

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води

ЗАТВЕРДЖЕНО

Факультет захисту рослин, біотехнологій і екології

“22” червня 2026 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Хімія з основами біогеохімії

Галузь знань 10 Природничі науки

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія (блок 1 «Охорона навколишнього середовища»; блок 2 «Радіоекологія»)

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Розробник: Лариса ВОЙТЕНКО, доцент, кандидат хімічних наук, доцент

Опис навчальної дисципліни

Хімія з основами біогеохімії

Дисципліна вивчає хімічні, фізичні та біологічні процеси, що визначають склад біосфери, педосфери, гідросфери, атмосфери та літосфери. Розглядає походження життя на Землі, вчення В.І. Вернадського про біосферу, біогеохімічні закони, типи речовини біосфери, біогеохімічні функції живої матерії. Аналізує біогеохімічне районування, ендемічні захворювання, спричинені аномальним розподілом хімічних елементів. Детально вивчає глобальні цикли біогенних елементів (вуглецю, азоту, фосфору, сульфуру, водню), мікроелементів та токсикантів. Також розглядає хімію консервантів і психоактивних речовин. Лабораторний практикум включає кількісні методи аналізу об'єктів довкілля: визначення активного хлору, нітратів, амонійного азоту, загального заліза, фторидів (фотометричними та потенціометричними методами), виділення кофеїну з чаю, виявлення сульфур(IV) оксиду в харчових продуктах. Студенти опановують пробовідбір, статистичну обробку результатів, роботу з інструментальними засобами екологічного контролю.

| Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь | | |
|--|-----------------------------|-----------------|
| Освітній ступінь | <i>бакалавр</i> | |
| Спеціальність | <i>101 Екологія</i> | |
| Освітня програма | | |
| Характеристика навчальної дисципліни | | |
| Вид | вибіркова | |
| Загальна кількість годин | 120 | |
| Кількість кредитів ECTS | 4 | |
| Кількість змістових модулів | 2 | |
| Форма контролю | <i>екзамен</i> | |
| Показники навчальної дисципліни для денної, заочної та дистанційної (за наявності) форм здобуття вищої освіти | | |
| | Форма здобуття вищої освіти | |
| | денна | заочна |
| Курс (рік підготовки) | 4 | 3 |
| Семестр | 7 | 5 |
| Лекційні заняття | <i>15 год.</i> | <i>6 год.</i> |
| Практичні, семінарські заняття | <i>год.</i> | <i>год.</i> |
| Лабораторні заняття | <i>30 год.</i> | <i>6 год.</i> |
| Самостійна робота | <i>75 год.</i> | <i>108 год.</i> |
| Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти | <i>3 год.</i> | |

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета: засвоїти основні поняття, принципи і методи сучасної біогеохімії як вищого рівня розуміння хімії для практичного використання фахівцями у галузі екології, охорони навколишнього середовища та сталого розвитку. вивчити хімічні, фізичні і біологічні процеси і реакції, які визначають склад природного середовища (включаючи біосферу, кріосферу, педосферу, атмосферу та літосферу); хімічні аспекти походження життя; цикли хімічних елементів-біогенів, таких як вуглець і азот, а також їх взаємодії з живими істотами та їх включення в живі істоти, які транспортуються через біологічні системи земного масштабу в просторі в часі.

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню «Хімія з основами біогеохімії»: Хімія (неорганічна і аналітична); Хімія (органічна, фізична і колоїдна); Біологія (зоологія, ботаніка); Математика і фізика; Агроекологія.

Набуття компетентностей:

інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування, що передбачає застосування основних теорій та методів наук про довкілля, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов

загальні компетентності (ЗК):

ЗК8. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт

спеціальні (фахові) компетентності (СК):

ФК21. Здатність проводити екологічний моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.

ФК26. Здатність до опанування міжнародного та вітчизняного досвіду вирішення регіональних та транскордонних екологічних проблем.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН 02. Розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та збалансованого природокористування.

ПРН 03. Розуміти основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі природничих наук, що необхідні для аналізу і прийняття рішень в сфері екології, охорони довкілля та оптимального природокористування.

ПРН 21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.

