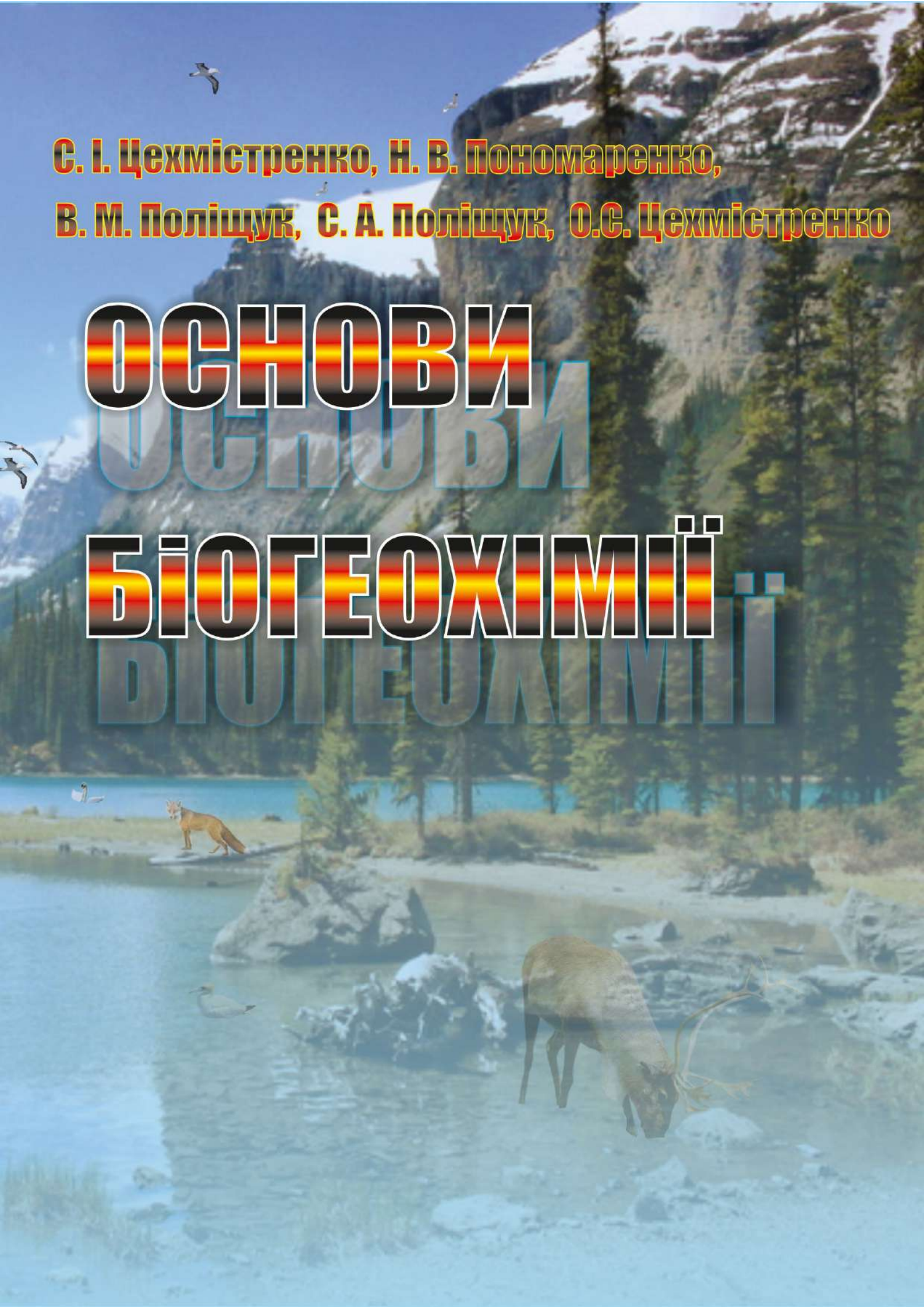


**С. І. Цехмістренко, Н. В. Пономаренко,
В. М. Поліщук, С. А. Поліщук, О.С. Цехмістренко**

ОСНОВИ ОСНОВИ БІОГЕОХІМІЇ БІОГЕОХІМІЇ



**С. І. Цехмістренко, Н. В. Пономаренко,
В. М. Поліщук, С. А. Поліщук, О. С. Цехмістренко**

ОСНОВИ БІОГЕОХІМІЇ

Навчальний посібник

Біла Церква
2023

УДК 550.47 (075.8)

Затверджено вченою радою Білоцерківського НАУ як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (протокол № 4 від 25.05.2022 р.)

Рецензенти:

Бітюцький В. С., д-р с.-г. наук, професор, зав. кафедрою екології та біотехнології Білоцерківського національного аграрного університету;

Кушнір І.М., д-р вет. наук, ст. наук. спів., зав. лабораторії бактеріологічного контролю і безпечності ветпрепаратів Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів і кормових добавок.

Основи біогеохімії: навчальний посібник / С. І. Цехмістренко, Н. В. Пономаренко, В. М. Поліщук, С. А. Поліщук, О. С. Цехмістренко; за редакцією С. І. Цехмістренко. Біла Церква, 2023. 183 с.

