

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води


“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології
проф.  Ю.В. Коломієць
“___” _____ 2023 р.

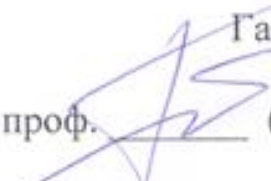


“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри аналітичної
і біонеорганічної хімії та якості води
Протокол № 8 від “24” 04/2023 р.

Завідувач кафедри
 проф. _____ (В.А. Копілевич)

”РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОП Екологія
Гарант ОП
проф.  (В.М. Боголюбов)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ

спеціальність 101 - Екологія

освітня програма Екологія

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Розробник: доцент, кандидат хімічний наук Войтенко Лариса
Владиславівна

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

1. Опис навчальної дисципліни

Хімія з основами біогеохімії

(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	101 - Екологія	
Освітня програма	Екологія	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова (блок 1 – Охорона навколишнього середовища)	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Курс (рік підготовки)	4	4
Семестр	7	7
Лекційні заняття	15 год.	8 год.
Практичні, семінарські заняття		.
Лабораторні заняття	30 год.	6 год.
Самостійна робота	75 год.	106 год.
Індивідуальні завдання	год.	год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	3 год.	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Мета: засвоїти основні поняття, принципи і методи сучасної хімічної науки 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; цикли основних хімічних елементів-біогенів (С, N, P), принципи біогеохімічного зонування та ендемічні хвороби, пов'язані з аномаліями розоділу хімічних елементів у довкіллі.

Завдання:

1. Вивчити хімічні закони та розрахунки стосовно їхнього використання в науках про довкілля;

2. Вивчити основи хімічних процесів у водному середовищі з точки зору міграції хімічних елементів в біогеохімічних циклах (процеси гідролізу, розчинення, осадження, комплексоутворення);

3. Розглянути закони хімічної кінетики та рівноваги стосовно функціонування біосфери в цілому;

4. Вивчити глобальні біогеохімічні цикли біогенів;

5. Вивчити закономірності міграції та концентрацій різних хімічних елементів залежно від внутрішніх і зовнішніх факторів, у тому числі тих, що виникають у біосфері внаслідок антропоїчного впливу;

6. Вивчити біогеохімічні особливості різних біогеохімічних зон та аномалій, які призводять до виникнення ендемічних захворювань;

7. Ознайомити з технікою та методами хімічних та біогеохімічних досліджень, які використовуються для вивчення процесів масообміну та міграції хімічних елементів між живими організмами та навколишнім середовищем, а також для еколого-геохімічної оцінки стану навколишнього середовища.

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.

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

ФК7 Здатність проводити екологічний моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.

ФК12 Здатність до опанування міжнародного та вітчизняного досвіду вирішення регіональних та транскордонних екологічних проблем.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН2 Розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та збалансованого природокористування.

ПРН5 Знати концептуальні основи моніторингу та нормування антропогенного навантаження на довкілля.

ПРН21 Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:
 – повного терміну денної (заочної) форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна 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	
Змістовий модуль 1. Хімія у дослідженні та охороні довкілля														
<i>Тема 1.</i> Вступ. Мета та завдання дисципліни. Використання основних хімічних законів та хімічної метрології у дослідженні довкілля	1-3	22	2		6		14	26	2		2			22
<i>Тема 2.</i> Хімічні елементи та їх розподіл в біосфері.	4-5	18	2		4		12	20	2					18
<i>Тема 3.</i> Хімія водного середовища (гідроліз, розчинення, осадження, комплексоутворення) як основа біогеохімічної міграції елементів	6	10	2		2		6	7						7
<i>Тема 4.</i> Хімічна кінетика та рівновага у функціонуванні біосфери	7-8	12	2		4		6	9			2			7
Разом за змістовим модулем 1	8	62	8		16		38	62	4		4			54
Змістовий модуль 2. Біогеохімія основних біогенних елементів														
<i>Тема 1.</i> Біогеохімічне зонування. Біогеохімічні ланцюги як реалізація закону збереження мас. Ендемічні хвороби як результат аномального розподілу хімічних елементів у біосфері	9	24	2		2		12	30	2					28
<i>Тема 2.</i> Біогеохімічні функції живої матерії. Біогеохімічні закони	10-11	13	1		4		8							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Тема 3. Загальні поняття про біогеохімічні цикли. Газові біогеохімічні цикли на прикладі нітрогену, гідрогену, кисню; осадові цикли на прикладі сульфуру та фосфору.	12-15	22	4		8		17	28	2		2		24
Разом за змістовим модулем 2	7	58	7		14		37	58	4		2		52
Усього годин		120	15		30		75	120	8		6		106

