

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

Р. Є. Хома, О. М. Чеботарьов

МЕТОДИ ЗБОРУ, ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ЕКОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт для студентів
IV курсу (денного відділення) та V курсу (заочного відділення)
факультету хімії та фармації
за спеціальністю 014 «Середня освіта (Хімія)»

ОДЕСА
ОНУ
2021

УДК 543.504

X-343

Рецензенти:

Т. О. Кіосе, кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;
С. В. Топоров, кандидат хімічних наук, доцент кафедри аналітичної та токсикологічної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Рекомендовано вченою радою
факультету хімії та фармації ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 4 від 20.10.2020 р.

Хома Р. Є.

X 343

Методи збору, обробки та аналізу екологічних даних : метод. вказівки для студентів ф-ту хімії та фармації першого (бакалавр.) рівня освіти, спец. 014 «Середня освіта (Хімія)» / Р. Є. Хома, О. М. Чеботарьов. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2021. – 60 с.

Методичні вказівки складено відповідно до програми з спецкурсу “Методи збору, обробки та аналізу екологічних даних”. Вони містять структуру, зміст навчальної дисципліни та методики виконання лабораторних робіт, які призначені студентам факультету хімії та фармації за спеціальністю 014 «Середня освіта (Хімія)».

Може бути рекомендований для студентів природничих факультетів при підготовці до занять “Аналітична хімія навколишнього середовища” “Екотоксикологія”, які навчаються за спеціальностями 102 «Хімія», 014 «Середня освіта (Хімія)» та 226 «Фармація, промислова фармація».

УДК 543.504

© Хома Р. Є., Чеботарьов О. М., 2021

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	4
I. СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	
“Методи збору, обробки та аналізу екологічних даних”	7
1.1. Програма курсу “Методи збору, обробки та аналізу екологічних даних”	9
1.2. Завдання курсу.....	12
1.3. Структура навчальної дисципліни	15
1.4. Теми семінарських занять	16
1.5. Теми практичних занять	16
1.6. Теми лабораторних занять	16
1.7. Самостійна робота	16
1.8. Індивідуальне навчально-дослідне завдання	17
1.9. Методи навчання	17
1.10. Методи контролю знань та вмінь.....	18
II. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДІВ ТА МЕТОДИКИ	
ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	19
2.1. Правила оформлення лабораторних робіт	19
2.2. Опрацювання результатів хімічного аналізу	19
2.3. Пробовідбір і пробопідготовка при аналізі об’єктів навколишнього середовища	21
<i>Лабораторна робота № 1</i>	
Визначення окиснюваності води	30
<i>Лабораторна робота № 2</i>	

Фотометричне визначення вмісту фосфору у воді у вигляді ортофосфатів і поліфосфатів	35
<i>Лабораторна робота № 3</i>	
Визначення гідролітичної кислотності ґрунту за Каппеном	40
<i>Лабораторна робота № 4</i>	
Визначення сульфатів у водній витяжці ґрунту	43
<i>Лабораторна робота № 5</i>	
Визначення сірководню і сульфідів у ґрунті	47
<i>Лабораторна робота № 6</i>	
Визначення аніонних поверхнево-активних речовин (АПАР) у стічних водах	50
<i>Питання для підсумкового контролю</i>	54
<i>Рекомендована література</i>	57

ВСТУП

Сучасна глобальна екологічна криза, що поступово прогресує, потребує значної уваги та заходів подолання. Вже на етапі зародження інформаційного суспільства, засади якого почали інтенсивно впроваджуватися у ХХІ ст., загострилися певні соціально-екологічні проблеми, ігнорування яких може призвести до невивірених результатів.

Екологічна інформація представляє собою сукупність даних про динаміку кількісних та якісних змін стану природних об'єктів довкілля, їх взаємозв'язок і закономірності розвитку. Ця сукупність даних є базою для проведення оцінки екологічного стану навколишнього середовища та прийняття обґрунтованих управлінських рішень в області екології. Накопичена екологічна інформація за багаторічний період формує банки еколого-економічних даних, які мають велике значення для створення ефективної інформаційної екологічної системи. Банки екоінформації – один із ефективних засобів пізнання законів і закономірностей екологічного стану навколишнього природного середовища.

В основі процесів, які обумовлюють сучасний стан біосфери, лежать фізико-хімічні перетворення в атмосфері, літосфері, гідросфері і живих організмах. Ці перетворення вивчають такі галузі хімії як геохімія, агрохімія, гідрохімія, фотохімія, біохімія та ін. Глобальні процеси, що протікають в навколишньому середовищі та зумовлені як природними, так і антропогенними факторами, вказують на тісний взаємозв'язок між явищами, що протікають за

участю абіотичних компонентів в різних геосферах, і біогеохімічними циклами.

Контроль стану навколишнього середовища включає дослідження таких природних ресурсів, як різноманітні води, атмосферне повітря, ґрунти, а також сукупність цих систем з точки зору визначення в них забруднюючих хімічних речовин, які порушують екологічну рівновагу в природі. Тут чітко проглядається хімічна сутність обговорюваної проблеми: з цієї точки зору можна говорити і про хімічний моніторинг. В екологічному моніторингу активно використовують різні хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні методи аналізу.

Метою курсу “Методи збору, обробки та аналізу екологічних даних” є формування у студентів знань про сучасні хіміко-аналітичні технології систем моніторингу екологічних процесів, засоби збору екологічної інформації, методи обробки та аналізу екологічних даних.

I. СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

“Методи збору, обробки та аналізу екологічних даних”

Інформація про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація) – це будь-яка інформація в письмовій, аудіовізуальній, електронній чи іншій матеріальній формі про стан навколишнього природного середовища чи його об'єктів – землі, вод, надр, атмосферного повітря, рослинного і тваринного світу та рівні їх забруднення; біологічне різноманіття і його компоненти, включаючи генетично видозмінених організмів та їх взаємодію із об'єктами навколишнього природного середовища; джерела, фактори, матеріали, речовини, продукцію, енергію, фізичні фактори (шум, вібрацію, електромагнітне випромінювання, радіацію), які впливають або можуть вплинути на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей; загрозу виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій, результати ліквідації цих явищ, рекомендації щодо заходів, спрямованих на зменшення їх негативного впливу на природні об'єкти та здоров'я людей; екологічні прогнози, плани і програми, заходи, в тому числі адміністративні, державну екологічну політику, законодавство про охорону навколишнього природного середовища; витрати, пов'язані із здійсненням природоохоронних заходів за рахунок фондів охорони навколишнього природного середовища, інших джерел фінансування, економічний аналіз, проведений у процесі прийняття рішень з питань, що стосуються довкілля.

Основними джерелами такої інформації є дані моніторингу довкілля, кадастрів природних ресурсів, реєстри, автоматизовані бази даних, архіви, а також довідки, що видаються уповноваженими на те органами державної влади, органами місцевого самоврядування, громадськими організаціями, окремими посадовими особами.

В умовах неухильного зростання антропогенних впливів на навколишнє середовище необхідно мати різноманітну і детальну інформацію про її фактичний стан. Така інформація дозволить не тільки оцінити ситуацію, що склалася, але і дати прогноз майбутнього стану середовища та нарешті визначити стратегію контролю в області охорони навколишнього середовища.

Система екологічної інформації заснована на створенні комп'ютеризованої мережі збору, обробки, зберігання і обміну екологічної інформації. Вона є основою існування системи моніторингу і базується на виробленні спеціальних програм; збиранні, обробці первинної інформації від станцій спостереження та інших джерел, обміні з іншими інформаційними мережами, передачі інформації та ін.; моделюванні процесів екологічного впливу; створенні екологічних карт; прогнозуванні майбутніх наслідків впливу на навколишнє середовище.

Для ефективного функціонування вона має охоплювати всі джерела контролю та інстанції збирання інформації.

1.1. Програма спецкурсу “Методи збору, обробки та аналізу екологічних даних”

Заліковий модуль I

Змістовий модуль 1. *Екологічна інформація та методи її збору*

Тема 1. Поняття та класифікація екологічної інформації

Концепції екологічного моніторингу. Основні складові систем екологічного моніторингу. Принципи регіонального екологічного моніторингу. Екологічна інформація в системі охорони довкілля.

Тема 2. Екологічна інформація в Україні і за кордоном

Структура Державної системи моніторингу довкілля (ДСМД). Закордонні системи екологічного моніторингу. Проблеми глобального екологічного моніторингу.

Тема 3. Хімічний склад, класифікація об’єктів навколишнього середовища

Кількісний та якісний склад вод, повітря, атмосферних опадів, ґрунтів та донних відкладень. Основні показники якості об’єктів навколишнього середовища.

Тема 4. Структура та основні задачі екоінформаційних систем

Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища.

Тема 5. Загальна характеристика методів, використовуваних при зборі екологічних даних

Методи хіміко-екологічного контролю. Геохімічні методи. Геофізичні методи. Методи біоекологічних та фізико-хімічних досліджень. Аерокосмічні спостереження і дистанційне зондування.

Тема 6. Відбір проб води, повітря, ґрунту та донних відкладень, біопроб і харчових продуктів

Представницька проба. Генеральна, лабораторна і проба, що аналізується. Основні принципи відбору проб. Пробовідбірники.