У посібнику викладено теоретичні основи біогеохімії: розглянуто основні напрямки розвитку науки, описано основні положення В. І. Вернадського про біосферу як вищу природну систему, охарактеризовано основні цикли біогеохімічних колообігів хімічних елементів у природі, їх фізіологічна роль, значення у виникненні ендемічних провінцій та ендемій. Наведені дані про сучасні методи аналізу в біогеохімії. Представлені лабораторні та практичні роботи виконуються за доступними методиками досліджень різних об'єктів біосфери і компонентів навколишнього середовища. Подані приклади тестових завдань для самоперевірки знань, умінь та навичок студентів.

Посібник створено згідно із програмою навчальної дисципліни для підготовки спеціалістів в аграрних вищих навчальних закладах. Рекомендовано для студентів-екологів, а також для фахівців суміжних спеціальностей, які займаються питаннями загальної екології, геохімії, екологічної безпеки та техногенного забруднення території України.

© Цехмістренко С. І., Пономаренко Н. В., Поліщук В. М.,
Поліщук С. А., Цехмістренко О. С., 2023

© Білоцерківський національний аграрний університет

**На земній поверхні немає хімічної сили,
могутнішої за своїми кінцевими наслідками,
ніж живі організми, взяті в цілому.**

***В. І. Вернадський,**
основоположник біогеохімії, радіогеології,
творець учень про біосферу та ноосферу,
перший Президент Академії наук України*

ВСТУП

Біогеохімія – комплексна наукова дисципліна на межі біології і геохімії, що вивчає хімічний склад живих організмів та їх участь у геохімічних процесах, які відбуваються в біосфері Землі.

Визнання біогеохімії як науки відносять до часу роботи В. І. Вернадського під час створення ним Української академії наук (1918–1919). Саме тоді вчений сформулював принципові цілі біогеохімії – пізнати середній елементарний склад живої речовини, виразити його кількісно через вагу живої речовини, пов'язати склад і вагу живої речовини зі складом та вагою земної речовини. Формальною датою виникнення біогеохімії вважають 15 листопада 1932 року, коли на сесії Академії наук В. І. Вернадський проголосив доповідь про значення біогеохімії для пізнання біосфери. Він встановив і методологічні основи геохімії та біогеохімії, стверджуючи, що вищою формою організації природних систем є біосфера. Нежива та жива природа – це рівноправні складові біосфери, за взаємодії яких проходить синтез органічної речовини та нагромадження енергії. Одним із головних досягнень В. І. Вернадського є висновок про перетворення біосфери у ноосферу – сферу розуму.

Проблему впливу зовнішніх умов на розвиток тварин було порушено у другій половині XVIII ст. у працях французького природодослідника Ж. Бюффона. Він зазначав, що основними причинами перетворення одного виду на інший є вплив таких зовнішніх чинників, як температура, клімат, якість їжі та гніт одомашнення. У кінці XVIII ст. один із засновників хімії Антуан Лавуазьє обґрунтував кількісну оцінку хімічних елементів, які беруть участь у реакціях, і дослідив вплив еквівалентного обміну кисню й вуглекислого газу рослинами. Цими працями він заклав

основи сучасних уявлень про геохімію Карбону у біосфері. Пересвідчившись, що рослини отримують головний хімічний елемент органічної речовини – Карбон із повітря, а у процесі розкладання рослинних решток він у складі вуглекислого газу повертається в атмосферу. А. Лавуазьє дійшов висновку про універсальність механізму колообігу під час взаємодії живих організмів із природою і написав трактат «Колообіг елементів на поверхні земної кулі». У ньому він обґрунтував ідею циклічного обміну хімічних елементів між трьома складовими природи: мінеральним, рослинним і тваринним світом. Після досліджень А. Лавуазьє стало очевидно, що живі організми в основному складаються з елементів, що їх утворюють на поверхні Землі гази, і що в хімії життя виняткове значення має взаємозв'язок організмів з газами атмосфери. Ці проблеми надалі досліджували і один із засновників органічної хімії Ж.-Б. Дюма, фундатор агрохімії Ж.-Б. Бусенго та хімік Ю. Лібіх. Юстус Лібіх довів, що хімічні елементи надходять у рослини двома шляхами – з повітря (як вуглець) або з ґрунту (у водних розчинах), а також встановив, що рослини вибірково поглинають хімічні елементи з ґрунту. Учений розробив теорію мінерального живлення рослин та започаткував вивчення циклічної міграції елементів у системі ґрунт–рослина–ґрунт. У книзі «Хімія в додатку до землеробства та фізіології рослин» (1840) з'являється перша спроба пов'язати історію народів і держав з порушенням природного циклу окремих хімічних елементів. У першій половині XIX ст. німецький мінералог І. Брейтгаупт установив, що хімічні елементи та мінерали в природі розподіляються не хаотично, а у певній закономірності. У 1859 р. фізик Г. Р. Кірхгоф і хімік Р. В. Бунзен розробили метод спектрального аналізу. Це зробило можливим дослідити і порівняти склад різних об'єктів. Виявилося, що у різних земних породах, золі рослин і тварин, і навіть у спектрах далеких зірок зустрічаються одні й ті ж елементи. Розповідаючи про історію становлення біогеохімії, не можна обминути і два найважливіші відкриття XIX ст., які вплинули на весь комплекс природничих наук. Це відкриття періодичного закону Д. І. Менделєєвим (1869) та відкриття явища радіоактивності А. А. Беккерелем (1896).

Наступний «крок» зробив американський геохімік Франк Уїлсорт Кларк. Він використав усі відомі на той час методи аналізу гірських порід і склав таблицю розповсюдження хімічних елементів у земній корі. Це була кропітка праця, якій Ф. У. Кларк

присвятив усе своє життя. Сучасники й нащадки вшанували цей науковий подвиг тим, що середню величину вмісту хімічних елементів у літосфері називають кларком.

