - 10^{-10}$ %, до них належать Ba, Sr, B, Rb, Cu, V, Cr, Ni, Co, Li, Mo, Cs, Se та інші.

За геохімічною спорідненістю хімічні елементи поділяють на такі групи:

- 1) літофільні елементи, споріднені до кисню і в умовах біосфери утворюють мінерали типу оксидів, гідроксидів, солей кисневовмісних кислот (Si, Ti, S, P, F, Cl, Al, Se, Na, K, Ca, Mg та інші). Всього 54 елементи;
- 2) халькофільні, схильні утворювати сполуки з сіркою (Cu, Zn, Pb, Cd, Ag, Mn, Fe);
- 3) сидерофільні елементи, які розчиняються в залізних сплавах і дають сплави з залізом (Fe, Co, P, C, Pt, Au, Sn, Mo та інші);
- 4) атмофільні елементи – це елементи земної атмосфери (H, N, C, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Cl, Br, I);
- 5) біофільні елементи (C, H, O, N, P, S, Cl, I, B, Ca, Mg, K, Na, V, Mn, Fe, Cu).

2.Хімічні властивості ґрунту.

У хімічних реакціях беруть участь не атоми, а йони і молекули, і тому хімія ґрунтів базується не лише на знаннях елементного складу, а на властивостях молекул. Ґрунтоутворення здійснюється в результаті великої кількості хімічних процесів. Ці процеси мають складний характер. Це зумовлено специфікою ґрунту як природного тіла, а особливо хімічними особливостями ґрунту. Можна виділити такі хімічні особливості ґрунту:

1) поліхімізм – ґрунт містить велику кількість хімічних елементів і речовин. Один елемент може бути представлений декількома сполуками, а одна й та сама сполука може бути в різних кристалічних чи аморфних станах;

2) гетерогенність і полідисперсність – ґрунт це багатофазна система з неоднорідними поверхнями стикання, на яких відбуваються процеси сорбції і десорбції органічних і мінеральних речовин;

3) органо-мінеральні взаємодії. У ґрунтах формуються не лише прості і комплексні сполуки, а й складні адсорбційні комплекси, які складаються з мінералів і органічних речовин – симплекси;

4) динамічність ґрунтових процесів – для ґрунтів характерна добова, сезонна, річна і вікова динаміка. Зміни відбуваються безперервно, що зумовлює зміни хімічного складу ґрунтів;

5) просторова неоднорідність пов'язана з просторовою неоднорідністю факторів ґрунтоутворення; 6) нерівноважний стан і термодинамічна незворотність

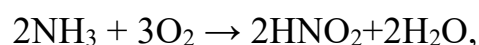
процесів. Ґрунт – відкрита термодинамічна система через яку постійно проходить потік енергії і речовин, це не дає можливості досягнути рівноважного стану. Крім того, ґрунт має своєрідну кінетику ґрунтово-хімічних процесів в якій поєднуються дуже швидкі і дуже повільні реакції.

Ґрунт містить велику кількість неорганічних сполук. Для мінерального живлення рослин найбільше значення мають сполуки азоту, сірки і фосфору.

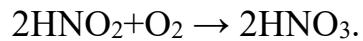
У ґрунтах найчастіше зустрічаються сполуки азоту з ступенями окиснення –3 і +5. Мінеральні сполуки азоту представлені нітратами, нітритами, солями амонію. У газовій фазі містяться оксиди азоту і молекулярний азот. У доступній рослинам формі знаходиться 1-3% загальної кількості азоту ґрунту. Доступний для рослин азот у вигляді нітратів і амонійний азот, частково засвоюються і низькомолекулярні органічні сполуки, наприклад амінокислоти. Основним резервом азоту для живлення рослин є органічні речовини.

Трансформація азоту в ґрунті включає фіксацію атмосферного азоту вільноживучими і бульбочковими бактеріями, перетворення азотовмісних сполук органічних решток у гумусові кислоти, амоніфікацію органічних азотовмісних сполук, процеси нітрифікації і денітрифікації, фіксацію амонійного азоту глинистими мінералами, вимивання сполук азоту з ґрунту. Сукупність цих перетворень – це процес кругообігу азоту в природі. Амоніфікація - це перехід азоту органічних речовин в аміачні сполуки. Амоніфікацію зумовлюють мікроорганізми, які здатні розщеплювати білкові сполуки і утворювати амонійні сполуки. Процес амоніфікації поширений в природі. У ґрунті аміак вступає в реакцію з різними кислотами і утворює амонійні солі.

Процес амоніфікації здійснюється в аеробними і анаеробними умовах. Нітрифікація – це процес утворення азотної кислоти та її солей з аміачних сполук. Нітрифікація здійснюється в дві стадії. Спочатку бактерії *Nitrosomonas* окислюють аміак до азотистої кислоти:

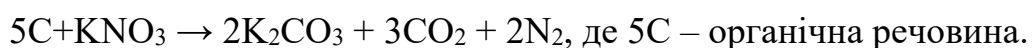


а потім *Nitrobacter* продовжують окислення і перетворюють азотисту кислоту в азотну:



Азотна кислота взаємодіє з різними основами і дає солі NaNO_3 , KNO_3 і $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, найбільш доступну форму азотного живлення рослин. Нітрифікація – процес окиснення, отже для утворення нітратів в ґрунті необхідна аерація. На нітрифікацію впливають волога, теплота і реакція середовища. Найбільш інтенсивно процес протікає у ґрунтах з нейтральною, слабнокислою чи слаболужною реакцією при вологості 60%, вільному доступі повітря і температурі 25-35⁰С. Цим пояснюється неоднаковий вміст нітратів в різні пори року. Накопичення нітратів починається весною, сягає максимуму у літні місяці і зменшується восени. У землях, які підлягають обробітці, нітратів більше, ніж в цілих землях. Це пояснюється сприятливими повітряними, водними і тепловими властивостями, які виникають в результаті механічного обробітці ґрунту.

Денітрифікація відбувається в анаеробних умовах. Процес зумовлюють бактерії *Vac.denitrificans*. Ці бактерії забирають кисень від нітратів і нітритів та окислюють ним органічні речовини. При цьому виділяється велика кількість теплоти. Частина азоту, який виділяється, надходить в атмосферу, частина використовується на побудову плазми денітрифікаторів. Процес денітрифікації можна виразити рівнянням:



Фіксація атмосферного азоту в ґрунті відбувається наступним чином. Атмосфера містить велику кількість азоту, але рослинами він засвоюватись не може. Цей азот рослини можуть використовувати лише після його зв'язування азотфіксуючими мікроорганізмами. У ґрунті є дві групи азотфіксуючих мікроорганізмів. Одні з них, бульбочкові бактерії (*Vac. radialiscola*), розвиваються на коренях бобових рослин, інші вільно живуть в ґрунті. Вільноживучі азотфіксатори можуть бути аеробними (*Azotobacter chroococcum*), та анаеробними (*Clostridium pasteurianum*). Найбільше значення мають бактерії *Azotobacter* і бульбочкові бактерії. *Clostridium pasteurianum* в ґрунтах, які підлягають обробітці, пригнічуються. При сприятливих умовах кількість азоту, який зв'язується

бульбочковими бактеріями, може сягати 100-150 кг на 1 га за один вегетаційний період. Це свідчить про велике значення азотфіксуючих бактерій у покращенні родючості ґрунтів.

Фосфор у ґрунті знаходиться в малодоступному для рослин вигляді. Основна маса фосфору міститься в органічних речовинах, решта у солях ортофосфорної кислоти (H_3PO_4). Найбільше у природі ортофосфатів кальцію. Сполуки фосфору в ґрунті підлягають різноманітним перетворенням.