1. Програма та структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------|--------------|---|-----|-----|------|---------------------------|--------------|----|-----|-----|------|
| | денна форма | | | | | | | заочна, дистанційна форма | | | | | |
| | тижні | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| | | | л | п | лаб | інд | с.р. | | л | п | лаб | інд | с.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Модуль 1. Біогеохімічні характеристики складу біосфери | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Вступ. Мета та завдання дисципліни. Походження життя на Землі: хімічні та біохімічні гіпотези та експеримент. | 1-3 | 8 | 2 | | 6 | | 10 | 3 | 1 | | 2 | | 15 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-----|----|---|----|---|----|-----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Тема 2. Біосфера та біогеохімічні закони, хімічні елементи та їх розподіл в біосфері | 3-5 | 8 | 2 | | 6 | | 10 | 1 | 1 | | | | 15 |
| Тема 3. Біогеохімічне зонування. | 6 | 2 | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | 14 |
| Тема 4. Ендемічні хвороби як результат аномального розподілу хімічних елементів у біосфері | 7-8 | 6 | 2 | | 4 | | 10 | 3 | 1 | | 2 | | 10 |
| Разом за модулем 1 | | 59 | 8 | | 16 | | 35 | 62 | 4 | | 4 | | 54 |
| Модуль 2. Біогеохімічні цикли основних біогенних елементів | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Загальні поняття про біогеохімічні цикли. Газові біогеохімічні цикли на прикладі нітрогену, гідрогену, оксигену; осадові цикли на прикладі сульфуру та фосфору. | 9-12 | 16 | 4 | | 12 | | 20 | 3 | 1 | | 2 | | 27 |
| Тема 2. Біогеохімічні цикли мікроелементів та токсикантів. Хімія консервантів та психоактивних речовин. | 13-15 | 5 | 3 | | 2 | | 20 | 1 | 1 | | | | 27 |
| Разом за модулем 2 | | 61 | 7 | | 14 | | 40 | 58 | 2 | | 2 | | 54 |
| Усього годин | | 120 | 15 | | 30 | | 75 | 120 | 6 | | 6 | | 108 |

2. Теми лекцій

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1. | Предмет та задачі дисципліни “Біогеохімія”. В.І. Вернадський – засновник біогеохімії. Генезис біогеохімії. Зв'язок з іншими природничими науками. Прикладні аспекти біогеохімії. Сучасні напрямки біогеохімії. Охорона довкілля як соціальний фактор. Теорії походження життя на Землі. Гіпотези білково-коацертивна Опаріна-Холдена, панспермії, РНК-світу, Експеримент Мюллера-Урі. Експерименти із створення «штучного життя». Альтернативні біосфери. Гіпотеза Геї Дж. Лавлока. | 2 |
| 2. | Вчення про біосферу В.І. Вернадського, Поняття живої речовини. Типи речовини біосфери Землі. Геохімічна роль живої матерії. Основні біохімічні компоненти біосфери. Умови існування біосфери. Енергетичні та матеріальні потоки в біосфері. Біогеохімічні закони В.І. Вернадського. Типи класифікацій біогенних елементів – за біогенними функціями, фізіологічною роллю. Фактори, що впливають | 2 |

| | | |
|----|--|----|
| | на динаміку біогенних елементів. Норми споживання мікроелементів. Поняття йонного потенціалу. | |
| 3. | Біогеохімічне районування як єдність геохімічного середовища та функціонування живої матерії за В.В. Ковальським. Біогеохімічні ланцюги. Біогеохімічні провінції та зони (тайгово-лісова нечорноземна; лісостепова та степова чорноземна; сухостепова, напівпустельна та пустельна; гірська). | 2 |
| 4. | Ендемічні захворювання як наслідок аномального розподілу хімічних елементів у біогеохімічному оточенні. Історія виникнення поняття ендемічних хвороб. Ендемічний зоб, кореляція йодного статусу людини та рівня IQ. Флюороз як наслідок підвищеного вмісту фтору у питній воді. Методи попередження йододефіциту – за та проти. Використання фторидів у зубних пастах та фторування питної води. Ендемічна подагра, хвороба Кашина-Бека (уровська), хвороба Кешана. Ендемічні захворювання сільськогосподарських тварин | 2 |
| 5. | Поняття БГХ циклів. Процеси реалізації циклічності міграції хімічних елементів у доквіллі. Потоки і резервні фонди БГХ циклів. Закони термодинаміки та БГХ цикли. Експериментальні докази циклічності (радіоізотопний дослід Візерспуна; експеримент на американській біостанції у місцевості Хаббард-Брук). Екзогенний та ендогенний цикли. Типи циклів органогенів. Гідрологічний цикл. Воднева дегазація. Теорія В. Ларіна. Глобальна модель циклу вуглецю за В. Ковдою. Глобальний кругообіг вуглецю за Р.Ріклефс, 1979 відповідно до хімічного стану сполук вуглецю (відновлений – окислений). Детрит як біогеохімічний резервуар вуглецю. Фосилії. Ізотопний розподіл вуглецю. Радіовуглецевий аналіз. | 2 |
| 6. | БГХ цикл азоту. Біогенна та абіогенна фіксація азоту. Гіпотетична структура комплексу металоферменту нітрогенази з азотом. «Азотний бар'єр». БГХ цикл фосфору. Резервний та обмінний фонди циклу фосфору. Евтрофікація. Експерименти зі штучної евтрофікації. «Фосфорна яма». Класифікація біогеохімічних бар'єрів. | 2 |
| 7. | Загальна класифікація психоактивних речовин, харчових хімікатів. Хімія консервантів. Класифікація за механізмом дії та хімічним складом. Фізико-хімічні основи консервуючої активності. Безпечні та небезпечні консерванти. Хемофіобія. Зонеризм. | 2 |
| | Разом | 16 |

3. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Вступ. Техніка безпеки в хімічній лабораторії. Кількісні методи хімічного аналізу об'єктів довкілля. Пробовідбір, консервація та зберігання зразків для аналізу. Принципи статистичної обробки результатів кількісного хімічного аналізу показників складових довкілля на прикладі води. | 4 |
| 2 | Експрес-метод визначання форм залишкового активного хлору (вільного, загального) у хлорованій питній воді фотометричним методом з використанням колориметру С-401. | 4 |
| 3 | Визначення вмісту нітратів у природних прісних водах та питній воді фотометричним методом відповідно до ДСТУ 4078-2001 Якість води: | 4 |

| | | |
|---|--|----|
| | визначання нітратів; частина 3: Спектрометричний метод з використанням сульфосаліцилової кислоти (ISO 7890 3:1998, MOD). Статистична обробка результатів аналізу. | |
| 4 | Визначення вмісту амонійного азоту в природних прісних водах та питній воді фотометричним методом відповідно до ДСТУ ISO 7150-1-2003 Якість води. Визначання амонію. Частина 1. Ручний спектрометричний метод (ISO 7150/1:1984, IDT). Статистична обробка результатів аналізу. | 4 |
| 5 | Визначення вмісту загального заліза у питній воді централізованого водопостачання, воді бюветів та поверхневих водах відповідно до ДСТУ ISO 6332:2003 Якість води. Визначення заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10-фенантроліну. Статистична обробка результатів аналізу. | 4 |
| 6 | Визначення вмісту фторидів у питній воді та чайних продуктах (листяному чаю та пакетованому) з використанням фторселективного електроду відповідно до ДСТУ ISO 10359-1:2017 Якість води. Визначення фториду. Частина 1. Електрохімічний метод для питної та слабкозабрудненої води. Статистична обробка результатів аналізу. | 2 |
| 7 | Загальні хімічні властивості алкалоїдів. Одержання кофеїну із чайного листа методом сухої сублімації. Якісний тест на кофеїн. | 2 |
| 8 | Визначення вмісту сульфур(IV) оксиду (консерванту Е 220) у харчових продуктах відповідно до ISO 5521:1981 Фрукти, овочі та похідні продукти – Якісний метод для виявлення сульфур діоксиду . | 6 |
| | Разом, годин | 30 |

4. Теми самостійної роботи

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Поняття про ноосферу. Ноосфера як природний етап розвитку Землі. Характерні риси ноосфери: а) виникнення нових ландшафтів (культурних, техногенних, сільськогосподарських); б) людина як основна активна сила ноосфери, техногенна міграція хімічних речовин; в) значне збільшення обсягів інформації, нові види інформації; г) використання енергії біосфери. Умови (за В.І. Вернадським) для повного перетворення біосфери на ноосферу. | 15 |
| 2 | Ландшафтно-геохімічне районування України. Зональні та інтразональні провінції в Україні, ендемічні захворювання в Україні. Вплив геохімічного середовища на еволюцію рослин. Адаптогенні рослини: байдужі до змін концентрації хімічних елементів, поширені та незвичайні концентратори, ендемічні рослини. | 10 |
| 3 | Біогеохімія газової мантиї Землі. Значення атмосферного масопереносу водорозчинних форм хімічних елементів. Рослинність як поглинач газоподібних забруднювачів. | 5 |
| 4 | Біогеохімія літосфери та педосфери. Хімічний склад ґрунтів та донних відкладень. Типи міграції хімічних елементів у педосфері та літосфері (гіпогенна, супергенна та антропогенна міграція). Органічна речовина педосфери. | 5 |
| 5 | Біогеохімія гідросфери. Класифікація природних вод за рівнем мінералізації, типом мінеральної матриці. Потреби у воді для різних видів водокористування (питне, зрошення, водопій тварин та птиці, рибицтво, | 10 |