Тема 7. Підготовка проби об'єкта навколишнього середовища до аналізу

Основні стадії підготовки проби до аналізу. Види розкладання зразків проб об'єктів навколишнього середовища. Розкладання проб об'єктів навколишнього середовища у закритому посуді під впливом фізичних факторів. Методи розділення і концентрування.

Змістовий модуль 2. *Методи обробки та аналізу екологічної інформації*

Тема 8. Обробка результатів вимірювання

Організація проведення вимірювань. Попередня обробка результатів вимірювань. Обробка результатів багаторазових прямих вимірювань. Графоаналітичний метод перевірки належності сукупності результатів вимірювання нормального закону розподілу. Виявлення та виключення грубих похибок.

Тема 9. Побудова фізико-хімічних моделей екологічних процесів

Особливості моделювання екологічних процесів. Суть фізико-хімічного моделювання. Фізико-хімічні моделі екопроцесів.

Тема 10. Побудова математичних моделей екологічних процесів

Суть математичного моделювання. Математичні моделі екопроцесів. Моделювання і прогнозування процесів забруднення об'єктів навколишнього середовища.

Тема 11. Методи і моделі прийняття рішень в екоінформаційних системах

Екологічна інформаційна система (ЕІС). Підходи до вибору і побудови моделі інтелектуальної обробки даних в ЕІС. Перспективи розвитку і застосування ЕІС на основі комп'ютерних технологій.

Тема 12. Застосування ГІС технологій в екоінформаційних системах

Геоінформаційні системи в екології. ГІС-технології в прийнятті рішень. Огляд сучасних програмних засобів по роботі з електронною картографією.

1.2. Завдання курсу

Для досягнення вказаної мети слід вирішити наступні завдання:

- формування у студентів-хіміків уявлення про різноманітність речовин – забруднювачів і токсикантів, складність їх визначення, зміну їх вмісту в часі та просторі;
- ознайомлення з правилами відбору проб води, повітря та ґрунту; розкладу зразків об'єктів навколишнього природного середовища і підготовки їх до аналізу;
- розгляд та порівняння хімічних, фізико-хімічних та фізичних методів аналізу, які використовуються при дослідженні хімічного складу об'єктів навколишнього природного середовища, а також методів концентрування і розділення;
- отримання студентами практичних навичок визначення забруднювачів різноманітної природи в об'єктах навколишнього природного середовища;
- навчання ефективному використуванні статистичних, математичних та сучасних програмних засобів обробки і аналізу екологічних даних.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

а) загальних (ЗК):

- ЗК2 Здатність працювати у команді та автономно;
- ЗК3 Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології;
- ЗК6 Здатність до аналізу та синтезу;

- ЗК7 Здатність вчитися впродовж життя і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК8 Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях;
- ЗК10 Здатність до адаптації та дії в новій ситуації;

б) фахових (ФК), знань (ПРНЗ) та умінь (ПРНУ):

- ФК 11. Здатність застосовувати основні методи дослідження для встановлення складу, будови і властивостей речовин, інтерпретувати результати досліджень;
- ФК 16. Здатність інтегрувати знання з хімії для розуміння хіміко-екологічних проблем атмосфери, гідросфери, літосфери та біосфери в цілому.
- ФК 17. Здатність здійснювати моніторинг, оцінювати антропогенний та техногенний вплив на довкілля (поточний стан навколишнього середовища).
- ПРНЗ 7. Знає методи хімічного та фізико-хімічного аналізу, синтезу хімічних речовин, у т. ч. лабораторні та промислові способи одержання важливих хімічних сполук.
- ПРНЗ 13. Знає основні екологічні закони, правила, принципи існування та функціонування екосистем, а також охорони довкілля та природокористування.
- ПРНЗ 14. Знає хімічний склад навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери, літосфери) і його еволюцію, особливості кругообігу найважливіших елементів і речовин, механізми міграції та утримування елементів у біосфері.

- ПРНЗ 15. Розуміє суть та причини виникнення основних екологічних проблем довкілля, пов'язаних діяльністю людини.

На завершення студентами виконується теоретична залікова робота за літературними даними останніх років.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен:

знати: класифікацію, хімічний склад та властивості об'єктів навколишнього природного середовища; відбір та підготовку проб до аналізу; методи обробки та особливості аналізу екологічних даних;

вміти:

- виконувати еколого-аналітичний контроль об'єктів довкілля, відбір проб та пробопідготовку різноманітних об'єктів аналізу;
- виконувати визначення загальних показників якості ґрунтів, вод, рослинності; виконувати статистичну обробку прямих і опосередкованих результатів вимірювань у хімії довкілля;
- інтерпретувати результати аналізу об'єктів довкілля, оцінювати стан та прогнозувати наслідки забруднення довкілля, спираючись на стандарти вмісту пріоритетних забруднювачів в Україні, країнах ЄС, США та згідно з рекомендаціями ВООЗ.

Навики: самостійної роботи з літературою екологічної та хіміко-аналітичної спрямованості.

Досвід діяльності: аналіз, оцінювання і прогнозування часової локальної екологічної ситуації.

1.3. Структура навчальної дисципліни

Назви тем
Заліковий модуль I
Змістовий модуль 1. <i>Екологічна інформація та методи її збору</i>
Тема 1. Поняття та класифікація екологічної інформації
Тема 2. Екологічна інформація в Україні і за кордоном
Тема 3. Хімічний склад, класифікація об'єктів навколишнього середовища
Тема 4. Структура та основні задачі екоінформаційних систем
Тема 5. Загальна характеристика методів, використовуваних при зборі екологічних даних
Тема 6. Відбір проб води, повітря, ґрунту та донних відкладень, біопроб і харчових продуктів
Тема 7. Підготовка проби об'єкта навколишнього середовища до аналізу
Змістовий модуль 2. <i>Методи обробки та аналізу екологічної інформації</i>
Тема 8. Обробка результатів вимірювання
Тема 9. Побудова фізико-хімічних моделей екологічних процесів
Тема 10. Побудова математичних моделей екологічних процесів
Тема 11. Методи і моделі прийняття рішень в екоінформаційних системах
Тема 12. Застосування ГІС технологій в екоінформаційних системах

1.4. Теми семінарських занять

Не передбачено

1.5. Теми практичних занять

Не передбачено

1.6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми
1	Визначення окислюваності води
2	Фотометричне визначення вмісту фосфору у воді у вигляді ортофосфатів і поліфосфатів
3	Визначення сірковмісних органічних сполук каталітичним методом
4	Визначення гідролітичної кислотності ґрунту за Каппеном
5	Визначення сульфатів у водній витяжці з ґрунту
6	Визначення сірководню в ґрунті

1.7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1.	Види та рівні екологічного моніторингу
2.	Побудова системи моніторингу міст Києва та Одеси
3.	Основи еколого-аналітичного моніторингу забруднювачів
4.	Муніципальна екологічна інформаційна система
5.	Методи біологічного моніторингу
6.	Пробопідготовка при аналізах вмісту нафти і нафтопродуктів
7.	Розкладання проб об'єктів навколишнього середовища у закритому посуді під впливом фізичних факторів
8.	Основні відомості про вимірювання фізичних величин.

	Похибки вимірювання
9.	Фізико-хімічні процеси в біосфері
10.	Математичне моделювання і прогнозування забруднення атмосфери
11.	Екологічне інформування та екологічний контроль.
12.	Застосування ГІС-технологій при комплексній оцінці екологічного стану міських та приміських територій

Для контролю за самостійною роботою студентів, а також з метою закріплення і поглиблення теоретичних та практичних знань студентів в області методів збору, обробки та аналізу екологічних даних передбачено виконання нижче наведених різноманітних індивідуальних завдань.

1.8. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Не передбачено

1.9. Методи навчання

Студенти приймають участь в обговоренні певних питань на лабораторних заняттях і лекціях, які читаються в діалоговому режимі. Під час викладання дисципліни використовуються словесні та наочні методи навчання: лекція з демонстраціями в Power Point, бесіда, пояснення; лабораторні заняття; практичні методи навчання - розв'язання хіміко-екологічних задач.

Передбачено проведення індивідуальних та групових очних консультацій, а також онлайн-консультації в месенджерах Telegram та Viber.

1.10. Методи контролю знань та вмінь

- Поточне опитуванням (ПО) на лабораторних заняттях та лекціях;
- контрольні роботи (КР);
- модульні контрольні роботи (МКР);
- підсумковий залік.

Якість засвоєння студентом дисципліни оцінюється за 100 – бальною шкалою. З них: 100 рейтингових балів становить максимальна оцінка навчальної роботи студента протягом семестру, 15 рейтингових балів – максимальна оцінка на підсумковому тестуванні.

Мінімальна сума балів з предмету за семестр становить 60 балів для заліку.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

II. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДІВ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

2.1. Правила оформлення лабораторних робіт

Після ознайомлення з теоретичними основами методу та правилами техніки безпеки виконання лабораторної роботи в робочий зошит записують методику експерименту, хімічні рівняння реакцій в молекулярному, повному і скороченому іонному вигляді, всі отримані дані і спостереження, проведені розрахунки та результати статистичної обробки.