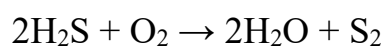
Найбільше значення для ґрунтоутворення мають мінералізація органічних речовин, зміна рухливості фосфорних сполук (мобілізація та іммобілізація) і фіксація фосфору. Мінералізація – це перетворення органічних сполук фосфору в мінеральні в результаті діяльності мікроорганізмів. При дії різних ферментів, наприклад фітаз, від органічних фосфоровмісних сполук відщеплюються залишки фосфорної кислоти. Їх поведінка залежить від реакції ґрунтового розчину і вмісту кальцію. Мобілізація – це перетворення важкорозчинних солей в розчинні і перехід в ґрунтовий розчин. Наприклад, перетворення трикальційфосфату в ди- і монокальційфосфат: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Значну роль в мобілізації відіграє вода. Ґрунтова вода здатна частково розчинити нерозчинні фосфати кальцію і переводити їх в розчинні. Частково можуть засвоювати фосфор з важкорозчинних сполук самі рослини. Під дією органічних кислот, які виділяє коренева система, важкорозчинні фосфоровмісні сполуки переходять в розчин і фосфорна кислота стає доступною рослинам.

Суттєву роль в мобілізації фосфорної кислоти відіграють мікроорганізми. Вони розкладають органічні речовини і вивільняють фосфорну кислоту. Вона взаємодіє з основами і утворює фосфорнокислі солі, які можуть засвоювати рослини. Мікроорганізми виділяють кислоти, під дією яких важкорозчинні фосфати частково переходять в розчинні. У доступній для рослин формі фосфорна кислота накопичується в аеробних умовах. Іммобілізація фосфорної кислоти – це засвоєння мікроорганізмами легкорозчинних сполук фосфору і перетворення їх в складні органічні речовини, які не можуть засвоювати рослини. Після відмирання мікроорганізмів і мінералізації їх тіл, фосфор знову переходить в розчинну форму

і стає доступним для рослин. Фіксація фосфору полягає в його переході у нерозчинний стан за рахунок утворення зв'язків з мінеральними компонентами ґрунту. У цих реакціях беруть участь, в основному, іони H_2PO_4^- .

Сірка в ґрунті представлена органічними і неорганічними речовинами. Їх співвідношення залежить від типу ґрунту і материнської породи. Інколи у ґрунтах зустрічається вільна сірка, вона може вивільнитись з сірковмісних сполук або успадковуватись від материнської породи. Сірка та її сполуки відіграють важливу роль у процесі ґрунтоутворення і живленні рослин. Сірка в ґрунт надходить з добривами. Джерелом сірки, також, є сульфати і сірчана кислота техногенного походження. У ґрунті міститься органічні і неорганічні сполуки сірки. На долю органічних речовин припадає до 70-80% сірки. Неорганічні сполуки сірки дуже різноманітні. Одна з головних груп сполук – похідні оксидів. Діоксид SO_2 і триоксид SO_3 легко розчиняються в воді, розчин SO_2 дає сірчисту кислоту H_2SO_3 , розчин SO_3 – сірчану H_2SO_4 . Ці кислоти утворюють солі - H_2SO_3 – сульфіти і гідросульфіти, H_2SO_4 – сульфати і гідросульфати. Найбільш поширеними сульфатами є гіпс $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, ангідрид $\text{CaSO}_4 \times 0,5\text{H}_2\text{O}$ і ангідрид CaSO_4 . В засоленних ґрунтах зустрічається глауберова сіль.

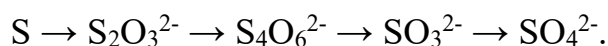
Наступна група мінеральних сполук сірки в ґрунтах – сірководнева кислота H_2S та її солі. Сірководень – отруйний газ. Якби він накопичувався у великих кількостях, життя рослин було б неможливе. Але сірководень не накопичується, оскільки сіркобактерії окислюють його і переводять в сірчану кислоту. Це перетворення називається сульфуризацією:



Сіркобактерії – це аеробні мікроорганізми. Чим пухкіший ґрунт тим краще відбувається газообмін і сірководень енергійніше перетворюється в сірчану кислоту. У щільних ґрунтах, де слабкий потік повітря, процес сульфуризації поступається процесу десульфуризації, при якому анаеробні бактерії відновлюють солі сірчаної кислоти до H_2S . Крім сульфуризації і десульфуризації, з сполуками сірки у ґрунті відбувається мінералізація, іммобілізація, окислення і відновлення.

Мінералізація – це перетворення органічних сполук сірки в мінеральні (сульфати). Мінералізація найбільш інтенсивно відбувається при оптимальних для мікроорганізмів умовах. Іммобілізація – процес перетворення неорганічних речовин сірки в органічні в результаті діяльності мікроорганізмів. При цьому сірка сульфатів накопичується у вигляді сірковмісних амінокислот.

Окиснення і відновлення здійснюється хімічним і біохімічним шляхом. Окислення сполук сірки інтенсивно відбувається в аеробних умовах киснем повітря або з участю сіркобактерій. Окиснення сірки відбувається ступінчасто:



В результаті процесів окислення у ґрунті накопичується сірчана кислота. Реакції відновлення сульфатів відбуваються з участю сульфоредакуючих бактерій. Ці реакції ведуть до накопичення у ґрунті сульфідів заліза і соди і, як наслідок, формування солонозасолених ґрунтів і солончаків.

Сухий залишок ґрунтового витягу – це загальний вміст розчинних солей (хлоридів, сульфатів, нітратів, карбонатів та ін.) у водному ґрунтовому витягу. Його визначають шляхом випаровування у фарфоровій чашці певного об'єму фільтрату. Прожарюванням можна розділити сухий залишок на мінеральний і органічний.

За кількістю мінерального залишку визначають засоленість ґрунту (табл.3).

Таблиця 3

Взаємозв'язок між вмістом солей в ґрунті та ступенем його засоленості

Вміст солей, у % від маси сухого ґрунту	Ступінь засоленості ґрунту
<0,3	Не засолена
0,3 – 1,0	Слабо засолена
1,0 – 2,0	Засолена
2,0 – 3,0	Сильно засолена
>3,0	Солончак

Найточніше визначення ступеня засоленості ґрунту дає визначення щільності водного витягу з ґрунту ареометром або за допомогою пікнометру (зважуванням).

Методика виконання роботи

Дослід 1. Визначення сухого залишку

Обладнання та реактиви: лабораторні електронні ваги; фарфорові чашки; мірні циліндри на 25 або 50 мл; електроплитка; сушильна шафа; конічні колби на 250 мл; фільтрувальний папір; лійка.

Завдання: провести дослід з визначення сухого залишку у фільтраті та ґрунті.

Хід роботи. У прожарену і зважену фарфорову чашку наливають за допомогою мірного циліндру по 25-50 мл фільтрату водного витягу стільки разів (по мірі випаровування), щоб в сумі одержати від 100 до 250 мл витягу (залежно від засоленості ґрунту; чим вище засоленість, тим менший об'єм витягу на аналіз). Після випаровування рідини чашку поміщують у сушильну шафу і висушують її вміст при температурі 105°C протягом 3-4 год. (до постійної маси).

Вміст сухого залишку виражають у відсотках:

а) до повітряно-сухого ґрунту:

$$X_1 = [(m_1 - m_2) \cdot V_1 / (m \cdot V_2)] \cdot 100\%$$

б) до абсолютно сухого ґрунту:

$$X_2 = (m_1 - m_2) \cdot V_1 / (m \cdot V_2) \cdot (100 / (100 - B))$$

де m_1 – маса чашки з сухим залишком, г;

m_2 – маса порожньої чашки, г;

V_1 – загальний об'єм фільтрату, мл;

V_2 – об'єм фільтрату для аналізу, мл;

m – маса ґрунту для приготування витягу, г,

B – вологість повітряно-сухого ґрунту, %.

Якщо вміст чашки після зважування озолити і прожарити, то втрата від прожарювання дає орієнтований вміст у витягу органічних речовин, а залишок у чашці – вміст мінеральних солей. Озолення і прожарювання можна провести на газовому пальнику або у муфельній печі при температурі не вище 525°C. Розрахунок здійснюють аналогічно розрахунку сухого залишку (мінеральна частина); органічний залишок визначають за різницею між сухим залишком і мінеральною частиною.