| | | |
|---|--|----|
| | рекреаційні цілі тощо). | |
| 6 | Біохімічні цикли речовин та енергії в біосфері. Кругообіг елементів, що потрапили в біосферу в результаті дегазації мантії (водень, вуглець, кисень, азот). Кругообіг елементів, що потрапили в біосферу в результаті мобілізації із земної кори (кальцій, калій, кремній, фосфор). | 10 |
| 7 | Взаємодія живої та неживої природи як основа біогенної міграції речовин. Поняття малого біологічного кругообігу хімічних елементів. Енергія живої речовини як рушійна сила геохімічного та біогеохімічного кругообігу речовин. | 10 |
| 8 | Кругообіг водню (води). Хімічні характеристики водню, його вміст у літосфері, атмосфері, живих організмах, гумусі, рослинах. Вода як джерело водню для утворення органічних речовин. Вода як середовище життя. Загальний вміст води в біосфері. Біогеохімічний кругообіг води, його тривалість. Забезпеченість питною водою та ступінь її використання в різних країнах. | 10 |
| | Разом | 75 |

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- усне або письмове опитування;
- співбесіда;
- тестування;
- захист лабораторних робіт.

7. Методи навчання

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- кейс-метод;
- метод проєктного навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод командної роботи, мозкового штурму

8. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

| Вид навчальної діяльності | Результати навчання | Оцінювання |
|--|---|------------|
| Модуль 1. Біогеохімічні характеристики складу біосфери | | |
| Лабораторна робота 1. Вступ. Кількісні методи аналізу доквілля. Пробовідбір, консервація та зберігання зразків для аналізу. Принципи статистичної обробки результатів кількісного хімічного аналізу показників складових доквілля на прикладі води.. | ПРН 02, 03, працювати та аналізувати наукову та навчальну літературу з біогеохімії; здобути практичні навички та вміння моніторити та оцінювати поточний стан | 5 |
| Лабораторна робота 2. Експрес-метод визначання | | 10 |

| | | |
|--|--|------------|
| форм залишкового активного хлору (вільного, загального) у хлорованій питній воді фотометричним методом з використанням колориметру С-401. | навколишнього середовища на основі хімічних концепцій; мати навички польових випробувань для аналізу та прийняття рішень у галузі екології, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування; вмісти проводити статистичну обробку результатів аналітичних визначань показників стану довкілля на прикладі тестування вмісту активного хлору у питній воді. | 10 |
| Он-лайн тестування | | |
| Лабораторна робота 3. Визначення вмісту нітратів у природних прісних водах та питній воді фотометричним методом відповідно до ДСТУ 4078-2001 Якість води: визначання нітратів; частина 3: Спектриметричний метод з використанням сульфосаліцилової кислоти (ISO 7890 3:1998, MOD). Статистична обробка результатів аналізу. Звіт | | 5 |
| Лабораторна робота 4. Визначення вмісту амонійного азоту в природних прісних водах та питній воді фотометричним методом відповідно до ДСТУ ISO 7150-1-2003 Якість води. Визначання амонію. Частина 1. Ручний спектрометричний метод (ISO 7150/1:1984, IDT). Статистична обробка результатів аналізу. Звіт | | 10 |
| Он-лайн тестування | | 50 |
| Модульна контрольна робота 1 | | 5 |
| Тестування самостійної роботи через платформу Elearn | | 100 |
| Всього за модулем 1 | | |
| Модуль 2. Біогеохімічні цикли основних біогенних елементів | | |
| Лабораторна робота 5. Визначення вмісту загального заліза у питній воді централізованого водопостачання, воді б'юветів та поверхневих водах відповідно до ДСТУ ISO 6332:2003 Якість води. Визначення заліза. Спектриметричний метод із використанням 1,10-фенантроліну. Статистична обробка результатів аналізу. Звіт | ПРН 03, ПРП 21 - для розуміння основних концепцій та принципів аналізу та прийняття рішень у галузі екології, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування; для аналізу природного хімічного складу незабрудненого та забрудненого навколишнього середовища; методів різних лабораторних та польових екологічних аналітичних методів; для розуміння ролі психоактивних речовин та їх поширення в навколишньому середовищі; хімічних | 5 |
| Лабораторна робота 6. Визначення вмісту фторидів у питній воді та чайних продуктах (листяному чаю та пакетованому) з використанням фторселективного електроду відповідно до ДСТУ ISO 10359-1:2017 Якість води. Визначення фториду. Частина 1. Електрохімічний метод для питної та слабкозабрудненої води. Статистична обробка результатів аналізу. | | 5 |
| Лабораторна робота 7. Загальні хімічні властивості алкалоїдів. Одержання кофеїну із чайного листя методом сухої сублимації. Якісний тест на кофеїн. | | 5 |
| Лабораторна робота 8. Визначення вмісту сульфур(IV) оксиду (консерванту Е 220) у харчових продуктах відповідно до ISO 5521:1981 Фрукти, овочі та похідні продукти – Якісний метод для виявлення сульфур діоксиду . | | 5 |
| | | |