2.2. Опрацювання результатів хімічного аналізу

При проведенні експериментальних досліджень неодмінним супутником будь-яких вимірювань є так звані *похибки (помилки)*.

Найбільш поширені варіанти класифікації похибок наступні:

- 1) *за способом обчислення* – абсолютні (наприклад, стандартне відхилення) і відносні (наприклад, відносне стандартне відхилення, процентна помилка) похибки;
- 2) залежно від *характеру причин*, які їх викликають – випадкові, систематичні похибки та промахи;
- 3) *за джерелами походження* – інструментальні, реактивні, методичні, похибки пробовідбору тощо (наприклад, індикаторна помилка, помилка співосадження тощо);
- 4) залежно від того, *завищують або занижують* результат вимірювання порівняно з дійсним або середнім значенням, їх можна підрозділити на додатні та від'ємні.

5) за *типом зв'язку* між похибкою і вимірюваною величиною розрізняють *постійні*, значення яких не залежить від самої вимірюваної величини, і *пропорційні похибки*, значення яких є пропорційні вимірюваній величині.

При виконанні експериментальної роботи, величину аналітичного сигналу кожного (*i*-того) зразка вимірюють декілька разів в ідентичних умовах, тобто є *n* паралельних вимірювань. Усі ці дані обробляють з використанням методу математичної статистики, за допомогою якої розраховують основні характеристики вибіркової сукупності за нижче наведеними формулами.

Середнє для вибірки з <i>n</i> результатів	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
Дисперсію, що характеризує розсіювання результатів відносно середнього	$V = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$
Стандартне відхилення	$s = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
Відносне стандартне відхилення	$s_r = \frac{s}{\bar{x}}$
Величину довірчого інтервалу	$x - x_{icm.} = \pm \frac{t_{P,f} s}{\sqrt{n}}$

де $t_{P,f}$ – розподіл Стьюдента; s – стандартне відхилення вимірюваної величини, яке розраховано для вибіркової сукупності з n значень ($f = n - 1$); P – довірна вірогідність (звичайно приймають рівної 0,95); $x_{icm.}$ – істинне значення величини, що визначається.

Значення f для різних довірчих інтервалів вірогідності

Довірча вірогідність	Число ступенів свободи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,90	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,90	1,86	1,83	1,81
0,95	12,7	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23
0,99	63,6	9,93	5,84	4,60	4,03	3,71	3,50	3,36	3,25	3,17
0,999	636	31,6	12,9	8,61	6,86	5,96	5,41	5,04	4,78	4,59

2.3. Пробовідбір і пробопідготовка

при аналізі об'єктів навколишнього середовища

Водні об'єкти

Способи відбору проб води

Правильна оцінка якості води у водоймі або водотоці великою мірою залежить від умов відбору, консервування та зберігання проб. До цього слід додати, що помилки, пов'язані з неправильним відбором проб, виправити практично неможливо.

Умови відбору проб і деталі проведення аналізу досить різноманітні і залежать від поставлених завдань. Для того, щоб відібрана проба була представницькою, тобто відображала умови і місце її взяття, необхідно враховувати такі фактори, як специфіка водойми (фізичні, хімічні та біологічні властивості водного об'єкту) і специфіка стану визначених речовин (розчинена, зважена, колоїдна, плівкова і т. д.).

Перед взяттям проби бутель і пробки слід ретельно вимити (із застосуванням миючих засобів і реактивів у залежності від виду аналізу), а потім не менше трьох разів обполоснути водою, що відбирається для дослідження. Проби відбирають у поліетиленовий або скляний посуд залежно від виду дослідження: для визначення

мікроелементів придатні обидва типи, для визначення органічних речовин краще використовувати скляний, при відборі для визначення кремнію – лише поліетиленовий. За винятком окремих випадків (як визначення БСК) в бутлі рекомендується залишати невеликий повітряний простір. Для отримання надійних результатів у кожній точці слід відбирати не менше двох паралелей.

При пробовідборі із проточних водних об'єктів (річок і струмків) проби води слід брати під поверхнею (зазвичай 20-30 см, або у всякому разі у верхній третині глибини). Однак, якщо припускають, що в результаті скидання стічних вод в придонних шарах накопичуються осідають шкідливі речовини, то на відстані 30-50 см від дна відбирають придонні проби. При відборі з водних об'єктів, течія в яких уповільнена або відсутня (озер, водосховищ, ставків та ін.) рекомендується відбирати окремі проби з різних ділянок, ніж отримувати середню пробу. Особливо небажано змішувати проби від заростей водних рослин і проточні, оскільки їх склад може суттєво відрізнятись. При відборі проб джерельної води дно слід поглибити так, щоб можна було вільно занурити під поверхню води бутель або іншу посудину.

Проби дощової води збирають за допомогою широкої воронки, трубка якої повинна доходити до дна бутлі для проби. Для визначення середнього складу атмосферних опадів воду збирають протягом усього часу, поки йде дощ; а для визначення якості чистої дощової води її збирають через кілька хвилин після початку дощу. Падаючий сніг також відбирають в воронку або широку і глибоку чашку, а потім розморожують. Проби снігового покриву відбирають

в місцях, де він лежить найбільш товстим шаром, причому верхній шар відкидають.

При відборі проб питної води з водопровідного крана на нього надягають гумовий шланг, кінець якого опускають на дно пляшки для проби. Повільно відкривають кран до тих пір, поки вода не потече безперервним струменем товщиною близько 0,5 см. Після наповнення судини водою його залишають ще деякий час під краном, щоб вода перетікала через край до встановлення постійної температури. Однак для визначення вмісту важких металів (мідь, свинець, залізо та ін.) у воді, яка довго залишалася в трубопроводі, пробу беруть відразу після відкривання крана.

Порядок виконання аналізу

Аналіз повинен бути виконаний після відбору проби по можливості швидше. Навіть в герметично закритій посудині з плином часу відбувається зміна сольового і газового складу води. Так, наприклад, в результаті біологічних процесів змінюються кількості у воді амонійних іонів, нітратів, фосфатів, сірководню, оксиду вуглецю(II) (або карбонат-іонів). Зміна газового складу (сірководню і двоокису вуглецю) тягне за собою і зміну рН. При тривалому зберіганні проби зі скла вилугуються помітні кількості кремeneвої кислоти і деяких мікрокомпонентів; окислюється залізо(II), а залізо(III) випадає у вигляді гідроксиду в осад і т. п. Особливо швидко ці процеси відбуваються при зберіганні проб у приміщеннях з високою температурою.

Зміна сольового і газового складу різко збільшується при поганій закупорці проби, а також після відкриття проби для виконання аналізу. У цьому випадку, крім перерахованих процесів, часто спостерігається процес перетворення гідрокарбонат-іонів в карбонати з випаданням в осад карбонату кальцію, що тягне за собою зменшення концентрації іонів кальцію, гідрокарбонат-іонів і величини сухого залишку. Осади, що випали, адсорбують частину мікрокомпонентів. Залежно від величини і характеру мінералізації досліджуваної води зміна складу може відбуватися настільки швидко, що при виконанні аналізу на інший день після розкладу проби виходять абсолютно спотворені результати.

При загальному аналізі води визначення фізичних властивостей – рН, сірководню, оксиду вуглецю(II) (відповідно карбонат-іонів), заліза(II) і (III), нітрит-іонів та іонів амонію – рекомендується виконувати в день відкриття проби. У цей же день повинна бути відміряна вода для визначення гідрокарбонат-іонів та іонів кальцію і сухого залишку. Подальше визначення цих компонентів так само, як і інших, більш стійких, можна при необхідності проводити пізніше.

Ґрунтові об'єкти

Способи відбору проб ґрунту

Проби повітря та води можна отримати порівняно легко, що не можна сказати про ґрунтовий і рослинний покрив.

Проби ґрунту можна відбирати лопатою або буром. Ґрунтовий зразок орного шару, взятий з однієї точки, висипають на клейонку, перемішують і з нього відбирають пробу певного об'єму (приблизно

склянку), так звану виїмку, а все інше відкидають. Виїмки з різних точок зсипають разом, ретельно перемішують (іноді додатково піддають квартуванню для зменшення об'єму зразка). Квартування проводиться наступним чином: ретельно перемішаний ґрунтовий зразок розсипають рівним шаром на клейонці, пергаменті або кальці у формі квадрата. Лінійкою ділять квадрат по діагоналі на чотири рівні частини. Дві протилежні частини об'єднують, дві інші відкидають. Знову розсипають ґрунт рівним шаром на кальці, ділять на чотири рівні частини і об'єднують протилежні. Так роблять до тих пір, поки маса зразка не досягне бажаного значення (для усередненої проби до 1 кг). Сенса квартування полягає в тому, щоб зберегти представництво проби. З тих же міркувань слідує вимога, щоб виїмки, з яких складають вихідний зразок, були подібні за забарвленням, структурою, механічним складом.

Якщо проби беруться в садах, кожен виїмку відбирають на відстані 1 м від стовбура; під просапними культурами виїмки ґрунту відбирають так, щоб в рівній мірі захопити ряди і міжряддя. Для відбору проб з підорного шару в 5 точках копають прикопки на глибину 50 см. На всю його глибину вирізують лопатою зразок масою 1,5 – 2 кг. Після перемішування з цього зразка методом квартування відбирають вихідний зразок масою 400-500 г, потім – середній зразок.