Дослід 2. Визначення карбонат-йонів.

Обладнання та реактиви: фарфорові чашки; мірні піпетки; 10% розчин хлоридної кислоти.

Завдання: провести дослід з визначення карбонат-йонів у ґрунті.

Хід роботи. Невелику кількість ґрунту поміщують у фарфорову чашку і додають піпеткою декілька крапель 10% розчину хлоридної кислоти. Карбон(IV) оксид CO_2 , що утворюється під час реакції, виділяється у вигляді пухирців (ґрунт-«шипить»). За інтенсивністю виділення вуглекислого газу роблять висновок про більш або менш значний вміст карбонатів.

ґрунт, що «скипає» від 10% розчину соляної кислоти, відносять до групи карбонатних ґрунтів. Для такого ґрунту проводять аналіз водного витягу. Якщо ґрунт не "скипає", то для якісних реакцій готують не водний, а солянокислий витяг.

Приготування водної витяжки ґрунту. Зразок повітряно-сухого ґрунту масою 30 г, зважений на аналітичних вагах із похибкою не більше 0,1 г, помістити в конічну колбу. До зразка слід додати мірним циліндром 150 мл дистильованої води, закрити пробкою, перемішати протягом 3 хв. і залишити на 5 хв. для відстоювання.

Приготування сольової витяжки з ґрунту. Зразок повітряно-сухого ґрунту масою 30 г, зважений на аналітичних вагах із похибкою не більше ніж 0,1 г, розмістити в конічну колбу. До проби долити мірним циліндром 75 мл 1 н розчину KCl , закрити пробкою й перемішувати протягом 1 хв.

Дослід 3. Визначення хлорид-йонів

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками; водний ґрунтовий витяг; 10% розчин нітратної кислоти; 0,1 М розчин аргентум нітрату.

Завдання: провести дослід з визначення хлорид-йонів у ґрунті.

Хід роботи. До 5 мл фільтрату додають декілька крапель 10% розчину нітратної (азотної) кислоти і по краплях 0,1 М розчин нітрату аргентуму. Осад, що утворюється у вигляді білих пластівців вказує на наявність хлоридів у кількості десятих часток відсотку і більше. У випадку вмісту сотих і тисячних часток відсотку хлоридів осад не випадає, але розчин мутніє.

Дослід 4. Визначення сульфат-йонів

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками; водний ґрунтовий витяг; розчин концентрованої хлоридної кислоти; 20% розчин барій хлориду.

Завдання: провести дослід з визначення сульфат-йонів у ґрунті.

Хід роботи. До 5 мл фільтрату додають декілька крапель концентрованої соляної кислоти і 2-3 мл 20% розчину барій хлориду. Барій сульфат, що утворюються, випадає у вигляді білого дрібнокристалічного осаду, свідчить про наявність сульфатів у кількості декількох десятих відсотку і більше. Помутніння розчину також вказує на вміст сульфатів – соті частки відсотку. Слабке помутніння, помітне лише на чорному фоні, відбувається у разі незначного вмісту сульфатів – тисячні частки відсотку.

Дослід 5. Визначення нітрат-йонів

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками; водний ґрунтовий витяг; розчин дифеніламіну у сульфатній кислоті.

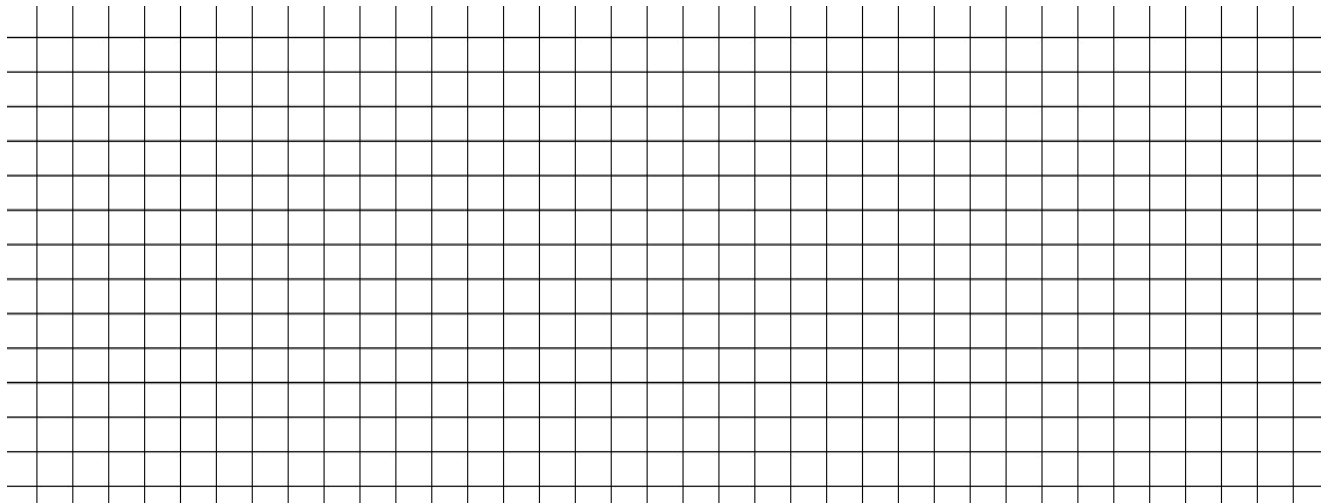
Завдання: провести дослід з визначення нітрат-йонів у ґрунті.

Хід роботи. До 5 мл фільтрату по краплях додають розчин дифеніламіну в сульфатній кислоті (0,05 г дифеніламіну розчинити у 10 мл концентрованої сульфатної кислоти). У випадку наявності нітратів і нітритів розчин забарвлюється у синій колір.

Запишіть результати до таблиці. Зробіть висновки про присутність різних солей у ґрунті.

Оцінка ґрунту

Показник	Величина
Визначення сухого залишку	
Визначення карбонат-йонів	
Визначення хлорид-йонів	
Визначення сульфат-йонів	
Визначення нітрат-йонів	



Висновки:

Питання для самоконтролю

- 1.Що визначає сухий залишок ґрунтового витягу?
- 2.Опишіть суть методу визначення сухого залишку.
- 3.Напишіть якісні реакції на сульфат, хлорид-йони.
- 4.За допомогою якого реактиву якісно визначають нітрат-йони?
- 5.Напишіть реакцію за допомогою якої якісно визначають карбонат-йони.
- 6.Як ступінь засоленості ґрунту впливає на його родючість?
- 7.Що таке дифеніламін?

Лабораторна робота №4

Тема: Визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу ґрунтом як біотест на щільність заселення живими організмами.

Мета: Ознайомлення з методикою біологічного тестування ґрунту на предмет визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу живими організмами. Закріплення навиків з титрування, приготування хімічних реактивів, роботи з лабораторним обладнанням.

Студенти повинні знати:

- умови життя в ґрунтовому середовищі;
- заселеність організмами ґрунтового середовища;
- заселеність екологічно чистого ґрунту;
- характеристики ґрунтового середовища.

Студенти повинні вміти:

- визначати «дихання» ґрунту (мулу) за методом Штатнова;
- визначати швидкість виділення вуглекислого газу з ґрунту;
- приготувати вихідний розчин лугу (0,05 н) і провести титрування в лабораторії.

Самостійна робота на занятті:

1. Виконання тестових завдань (перевірка домашньої самопідготовки).
2. Обговорення основних питань теми та складання алгоритму роботи.
3. Виконання лабораторної роботи.
4. Обговорення та математична обробка експериментальних результатів.
5. Формулювання висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

Теоретична частина

Ґрунт (від нім. *Grund* — земля, основа)— природно-історичне органічно-мінеральне тіло, що виникло у поверхневому шарі літосфери Землі в результаті тривалого впливу біотичних, абіотичних і антропогенних факторів, має специфічні генетико-морфологічні ознаки і властивості, що створюють для росту і розвитку рослин відповідні умови.