У 80-х роках XIX ст. виникло генетичне ґрунтознавство, основоположником якого був В. В. Докучаєв. Його вчення поглибило і конкретизувало уявлення видатних хіміків про діяльність живих організмів на прикладі ґрунтового покриву суші. Одночасно вперше була доведена нерозривна єдність живих організмів з іншими компонентами природної системи і неможливість існування цієї системи без явищ життя.

У 20-ті роки XX ст. вчений В. М. Гольдшмідт (Німеччина) зробив висновок про вибіркове накопичення рослинами окремих елементів. Він розвинув вчення про глобальні закономірності розподілу хімічних елементів залежно від будови атомів та іонів: як правило, біогенна акумуляція властива елементам, що мають життєво важливе значення для рослин і низькі кларки.

На початку XX ст. накопичення фактичного матеріалу про взаємозв'язок природних явищ досягло критичного значення, конче потрібна була наявність суб'єктивного фактору для переведення даних у систему. Вчений, який це здійснив, був В. І. Вернадський. Саме він виявився тим, хто зміг всебічно й сміливо підійти до вирішення нових проблем. Продовжили роботу В. І. Вернадського такі вчені, як Б. Б. Полинов (1877–1952), О. П. Виноградов (1895–1975), В. В. Ковальський (1899–1984), О. Є. Ферсман (1883–1945), В. А. Ковда (1904–1991), М. В. Тимофєєв-Ресовський (1900–1981), О. І. Перельман (1916–1998). «Володимир Іванович Вернадський, – писав академік О. П. Виноградов, – це ціла епоха в розвитку нашої науки: блискучий мінералог, кристалограф, геолог, геохімік, біогеохімік, радіогеолог, вчений-енциклопедист, який глибоко цікавився філософією, історією науки і суспільним життям. Він бачив у науці на багато років уперед. Створюючи нові галузі науки про Землю, він передбачив їх велике значення і зв'язок із практичною діяльністю людини». Вивчаючи історію мінералів, міграцію хімічних елементів у земній корі, В. І. Вернадський виявив грандіозну роль живої речовини в геохімічних процесах на нашій планеті. Для вивчення ролі живої речовини в біосфері були потрібні знання біології, геології, хімії, на основі яких була створена нова наука – біогеохімія.

До головних засад біогеохімії, розроблених цим видатним вченим відноситься теоретичне обґрунтування геохімічної класифікації хімічних елементів, вчення про форми їх знаходження у земній корі та “наскільки це можливо” планеті в цілому. В. І. Вернадський запровадив термодинамічний підхід щодо вивчення історії хімічних елементів земної кори, часових закономірностей зміни форм їх надходження, виділення у земній корі термодинамічних областей, що характеризуються певними парагенезисами хімічних елементів. До головних чинників біогенної міграції хімічних елементів, які пов’язані з живою речовиною, науковець відносив: генетичні властивості живого організму; техніку життя живих організмів; інтенсивність біогенного току атомів, а також зміни в положенні атомів унаслідок внесення у біосферу нових сполук.

В. І. Вернадський довів, що біосфера – *це не окрема сукупність організмів, не тільки місце мешкання живих істот, а цілісне планетарне середовище*. Його не можна розділити на живі і неживі компоненти й розглядати окремо. Вернадський стверджував: *«З появою біосфери всі хімічні реакції на планеті відбуваються за участю живої речовини, або в середовищі, фізико-хімічні умови якого зумовлені діяльністю живих організмів»*. Це положення отримало назву Закону Вернадського.

Одними із перших в Україні біогеохімічні питання почали вивчати Б. Ф. Міцкевич, Е. В. Саботович, екологічну та пошукову геохімію – Е. Я. Жовинський, геохімію ґрунтів – А. П. Травлеєв, біохімію мікроелементів сільськогосподарських тварин – В. Г. Герасименко, О. І. Кононський, В. І. Левченко.

У 80-х роках ХХ ст. біологічні та геолого-географічні факультети вищих навчальних закладів почали вивчати загальноосвітню дисципліну «Біогеохімія», а в останні роки ця наука впевнено увійшла в програми хімічних, медичних і екологічних напрямків університетів, оскільки необхідність пізнання цієї галузі науки виходить з умовного ланцюга «біосфера – біогеохімія – техногенез – екологізація наук». Незважаючи на величезний обсяг фактичного матеріалу, темпи накопичування даних біогеохімічних досліджень не послаблюються, а навчальна література для оволодіння цим матеріалом обмежена. Для сучасного науковця вивчення біогеохімії та її розвиток сприятиме наближенню до істини в пізнанні наук про Землю і допомагатиме

формуванню загального екологічного мислення та сучасного наукового світогляду.

Аварія на Чорнобильській АЕС спонукала вчених до вивчення екологічних наслідків забруднення навколишнього середовища штучними радіонуклідами та зумовила перегляд ставлення до ядерної енергетики та проблем енергетичного комплексу.