4. Теми семінарських занять – не передбачено планом

5. Теми практичних занять – не передбачено планом

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
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 визначення форм залишкового активного хлору (вільного, загального) у хлорованій питній воді фотометричним методом з використанням колориметру С-4011.	2
3	Визначення вмісту нітратів у природних прісних водах та питній воді фотометричним методом відповідно до ДСТУ 4078-2001 Якість води: визначення нітратів; частина 3: Спектрометричний метод з використанням сульфосаліцилової кислоти (ISO 7890 3:1998, MOD). Статистична обробка результатів аналізу.	4
4	Визначення вмісту амонійного азоту в природних прісних водах та питній воді фотометричним методом відповідно до ДСТУ ISO 7150-1-2003 Якість води. Визначення 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 б'юветів та поверхневих водах відповідно до ГОСТ 4011-72 Питна вода. Методи визначення загального вмісту заліза. 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 ГОСТ 4386-89 Питна вода. Методи визначення вмісту фторидів. Статистична обробка результатів аналізу.	2

1	2	3
7	Визначення вмісту розчиненого кисню у водному розчині з використанням оксиметру; вмісту розчинених речовин з допомогою кондуктометру; рН з допомогою портативного рН-метру. Вимірювання розчинених речовин у водному середовищі за допомогою тест-смужок – переваги та недоліки методу.	2
8	Визначення вмісту активного кисню у пральних та відбілюючих засобах побутового призначення, які містять активний кисень, відповідно до ДСТУ 2207.2-93 (ГОСТ 22567.10-93) Засоби миючі синтетичні. Методи визначення масової частки активного кисню.	4
9	Визначення вмісту фосфору у водному середовищі фотометричним методом за ДСТУ ISO 6878:2008 Якість води. Визначення фосфору. Спектротричний метод із застосуванням амонію молібдату	4
	Разом, годин	30

7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Характеристика одиниць концентрації, які використовуються у області моніторингу забруднювачів у навколишньому середовищі (воді, ґрунтах, повітрі). Взаємозв'язок між ними. Розрахункові завдання.	10
2	Колоїди у водному середовищі, проблема мікропластику та наночастинок.	4
3	Процеси комплексоутворення у масопереносі важких металів через водне середовище в результаті водної ерозії. Вплив розчиненої органічної речовини як джерела лігандів (фульво-, гумінові кислоти)	6
4	Ландшафтно-геохімічне районування України. Зональні та інтразональні провінції в Україні, ендемічні захворювання в Україні.	6
5	Біогеохімія газової оболонки Землі. Значення атмосферного масопереносу водорозчинних форм хімічних елементів. Рослинний світ як поглинач газоподібних поллютантів.	6
6	Біогеохімія літосфери та педосфери. Хімічний склад ґрунтів і донних відкладів. Типи міграції хімічних елементів у педосфері і літосфері (гіпогенна, супергенна та антропогенна міграція). Органічна речовина педосфери.	6
7	Біогеохімія гідросфери. Класифікація природних вод за рівнем мінералізації, типом мінеральної матриці. Вимоги до хімічного складу води для різних видів водокористування (питної, для зрошення, для напування тварин та птиці, для риборозведення, для рекреаційних цілей тощо).	10
8	Біохімічний кругообіг речовин і енергії в біосфері. Кругообіг елементів, які потрапили в біосферу в результаті дегазації мантії (водню, вуглецю, кисню, азоту). Цикли елементів, які поступили в біосферу внаслідок мобілізації із земної кори (кальцію, калію, кремнію, фосфору).	10
9	Взаємодія між живою і неживою природою - основа біогенної міграції речовин. Поняття про малий біологічний кругообіг хімічних елементів. Енергія живої речовини - рушійна сила геохімічного і біогеохімічного кругообігів речовин.	10

