

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.

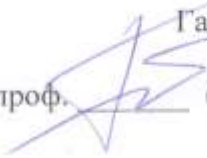
Завідувач кафедри

 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)

Київ – 2023 р.

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	
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	30 год.	8 год.
Практичні, семінарські заняття	год.	год.
Лабораторні заняття	30 год.	6 год.
Самостійна робота	60 год.	106 год.
Індивідуальні завдання	год.	год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	

2. Мета, завдання та компетентності 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.

Завдання:

1. Розробити понятійний апарат, загальні принципи та фундаментальні положення біогеохімії;

2. Вивчити загальну геохімічну організацію біосфери;

3. Вивчити глобальні біогеохімічні цикли біогенів;

4. Вивчити геохімічну еволюцію зовнішніх оболонок землі під впливом діяльності живої речовини;

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 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):

ЗК1 Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК8 Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК9 Навички міжособистісної взаємодії і роботи в команді.

ЗК10 Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

СК2 Здатність до критичного осмислення основних теорій, методів та принципів природничих наук.

СК7 Здатність проводити моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.

СК10 Здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН3. Розуміти основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі природничих наук, що необхідні для аналізу і прийняття рішень в сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

ПРН8. Уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень.

ПРН11. Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.

ПРН14. Уміти формувати тексти, робити презентації та повідомлення для професійної аудиторії та широкого загалу з дотриманням професійної сумлінності та унеможливлення плагіату.

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

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	тижн і	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
			л	п	лаб	ін д	с.р.		л	п	лаб	ін д	с.р.
Змістовий модуль 1. Біогеохімічні характеристики складу біосфери													
<i>Тема 1.</i> Вступ. Мета та завдання дисципліни. Походження життя на Землі: хімічні та біохімічні гіпотези та експеримент.	1-3	22	4		6		12	26	2		2		22
<i>Тема 2.</i> Біосфера та біогеохімічні закони, хімічні елементи та їх розподіл в біосфері	3-5	20	4		6		10	20	2				18
<i>Тема 3.</i> Біогеохімічне зонування.	6	8	4				4	7					7
<i>Тема 4.</i> Ендемічні хвороби як результат аномального розподілу хімічних елементів у біосфері	7-8	12	4		4		4	9			2		7
Разом за змістовим модулем 1	8	62	16		16		30	62	4		4		54
Змістовий модуль 2. Біогеохімічні цикли основних біогенних елементів													
<i>Тема 1.</i> Загальні поняття про біогеохімічні цикли. Газові біогеохімічні цикли на прикладі нітрогену, гідрогену, оксигену; осадові цикли на прикладі сульфуру та фосфору.	9-12	34	8		12		14	28	2		2		24
<i>Тема 2.</i> Біогеохімічні цикли мікроелементів та токсикантів. Хімія консервантів та психоактивних речовин.	13-15	24	6		2		16	30	2				28
Разом за змістовим модулем 2	7	58	14		14		30	58	4		2		52
Усього годин		120	30		30		60	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	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-4011.	4
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.	4
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 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
7	Загальні хімічні властивості алкалоїдів. Одержання кофеїну із чайного листя методом сухої сублимації. Якісний тест на кофеїн.	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.	6
	Разом, годин	30

7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Антропогенний етап розвитку біосфери. Поняття про ноосферу. Ноосфера як закономірний крок розвитку Землі. Характерні риси ноосфери: а) виникнення нових ландшафтів (культурних, техногенних, агроландшафтів); б) людина як головна діюча сила ноосфери, техногенна міграція хімічних речовин; в) значне збільшення об'ємів інформації, нові типи інформації; г) використання енергії біосфери. Умови (за В.І.Вернадським) повного перетворення біосфери в ноосферу.	12

1	2	3
2	Ландшафтно-геохімічне районування України. Зональні та інтразональні провінції в Україні, ендемічні захворювання в Україні. Вплив геохімічного середовища на еволюцію рослин. Рослини-адаптогени: індеферентні до змін концентрації хімічних елементів, звичайні та незвичайні концентратори, рослини-ендеміки.	10
3	Біогеохімія газової оболонки Землі. Значення атмосферного масопереносу водорозчинних форм хімічних елементів. Рослинний світ як поглинач газоподібних поліутантів.	4
4	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.	4
5	Біогеохімія гідросфери. Класифікація природних вод за рівнем мінералізації, типом мінеральної матриці. Вимоги до води для різних видів водокористування (питної, для зрошення, для напування тварин та птиці, для риборозведення, для рекреаційних цілей тощо).	8
6	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).	8
7	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.	6
8	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. Біогеохімічний цикл води, його тривалість. Забезпеченість питною водою і ступінь її використання в різних країнах. Забруднювачі води, їх класифікація.	8
	Разом	60

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

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.

2. 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.