Ще однією екологічною катастрофою стала російська агресія. Війна вплинула на кожний компонент довкілля – тваринний і рослинний світ, воду, повітря, ґрунт. Наслідки цього негативного впливу будуть довгостроковими та матимуть не лише локальний, а й глобальний характер. За останніми скромними оцінками, збитки довкіллю України від війни становлять 1,35 трлн. грн. Внаслідок російських ударів по нафтобазах, складах паливно-мастильних матеріалів згоріло понад 680,6 тис. т нафтопродуктів, які забруднили повітря небезпечними речовинами. Через лісові пожежі, горіння нафтопродуктів та займання промислових об'єктів, викиди в атмосферне повітря вже перевищили 67 млн. т. При цьому забруднене повітря не має меж. Викиди в атмосферне повітря, викликані військовою агресією РФ на території України, переносяться, осідають і впливають на території інших держав, іноді на відстані тисячі кілометрів. Також внаслідок бойових дій гинуть рослини та дикі тварини.

На початку XXI ст. темпи антропогенного перетворення біосфери зрівнялися, а подекуди – перевищують потужність природних геологічних процесів формування хімічного складу земної кори. У процесі техногенезу сформувалася низка глобальних проблем:

- отруєння навколишнього середовища відходами сільського господарства та промисловості, що обумовило нестачу чистої прісної води, а ймовірно, кисню повітря, відсутність екологічно чистих територій на Землі;
- енергетичне голодування та вичерпання мінеральних ресурсів;
- теплове забруднення планети;
- отруєння.

Завдання біогеохімії вирішуються науковцями різних напрямів: геохіміками, біохіміками, ґрунтознавцями, агрохіміками, агрономами, гідрохіміками, ботаніками, зоологами, зоотехніками, мікробіологами, лікарями та іншими фахівцями.

ПРИКЛАДИ ТЕСТІВ З ДИСЦИПЛІНИ

1. Біогеохімія – це наука, яка вивчає:

1) взаємозв'язки між рослинним і тваринним світом та навколишнім середовищем; 2) біохімічні механізми пристосування організмів до екологічних умов, перетворення речовин; 3) наука про геохімічні процеси за участю живих організмів; 4) наука про сучасний хімічний склад гірських порід і шляхи міграції хімічних елементів на Землі.

2. Основоположник вчення про біосферу:

1) О. П. Виноградов; 2) В. І. Вернадський; 3) В. В. Ковальський; 4) Ж. Бюффон.

3. Біосфера – це:

1) сукупність усіх оболонок земного шару; 2) сукупність зовнішніх оболонок земного шару; 3) одна із зовнішніх оболонок земного шару, в якій розвиваються різноманітні живі організми; 4) одна із зовнішніх оболонок земного шару, в якій відсутні будь-які живі організми.

4. Мозаїчністю біосфери називається:

1) нерівномірна щільність живої речовини у різних частинах біосфери по горизонталі; 2) нерівномірна щільність живої речовини у різних частинах біосфери по вертикалі; 3) рівномірна щільність живої речовини у різних частинах біосфери по горизонталі; 4) рівномірна щільність живої речовини у різних частинах біосфери по вертикалі.

5. Основні компоненти біосфери:

1) атмосфера, літосфера; 2) гідросфера, жива речовина; 3) атмосфера, гідросфера, педосфера; 4) атмосфера, гідросфера, педосфера, літосфера, жива речовина.

6. Ноосфера – це:

1) верхній шар біосфери; 2) уся жива речовина біосфери; 3) атмосфера і гідросфера; 4) цілісна планетна оболонка Землі, яка населена людьми і раціонально перетворена ними відповідно до закону збереження.

7. Закон Вернадського формулюється так:

1) усі хімічні реакції на Землі взаємообумовлені; 2) усі хімічні реакції на планеті відбуваються за участю мікроорганізмів; 3) з появою біосфери всі хімічні реакції на планеті проходять за участю

живої речовини, або в середовищі, фізико-хімічні умови якого зумовлені діяльністю живих організмів; 4) з появою біосфери діяльність всіх живих організмів на планеті взаємопов'язана.

8. До абсолютних органогенів належать хімічні елементи:

- 1) O, H, Mn, Sr, Cu, Ca, Na, S;
- 2) Si, Na, Ca, Fe, F, K, Mn, Zn;
- 3) O, H, C, N, Mg, K, P, S;
- 4) C, N, Cu, Na, S, Mn, Zn, J.

9. Головним хімічним елементом земної кори є:

- 1) Оксиген;
- 2) Гідроген;
- 3) Карбон;
- 4) Нітроген.

10. Основний закон біосфери:

1) кількість живої речовини є непостійною за весь геологічний час розвитку; 2) жива речовина є незмінною; 3) кількість живої речовини є планетною константою за весь геологічний час її розвитку; 4) жива речовина постійно змінюється протягом її розвитку.

11. Природні системи – це:

1) сукупність усіх живих організмів на Землі; 2) окремі біологічні об'єкти, які не пов'язані між собою певними зв'язками; 3) сукупність хімічних елементів, які пов'язані між собою у певних біологічних об'єктах; 4) складні природні об'єкти, утворені з окремих компонентів, що пов'язані між собою певними зв'язками та відносинами

12. Автотрофи – це живі організми, які:

1) використовують молекулярний кисень у своєму метаболізмі; 2) використовують як джерело Карбону неорганічну сполуку CO₂; 3) використовують органічні джерела Карбону; 4) не використовують молекулярний кисень для окиснювальних реакцій.

13. Аероби – це живі організми, які:

1) використовують молекулярний кисень у своєму метаболізмі; 2) використовують як джерело Карбону неорганічну сполуку CO₂; 3) використовують органічні джерела Карбону; 4) не використовують молекулярний кисень для окиснювальних реакцій.