1. Умови життя в ґрунтового середовищі.

Ґрунт є найважливішим компонентом біогеоценозів і виконує в ньому біогеоценологічні функції. Ґрунт це умова існування і еволюції організмів:

- життєвий простір, житло і притулок, механічна опора, депо насіння;
- джерело елементів живлення; депо вологи, елементів живлення та енергії; стимулятор та інгібітор біохімічних та інших процесів;
- адсорбатор речовин із атмосфери і ґрунтових вод;
- сигнал для сезонних та інших біологічних процесів, пусковий механізм для деяких сукцесій;
- регулятор чисельності, складу і структури біоценозів;

У ґрунті акумулюються і трансформуються речовини і енергія, що знаходиться чи поступає до нього. Ґрунт виконує санітарні функції. Ґрунт є буфером і захисним біогеоценологічним екраном.

У ґрунтового середовищі особливі умови життя організмів. По-перше, це середовище найщільніше з усіх відомих. По-друге, у нього проникає мало світла (його майже немає). По-третє, небагато кисню. Такі умови не зовсім сприятливі для рослин і тварин. Та попри це ґрунтового середовище населене різноманітними організмами, бо в ньому достатньо води, а коливання температури в різні пори року не такі різкі, як у наземно-повітряному. Також у ґрунті є неорганічні й органічні речовини, запас яких поповнюється завдяки відмерлим решткам рослин і тварин.

Ще однією особливістю ґрунтового середовища є наявність речовин у різних агрегатних станах. Часточки ґрунту містять речовини в твердому стані, є рідка вода і газувате повітря.

2. Фазовий склад ґрунтів.

Ґрунт — це багатофазне природне тіло, речовина якого представлена такими фізичними фазами: тверда, рідка, газова та жива речовина організмів, що населяють ґрунт.

Тверда фаза ґрунту — це полідисперсна і полікомпонентна органомінеральна система, що утворює твердий каркас ґрунтового тіла. Вона формується в процесі ґрунтоутворення з материнської гірської породи і значною мірою успадковує її

склад і властивості. Характеризується хімічним мінералогічним і гранулометричним складом, з одного боку, і складенням, структурою і пористістю — з іншого.

Рідка фаза ґрунту — це вода в ґрунті, ґрунтовий розчин, що заповнює її пори.

Газова фаза ґрунту — це повітря, що заповнює у ґрунті пори, вільні від води. Його склад істотно відрізняється від атмосферного і динамічний у часі.

Жива фаза ґрунту— це організми, що його населяють і беруть участь у процесі ґрунотворення. До них належать численні мікроорганізми (бактерії, актиноміцети, гриби, водорості), представники ґрунтової мікро- і мезофауни (найпростіші, комахи, черв'яки та інш.), кореневі системи рослин.

2.Заселення організмами ґрунтового середовища.

ґрунтове середовище заселене нерівномірно: найбільше організмів мешкає у верхньому шарі ґрунту. З глибиною кількість мешканців ґрунту зменшується. Властивості ґрунту також впливають на багатоманітність його мешканців. Їх тим більше, чим більше поживних речовин у ґрунті. Найбільш густо населені організмами чорноземи.



Рис. 4. Мешканці ґрунтового середовища

У ґрунті мешкають різноманітні організми (Рис. 4). Найбільше в ньому мікроскопічних організмів - бактерій, одноклітинних водоростей, грибів і тварин.

Бактерії та гриби ґрунту розкладають відмерлі рештки організмів до неорганічних речовин. Ці речовини розчиняються у ґрунтовій воді і поглинаються рослинами. Ґрунт пронизують корені рослин, для яких він є опорою, джерелом води і неорганічних речовин. Грибниці грибів теж розташовані у ґрунті. У ґрунті живуть різноманітні комахи, черви, звірі та інші тварини.

Для мешканців ґрунту існує небезпека бути пошкодженими частинками ґрунту. Уникнути цього мурашкам і деяким жукам допомагають міцні покриви тіла, а різноманітним черв'якам - слиз, яким вкрите тіло тварини. Ґрунтове середовище має більшу щільність, ніж наземно-повітряне і водне. Це певним чином ускладнює переміщення тварин ґрунту, тому вони змушені пристосовуватися до руху в ґрунтовому середовищі.

Дощовий черв'як, багатоніжки, личинка травневого хруща (рис. 4) завдяки гнучкому тілу просуваються між частинками ґрунту. Інші, наприклад кріт і комаха вовчок, риють ходи. Їхні кінцівки, пристосовані до риття, називають риючими. Ходи прокладає сліпак. Великими передніми зубами він не риє, а вигризає ґрунт.



Рис. 5. Мешканці ґрунту: сліпак (1), багатоніжка (2), личинка хруща (3), вовчок (4)

У дощового черв'яка і личинки хруща покриви тіла зволожені. Саме через них до організмів цих тварин надходить кисень з повітря, що є між частинками ґрунту. Такі тварини чутливі до висихання. Щоб від нього врятуватися, у спеку вони переміщуються в глиб ґрунту.

У ґрунтове середовище життя організмів проникає мало світла, тому мешканці ґрунту мають маленькі очі або вони взагалі позбавлені органів зору, як дощовий черв'як, сліпак, личинки комах. Орієнтуватися цим організмам допомагають органи дотику і нюху. Температура ґрунтового середовища більш стала, ніж наземно-повітряного і водного. Тому його обирають для зимівлі деякі тварини. Наприклад, ящірки та змії зимують у тріщинах ґрунту і ходах, зроблених кротоми. З настанням холодів виноградний слимак заривається в ґрунт на глибину 30-40 см, щільно затуляє свою черепашку і впадає у стан заціпеніння. Тварини ґрунту на зиму переміщуються у глибші шари. Наприклад, дощовий черв'як зимує на глибині до 1,5 метра.

У ґрунтовому середовищі будують різні укриття тварини наземно-повітряного і водного середовища. Наприклад борсуки, миші, різноманітні комахи риють пори в ґрунті. Мешканці ґрунтового середовища не лише пристосовуються до умов існування, а й впливають на нього. Прокладаючи ходи, тварини переміщують і розпушують ґрунт. Так вони сприяють насиченню ґрунту повітрям, проникненню води. У результаті життєдіяльності багатьох ґрунтових тварин утворюються різноманітні речовини, які змінюють склад ґрунту.

ґрунтовому середовищу властива висока щільність, у ньому достатньо води, неорганічних і органічних речовин, коливання температури незначні, проте недостатня кількість світла і кисню. До таких умов пристосовані різноманітні мешканці ґрунтового середовища. Мешканці ґрунтового середовища, прокладаючи ходи в ґрунті, розпушують його, а завдяки бактеріям і дощовим черв'якам ґрунт поповнюється органічними речовинами.

Екологічно чистий ґрунт щільно заселений живими організмами – мікробами, комахами та ін. У чорноземних ґрунтах на один гектар поверхні ґрунту приходить від 12,5 мільйону до 2 мільярдів різних безхребетних тварин, а в 1 грамі ґрунту мешкає до 10 мільярдів мікроорганізмів. Усі ці організми дихають, поглинаючи кисень та виділяють вуглекислий газ.

Тому в ґрунтовому повітрі кисню міститься менше, ніж в атмосферному, а вуглекислого газу — більше (табл.4).

Вміст кисню і вуглекислого газу в різних повітряних середовищах

Повітря	O ₂ , %	CO ₂ , %
Атмосферне	21	0.034
Ґрунтове (верхні шари 15-30 см)	11-21	0.034-8.0

Чим щільніше заселений ґрунт, тим більше у ньому міститься вуглекислого газу, ґрунтові організми у даному випадку виступають у ролі біоіндикаторів ґрунтового середовища. Кількісним показником біоіндикації є швидкість виділення організмами вуглекислого газу – маса CO₂, що виділяється з одного гектара за годину (кг/га за годину). Чим більша ця швидкість, тим біологічно активніший та екологічно чистий ґрунт.