| | | |
|--|---|------------|
| Он-лайн тестування | основ застосування харчових добавок та їхньої безпеки. | 10 |
| Модульна контрольна робота 2 | | 30 |
| Письмове есе з тематики сучасних проблем біогеохімії за індивідуальним завданням | | 30 |
| Тестування самостійної роботи через Elearn | | 10 |
| Всього по модулю 2 | | 100 |
| Навчальна робота | $(M1 + M2)/2 * 0,7 \leq 70$ | |
| Екзамен | 30 | |
| Всього за курс | (Навчальна робота + екзамен) \leq 100 | |

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

| Рейтинг здобувача вищої освіти, бали | Оцінка за національною системою (екзамени/заліки) |
|--------------------------------------|---|
| 90-100 | відмінно |
| 74-89 | добре |
| 60-73 | задовільно |
| 0-59 | незадовільно |

8.3. Політика оцінювання

| | |
|--|--|
| Політика щодо дедлайнів та перескладання: | роботи, які здають із порушенням термінів без поважних причин, оцінюють на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, хвороба із оформленням відповідного документу) |
| Політика щодо академічної доброчесності: | списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонено (в т. ч. із використанням мобільних девайсів). Есе можна виконувати із використання ШІ, але слід вказувати про це в роботі, давати список реальних посилань |
| Політика щодо відвідування: | відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в онлайн формі за погодженням із деканом факультету) |

9. Навчально-методичне забезпечення:

- *електронний навчальний курс навчальної дисципліни* (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1105>);
- *покликання на цифрові освітні ресурси:*
 1. Цифрова наукова бібліотека НУБіП України (навчально-методичні матеріали кафедри): nubip.edu.ua

2. Інтерактивна періодична система хімічних елементів Ptable (модулі властивостей та ізотопів): ptable.com
3. Інтерактивні симулятори з хімії та екології PhET (University of Colorado): colorado.edu
4. Віртуальна хімічна лабораторія та практикум ChemCollective: chemcollective.org
5. Масова освітня платформа Prometheus (курси з природничих наук): prometheus.org.ua
6. Міжнародна освітня платформа Coursera (розділи Chemistry & Ecological Sciences): coursera.org
7. Цифрова карта ґрунтів України (геохімічний моніторинг елементів): superagronom.com
8. Національна наукова база даних Open Ukrainian Citation Index (OUCI): dntb.gov.ua

- *конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді):* представлені в електронному навчальному курсі <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1105>;

- *підручники, навчальні посібники, практикуми:*

1. Войтенко Л.В. Хімія з основами біогеохімії, Київ: Наукова столиця, 2019. – 400 с.

2. Хімія навколишнього середовища/В.А. Копілевич, Л.В. Войтенко, С.Д. Мельничук та ін. - К.: Фенікс, 2004. - 412 с.

3. Лабораторний практикум з хімії навколишнього середовища/В.А. Копілевич, Л.В. Войтенко, Р.В. Лаврик. – К.: ArgoMediaGroup, 2022. – 201 с.

- *методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів денної, заочної та дистанційної (за наявності) форм здобуття вищої освіти*

1. Робочий зошит для вивчення дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» для студентів спеціальності 101 Екологія / Л. Войтенко, Т. Ущапівська, Т. Панчук. - Київ: Екодрук, 2026. - 90 с.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів : монографія. — Київ : ВПЦ «Київський університет», 2023. — 183 с.

2. Аналітична хімія поверхневих вод / Б.Й.Набиванець, В.І.Осадчий, Н.М.Осадча та ін. – Київ: Наук. Думка, 2007. – 457 с.

3. Ayers R.S. Water quality for agriculture / R.S. Ayers, D.W. Westcot // FAO Irrigation and Drainage paper. – Roma, 1994. – 147 pp. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E00.HTM>

4. Geosciences LibreTexts: BioGeoChemistry [Електронний ресурс] : Інтерактивний відкритий підручник з біогеохімії Каліфорнійського університету (UC Davis). URL: <https://geo.libretexts.org/>.

5. Gorham, Eville. (1991). Biogeochemistry: its origins and development. Biogeochemistry. 13. 199-239. 10.1007/BF00002942.