Для визначення органічних речовин (пестицидів) проби, як правило, досліджують у природно-вологодному стані. Якщо неможливо провести аналіз протягом дня, проби або зберігають в холодильнику, або висушують до повітряно-сухого стану в темному приміщенні (в

залежності від визначуваної речовини), в скляних ємностях, картонних коробках або поліетиленових мішках.

Для визначення мікроелементів ґрунтові зразки краще відбирати в кальку або пергамент, можна використовувати поліетиленові або тканинні мішки (вбілену тканину слід ретельно промити дистильованою водою і висушити, інакше проби будуть забруднені цинком: оксид цинку використовується як білий пігмент). Клеєний папір містить бор і може бути причиною забруднення проб цим елементом. Потім свіжі ґрунтові зразки повинні бути доведені до повітряно-сухого стану (в чистому, добре провітрюваному приміщенні або в спеціальних сушильних шафах при температурі не вище 30-40 °С).

Підготовлений таким чином ґрунтовий зразок необхідно розтерти в ступці, обережно розбиваючи злиті грудки за допомогою пестика, потім пропустити через сито з діаметром отворів 1 мм. Кам'яністі включення і коріння рослин видаляють руками. Для визначення валового вмісту мікроелементів відбирають квартуванням 10-12 г і отриманий зразок розтирають у ступці до пудри з метою подальшого сплаву з карбонатами лужних металів або мокрого спалення мінеральними кислотами.

Визначення рухомих форм мікроелементів передбачає обробку частин отриманого зразка різними витяжками, від води до кислотних розчинів.

Підготовка ґрунтових витяжок

Аналіз водної витяжки з ґрунту дає відомості про склад і кількість легкорозчинних речовин ґрунту і дозволяє встановити ступінь і характер засолення ґрунту. Водні ґрунтові витяжки в залежності від характеру ґрунту можуть бути нейтральними, лужними і кислими.

При дії води на ґрунт відбувається розчинення мінеральних сполук і частково гумусових речовин, а в деяких випадках йде також процес розкладання складних силікатів. Надалі ґрунт взаємодіє вже не з водою, а з утвореним складним розчином, де можуть протікати реакції взаємного обміну між катіонами витяжки та катіонами поглинаючого комплексу ґрунту. Лужна реакція солонцевих ґрунтів збільшує розчинність гумусових речовин, кисла реакція підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтів підвищує розчинність полуторних оксидів. У зв'язку з цим умови і час приготування водної витяжки повинні бути строго стандартними.

Для визначення легкорозчинних речовин загально прийнято готувати витяжку з ґрунту (подрібненої і просіяної середньої проби) шляхом трихвилинного збовтування її з водою, яка не містить CO_2 , при співвідношенні ґрунту до води 1 : 5. Склад водної витяжки змінюється при зіткненні її з ґрунтом і повітрям, тому все визначення проводяться в якомога коротший термін. Перш ніж приступити до приготування водної витяжки, слід зібрати установку для фільтрування та приготувати необхідні для подальших визначень реагенти.

Якщо метою водної витяжки ставиться визначення вмісту в ґрунті в даний момент тих чи інших розчинних у воді речовин, то взятий зразок ґрунту не може бути піддано просушуванню; для інших випадків береться наважка повітряно-сухого ґрунту з фракції, пропущеної через сито з діаметром отворів 1 мм.

При аналізі водних витяжок насамперед потрібно мати на увазі, що для більшості визначень необхідні свіжоприготовлені витяжки, а ті, що заготовлені заздалегідь, можуть дати невірні результати, оскільки водна витяжка взагалі легко загниває, а і нижчі організми, які розмножуються в ній, розкладають і поглинають частину розчинених речовин і збільшують кількість органічних речовин витяжки. Крім того, нижчі організми виявляються як каламуть, яка зважена у воді, що різко знижує точність візуального визначення.

Після закінчення збовтування всю суспензію ґрунту з водою, або швидко фільтрують, або обережно дають їй відстоятися. Фільтрування проводять через сухий беззольний фільтр, на який зверху поміщають другий сухий складчастий фільтр, в якості приймача використовують конічну колбу місткістю 250 мл, омиваючи її стінки першими порціями фільтрату. Якщо перші порції фільтрату виявляються каламутними, то його слід перефільтрувати через цей же фільтр відразу, не чекаючи кінця фільтрування. Після закінчення фільтрування колбу з фільтратом слід закрити пробкою.

Крім водних витяжок для некарбонатних ґрунтів застосовується система витяжок, де для отримання кожного елемента застосовується індивідуальний екстрагент (наприклад, для міді – 1,0 н соляна кислота, марганцю – 0,1 н сірчана кислота, цинку –

1,0 н розчин хлориду калію, молібдену – оксалатний буферний розчин з рН 3,3 і т. д.). В якості екстрагентів для карбонатних ґрунтів запропоновані буферні розчини ацетатних солей амонію і натрію. Однак, будучи слабкими екстрагентами, вони витягують дуже невеликі кількості мікроелементів, які важко визначаються хімічними методами.

В лабораторіях хімії ґрунтів прийнято робити витяжки при постійному співвідношенні ґрунт : екстрагент = 1 : 10 (по масі) і струшуванні протягом 1 год. Після закінчення струшування ведуть фільтрування через фільтр “біла стрічка”, відбирають аліквотну частину фільтрату (об’єм її залежить від очікуваного вмісту мікроелементів) для аналізу.

Виділення з ґрунтів пестицидів та інших органічних речовин здійснюється шляхом екстракції органічними розчинниками. Вибір розчинника залежить не тільки від властивостей органічної речовини, що витягується, а й від властивостей ґрунту: так, для ґрунтів з низьким вмістом гумусу рекомендують, як правило, менш полярні розчинники (хлороформ), а для ґрунтів з високим його вмістом – значно більш полярні (ацетон). Крім органічних розчинників, може використовуватися вода і водні розчини, в тому числі при нагріванні (перегонка з водяною парою). Оскільки вміст органічних забруднювачів у ґрунті в звичайних умовах малий, екстракт або дистилат концентрують (адсорбція, сублімація у вакуумі, випаровування екстрагента).

Водний (органічний) розчин аналізують обраним методом.

Лабораторна робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ОКИСНЮВАНOSTІ ВОДИ

Характеристика об'єкту

Наявність у воді органічних речовин і легко окиснюваних неорганічних сполук (Fe^{2+} , H_2S , сульфідів, нітритів та ін.) характеризує окиснюваність води. Окиснюваність – один з показників ступеня забруднення води органічними домішками. Її виражають числом міліграмів кисню, витраченого на окиснення органічних речовин в 1 л води. Окиснюваність чистих річкових вод складає зазвичай 4-8 мг O_2 /л. Такий досить високий показник багато в чому пояснюється наявністю гумінових сполук. Вода вважається придатною для пиття в тому випадку, якщо її окиснюваність не перевищує 3 мг O_2 /л.

Через складність аналізу безпосередньо концентрацію органічних речовин у воді не визначають. Про вміст органічних речовин, розчинених у воді, судять за кількістю кисню, що витрачається на їх окиснення в певних умовах. В якості окислювачів органічних речовин зазвичай застосовують перманганат калію (перманганатна окиснюваність). За допомогою біхромату калію (біхроматна окиснюваність) можна визначати вміст гумусу. Щоб уникнути помилки попередньо в досліджуваній воді визначають неорганічні відновники (Fe^{2+} , SO_3^{2-} , H_2S).

Сутність методу

До проби води додають свідомо надлишкову кількість розчину KMnO_4 певної концентрації. Органічні речовини, що містяться в досліджуваній воді, при кип'ятінні взаємодіють з перманганатом калію. Надлишок перманганату калію можна визначити, титруючи прокип'ячену пробу води робочим розчином щавлевої кислоти. Але для отримання більш точних результатів використовується зворотне титрування: до прокип'яченої проби додають надлишок щавлевої кислоти, при цьому частина її окислюється надлишком перманганату калію, а решта $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ відтитровують перманганатом калію.

Якщо концентрація хлоридів в досліджуваній воді не перевищує 100 мг/л, то органічні речовини окислюють перманганатом калію в кислому середовищі (метод Кубеля). При більш високому вмісті хлоридів використовується реакція окислення перманганатом калію в лужному середовищі (метод Шульца). Практично органіка окислюється в повному обсязі, тому вважається, що перманганатна окиснюваність (на відміну від біхроматної) характеризує тільки вміст легкоокиснюваних органічних речовин.

Реактиви

1. Розчин перманганату калію 0,01 н готують наступним чином: наважку KMnO_4 0,33-0,35 г переносять у мірну колбу місткістю 1 л, розчиняють і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Розчин витримують 7-10 днів в темному місці в щільно закритій склянці. Осад відфільтровують. Для встановлення точної

концентрації відбирають в конічну колбу 25,00 мл 0,01 н щавлевої кислоти, додають 30 мл 2 н сірчаної кислоти, нагрівають до 60-70 °С, (розбавляючи приблизно вдвічі киплячою дистильованою водою) і титрують гарячу суміш приготованим розчином KMnO_4 до появи слабо-рожевого забарвлення, яке не зникає 2-3 хв.