1	2	3
10	Кругообіг Гідрогену (води). Хімічна характеристика Гідрогену, його вміст в літосфері, атмосфері, живих організмах, гумусі, рослинах. Вода як джерело Гідрогену для утворення органічних речовин. Вода як середовище життя. Загальний вміст води у біосфері. Забруднювачі води, їх класифікація.	7
	Разом	75

8. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

Контрольні питання

1. Предмет та задачі дисципліни “Хімія з основами біогеохімії”.
2. Основні хімічні закони в екології та охороні навколишнього середовища.
3. Характеристика основних методів хімічного, фізико-хімічних та фізичних методів аналітичної хімії, які використовуються для аналізу складових довкілля.
4. Хімічна кінетика та її використання для аналізу динаміки процесів міграції хімічних елементів. Фактори впливу на швидкість хімічних процесів (рН, температура, концентрація).
5. Хімічна рівновага. Принцип Ле-Шательє та проблема парникового ефекту.
6. Біогеохімічні бар’єри як прояв хімічних процесів регулювання міграції хімічних елементів (окисно-відновні, кисневі, кислотно-основні види).
7. Характеристика аналітичних методів аналізу довкілля (гравіметрія, титриметрія, фотометрія, потенціометрія). Метрологічні характеристики (точність, правильність результатів аналізу).
8. Розподіл біогенних елементів у компонентах біосфери. Приклади геохімічної ролі живої матерії (кальцієва, йодна функції, атмосферний кисень, утворення залізо-марганцевих конкрецій тощо).
9. Біогеохімічне районування як єдність геохімічного середовища та функціонування живої матерії за В.В. Ковальським. Біогеохімічні ланцюги.
10. 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.
11. Поняття БГХ циклів. Процеси реалізації циклічності міграції хімічних елементів у довкіллі. Потіки і резервні фонди БГХ циклів. Закони термодинаміки та БГХ цикли. Експериментальні докази циклічності (радіоізотопний дослід Візерспуна).
12. 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.
13. БГХ цикл азоту. Біогенна та абіогенна фіксація азоту. Гіпотетична структура комплексу металоферменту нітрогенази з азотом. «Азотний бар’єр».
14. БГХ цикл фосфору. Резервний та обмінний фонди циклу фосфору. Евтрофікація. Експерименти зі штучної евтрофікації.
15. Хемофобія та зонеризм.

Приклади тестів
Модульний контрольний тест (модуль 1)

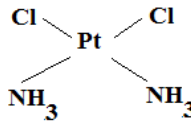
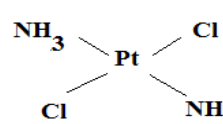
<p>1. Причиною кислотних дощів є присутність у атмосферному повітрі таких газів (багатоваріантне питання):</p> <p>A. O₂ D. N₂ C. N₂O D. NO₂ E. SO₂</p>			
<p>2. Нормативні документи в Україні традиційно виражають показники загальної, тимчасової (лужності) та постійної твердості природних вод у таких одиницях:</p> <p>A. мг/дм³ B. г/дм³ C. ммоль/дм³ D. моль/кг</p>			
<p>3. Основні біологічні функції наступних хімічних елементів для організму людини наступні:</p>			
	Хімічний елемент		Function
A	Карбон C	1	Мікроелемент, приймає участь у синтезі тироксину в щитовидній залозі
B	Йод I	2	Основний елемент органічного життя
C	Ферум Fe	3	Мікроелемент, центральний атом-комплексоутворювач у структурі молекули вітаміну B ₁₂
D	Кобальт Co	4	Мікроелемент, центральний атом-комплексоутворювач у структурі молекули гему крові
<p>4. Вставити пропущене слово: <i>Принцип Ле Шательє (принцип рухомої рівноваги) стверджує, якщо змінити одну з умов, за яких система перебуває у стані рівноваги, то відбувається таке зміщення рівноваги, яке _____ цій зміні.</i></p>			
<p>5. Які види сполук неорганічного Карбону присутні у природних водах? (багатоваріантне питання)</p> <p>A. CO₂ B. H₂CO₃ C. HCO₃⁻ D. CH₄</p>			
<p>6. Яка з вказаних реакцій відноситься до процесів комплексоутворення у водному середовищі?</p> <p>A. CO₂ + H₂O ↔ H₂CO₃ B. Al(OH)₃ + OH⁻ ↔ [Al(OH)₄]⁻ C. FeCO₃ + CO₂ + H₂O ↔ Fe²⁺ + 2 HCO₃⁻ D. 4Fe(HCO₃)₂ + O₂ + 2H₂O → 4Fe(OH)₃↓ + 8CO₂↑</p>			
<p>7. Визначити, скільки електронів втрачає атом Нітрогену при мікробіологічному перетворенні його амонійної форми (NH₄⁺) в нітратну (NO₃⁻)</p> <p>A. 2 D. 3 C. 5 D. 8</p>			
<p>8. Який аналітичний метод використовують при визначенні показника загальної твердості води?</p> <p>A. Нейтралізація B. Комплексонометрія</p>			