14. Анаероби – це живі організми, які:

1) використовують молекулярний кисень у своєму метаболізмі; 2) використовують як джерело Карбону неорганічну сполуку CO₂; 3) використовують органічні джерела Карбону; 4) не використовують молекулярний кисень для окиснювальних реакцій.

15. Гетеротрофи – це живі організми, які:

1) використовують молекулярний кисень у своєму метаболізмі; 2) використовують як джерело Карбону неорганічну сполуку CO₂;

3) використовують органічні джерела Карбону; 4) не використовують молекулярний кисень для окиснювальних реакцій.

16. Продуценти – це організми, що:

1) отримують життєву енергію, харчуючись рослинами і тваринами; 2) розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих неорганічних сполук – H_2O , CO_2 й мінеральних солей; 3) використовують енергію сонячного проміння; 4) створюють органічну речовину з води, вуглекислого газу й мінеральних солей, використовуючи для цього сонячну енергію; 5) використовують потенційну енергію хімічних зв'язків.

17. Редуценти – це організми, що:

1) отримують життєву енергію, харчуючись рослинами і тваринами; 2) розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих неорганічних сполук – води, вуглекислого газу й мінеральних солей; 3) використовують енергію сонячного проміння; 4) створюють органічну речовину з H_2O , CO_2 й мінеральних солей, використовуючи для цього сонячну енергію; 5) використовують потенційну енергію хімічних зв'язків.

18. Фототрофи – це організми, що:

1) отримують життєву енергію, харчуючись рослинами і тваринами; 2) розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих неорганічних сполук – води, вуглекислого газу й мінеральних солей; 3) використовують енергію сонячного проміння; 4) створюють органічну речовину з води, вуглекислого газу й мінеральних солей, використовуючи для цього сонячну енергію; 5) використовують потенційну енергію хімічних зв'язків.

19. Хемотрофи – це організми, що:

1) отримують життєву енергію, харчуючись рослинами і тваринами; 2) розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих неорганічних сполук – води, вуглекислого газу й мінеральних солей; 3) використовують енергію сонячного проміння; 4) створюють органічну речовину з води, вуглекислого газу й мінеральних солей, використовуючи для цього сонячну енергію; 5) використовують потенційну енергію хімічних зв'язків.

20. Консументи – це організми, що:

1) отримують життєву енергію, харчуючись рослинами і тваринами; 2) розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих неорганічних сполук – H_2O , CO_2 й мінеральних солей; 3) використовують енергію сонячного проміння; 4) створюють органічну речовину з води, вуглекислого

газу й мінеральних солей, використовуючи для цього сонячну енергію; 5) використовують потенційну енергію хімічних зв'язків.

21. Жива речовина або біомаса – це:

1) тварини; 2) рослини; 3) мікроорганізми; 4) сукупність усіх живих організмів (тварини, рослини, мікроорганізми).

22. За чисельністю видів організмів найбільше типів:

1) хемогетеротрофів і фотоавтотрофів; 2) хемоавтотрофів; 3) фотогетеротрофів; 4) анаеробних організмів.

23. Водні мігранти – це:

1) нерозчинні у воді хімічні елементи; 2) водні організми, які мігрують; 3) розчинні у воді хімічні елементи; 4) хімічні елементи, які знаходяться у воді в недостатній кількості.

24. Окиснення – це процес:

1) передачі електронів атомами, що знаходяться в мінералах Карбону; 2) передачі електронів атомами, що знаходяться в мінералах Гідрогену; 3) передачі електронів атомами, що знаходяться в мінералах Оксигену; 4) розпаду органічних речовин на іони.

25. Гідролізом називають:

1) процес розпаду органічних речовин на іони; 2) реакцію обміну між іонами води (H^+ , OH^-) та іонами мінералів; 3) розчинення мінералів; 4) елементи зі змінною валентністю переходять до її більш високого ступеня.

26. Відновлення – це процес, який відбувається:

1) за наявності вільного кисню; 2) за наявності вільного Гідрогену; 3) за відсутності Гідрогену; 4) за відсутності вільного кисню.

27. Вода називається твердою, коли вона:

1) збагачена солями Кальцію та Магнію; 2) збагачена солями Кальцію та Фосфору; 3) збіднена на солі Кальцію та Магнію; 4) збагачена солями Феруму.

28. Для розділення окремих речовин на фракції у лабораторних дослідженнях використовується метод:

1) спектрофотометрія; 2) хроматографія; 4) потенціометрія; 3) рН-метрія.

29. Загальний вміст H_2O в біосфері оцінюється в:

1) 50 млрд. m^3 ; 2) 1,5 млн. km^3 ; 3) 1,5 млрд. km^3 ; 4) 500 млн. km^3 .

30. Реакція середовища – це:

1) певне співвідношення концентрації іонів H^+ і OH^- в розчині; 2) концентрація іонів Гідрогену в розчині; 3) концентрація іонів

Гідроксилу в розчині; 4) різниця між концентрацією іонів H^+ і OH^- в розчині.

31. Угрупування живих організмів, що характеризуються певним видовим складом і вступають між собою у складні взаємовідносини:

1) екосистема; 2) біогеоценоз; 3) біоценоз; 4) екологічна ніша.

32. Рівень організації живої матерії, на якому здійснюється кругообіг речовин між біотичною та абіотичною частинами природної системи:

1) організменний; 2) популяційно-видовий; 3) біогеоценотичний; 4) клітинний.

33. Продуктивність відкритого океану обмежується:

1) температурою; 2) недостатньою кількістю CO_2 ; 3) недостатньою кількістю N, P; 4) кількістю опадів.