3. Вчення про біосферу В.І. Вернадського, Поняття живої речовини. Типи речовини біосфери Землі. Основні біохімічні компоненти біосфери.

4. 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 на динаміку біогенних елементів. Норми споживання мікроелементів. Поняття йонного потенціалу.

5. Розподіл біогенних елементів у компонентах біосфери. Приклади геохімічної ролі живої матерії (кальцієва, йодна функції, атмосферний кисень, утворення залізо-марганцевих конкрецій тощо).

6. 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).

7. 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.

8. 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 ендемічний цикли.

9. Типи циклів органогенів. Гідрологічний цикл. Воднева дегазація. Теорія В. Ларіна. Глобальна модель циклу вуглецю за В. Ковдою (за даними Ничипоровича та Дювіньо).

10. 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.

11. БГХ цикл азоту. Біогенна та абіогенна фіксація азоту. Гіпотетична структура комплексу металоферменту нітрогенази з азотом. «Азотний бар'єр».

12. БГХ цикл фосфору. Резервний та обмінний фонди циклу фосфору. Евтрофікація. Експерименти зі штучної евтрофікації. «Фосфорна яма».

13. БГХ цикли ртуті, кадмію, свинцю. Техногенна міграція важких металів в доквіллі. Техносфера та її характеристики.

14. Хімія консервантів. Класифікація за механізмом дії та хімічним складом. Фізико-хімічні основи консервуючої активності. Безпечні та небезпечні консерванти. Хемофіобія. Зонеризм.

Приклад тесту

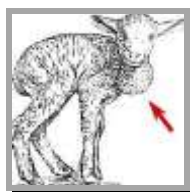
1. Вкажіть правильність твердження: У біосфері енергія виробляється та перетворюється з одного виду у інший.

A	Так	B	Ні
----------	-----	----------	----

2. Вставте два пропущені слова:

Гіпотеза РНК-світу виходить із того, що початок біохімічної еволюції, що привела до появи живого, дали молекули рибонуклеїнових кислот, а не білків, бо молекули білків нездатні до _____.

3. 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?



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

A	NO_2^-	B	N органічний	C	NO_3^-	D	NH_4^+
----------	-----------------	----------	-----------------------	----------	-----------------	----------	-----------------

5. Які біогеохімічні провінції, збіднені чи збагачені певними хімічними елементами, зустрічаються в Україні? (можливо більше однієї правильної відповіді)					
A.	Збіднені йодом	C.	Збагачені фтором		
B.	Збагачені молібденом	D.	Збіднені кобальтом		
6. Вкажіть геохімічну причину високої твердості підґрунтових вод, якими живляться колодязі, на території переважної частини Полісся і Лісостепової зони України.					
7. Вкажіть ГДК та одиниці вимірювання вмісту нітратів у питній воді водопровідній та колодязній в Україні.					
8. Кому належить авторство терміну «біогеохімічні провінції»:					
A.	В. Ковальському	C.	В.Вернадському		
B.	А.Зюссу	D.	Дж. Лавлоку		
9. Вказати методи очищення води, за допомогою якого можна видалити хлорорганічні сполуки, які утворюються при хлоруванні питної води (можливо більше однієї правильної відповіді)					
A.	Кип'ятіння	D.	Озонування		
B.	Фільтрування через шар активованого вугілля	E.	Йонний обмін		
C.	Метод зворотного осмосу	F.	Дистиляція		
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 вибіркове 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 модулів).

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 $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

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. Мікроелементози сільськогосподарських тварин. – К.: Урожай, 1974. – 151 с.
4. Державна стратегія регіонального розвитку на період до 2015 року (Затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 1001 від 26.07.2006 р. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lawua.info/bdata1/ukr1279/index.htm>
5. World Water Day: A Billion People Worldwide Lack Safe Drinking Water - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://environment.about.com/od/environmentalevents/a/waterdayqa.htm>
6. 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>
7. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2020 році. – https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/teplovodopostachannya-ta-vodovidvedennya/natsionalna-dopovid/proekt-natsionalnoyi-dopovidi-pro-yakist-pitnoyi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukrayini-u-2015-rotsi/?__cf_chl_tk=0KBbLizcmrOTpDy3BqjOIVhyk171gyXQQex_3gOl.pw-1685340633-0-gaNycGzNC9A
8. Екологічні карти України (25 карт) - [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://road.elitno.net/?attachment_id=21
9. Water supply for rural areas and small communities/E.G.Wagner, J.N.Lanoix. – World Health Organization, Palais des Nations, Geneva. – 1959. – 337 pp. – [Електронний ресурс] /Режим доступу: whqlibdoc.who.int/publications/1948-60/9241400420.pdf
10. 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)
11. Global Biogeochemical Cycles <http://www.agu.org/journals/gb/>
12. Biogeochemistry <http://www.springer.com/west/home/geosciences?SGWID=4-10006-70-35757517-0>. A journal published by Springer.