2. Розчин 0,01 н щавлевої кислоти готують із фіксаналу або за точною наважкою з хімічно чистої $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
3. Сірчана кислота 4 н, 2 н.
4. Їдкий натр, 50 %-ий розчин.

Хід визначення за методом Кубеля

Щоб уникнути помилки, пов'язаної з випадковим забрудненням колби домішками, здатними до окислення, перед визначенням окиснюваності в колбу наливають 100-150 мл концентрованого розчину перманганату калію, підкисленого сірчаною кислотою, і кип'ятять 3-5 хв. Потім виливають суміш у спеціально призначену для цього склянку. Осад, що утворився на стінках колби, розчиняють у невеликій кількості 14 % соляної кислоти. Колбу обполіскують дистильованою водою і знову в неї наливають окислювальну суміш, повторюють кип'ятіння, після чого споліскують колбу дистильованою водою.

У попередньо підготовлену конічну колбу на 250 мл відміряють піпеткою або мірною колбою 100 мл досліджуваної води, додають 20 мл 4 н сірчаної кислоти і доливають з бюретки точно 20,00 мл 0,01 н розчину KMnO_4 . Колбу закривають воронкою, суміш

кип'ятять 10 хв. (рахуючи від початку кипіння). Щоб не було бурхливого скипання, в колбу поміщують “кипілки”. Важливо, щоб вони знаходилися в колбі до початку нагрівання, не можна закидати холодні “кипілки” в нагріту суміш.

До гарячої забарвленої рідини доливають з бюретки 20,00 мл 0,01 н щавлевої кислоти. Перемішують. Гарячий знебарвлений розчин титрують 0,01 н розчином KMnO_4 до появи слабо-рожевого забарвлення, що не зникає 2-3 хв. Якщо в процесі кип'ятіння розчин буріє, це свідчить про нестачу сірчаної кислоти.

Якщо після закінчення кип'ятіння не зберігається забарвлення, властиве перманганату калію, то до проби знову додають певний об'єм 0,01 н розчину KMnO_4 і кип'ятять 10 хв.

Хід визначення за методом Шульца

У попередньо підготовлену конічну колбу на 250 мл відміряють 50-100 мл досліджуваної води (в залежності від очікуваної окислюваності), додають 0,5 мл 50 %-ного розчину їдкого натру, 10-15 мл 0,01 н розчину KMnO_4 і кип'ятять 10 хв. (рахуючи від початку кипіння). До злегка охолодженого розчину (60-70 °С) доливають 10 мл сірчаної кислоти і відміряють з бюретки 10-15 мл 0,01 н розчину щавлевої кислоти. Відтитровують знебарвлений розчин 0,01. розчином KMnO_4 до появи слабо-рожевого стійкого забарвлення.

Розрахунок результатів визначення

Окиснюваність (в мг O₂/л) незалежно від методу визначення розраховується за такою формулою:

$$X = \frac{[20,0 + V(\text{KMnO}_4)] \cdot C_{\text{н}}(\text{KMnO}_4) - V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot C_{\text{н}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{V_{\text{зр.}}} \times \\ \times M_{\text{e}}(\text{O}_2) \cdot 100$$

де 20,00 – об'єм розчину KMnO₄, добавленого до проби води до кип'ятіння, мл;

V(KMnO₄) – об'єм розчину KMnO₄, витраченого на титрування надлишку щавлевої кислоти, мл;

C_н(KMnO₄) – встановлена молярна концентрація еквіваленту розчину KMnO₄;

V(H₂C₂O₄) – об'єм 0,01 н розчину щавлевої кислоти для зв'язування надлишку KMnO₄, мл;

C_н(H₂C₂O₄) – молярна концентрація еквіваленту розчину щавлевої кислоти (0,01 н);

M_e(O₂) – молярна маса еквіваленту кисню;

V_{зр.} – об'єм досліджуваного зразка (проби води), мл.

Лабораторна робота № 2

ФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ФОСФОРУ У ВОДІ У ВИГЛЯДІ ОРТОФОСФАТІВ І ПОЛІФОСФАТІВ

Характеристика об'єкту

Миючі засоби являють собою практично єдине джерело забруднення річок фосфатами, оскільки значна кількість фосфатів, вироблених тваринами і людьми, споживаються рослинами у вигляді фосфатних добрив. Фосфати використовуються в порошкоподібних миючих засобах для зв'язування в розчинні комплекси іонів кальцію і магнію, за рахунок чого знижується жорсткість води. Фосфати потрапляють в навколишнє середовище також у складі стічних вод підприємств, так як вони широко використовуються в промисловості: входять до складу антикорозійних рідин, засобів для видалення іржі і т. д. Фосфати є основою фосфатних керамік, добрив, біоматеріалів. Потрапляючи в водойми, фосфати прискорюють ріст деяких водоростей, що призводить до гниття стоячих вод. Природні води містять невелику кількість фосфатів, яка зазвичай не перевищує десятих часток мг в 1 л.

Сутність методу

Для визначення фосфору у вигляді фосфатів фотометричним методом придатна така група реакцій як утворення гетерополікислот. Особливо зручна додекамолібдатофосфорна кислота виду $\text{H}_3\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4$, яка використовується також при гравіметричному і титриметричному визначенні фосфору.

Фотометричне визначення ведеться так званим методом фосфорномолібденової сині, при якому утворена фосфорномолібденова кислота жовтого кольору відновлюється будь-яким відновником (наприклад, хлоридом олова(II) та ін.) в синю гетерополісполуку, що містить частково п'ятивалентний молібден. Перевага цього методу – високий молярний коефіцієнт поглинання комплексу у видимій області спектра (22700 л/(моль·см) при 725 нм), а недолік – погана відтворюваність, особливо при не дуже суворому дотриманні умов експерименту.

У даній роботі використовується метод, заснований на гідролізі поліфосфатів в кислому середовищі, при якому вони переходять в розчинені ортофосфати, що визначаються колориметричним методом в вигляді фосфорномолібденового комплексу, забарвленого в синій колір. В окремій пробі визначають ортофосфати, що містяться спочатку у воді, тоді концентрацію поліфосфатів знаходять за різницею між першим і другим результатом. Чутливість методу складає 0,01 мг/л. Визначенню заважають кремній, вплив якого усувають розведенням; тривалентне залізо (відновлюють металевим алюмінієм до двовалентного); хлориди при великих вмістах, у присутності яких виникає синьо-зелене забарвлення замість синього (для врахування впливу в “холостий” розчин додають хлориди в тій же концентрації).

Реактиви

1. Основний стандартний розчин: 0,7165 г дигідрофосфату калію $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, попередньо висушеного в термостаті протягом 2 год.

при 105 °С, розчиняють у мірній колбі місткістю 1000 мл дистильованою водою і доводять об'єм розчину до мітки (для консервування додають 2 мл хлороформу). 1 мл розчину містить 0,5 мг ортофосфат-іонів PO_4^{3-} .

2. Робочий стандартний розчин А: 1 мл основного розчину доводять до 100 мл дистильованою водою. 1 мл розчину містить 0,005 мг фосфату.
3. Робочий стандартний розчин Б: 50 мл свіжоприготовленого робочого розчину А доводять до 250 мл дистильованою водою. 1 мл цього розчину містить 1 мкг фосфату.
4. Реактив І (кислий розчин молібдату амонію): 25 г кристалогідрату $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ розчиняють в 300 мл дистильованої води. До цього розчину обережно при охолодженні додають 700 мл концентрованої сірчаної кислоти. Після того, як розчин матиме кімнатну температуру, його доводять дистильованою водою до 1 л. Розчин зберігають в бутлі з темного скла. Користуватися реактивом можна через 48 год. після його приготування.
5. Реактив ІІ (слабокислий розчин молібдату амонію): 10 г тієї ж солі розчиняють в 400 мл дистильованої води і додають 20 мл 37 %-вої сірчаної кислоти. Розчин зберігають у темному місці. Стійкий близько 3 місяців. Користуватися реактивом можна через 48 годин після приготування.
6. Сірчана кислота, 37 %-вий розчин.
7. Основний розчин хлориду олова(ІІ): 0,39 г кристалічного невивітреного $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ розчиняють в 10 мл 13,6 %-вій соляній

кислоті, яка не містить миш'яку, доводять до 10 мл дистильованою водою. Суспензію ретельно перемішують, зберігають в склянці, покритої всередині шаром парафіну або в поліетиленовому посуді. Щоб перешкодити окисленню Sn^{2+} , можна внести в посудину гранулу металевого олова. Перед вживанням суспензію добре перемішують. Робочий розчин хлориду олова (II): 2,5 мл основного розчину (суспензії) доводять дистильованою водою до 10 мл. Необхідно застосовувати свіжоприготовлений розчин.