За умов доброї повітряної проникності виділення CO₂ у літній період може досягати 7,5 кг/га за годину, а у донних відкладеннях чистого водоймища — 2,02 кг/га за годину, а дуже забруднені промисловими відходами мули практично «не дихають», швидкість виділення CO₂ складає близько 0,0096 кг/га за годину.

За складом ґрунтового покриву неможливо визначити швидкість виділення вуглекислого газу. Наприклад, при малому вмісті CO₂ швидкість його виділення може бути високою, якщо проникність ґрунту добра та CO₂ вільно вилучається в атмосферу. Та навпаки, значне накопичування вуглекислого газу у ґрунтовому повітрі може спостерігатися при слабкому виділенні вуглекислоти ґрунтовими організмами за умов поганого газообміну між ґрунтом та атмосферою.

Отже, для оцінки рівня біологічної активності ґрунту, потрібно безпосередньо виміряти кількість CO₂, яке виділяє ґрунт або інший субстрат, наприклад донні відкладення.

Методика виконання роботи

Обладнання та реактиви: чашка Петрі; посудина-ізолятор; бюретка для титрування; мірний циліндр на 10 мл; хімічний стакан на 500-600 мл; піддон; ваги

аналітичні; реторта; 0,2 н розчин КОН; 0,05 н розчин НСІ; розчин фенолфталеїну; зразки ґрунту або мулу.

Завдання: Визначення інтенсивності виділення вуглекислого газу ґрунтом з метою оцінки щільності заселення живими організмами.

Хід роботи. Принцип вимірювання полягає в тому, що невелику ділянку поверхні ґрунту ізолюють від навколишнього повітря посудиною, усередині якої поміщують чашку з розчином лугу, який поглинає CO_2 . За деякий проміжок часу посудину-ізолятор знімають та луг із чашки відтитрують кислотою (рис.1).

За допомогою лабораторної установки можна вивчити вплив різних забруднювачів на біологічну активність ґрунтів та мулів. Так, дослідження донних відкладень річки Південний Буг, забруднених сполуками важких металів показали досить низьку швидкість виділення CO_2 – від 0,098 кг/га (найбільш забруднені) до 0,997 кг/га (відносно чисті).

Експериментально було встановлено, що додавання органічних залишків типу листвяних опадів у донні відкладення збільшують біологічну активність мулів на 15-20%.

У дослідженнях, де потрібна висока точність результатів, враховують вихідну кількість вуглекислого газу, що знаходиться в атмосферному повітрі під посудиною-ізолятором. Цю кількість CO_2 враховують з маси вуглекислого газу, що було поглинуто лугом під час досліду. Потрібно відмітити, що ця поправка дуже мала та, як правило, її можна не враховувати.

Для визначення швидкості виділення CO_2 з ґрунту або іншого субстрату виконують послідовно наступні операції: основою лабораторної установки є широкий піддон з невеликим (2-3 см) шаром води. Всередині посудини-ізолятора поміщують чашку Петрі з 10 мл розчину лугу КОН, а також хімічний стакан із субстратом, що досліджується (ґрунтом, мулом водоймища та ін.). Посудину—ізолятор встановлюють так, щоб його нижня кромка була занурена у воду на піддоні.

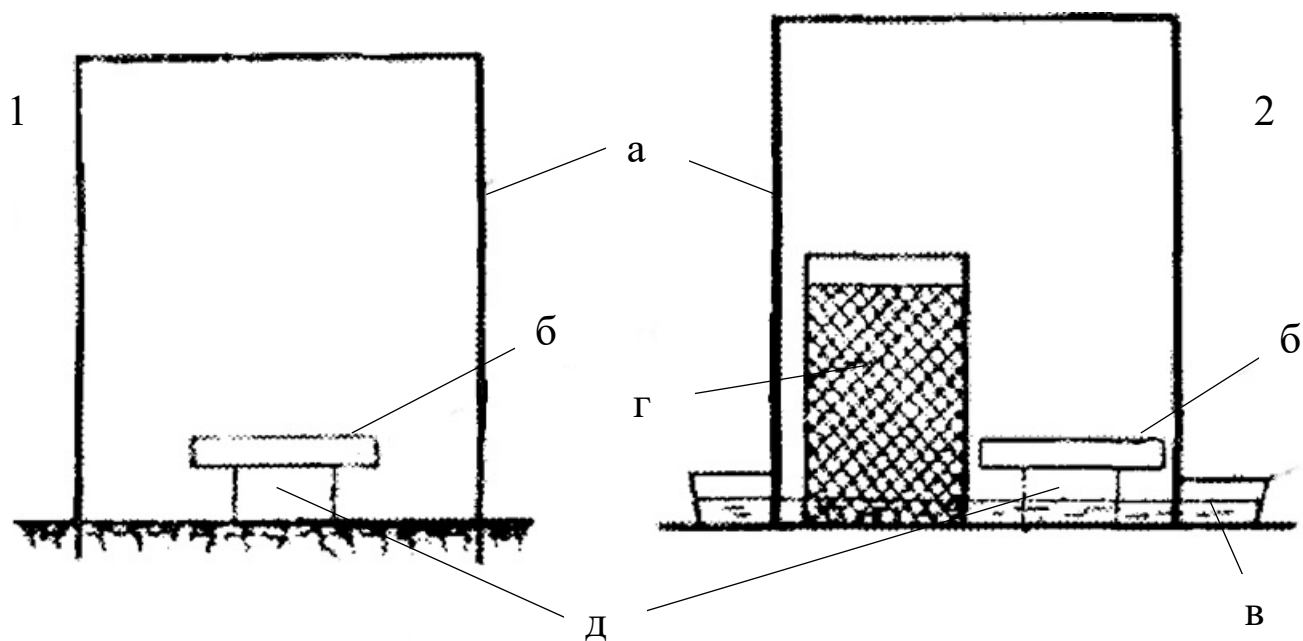


Рис. 6. Визначення «дихання» ґрунту (мулу) за методом Штатнова

1 — установка на ґрунті в польових умовах;

2 — установка в лабораторії;

а — посудина-ізолятор;

б — чашка з лугом;

в — піддон;

г — хімічна склянка з ґрунтом (мулом);

д — підставка.

Час експозиції для першого визначення вибирають у межах 4-6 годин. Якщо інтенсивність виділення CO_2 мала і декілька паралельних титрувань дають великий (10% і більше) розбіг даних, час експозиції збільшують.

Вихідний розчин луку титрують в лабораторії 0,05 н розчином хлоридної кислоти за наявності фенолфталеїну до знебарвлення розчину. Розчин з чашки Петрі після експозиції відтитровують тим же розчином HCl .