С. Фотометрія

Д. Йонометрія

9. Визначити відповідність між формами сполук активного кисню (ROS) та їхніх назв

	Формула		Назва
А	O_2^{-2}	1	Надпероксида (супероксида)
В	O_3^-	2	Пероксида
С	O_2^-	3	Синглетний кисень
Д	1O_2	4	Озоніда

10. Наступні дві комплексні сполуки  та  являються

А.	Цис-транс ізомерами
В.	Ізотопами
С.	Слабкими електролітами
Д.	Кополімерами

Модульний контрольний тест (модуль 2 – Біогеохімія основних біогенних елементів)

1. Симптоми якого ендемічного захворювання людей та тварин зображено на рисунку? Аномальний розподіл (надлишок, недостача чи дисбаланс) якого хімічного елементу в біогеохімічному оточенні проживання його зумовлює?



2. Вкажіть послідовність мікробіологічної трансформації сполук азоту у довкіллі, що призводить до забруднення підґрунтових вод, якими живляться колодязі, нітратами:

А	NO_2^-	В	N органічний	С	NO_3^-	Д	NH_4^+
---	----------	---	--------------	---	----------	---	----------

3. Які біогеохімічні провінції, збіднені чи збагачені певними хімічними елементами, зустрічаються в Україні? (можливо більше однієї правильної відповіді)

А.	Збіднені йодом	С.	Збагачені фтором
В.	Збагачені молібденом	Д.	Збіднені кобальтом

4. Вкажіть геохімічну причину високої твердості підґрунтових вод, якими живляться колодязі, на території переважної частини Полісся і Лісостепової зони України.

5. Вкажіть ГДК та одиниці вимірювання вмісту нітратів у питній воді водопровідній та колодязній в Україні.

6. Кому належить авторство терміну «біогеохімічні провінції»:

А.	В. Ковальському	С.	В. Вернадському
В.	А. Зюссу	Д.	Дж. Лавлоку

7. Вказати методи очищення води, за допомогою якого можна видалити хлорорганічні сполуки, які утворюються при хлоруванні питної води (можливо більше однієї правильної відповіді)

А.	Кип'ятіння	Д.	Озонування
В.	Фільтрування через шар активованого вугілля	Е.	Йонний обмін
С.	Метод зворотного осмосу	Ф.	Дистиляція

8. Забруднення питної води яким поллютантом та яка тривалість його дії спричинює синдром "blue baby" (метгемоглобінаемію)?

А. Хронічне отруєння нітратами В. Гостре отруєння нітратами С. Хронічне отруєння сполуками амонію D. Гостре отруєння сполуками амонію					
9. Вставити пропущене слово: БГХ цикл – це сукупність відносно замкнених шляхів переміщення речовин через _____ та навколишнє середовище.					
10. Вкажіть йони, що входять до складу мінеральної матриці питної води (можливо більше однієї правильної відповіді)					
A.	Ca ²⁺	C.	HCO ₃ ⁻	E.	SO ₄ ²⁻
B.	Fe ³⁺	D.	Cl ⁻	F.	SiO ₃ ²⁻

9. Методи навчання

Метод навчання – взаємопов'язана діяльність викладача та студентів, спрямована на засвоєння студентами системи знань, набуття умінь і навичок, їх виховання і загальний розвиток. Виділяють три групи методів навчання: словесні, наочні, практичні.

Словесні методи навчання:

- лекція – це метод навчання, який передбачає розкриття у словесній формі сутності явищ, наукових понять, процесів, які знаходяться між собою в логічному зв'язку, об'єднані загальною темою.