Побудова градувального графіка

У мірну колбу місткістю 50 мл поміщають по черзі 0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0 мл робочого стандартного розчину Б (з концентрацією 1 мкг/мл), доводять до мітки дистильованою водою. Вміст ортофосфатів у зразкових розчинах відповідно складатиме від 0 до 0,40 мг PO_4^{3-} в 1 л води. Розчини переводять в конічні колби або хімічні стакани і додають в кожен піпеткою 1 мл реактиву І (кислого розчину молібдату амонію), перемішують, через 5 хв. мікропіпеткою вносять 0,1 мл робочого розчину хлориду олова і перемішують.

Через 10-15 хв. вимірюють оптичну густину розчинів при довжині хвилі 690-720 нм в кюветах з товщиною світлопоглинаючого шару 2 або 3 см. За отриманими даними розраховують рівняння лінійної регресії або будують градуваний графік.

Хід визначення

Визначення поліфосфатів

До 100 мл досліджуваної води додають 2 мл 37 % розчину сірчаної кислоти і кип'ячать протягом 30 хв. Об'єм досліджуваної води підтримують додаванням дистильованої води в межах 60-90 мл. Після охолодження розчину його переносять у мірну колбу місткістю 100 мл і доводять об'єм дистильованою водою до мітки. Додають 1 мл реактиву II (слабокислого розчину молібдату амонію), перемішують і через 5 хв. доливають 0,1 мл робочого розчину хлориду олова, потім знову перемішують. Через 10-15 хв. вимірюють оптичну густину і визначають сумарний вміст ортофосфатів за градувальним графіком. Щоб знайти вміст поліфосфатів, необхідно в окремій пробі визначити концентрацію ортофосфатів у досліджуваній воді і відняти її з отриманого сумарного вмісту.

Визначення ортофосфатів

До 50 мл досліджуваної води (що містить не більше 0,4 мг/л PO_4^{3-} , в іншому випадку ведуть попереднє розведення) вносять ті ж реактиви і в тій же послідовності, що і в зразкові розчини. Після того ж часового інтервалу вимірюють оптичну густину розчинів і встановлюють концентрацію ортофосфатів за градувальним графіком.

В обох випадках за остаточний результат аналізу приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, допустима розбіжність між якими не повинна перевищувати 10 %.

Лабораторна робота № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОЛІТИЧНОЇ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТУ ЗА КАПШЕНОМ

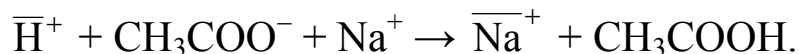
Характеристика об'єкту

Будучи природними катіонообмінниками, ґрунти утримують на негативно заряджених центрах адсорбції значну кількість катіонів. Особливе місце серед них займає катіон водню (гідроксонію) – і як найбільш рухливий, і як той, що робить найбільший вплив на життєдіяльність рослин. Обмінний водень витісняють багаторазовою обробкою ґрунту концентрованими (1,0 М) розчинами нейтральних солей: KCl , $CaCl_2$ та ін. Залежно від ступеня кислотності розчину, що утворився, можна встановити категорію ґрунтів. Найбільш кислі ґрунти ($pH_{\text{витяжки}} < 4,5$) потребують вапнування, так як надлишок H^+ пригнічує рослинність. При $pH_{\text{витяжки}} > 5,5$ ґрунт вважається близьким до нейтрального і вапнування не потребує. Є й проміжні категорії ґрунтів.

Більш точно дози вапна встановлюють за величиною гідролітичної кислотності, що дає найбільш повне уявлення про величину кислотності ґрунтів. Багато ґрунтів, що не виявляють обмінної кислотності, виявляють гідролітичну. Величина гідролітичної кислотності служить більш загальною характеристикою ненасиченості ґрунту основами. Цю величину використовують при обчисленні ємності поглинання кислих ґрунтів і визначенні оптимального виду добрив.

Сутність методу

Гідролітичною (або потенційною) називається кислотність, яка зумовлює взаємодію ґрунту з ацетатом натрію:



В умовах гідролізу до лужного середовища розчину ацетату натрію в розчин переходять не лише іони H^+ обмінної кислотності, а й H^+ -іони, більш міцно пов'язані з колоїдним комплексом ґрунту.

Утворену таким чином оцтову кислоту титрують стандартизованим розчином гідроксиду натрію за фенолфталеїном або іншим кислотно-основним індикатором, що має перехід в лужній області, як наприклад тимолфталеїн та ін.

Реактиви

1. Розчин ацетату натрію, 1,0 моль/л: 13,6 г $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ розчиняють приблизно в 50 мл дистильованої води, якщо потрібно, фільтрують, доводять до 100 мл. Розчин повинен забарвлювати фенолфталеїн в слабо-рожевий колір (рН 8,2). При відсутності забарвлення розчин титрують 0,1 моль/л NaOH, при наявності інтенсивного червоного забарвлення – 0,1 моль/л HCl, поки забарвлення не стане слабо-рожевим. Розчин використовують свіжоприготовленим.
2. Розчин їдкого натру 0,1 моль/л, стандартизований.
3. Розчин соляної кислоти 0,1 моль/л, стандартизований.
4. Розчин фенолфталеїну, 0,1 % -вий у 60 %-вому етанолі.

Хід визначення

На технічних вагах зважують з точністю до 0,1 г дві наважки по 40 г повітряно-сухого ґрунту, пропущеного через сито з діаметром отвору 1 мм. Наважку поміщають в колбу ємністю 250-500 мл, додають 100 мл 1,0 моль/л розчину ацетату натрію, закривають пробкою і збовтують 1 год. (поступають таким чином: після інтенсивного трихвилинного перемішування відстоюють розчин в колбах протягом доби, періодично збовтуючи).

Розчин фільтрують через сухий складчастий фільтр “біла стрічка” діаметром 12,5 см. Перед фільтруванням вміст склянки збовтують і переносять на фільтр більшу частину ґрунту. Перші кілька мілілітрів фільтрату відкидають. Надалі, якщо розчин каламутний, його перефільтровують через той же самий фільтр.

Відбирають піпеткою 50 мл прозорого фільтрату, поміщають в конічну колбу місткістю 250 мл, додають 2-3 краплі фенолфталеїну і титрують без попереднього кип'ятіння (щоб уникнути втрати CH_3COOH) 0,1 н розчином їдкого натру до слабо-рожевого забарвлення, яке не зникає 1 хв. Якщо фільтрат жовтий (особливо це характерно для родючих ґрунтів з високим вмістом гумінових кислот), титрування проводять зі свідком. За кількістю витраченого на титрування лугу обчислюють величину гідролітичної кислотності в ммоль H^+ на 100 г повітряно-сухого ґрунту.

Розрахунок результатів визначення

Гідролітична кислотність (ммоль H^+ /100 г ґрунту):

$$\Gamma_{\text{K}} = C_{\text{H}}(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \cdot f \cdot 1,75,$$

де $C_n(\text{NaOH})$ – молярна концентрація еквіваленту розчину NaOH , встановлена по кислоті;

$V(\text{NaOH})$ – об'єм розчину NaOH , витрачений на титрування 50 мл фільтрату;

f – коефіцієнт перерахунку ($f = 5$);

1,75 – умовний емпіричний коефіцієнт, який вводиться, оскільки при одноразовій обробці ґрунту розчином ацетату натрію поглинений H^+ витісняється не повністю.

Обчислення дози вапна, необхідного для внесення в ґрунт, проводиться таким чином: знаючи площу ділянки і приймаючи потужність ґрунту (при відсутності інших даних) за 20 см, знаходять об'єм ґрунтового покриву. Оскільки густина ґрунту в середньому становить $1,5 \text{ кг/дм}^3$, множенням на цю величину знаходять її масу. За величиною гідролітичної кислотності знаходять загальний вміст H^+ в орному горизонті ґрунту, і за хімічним рівнянням – загальна кількість CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ або CaO , необхідна для вапнування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ СУЛЬФАТІВ У ВОДНІЙ ВИТЯЖЦІ ҐРУНТУ

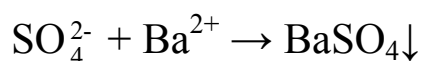
Характеристика об'єкту

Сульфати – солі сірчаної кислоти H_2SO_4 – широко поширені в природі: наприклад, глауберова сіль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, або природний гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Сульфати більшості металів (за винятком кальцію, стронцію, барію, свинцю, срібла) добре розчинні у воді і, як

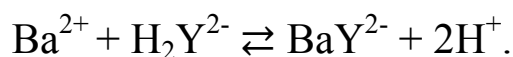
наслідок, спостерігається їх значний зміст в природних водах і ґрунтових розчинах.

Сутність методу

Вміст сульфатів у водній витяжці з ґрунту визначають методами гравіметричного або титриметричного аналізу. І той, і інший спосіб визначення заснований на реакції утворення малорозчинного осаду BaSO_4 :



Він є і осаждуваною, і гравіметричною формою. Все титриметричні способи визначення сульфатів засновані на використанні непрямого хелатометричного (комплексометричного) титрування. Сульфати осаджують розчином BaCl_2 , стандартизованим за ЕДТА, надлишок солі металу відтитровують тим же розчином ЕДТА:



Слід мати на увазі, що у водній витяжці з ґрунтів присутні катіони, насамперед Ca^{2+} і Mg^{2+} , здатні давати з ЕДТА досить стійкі комплекси; отже, вони будуть титруватися разом з надлишком BaCl_2 . Тому перед визначенням сульфатів цим методом проводять визначення твердості водної витяжки з ґрунту, і з об'єму титранту, який пішов на титрування надлишку солі металу, віднімають обсяг, який витрачено на титрування суми кальцію і магнію. Отримана різниця відповідає об'єму ЕДТА, витраченому на титрування

надлишку саме BaCl_2 , що залишився в розчині після осадження BaSO_4 .