34. Засоби, що використовують для боротьби із засоленістю ґрунтів та зменшення шкоди рослинам від дії цього фактору:

1) гіпсування ґрунтів, використання солестійких сортів; 2) промивання ґрунтів та дренаж; 3) застосування позакореневого підживлення рослин; 4) усі перелічені засоби.

35. Природна зона, яка є найменш продуктивною у континентальній частині біосфери:

1) тундра; 2) степ; 3) тропічний ліс; 4) тайга.

36. Процес, який є наслідком виникнення фотосинтезу:

1) диференціація клітин та утворення тканин; 2) розвиток багатоклітинних організмів; 3) накопичення вуглекислого газу в атмосфері; 4) накопичення кисню в атмосфері.

37. Трофічні зв'язки в біогеоценозах виникають за умов:

1) коли види не пов'язані прямими харчовими зв'язками, але внаслідок життєдіяльності одних видів змінюються умови існування інших; 2) коли організми одного з видів є об'єктом живлення для особин іншого; 3) коли різні види хижаків живляться одним видом здобичі; 4) коли організми різних видів спільно використовують певне місце існування.

38. Елементарна структурна одиниця біосфери:

1) біогеоценоз; 2) біотоп; 3) вид; 4) гідросфера.

39. Основна функція, яку здійснюють деструктори:

1) створюють значну кількість органічних речовин; 2) розщеплюють складні органічні сполуки до простих речовин; 3) забезпечують колообіг Нітрогену в природі; 4) підтримують сталу кількість кисню в атмосфері.

40. Властивість біогеоценозу, яку можна встановити, спостерігаючи вплив популяції хижаків на популяцію здобичі:

1) цілісність; 2) самовідтворення; 3) стійкість; 4) саморегуляція.

41. Абіотичний фактор, що обмежує поширення життя в океані, проте, як правило, не обмежує його поширення на суходолі:

1) наявність мінеральних речовин; 2) освітленість; 3) атмосферний азот; 4) в'язкість води.

42. Правильне визначення антропогенного фактору:

1) будь-які прояви цілеспрямованої діяльності людини; 2) різні форми господарської діяльності людини, що змінюють стан середовища існування різних видів живих істот, у тому числі самої людини; 3) діяльність людини, яка впливає тільки на чисельність популяції; 4) діяльність людини, спрямована на зміну кліматичних факторів.

43. Причина незбалансованого колообігу речовин у агроценозі:

1) людина вилучає більшу частину біомаси; 2) є значна видова різноманітність; 3) ланцюги живлення мають надто багато ланок; 4) використовуються тільки сонячна енергія.

44. Проникнення організмів у літосферу обмежене:

1) інтенсивністю ультрафіолетових променів; 2) температурою; 3) атмосферним тиском; 4) кількістю вологи.

45. Найбільша біомаса в біосфері зосереджена в оболонці:

1) літосфері; 2) атмосфері; 3) гідросфері; 4) плетобіосфері.

46. Провідну роль у колообігу Нітрогену в атмосфері відіграють:

1) тварини; 2) рослини; 3) гриби; 4) азотфіксуючі прокариоти.

47. Товщина озонового шару становить:

1) 2–3 мм; 2) 2–3 м; 3) 20–30 м; 4) 1–2 км.

48. Для атмосферного повітря є нормальним таке співвідношення газів (%) у суміші Оксиген – Нітроген – діоксид карбону:

1) 20 : 78 : 2; 2) 20 : 79 : 1; 3) 21 : 78 : 1; 4) 21 : 78 : 0,03.

49. Фактор, який вплинув на більшу біомасу рослин у біосфері порівняно з біомасою інших організмів:

1) інтенсивніше розмноження рослин; 2) рослини є фотоавтотрофами; 3) кількісне переважання рослин над іншими організмами; 4) рослини поширені в усіх середовищах існування.

50. Найбільшу концентрацію отруйних речовин у забрудненому біогеоценозі можна виявити в організмі:

1) трав'янистих тварин; 2) дерев'янистих рослин; 3) хижих тварин; 4) трав'янистих рослин.

51. Мікроелементи – це хімічні елементи, які входять до складу живої речовини у кількості:

1) від 10^{-2} до 10^1 % від маси речовини; 2) від 10^{-2} до 10^{-5} % від маси речовини; 3) від 10^{-6} до 10^{-12} % від маси речовини; 4) $< 10^{-12}$ % від маси речовини.

52. Макроелементи – це хімічні елементи, які входять до складу живої речовини у кількості:

1) від 10^{-2} до 10^1 % від маси речовини; 2) від 10^{-2} до 10^{-4} % від маси речовини; 3) від 10^{-4} до 10^{-12} % від маси речовини; 4) $< 10^{-12}$ % від маси речовини.

53. Ультраелементи – це хімічні елементи, які входять до складу живої речовини у кількості:

1) від 10^{-2} до 10^1 % від маси речовини; 2) від 10^{-2} до 10^{-4} % від маси речовини; 3) від 10^{-6} до 10^{-12} % від маси речовини; 4) $< 10^{-12}$ % від маси речовини.

54. Термін «поживні лінії речовин» означає:

1) лінія, що з'єднує К, С та Fe; 2) лінія, що з'єднує Са, С та Fe; 3) лінія, що з'єднує К, С та Мп; 4) лінія, що з'єднує Са, С та Мп.