Швидкість виділення вуглекислого газу з ґрунту визначають за формулою:

$$X = \frac{(a-b) \cdot 1,1}{s \cdot t \cdot 100}, \text{ де}$$

X — кількість CO_2 , що виділяється з ґрунту, кг/га за годину;

a — кількість 0,05 н HCl , що пішло на титрування вихідного розчину луку, мл;

b – кількість 0,05 н НСl, що пішло на титрування лугу з чашки Петрі після експонування на ґрунті, мл;

1,1 – маса CO₂ еквівалентна масі НСl, що міститься у 1 мл 0,05^н розчині хлоридної кислоти, мг/мл;

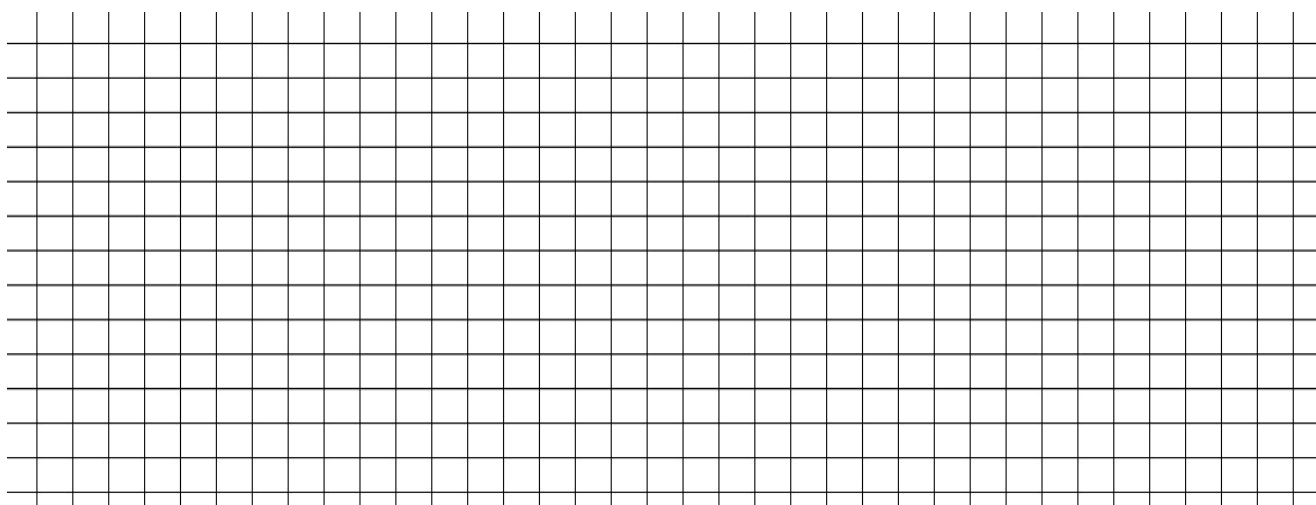
S – площа ґрунту під посудиною-ізолятором, м²,

t – час експозиції, год.

Запишіть результати до таблиці. Зробіть висновки про присутність різних солей у ґрунті.

Оцінка ґрунту

Показник	Величина
Визначення сухого залишку	
Визначення карбонат-йонів	
Визначення хлорид-йонів	
Визначення сульфат-йонів	
Визначення нітрат-йонів	



Висновки:

Питання для самоконтролю.

1. Поясніть чому інтенсивність виділення CO_2 ґрунтом та іншим субстратом може служити показником їх екологічної чистоти ?
2. У чому полягає суть методу визначення інтенсивності виділення вуглекислого ґрунтом?
3. Як приготувати 0,05 н робочий розчин хлоридної кислоти (густина 1,19 г/мл, 37,2%)?
4. Поясніть суть методу нейтралізації у титриметричному аналізі.
5. Що таке процес титрування?
6. За допомогою чого визначають точку еквівалентності під час кислотно-основного титрування?
7. Які чинники впливають на інтенсивність виділення вуглекислого газу ґрунтом або іншим субстратом?
8. Які умови життя в ґрунтовому середовищі?
9. Охарактеризуйте заселеність організмами ґрунтового середовища.
10. Які характеристики ґрунтового середовища.

Лабораторна робота №5

Тема: Визначення твердості побутової та природної води.

Мета: Ознайомлення з комплексометричним методом якісного аналізу води. Опрацювання методики визначення твердості води за допомогою комплексонів. Закріплення техніки титрування, роботи з лабораторним обладнанням та хімічними реактивами.

Студенти повинні знати:

- суть визначення поняття твердості води;
- показники і одиниці вимірювання твердості води;
- класифікацію вод за показником твердості;
- види твердості;
- причини твердості води
- шляхи позбування карбонатної і некарбонатної твердості;
- суть катіонітного способу пом'якшення твердості води;
- методи регенерації кат іонітів;
- формулу трилону Б.

Студенти повинні вміти:

- приготувати робочий розчин 0,1 н трилону Б;
- приготувати розчин індикатору;
- обрахувати твердість води у міліеквівалентах.

Самостійна робота на занятті:

1. Виконання тестових завдань (перевірка домашньої самопідготовки).
2. Обговорення основних питань теми та складання алгоритму роботи.
3. Виконання лабораторної роботи.
4. Обговорення та математична обробка експериментальних результатів.
5. Формулювання висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

Теоретична частина

Твердість — це найбільш поширена проблема якості води. Терміном «тверда» почали характеризувати воду, коли після прання із застосуванням звичайного мила на основі жирних кислот, білизна ставала жорсткою.

Твердістю називають сумарну кількість розчинених йонів лужноземельних металів, зазвичай враховують кальцій Ca^{2+} і магній Mg^{2+} , оскільки вони становлять не менше 98-99% всіх сполук. У меншій мірі за неї відповідають Берилій, Стронцій і Барій. Ці метали відносяться до групи важких, тому окремо нормуються більш жорсткими нормативами.

1. Показники твердості води.

Чисельно твердість представляється, як сума концентрацій магнію і кальцію. Одиниця, яка рекомендована в системі СІ для вираження цього показника - це моль на кубічний метр (моль/м^3), але, в Україні частіше використовують міліграм-еквіваленти на літр (мг-екв/л). У слабомінералізованих водах висока кальцієва твердість. З ростом мінералізації вміст йонів кальцію швидко знижується, і зазвичай не перевищує 1 г/л. Вміст йонів магнію в високо мінералізованих - може досягати декількох грамів, а в солоних - декількох десятків грамів.

Таблиця 4

Класифікація вод за показником твердості.

Група	Твердість, ммоль/л
Дуже м'яка	до 1,5
М'яка	від 1,4 до 4,0
Середньої твердості	від 4,0 до 8,0
Тверда	від 8,0 до 12,0
Дуже тверда	Більше 12,0

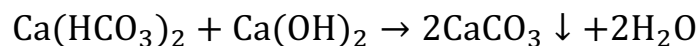
Загальну твердість води поділяють на:

- тимчасову або карбонатну;

- постійну або некарбонатну.

Тимчасова або карбонатна отримала свою назву тому, що видаляється при кип'ятінні і складається в основному гідрокарбонатів кальцію і магнію — $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Їх розчинність обернено пропорційно залежить від температури. Це означає, що чим вища температура, тим нижча розчинність. Відповідно, при підвищенні температури рівновага системи зсувається в бік утворення осаду і як наслідок отримуємо вапняний наліт і накип.

Постійна твердість утворюється сульфатами і хлоридами лужноземельних металів, до них відносяться - CaSO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 , MgCl_2 . Така вода не утворює осадів, але при цьому цей параметр важливий для деяких технологічних операцій. Якщо ж вода містить багато гідрогенкарбонатів, то її зм'якшують добавлянням вапна, яке переводить кислі солі у середні:



Сумарний вміст солей магнію і кальцію у воді називається її загальною твердістю.

Тимчасову твердість води, яка зумовлена наявністю кальцій і магній гідрогенкарбонатів, можна усунути тривалим кип'ятінням:



Постійна твердість води зумовлена наявністю у воді солей сильних кислот – магній та кальцій сульфатів і хлоридів; кип'ятінням постійну твердість води усунути неможливо.

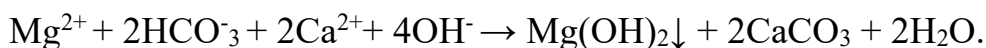
Твердість води прийнято виражати числом міліеквівалентів (мекв) йонів Mg^{2+} і Ca^{2+} , що містяться в 1 л води (1 мекв = 20,04 мг/л Ca^{2+} або 12,16 мг/л Mg^{2+}).

2. Причини та способи усунення твердості води.

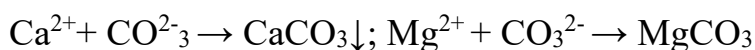
Основним шляхом надходження йонів кальцію і магнію є натуральні мінерали: доломіт, кальцит, воластоніт тощо. Вода рухається крізь шари, що містять ці породи та вимиває певну кількість мінералів. Тому вся природна вода містить солі твердості. Також бувають антропогенні джерела, так - аномальну

твердість мають стоки хімічних виробництв, в результаті видобутку бурштину та ін.