Реактиви

1. ЕДТА, 0,02 М розчин, готують розведенням фіксанального 0,05 М розчину або за точною наважкою.
2. Розчин хлориду барію BaCl_2 , 0,02 М.
3. Аміачний буферний розчин: змішують 100 мл 20 %-вого розчину хлориду амонію NH_4Cl і 100 мл 25 %-вого аміаку, суміш доводять до 1 л дистильованою водою. Зберігають розчин в щільно закритому посуді, щоб уникнути втрат аміаку.
4. Гідроксиламін солянокислий, $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$, сухий препарат.
5. Соляна кислота HCl , 14 %.
6. Аміак, 25 % -вий розчин (концентрований).
7. Еріохром чорний Т, розтертий з NaCl у співвідношенні 1: 100.
8. Індикаторний папір “конго червоний”.

Хід визначення

Отримання водної витяжки з ґрунту проводять, як описано раніше, використовуючи трихвилинне струшування з дистильованою водою зразка ґрунту у співвідношенні ґрунт : вода = 1 : 5.

Перед кількісним визначенням рекомендується зробити якісну пробу на присутність у водній витяжці іона SO_4^{2-} . Для цього в пробірку помістити 3-5 мл водної витяжки і після підкислення додати кілька крапель розчину BaCl_2 . Якщо при цьому спостерігається не помутніння, а виділення осаду, то при проведенні

кількісного визначення слід брати меншу аліквотну пробу (не 25,00 мл, а 10,00 мл).

Аліквотну частину водної витяжки з ґрунту, відміряну піпеткою відповідного об'єму, переносять в колбу для титрування, розбавляють вдвічі 50 мл киплячої дистильованої води, щоб остаточна температура склала 70-80 °С. Вводять 2 мл 14 %-вої HCl, і проводять осадження SO_4^{2-} в гарячому розчині, додаючи повільно при перемішуванні по краплях з бюретки 25,00 мл 0,02 М розчину BaCl_2 . Осад залишають під маточним розчином на одну годину для старіння.

Паралельно з окремих аліквот водної витяжки проводять визначення її загальної твердості, а також стандартизацію розчину BaCl_2 . Бюреткою або піпеткою відміряють 25,00 мл розчину хлориду барію в колбу для титрування, додають 50 мл дистильованої води, 5-10 мл аміачної буферної суміші, індикатор еріохром чорний Т на кінчику шпателя і титрують повільно по краплях з бюретки розчином ЕДТА до зміни забарвлення з червоно-фіолетового в синьо-фіолетове.

Після години в розчин з осадом поміщають шматочок індикаторного паперу “конго червоний” і нейтралізують розчин по краплях аміаком до зміни забарвлення індикаторного паперу з синьо-фіолетового в червоне (відповідає рН 5). Потім додають 10 мл аміачної буферної суміші, індикатор еріохром чорний Т на кінчику шпателя, кілька крупинок солянокислого гідроксиламіну для запобігання процесу окислення марганцю і титрують по краплях з бюретки розчином ЕДТА до зміни забарвлення з червоно-

фіолетового в синьо-фіолетове (при меншій кількості індикатора – з рожевого в блакитне).

Розрахунок результатів аналізу

Вміст сульфатів (ммоль/г) у водній витяжці з ґрунту розраховується в ммоль на 100 г досліджуваного ґрунту:

$$Q(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{[V_1 - (V_2 + V_3)] \cdot C_{\text{ЕДТА}} \cdot 100}{m},$$

де V_1 – об'єм ЕДТА, витрачений на титрування розчину BaCl_2 при його стандартизації;

V_2 – об'єм ЕДТА, витрачений на титрування надлишку солі металу;

V_3 – об'єм ЕДТА, витрачений на титрування солей твердості (окреме визначення);

$C_{\text{ЕДТА}}$ – молярна концентрація розчину ЕДТА;

m – наважка ґрунту, що відповідає об'єму водної витяжки 25,0 мл.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВИЗНАЧЕННЯ СІРКОВОДНЮ І СУЛЬФІДІВ У ҐРУНТІ

Характеристика об'єкту

У місцях, де постійно є забруднення нафтопродуктами (придорожні області, прибережний ґрунт річок та інших водойм, де скидаються стічні води, що містять нафтопродукти), ґрунт забруднений сірководнем та сульфідами. Навіть в малих концентраціях сірководень токсичний. Газоподібний H_2S розчинний у воді і органічних розчинниках і, відповідно, може вилуговуватись

з ґрунту, в тому числі ґрунтовими водами. Сірководень і сульфід-іони є сильними відновниками, на цій їхній властивості заснована методика визначення.

Сутність методу

Визначення ґрунтується на окисленні сірководню, який перейшов з ґрунту у водну витяжку, йодом. У свою чергу, йод виділяється при реакції йодиду калію з перманганатом калію в кислому середовищі. Йод, що виділився, відтитровують розчином тіосульфату натрію. Оскільки під час відсутності відновників виділений йод еквівалентний доданому перманганату, наявність різниці між числом їх еквівалентів вказує на присутність сірководню.

Запропонований метод дозволяє вимірювати концентрацію H_2S у ґрунті в інтервалі 0,32 – 2300 мг/кг при точності вимірювання 25 %.

Реактиви

1. Розчин перманганату калію 0,01 н. Стандартизують цей розчин за щавлевою кислотою: аліквотну частину 0,01 н розчину щавлевої кислоти поміщають в конічну колбу, додають 10 мл 2 н сірчаної кислоти, нагрівають до $80\text{ }^\circ\text{C}$ (додаючи в колбу киплячої дистильованої води), титрують розчином перманганату калію.
2. Розчин щавлевої кислоти або її солі, 0,01 н (розведений з 0,1 н фіксанального розчину або приготований за точною наважкою).
3. Розчин тіосульфату натрію 0,0050 М: 0,79 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (1,24 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) розчиняють в мірній колбі місткістю 1 л.
4. Сірчана кислота, 33 % і 2 н.

5. Йодид калію, 10 %-вий розчин.
6. Крохмаль розчинний, 1 %-вий розчин: 1 г крохмалю суспендують у невеликій кількості дистильованої води і виливають суспензію в 100 мл киплячої дистильованої води при перемішуванні. Користуються розчином після охолодження.

Хід визначення

Поміщають по 50 г вологого ґрунту в дві конічні колби місткістю не менше 500 мл, доливають по 200 мл дистильованої води, колби щільно закривають пробкою і інтенсивно струшують протягом 3 хв. Потім фільтрують отриману суспензію через фільтр “біла стрічка” (для дуже дрібнодисперсних ґрунтів необхідно вести фільтрування через фільтр “синя стрічка”, при розрідженні, в цьому випадку користуються воронкою Бюхнера і водоструминним насосом). Якщо фільтрат мутний, фільтрування повторюють до отримання світлого розчину. Відбирають 100 мл фільтрату піпеткою або мірної колбою, переносять в конічну колбу місткістю 250 мл, додають 1 мл 10 %-вого розчину йодиду калію і 2-3 мл сірчаної кислоти (33 %), ретельно перемішують і повільно, при перемішуванні, доливають з бюретки титрований розчин перманганату калію до появи чітко жовтого забарвлення. Надлишок утвореного йоду відтитровують 0,0050 М розчином тіосульфату натрію, додаючи в кінці титрування кілька крапель розчину крохмалю. Різниця між об’ємами доданого 0,01 н розчину перманганату калію і розчину тіосульфату натрію, витраченого на

титрування, відповідає кількості 0,01 н розчину йоду, еквівалентному H_2S , що міститься в 100 мл фільтрату.

Розрахунок результатів визначення

Кількість сірководню в ґрунті (мг/кг) розраховується за формулою:

$$X = (0,01 \cdot K_1 \cdot V_1 - 0,005 \cdot K_2 \cdot V_2) \cdot f \cdot M_e,$$

де K_1 – коефіцієнт приведення нормальності KMnO_4 до 0,01 н;

V_1 – об'єм розчину KMnO_4 , що добавлено до фільтрату, мл;

K_2 – коефіцієнт приведення нормальності $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до 0,005 н;

V_2 – об'єм розчину тіосульфату, витрачений на титрування, мл;

f – коефіцієнт перерахунку, який показує, у скільки разів наважка ґрунту, відповідна титрованому фільтрату, менше 1 кг (для описаної методики $f = 40$).

Лабораторна робота 6

ВИЗНАЧЕННЯ АНІОННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН (АПАР) У СТИЧНІЙ ВОДІ

До поверхнево-активних речовин (ПАР) відносять різні мийні засоби, які забруднюють воду. ПАР можуть бути катіоноактивними, аніоноактивними (АПАР) і неіоногенними. Швидкість їхнього розкладу низька, тому знижується ефективність роботи біологічних фільтрів і відстійників. ГДК аніоноактивних речовин 0,5 мг/л.