Чільне місце в групі словесних методів посідає метод роботи з книгою. Належність його до цієї групи дещо умовна. Студенти мають усвідомлювати, що основним джерелом отримання наукової інформації є книга. Тому так важливо навчити студентів методам і прийомам самостійної роботи з нею: читання, переказ, виписування, складання плану, таблиць, схем тощо.

Наочні методи передбачають, передусім, використання демонстрації та ілюстрації.

- демонстрація – це метод навчання, який передбачає показ предметів і процесів у їхньому натуральному вигляді, в динаміці.

- ілюстрація – метод навчання, який передбачає показ предметів і процесів у їх символічному зображенні (фотографії, малюнки, схеми, графіки та ін.).

Практичні методи навчання спрямовані на досягнення завершального етапу процесу пізнання. Вони сприяють формуванню умінь і навичок, логічному завершенню ланки пізнавального процесу стосовно конкретного розділу, теми.

Лабораторна робота передбачає організацію навчальної роботи з використанням спеціального обладнання та за визначеною технологією для отримання нових знань або перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень.

10. Форми контролю

Основними формами контролю знань студентів є контроль на лекції, на лабораторних заняттях, у позанавчальний час, іспитах.

I. Контроль на лекції може проводитись як вибіркоче усне опитування студентів або з застосуванням тестів за раніше викладеним матеріалом,

особливо за розділами курсу, які необхідні для розуміння теми лекції, що читається, або ж для встановлення ступеня засвоєння матеріалу прочитаної лекції (проводиться за звичай у кінці першої або на початку другої години лекції).

Поточний контроль на лекції покликаний привчити студентів до систематичної проробки пройденого матеріалу і підготовки до майбутньої лекції, встановити ступінь засвоєння теорії, виявити найбільш важкі для сприйняття студентів розділи з наступним роз'ясненням їх. Контроль на лекції не має віднімати багато часу.

За витратами часу на контроль усне опитування поступається програмованому контролю із використанням електронної платформи.

II. Поточний контроль на лабораторних заняттях проводиться з метою виявлення готовності студентів до занять у таких формах:

1. Письмова (до 45 хв.) контрольна робота.
2. Тестування за тематикою самостійних розділів теоретичного курсу (темах або модулях).

III. Іспит. Іспити є підсумковим етапом вивчення усієї дисципліни або її частини і мають за мету перевірку знань студентів по теорії і виявлення навичок застосування отриманих знань при вирішенні практичних завдань, а також навичок самостійної роботи з навчальною і науковою літературою.

Розподіл балів, які отримують студенти.

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 26.03.2023 р. протокол № 10)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результатами складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{дис}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{нр}$ (до 70 балів): $R_{дис} = R_{нр} + R_{ат}$

11. Навчально-методичне забезпечення

Повний комплект навчально-методичного супроводу вивчення дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» міститься на навчально-інформаційному порталі НУБіП України (<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1105>).

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, 2012. – 201 с.

12. Рекомендовані джерела інформації

1. Аналітична хімія природного середовища: Підручник/Б.Й. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. – К,: Либідь, 1996. – 304 с.
2. Аналітична хімія поверхневих вод //Б.Й.Набиванець, В.І.Осадчий, Н.М.Осадча та ін. – Київ: Наук. думка, 2007. – 457 с.
3. Environmental Chemistry [Electron source] – Available at: <https://ncert.nic.in/textbook/pdf/kech207.pdf>
4. Vladimir I. Vernadsky, 2007, Essays on Geochemistry & the Biosphere, tr. Olga Barash, Santa Fe, NM, Synergetic Press, ISBN 0-907791-36-0 (originally published in Russian in 1924)
5. Global Biogeochemical Cycle [Electron source] – Available at: <http://www.agu.org/journals/gb/>
6. Biogeochemistry [Electron source] – Available at: <http://www.springer.com/west/home/geosciences?SGWID=4-10006-70-35757517-0>. A journal published by Springer.
7. J.E. Andrews, P. Brimblecombe, T.D. Jickells, P.S. Liss and B. Reid. An Introduction to Environmental Chemistry. Second edition [Electron source] – Available at: <https://dl.icdst.org/pdfs/files/687b74a4d47b6ebbba0a4654a2a35ee0b.pdf>