Твердість води господарсько-питних водопроводів не повинна перевищувати 7 мекв/л. Дуже часто тверду воду перед використанням пом'якшують. Звичайно цього досягають обробкою води різними хімічними речовинами. Так, карбонатну твердість можна усунути додаванням гашеного вапна:



При одночасному додаванні вапна і соди можна позбутися карбонатної і некарбонатної твердості (вапняно-содовий спосіб). Карбонатна твердість при цьому усувається вапном (див. вище), а некарбонатна — содою:



Застосовують й інші способи усунення твердості води, серед яких один з найсучасніших ґрунтується на застосуванні катіонітів (катіонітний спосіб). Є такі тверді речовини, які містять у своєму складі рухливі йони, здатні обмінюватися на йони зовнішнього середовища. Вони дістали назву іонітів. Особливо поширені іонообмінні смоли, які добувають на основі синтетичних полімерів.

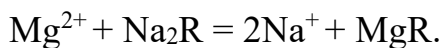
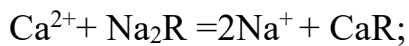
Іоніти (іонообмінні смоли) поділяють на дві групи. Одні з них обмінюють свої катіони на катіони середовища і називаються катіонітами, інші обмінюють свої аніони і називаються аніонітами. Іоніти не розчиняються у розчинах солей, кислот і лугів.

Катіоніти мають вигляд чорних або темно-бурих зерен діаметром від 0,5 до 2 мм (КУ-1, КУ-2, СБС та інші), аніоніти — зернисті речовини білого, рожевого або коричневого кольору (АВ-16, АВ-17, АН-2Ф та інші).

Для усунення твердості води застосовують катіоніти — синтетичні іонообмінні смоли і алюмосилікати, наприклад $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$. їх склад

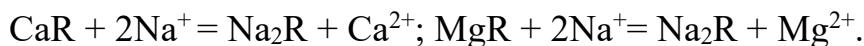
умовно можна виразити загальною формулою Na_2R , де Na — досить рухливий катіон і R^2 — частинка катіоніту, що несе від'ємний заряд. Так, у наведеному прикладі $\text{R}^2 = [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}]^{2-}$.

Якщо пропускати воду крізь шари катіоніту, то йони натрію будуть обмінюватися на йони кальцію і магнію. Схематично ці процеси можна виразити рівняннями:



Отже, йони кальцію і магнію переходять з розчину в катіоніт, а йони натрію — з катіоніту в розчин; твердість при цьому усувається.

Після використання більшої частини іонів натрію катіоніти звичайно регенерують — витримують у розчині хлориду натрію, за участю якого відбувається зворотний процес: йони натрію заміщують у катіоніті йони кальцію і магнію, які переходять у розчин:



Регенований катіоніт знову можна використовувати для зм'якшення нових порцій твердої води.

У твердій воді не піниться мило (мило – натрієва сіль вищих карбонових кислот, наприклад стеаринової, пальмітинової тощо). Утворені за реакцією обміну кальцієві і магнієві солі цих кислот у воді не розчинні.

Під час кип'ятіння твердої води на стінках посуду (котлів) утворюються осад (накип), що складається з карбонатів кальцію і магнію – продуктів термічного розкладання розчинних у воді гідрогенкарбонатів і CaSO_4 . Розчинність $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ зменшується з підвищенням температури.

Застосування твердої води неможливе у ряді виробництв. У разі тривалого використання твердої води утворюються товстий шар накипу, який не тільки зумовлює зниження теплопровідності стінок апаратів, у яких кип'ятиться вода, а й може призвести до вибуху внаслідок перегрівання цих апаратів.

Найм'якша вода у природі – це дощова та снігова.

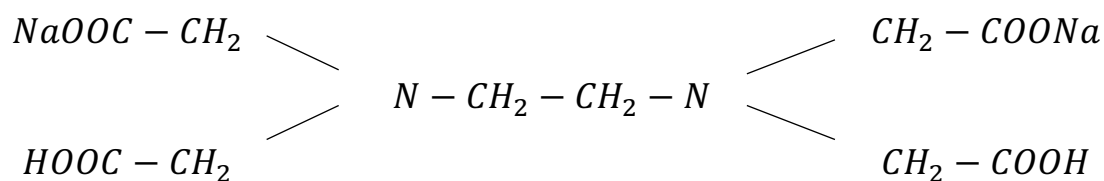
У лабораторних дослідженнях для визначення твердості води використовують метод комплексометрії, який є одним з видів об'ємного аналізу. Їхньою основою є реакції утворення комплексних і малодисоційованих сполук. Нині широко використовується нова група органічних реактивів, відома під загальною назвою «комплексони». Комплексони є похідними імінодіоцтової кислоти



Точку еквівалентності індикатору при застосуванні комплексоутворення встановлюють двома способами:

- 1) За допомогою індикатору, що утворює з одним із реагуючих йонів забарвлену або малорозчинну сполуку. Забарвлення (або осад) повинні виникати лише після того, як усі йони, що їх визначають, будуть зв'язані відповідними йонами робочого розчину в комплексну сполуку.
- 2) За зміною рН визначають еквівалентне співвідношення реагуючих речовин. Для цього використовують звичайні кислотно-лужні індикатори.

Деякі комплексони, наприклад динатрієва сіль етилендіамінотетраоцтової кислоти (сама кислота у воді не розчиняється), або трилон Б, утворюють з катіонами металів стійкі комплексні сполуки. Формула трилону Б:



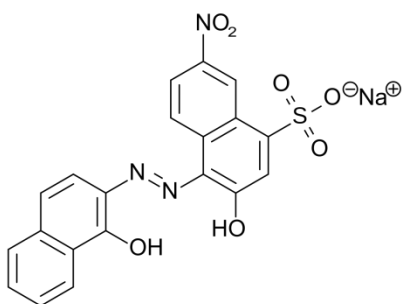
Схематичне позначення цієї сполуки – Na_2H_2X . Трилон Б утворює стійкі комплексні сполуки з великою кількістю катіонів (плюмбуму, купрум, кадмію, феруму, ніколю, кобальту, мангану, цинку, торію, індію, галію, кальцію, магнію, стронцію тощо). Це зумовлено присутністю в його молекулі кількох солетворних карбоксильних груп і комплексоутворюючих атомів нітрогену.

Реакція між трилоном Б і катіонами дво- і тривалентних металів відбувається за співвідношенням 1:1 при різних кислотностях розчину, що дає змогу одні метали визначати в присутності інших.

Найбільш цінною властивістю трилону Б є його здатність вступати в реакцію з катіонами лужноземельних металів, для яких комплексоутворення з іншими адентами не характерне. Взаємодія трилону Б з лужноземельними металами є основним методом їх кількісного визначення.

Точку еквівалентності при тригонометричному титруванні можна встановити за допомогою так званих металоіндикаторів (комплексометричних індикаторів) — речовин, що застосовуються для візуального визначення кінцевої точки титрування у комплексометричному титруванні. Це органічні сполуки, що утворюють з іонами металів комплекси, забарвлення яких відрізняється від кольору самих індикаторів.

Металоіндикатори не реагують з робочим розчином, а утворюють забарвлені сполуки з катіонами металів, що визначають. Розчини металоіндикаторів мають власне забарвлення, і коли в точці еквівалентності зникає забарвлення комплексної сполуки індикатору з катіоном металу, з'являється власне забарвлення металоіндикатору. Найпоширенішим металоіндикатором є еріохром чорний Т. Визначення з цим індикатором проводяться при $\text{pH} = 7-11$.



Еріохром чорний Т (Натрію 4-[2-(1-гідроксінафтален-2-іл)гідразин-1-іліден]-7-нітро-3-оксо-3,4-дігідронафтален-1-сульфонат) в енольній формі

У протонуваній формі, еріохром чорний в розчині має блакитне забарвлення. Він набуває червоного забарвлення, коли утворює комплекс з йонами кальцію, магнію та інших металів. При комплексометричному титрування за допомогою Трилону Б, спостерігається характерна точка еквівалентності, перехід від червоного до блакитного забарвлення розчину.