Метод визначення заснований на утворенні розчинної в хлороформі забарвленої сполуки при взаємодії АПАР з метиленовим синім. Цю сполуку екстрагують в лужному середовищі, промивають кислим розчином метиленового синього, чим усувається заважаючий вплив хлоридів, нітратів, роданидів і білків. Визначенню заважають катіоноактивні ПАР, сульфіді, які відновлюють метиленовий синій. Їх вплив усувається додаванням до проби пероксиду водню.

Мета роботи: визначити концентрацію АПАР у досліджуваному розчині.

Реактиви

1. Пероксид водню 3 %-вий розчин.
2. Фосфатний буфер рН = 7. Приготування: 1 г гідроортофосфату натрію (безводного) в дистильованій воді, доводять рН до 10 додаванням гідроксиду натрію, потім розбавляють в колбі на 100 мл.
3. Нейтральний розчин метиленового синього. Приготування: 175 мг розчиняють в 1 л дистильованій воді.
4. Хлороформ.
5. Сірчана кислота 0,3 % розчин.
6. Стандартний розчин АПАР (лаурілсульфонат натрію, сульфазол та ін.). Основний стандартний розчин – 0,1 г чистої сполуки розчиняють в 1 л дистильованій воді (в 1 мл 0,1 г аніоноактивної речовини).

7. Робочий розчин. 10 мл основного стандартного розчину розбавляють до 100 мл дистильованою водою (в 1 мл 0,01 мг активної речовини).

Апаратура: фотоколориметр КФК-2, кювети № 1, пробірки, піпетки на 1 мл і 10 мл, мірні колби на 50 і 100 мл. Ділильна воронка.

Побудова калібрувального графіка

У мірні колби на 50 мл наливають 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0 мл робочого розчину містить ПАР, розбавляють відміряний об'єм 10 мл дистильованої води. До нього додають 1 мл 3 %-вий розчин пероксиду водню, 1 мл фосфатного буферного розчину, 1 мл метиленового синього. Після додавання кожного реактиву розчин перемішують. Потім додають 3 мл хлороформу, обережно перемішують і доливають 1 мл 0,3 %-вого розчину сірчаної кислоти, перемішують. Після поділу шарів колориметрирують при довжині хвилі $\lambda = 400$ нм. Дані заносять в таблицю, будують калібрувальний графік.

Хід визначення

У колбу на 50 мл вносять 10 мл досліджуваної води і додають 1 мл 3 %-вий розчин пероксиду водню, 1 мл фосфатного буферного розчину, 1 мл метиленового синього. Після додавання кожного реактиву розчин перемішують. Потім додають 3 мл хлороформу, обережно перемішують і доливають 1 мл 0,3 % розчину сірчаної кислоти, перемішують. Після поділу шарів розчин колориметриують на приладі КФК-2.

Питання для підсумкового контролю

1. Дайте визначення поняттю екологічний моніторинг. Цілі, задачі та види моніторингу за територіальною ознакою і складовими навколишнього середовища, їх особливості.
2. Екологічне нормування. Дайте визначення поняттю гранично допустимий викид.
3. Аерокосмічний моніторинг і дистанційне зондування Землі. Спектральні канали, їх характеристика і області застосування.
4. Критерії оцінки забруднення навколишнього середовища. Екологічне нормування
5. Екологічне нормування. Дайте визначення поняттю гранично допустима концентрація.
6. Аерокосмічний моніторинг і дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Методи і етапи обробки фото знімків ДЗЗ.
7. Структура і основні завдання системи моніторингу довкілля (СМД). Державна СМД України, основні організації та структурні підрозділи, що входять до її складу.
8. Екологічне нормування. Дайте визначення поняттю гранично допустимий рівень впливу.
9. Аерокосмічний моніторинг і дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Сучасна мережева інфраструктура для глобального доступу до даних ДЗЗ.
10. Екологічне нормування. Дайте визначення поняттю межа шкідливого впливу.

11. Аерокосмічний моніторинг і дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Мультиспектральна і субпіксельна класифікації зображень.
12. Екологічні інформаційні системи. Структурна схема та основні завдання комплексної екоінформаційної системи.
13. Екологічне нормування. Групи та види екологічних нормативів.
14. Аерокосмічний моніторинг і дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Мережеві технології ДЗЗ. Можливості пошукового серверу EOSDIS.
15. Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища. Структурні блоки системи та їх функції.
16. Класи екологічної небезпеки. Критерії визначення класу небезпеки.
17. Інформаційні технології екологічного моніторингу. Застосування програмного засобу Statistica для проведення статистичного аналізу даних та вирішення задач прогнозування.
18. Контроль якості повітря. Найбільш поширені та небезпечні забруднювачі повітря. Комплексні показники забруднення повітря. Методи визначення ступеня забруднення повітря.
19. Статистична обробка екологічних даних. Дисперсійний аналіз.
20. Інформаційні технології екологічного моніторингу.
21. Контроль якості води. Класифікація водних ресурсів і типів їх забруднення. Показники якості води. Метод інтегральної оцінки якості води та індекс забруднення води за гідрохімічними показниками.

22. Екологічне нормування. Дайте визначення поняттю гранично припустимий злив.
23. Статистична обробка екологічних даних. Параметричні та непараметричні критерії.
24. Контроль забруднення ґрунтів. Критерії забруднення ґрунтів (санітарне число, токсичність).
25. Екологічне нормування. Дайте визначення поняттю орієнтовно безпечні рівні впливу.
26. Графічне представлення екологічних даних. Класифікація графіків.
27. Статистична обробка екологічних даних. Кореляційний та регресійний аналіз.
28. Аерокосмічний моніторинг і дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Способи дистанційного моніторингу і основні задачі, що вирішуються. Найвідоміші космічні апарати для ДЗЗ.
29. Застосування інтелектуальних інформаційних систем в екологічному моніторингу. Експертні системи та системи підтримки прийняття рішень.

Рекомендована література

Основна

1. Набиванець Б. Й., Сухан В. В., Калабіна Л. В. Аналітична хімія природного середовища. К Либідь, 1996. 304 с.
2. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. Москва : Химия, 1996. 319 с.
3. Болотов В. В. Аналитическая химия. Харьков : Золотые страницы, 2001. 455 с.
4. Ломницька Я. Ф., Чабан Н. Ф. Хімічні та фізико-хімічні методи аналізу в екологічних дослідженнях. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 304 с.
5. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Київ : Знання, 2002. 203 с.
6. Бедрій Я. І. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Київ : Центр учбової літ., 2002. 248 с.
7. Перелигін Б. В. Методи і засоби обробки моніторингової інформації: навчальний посібник для студ. вузів : у 2 ч. Ч. 1. Одеса : Екологія, 2010. 222 с.
8. Перелигін Б. В. Методи і засоби обробки моніторингової інформації: навчальний посібник для студ. вузів : у 2 ч. Ч. 2. Одеса: Екологія, 2010. 214 с.
9. Мирошніченко Ю. Ю., Юрмазова Т. А. Химические загрязнения в биосфере и их определение: учебное пособие. Томс: Изд. Национального исследовательского Томского политехнического

университета, 2010. 86 с.

10. Данилина Е. И. Химический контроль объектов окружающей среды: учебное пособие для лабораторных работ. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. 52 с.

Додаткова

1. Полетаєва Л.М., Сафранов Т.А. Моніторинг навколишнього природного середовища. К. : КНТ, 2007. 172 с.
2. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища. Суми : Університетська книга, 2002. 302 с.
3. Шредер Г., Ніколаєвський А., Рибаченко В., Опейда Л. Швидкі аналітичні тести в хімічних дослідженнях довкілля. Донецьк, 2001. 162 с.
4. Луцевич Д. Д., Мороз А. С., Грибальська О. В. Аналітична хімія: підручник. К. : Медицина, 2009. 416 с.
5. Чугай А. В. Моніторинг довкілля. Методи вимірювань параметрів навколишнього середовища. Одеса ТЕС, 2014. 66 с.
6. Дерффель Клаус Статистика в аналитической химии. М. : Мир, 1994. 268 с.
7. Чарыков А. К. Математическая обработка результатов химического анализа. Методы обнаружения и оценки ошибок: Учебное пособие для студентов химических специальностей вузов. Ленинград : Химия, 1984. 120 с.

Електронні інформаційні ресурси

Електронні бібліотеки

<https://e.lanbook.com>

<http://nbuv.gov.ua>

<http://lib.uran.ru/libr.html>

<http://chemistry-chemists.com/forum>

Навчальне видання

Хома Руслан Євгенійович

Чеботарьов Олександр Миколайович

**МЕТОДИ ЗБОРУ, ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ
ЕКОЛОГІЧНИХ ДАНИХ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт для студентів

IV курсу (денного відділення) та V курсу (заочного відділення)

факультету хімії та фармації

за спеціальністю 014 «Середня освіта (Хімія)»

В авторській редакції

Підп. до друку 19.05.2021. Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 3,49. Тираж 20 пр.

Зам. № 2260.

Видавець і виготовлювач

Одеський національний університет

імені І. І. Мечникова

Україна, 65982, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12

Тел.: (048)723 28 39, E-mail: druk@onu.edu.ua