55. Коефіцієнтом біологічного поглинання (КБП) називають:

1) виділення хімічного елемента живою речовиною; 2) накопичення хімічного елемента живою речовиною; 3) мінімальна кількість хімічного елемента, яка необхідна для існування живої речовини; 4) оптимальна кількість хімічного елемента, яка необхідна для існування живої речовини.

56. До надлишкових хімічних елементів відносять:

1) Нітроген; 2) Карбон; 3) Алюміній; 4) Літій.

57. Кларк – це середній вміст (у %) хімічних елементів у:

1) біосфері; 2) гідросфері; 3) атмосфері; 4) літосфері.

58. Фотосинтез – це:

1) процес сприйняття світла живими організмами; 2) синтез енергії живою речовиною; 3) процес, який дає можливість фіксувати сонячну енергію і робити її доступною для живої речовини; 4) використання енергії живою речовиною.

59. Елементами біологічного захоплення називають такі, коефіцієнт біологічного поглинання яких:

1) < 1 ; 2) від 1 до 10; 3) від 1 до 100; 4) > 100 .

60. Амоніфікація – це процес:

1) синтезу білків; 2) синтезу амінокислот; 3) мінералізації Нітрогену; 4) розпаду органічних речовин із вивільненням Нітрогену.

61. Атмосферна фіксація Нітрогену – це:

- 1) утворення надмірної кількості Нітрогену в атмосфері;
- 2) утворення оксидів нітрогену під час грози; 3) процес відновлення нітрогену в оксиди; 4) відновлення до молекулярного Нітрогену (N_2).

62. Нітрифікація біосфери – це:

- 1) зниження вмісту Нітрогену в навколишньому середовищі;
- 2) збільшення внаслідок техногенної діяльності вмісту Нітрогену в навколишньому середовищі; 3) відновлення Нітрогену до молекулярного азоту (N_2); 4) перетворення аміаку в нітрат-іони.

63. Евтрофікація водойм – це:

- 1) „цвітіння” води внаслідок бурхливого розмноження анаеробних організмів завдяки концентрації у водоймах сполук фосфору; 2) „цвітіння” води внаслідок бурхливого розмноження анаеробних організмів завдяки концентрації у водоймах сполук кальцію; 3) забруднення водойм важкими металами; 4) природне очищення водойм.

64. Кислотними дощами називають:

- 1) зниження кислотності опадів із рН = 4,6–5,7 до рН = 6,0–6,5;
- 2) кислотність опадів рН = 2,0; 3) кислотність опадів рН = 2,7–6,5;
- 4) зростання кислотності опадів із рН = 6,0–6,5 до рН = 4,6–5,7, а в окремих випадках рН = 2,7–3,5.

65. „Парниковий ефект” – це:

- 1) підвищення середньої температури на планеті; 2) зниження середньої температури на планеті; 3) збільшення концентрації CO_2 в атмосфері, що сприятиме підвищенню середньої температури на планеті; 4) зниження концентрації CO_2 в атмосфері, що сприятиме підвищенню середньої температури на планеті.

66. Біогеохімічна ендемія – це природнє явище, за якого живі організми постійно відчують нестачу або надлишок:

- 1) макроелемента; 2) мікроелемента; 3) Кальцію; 4) Фосфору.

67. Біогеохімічна провінція – це зона на Землі з певним рівнем концентрації будь-якого хімічного елемента в:

- 1) організмах живих істот; 2) доквіллі; 3) біосфері; 4) літосфері.

68. Допустима добова доза (ДД) становить:

- 1) 1/10 максимальної нетоксичної дози; 2) 1/20 максимальної нетоксичної дози; 3) 1/50 максимальної нетоксичної дози; 4) 1/100 максимальної нетоксичної дози.

69. Напівлетальна доза LD_{50} – це така кількість речовини, яка спричинює:

- 1) загибель 50 % дослідних тварин;
- 2) захворювання 50 % дослідних тварин;
- 3) загибель 50 голів дослідних тварин;
- 4) захворювання 50 голів дослідних тварин.

70. Нетоксична доза – це така кількість речовини, яка не викликає ніяких змін в органах і тканинах протягом не менше:

- 1) 3 днів;
- 2) 3 місяців;
- 3) 3 років;
- 4) 30 років.

71. Період напіврозпаду – це:

- 1) час, за який розпадається вся речовина, що потрапила в іоносферу;
- 2) час, за який розпадається половина речовини, що потрапила в біосферу;
- 3) час, протягом якого речовина знаходиться в незмінному стані;
- 4) оптимальний час, необхідний для розпаду речовини, що потрапила в біосферу.

72. Техногенез – процес, який пов'язаний із:

- 1) техногенною міграцією хімічних елементів;
- 2) міграцією елементів в атмосфері;
- 3) накопиченням радіонуклідів у біосфері;
- 4) накопиченням важких металів у біосфері.

73. Найбільш технофільним хімічний елемент є:

- 1) Нітроген;
- 2) Купрум;
- 3) Кальцій;
- 4) Карбон.

74. Засоленими називають ґрунти, які містять велику кількість:

- 1) Кальцію;
- 2) важкорозчинних солей;
- 3) легкорозчинних солей;
- 4) нітратів.

75. Вміст нітратів у питній воді не має перевищувати:

- 1) 4,5 мг/дм³;
- 2) 45 мг/дм³;
- 3) 3,3 мг/дм³;
- 4) 450 мг/дм³.

76. Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) Фосфору становить:

- 1) 1–10;
- 2) 10;
- 3) < 100;
- 4) > 100.