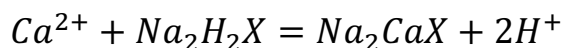
Методика виконання роботи

Обладнання та реактиви: штативи для бюреток 2-3 шт; бюретки для титрування 2-3 шт; мірна колба 1000 мл 1 шт; конічні колби для титрування на 250 мл 9-10 шт; мірні циліндри на 5-10 мл і 20-25 мл; реторта для індикатора; 0,1 н розчин трилону Б (див. нижче); розчин еріохром чорного (див. нижче); амонійний буферний розчин (див. нижче); проби природних і побутових вод.

Завдання: визначити твердість наданих зразків води.

Хід роботи. Комплексометричне визначення загальної твердості води полягає в титруванні точно відміряного об'єму води 0,1 н. розчином трилону Б у присутності металіндикатору еріохром чорного Т.

Рівняння хімічної реакції можна подати у вигляді такої схеми:



Реакція відбувається у слабко-лужному середовищі, для створення якого перед титруванням додають буферний розчин (суміш NH_4Cl і $NH_3 \cdot H_2O$).

Трилон Б відповідає вимогам, які ставляться до вихідних речовин. Робочий розчин 0,1 н трилону Б готується безпосередньо з наважки (відносна молекулярна маса препарату $M_r = 372$). З рівняння взаємодії трилону Б з солями кальцію (магнію), видно, що еквівалентна маса трилону Б дорівнює $\frac{1}{2}$ молярної маси. Для виготовлення 0,1 н. розчину на аналітичних терезах зважують з точністю до 0,0001 г 18,6 г трилону Б, переносять у мірну колбу на 1000 мл, розчиняють у дистильованій воді, доводячи об'єм розчину до риски.

Розчин індикатору готують так: еріохром чорний масою 0,5 г розчиняють у суміші буферного розчину об'ємом 20 мл ($20 \text{ г } NH_4Cl + 100 \text{ мл } 25\% \text{-ного } NH_3$ в

1 л води) і етилового спирту об'ємом 80 мл. Індикатор у лужному середовищі має синій колір.

Для визначення загальної твердості води відбирають такий її об'єм, щоб загальний вміст солей кальцію і магнію не перевищував 0,5 мекв (на титрування повинно витратитись не більше 5 мл 0,1 н. розчину трилону Б). Пробу досліджуваної води розводять дистильованою водою до об'єму 100 мл, доливають 5 мл буферного розчину і декілька крапель розчину індикатору до утворення винно-червоного забарвлення. Титрують робочим розчином трилону Б до переходу червоного кольору в синій.

Твердість води у міліеквівалентах обчислюють за формулою:

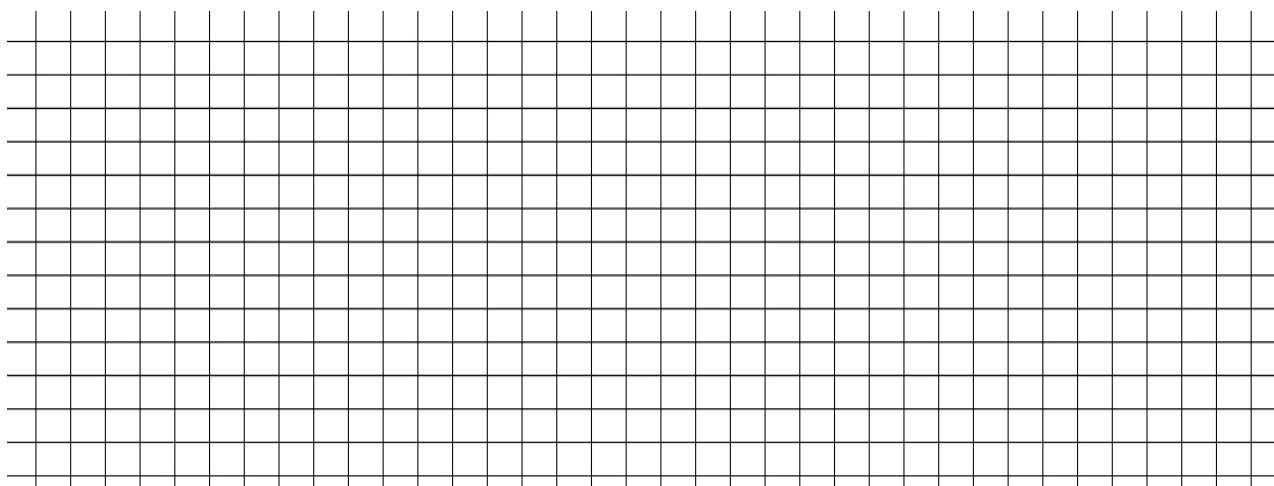
$$T_{\text{в}} = \frac{N_{\text{тр}} \cdot V_{\text{тр}} \cdot 1000}{V_{\text{води}}},$$

де $N_{\text{тр}}$ і $V_{\text{тр}}$ – нормальність і об'єм робочого розчину трилону Б, витраченого на титрування, мл;

$V_{\text{води}}$ – об'єм проби води, мл.

Отримані дані заносять у таблицю.

№ проби	$N_{\text{тр}}$	$V_{\text{води}}$, мл	$V_{\text{тр}}$, мл	$V_{\text{тр}}$ (серед.), мл	$T_{\text{в}}$, мекв/л
1.	0,1				
2.					
3.					



Висновки:

Питання для самоконтролю.

1. Чим зумовлена твердість води?
2. Що таке загальна, тимчасова та постійна твердість води?
3. Опишіть методи усунення твердості води. Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
4. Яка мета застосування у титриметричному аналізі буферних розчинів?
5. Які індикатори використовують у комплексометрії для встановлення точки еквівалентності?
6. Опишіть сутність комплексометричного методу визначення твердості води.
7. Які сполуки називають комплексонами?

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ТА ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мітрясова О. П. Хімічна екологія: навч. посібник. – Херсон: ОЛДПЛЮС., 2016. – 318 с.
2. Зеленська, В. А. Основи екології : навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 208 с.
3. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Основи екологічних знань. – К.: Наук. думка, 2004.
4. Іванов В. Г. І-20 Екологічна хімія : конспект лекцій / В. Г. Іванов. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 108 с.
5. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник. - К.: Вища школа, 2005.
6. Юрченко Л.І. Екологія. – К.: “Вид.дім “Професіонал”, 2009. – 288 с.
7. Ясинська А.М. Основи хімічної екології. – К.: Вид. Абрис, 1999. – 198 с.
8. Руденко С.С. Практикум із загальної екології / С.С.Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова. Чернівці: вид-во ЧНУ, 2013. 248 с.
9. Руденко С.С. Загальна екологія: практичний курс. Навчальний посібник. У 2 ч. Частина 1. Урбоекосистеми / С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова. Чернівці: Книги-XXI, 2008. 342 с.
10. Лавринюк З.В. Сучасні аспекти хімічної екології. Конспект лекцій. Луцьк: «Вежа Друк», 2018. 62 с.
11. Кучерявий В.П. Загальна екологія: підручник для студентів закладів вищої освіти. Частина 1. / В.П. Кучерявий. – Львів: Видавництво ПП «Новий Світ – 2000», 2023. – 272 с.
12. Загальна екологія: підручник для студентів вищих навч. закл. Частина 2. / В.П. Кучерявий. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2023. – 344 с.

МАТКІВСЬКИЙ М.П., ТАРАС Т.М. Робочий зошит з лабораторних робіт до дисципліни «Хімічна екологія» для студентів освітньої програми «Середня освіта (хімія)». –

Літературний редактор і коректура – Микола Матківський
Комп'ютерна верстка – Тетяна Тарас