77. Головним джерелом Фосфору для біосфери є:

- 1) літосфера;
- 2) атмосфера;
- 3) гідросфера;
- 4) педосфера.

78. Кларк Кальцію становить:

- 1) 58 %;
- 2) 0,04 %;
- 3) 2,96 %;
- 4) 1,4 %.

79. Головним за місткістю резервуаром Сульфуру на планеті є:

- 1) атмосфера;
- 2) літосфера;
- 3) жива речовина;
- 4) гідросфера.

80. За поширеністю у земній корі Ферум займає:

- 1) I місце;
- 2) II місце;
- 3) III місце;
- 4) IV місце.

81. Проникнення організмів у літосферу обмежене переважно:

- 1) інтенсивністю ультрафіолетових променів;
- 2) температурою;
- 3) атмосферним тиском;
- 4) кількістю вологи.

82. Найбільш розповсюджена сполука Оксигену на Землі:

- 1) карбонатна кислота;
- 2) вода;
- 3) глюкоза;
- 4) діоксид карбону.

83. Гумусом називають:

1) сукупність органічних речовин у ґрунті, що утворюються з відмерлих частин і продуктів життєдіяльності організмів; 2) запас мінеральних поживних речовин, доступних засвоєнню культурними рослинами; 3) лісову підстилку; 4) чорноземний ґрунт.

84. Сукупність дій людини на неживу і живу природу називають чинниками:

1) антропогенними; 2) лімітуючими; 3) екологічними; 4) оптимальними.

85. «Лімітуючою для життєдіяльності організмів є мінімальна дія фактору або ж його повна відсутність». Цей вираз належить:

1) Шелфорду; 2) Одуму; 3) Лібіху; 4). Тенслі.

86. Визначте форму співіснування організмів, за якої один з організмів використовує інший як середовище життя і джерело живлення:

1) паразитизм; 2) конкуренція; 3) коменсалізм; 4) мутуалізм.

87. Зазначте, як називається вироблення деякими глибоководними організмами світла за рахунок окиснення ліпідів:

1) тепличний ефект;
2) фосфен; 3) біолоюмінесценція; 4) фосфоресценція.

88. Біомаса рослин у біосфері більша за біомасу інших організмів, тому що вони:

1) інтенсивніше розмножуються; 2) кількісно переважають над іншими організмами; 3) є фотоавтотрофами; 4) поширені в усіх середовищах існування.

89. Елементарною структурною одиницею біосфери є:

1) літосфера; 2) атмосфера; 3) гідросфера; 4) біогеоценоз.

90. Нижній шар атмосфери – це:

1) стратосфера; 2) іоносфера; 3) тропосфера; 4) озоновий екран.

91. Виберіть тип співіснування різних видів, від якого вони взаємно отримують користь:

1) коменсалізм; 2) мутуалізм; 3) паразитизм; 4) хижацтво.

92. Виберіть організми, які здатні використовувати для живлення органічні сполуки, синтезовані іншими видами:

1) автотрофи; 2) гетеротрофи; 3) фототрофи; 4) хемотрофи.

93. Укажіть назву штучного угруповання організмів, створеного людиною для одержання сільськогосподарської продукції:

1) агроценоз; 2). біогеоценоз; 3) біомаса; 4) біотоп.

94. верхній шар ґрунту називається:

1) материнська порода; 2) гумусовий шар; 3) детрит; 4) підстилка.

95. Вкажіть речовину, збільшення концентрації якої в атмосфері призводить до парникового ефекту:

1) кисень; 2) азот; 3) діоксид вуглецю; 4) діоксид сульфору.

96. Вкажіть, як називається нижній шар ґрунту:

1) материнська порода; 2) гумусовий шар; 3) підстилка; 4) власне ґрунт.

97. Фактор, який змінив атмосферу з відновної в кисневу:

1) великий геологічний кругообіг; 2) виникнення квіткових рослин; 3) вплив сонячної радіації; 4) поява і розмноження автотрофних водоростей.

98. Термін «біогеоценоз» ввів у науку:

1) Вернадський; 2) Погребняк; 3) Тенслі; 4) Одум.

99. Початком ланцюгів живлення у водних екосистемах є:

1) риби; 2) ікра риб; 3) планктон; 4) личинки риб.

100. Евтрофікація спричиняється:

1) кислотними дощами; 2) стічними водами; 3) вітровою ерозією; 4) розливами нафти.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Автотрофи, 18, 19, 41, 148,
161, 169
- Адсорбат, 155
- Адсорбент, 155
- Адсорбція, 155
- Аероби, 20, 114, 161
- Азот, 13, 20, 26, 69, 165, 170
- Альдегід, 69
- Алюміній, 27
- Аміак, 16, 20, 38, 39, 68, 72,
77, 106, 113
- Анаероби, 161
- Аналіз, 130
- ваговий, 130
 - газовий, 130
 - кількісний, 114
 - люмінесцентний, 130
 - макроаналіз, 111
 - мікроаналіз, 112
 - напівмікроаналіз, 112
 - спектральний, 130
 - спектрофотометричний, 4,
157
 - титриметричний, 130
 - ультрамікроаналіз, 112
 - якісний, 110, 114
- Антагонізм, 45
- Антропосфера, 65
- Аргентум, 123, 124, 127, 128
- Арсен, 25, 81
- Асиміляція, 74, 150
- Атмосфера, 11, 20, 36, 67, 68,
79, 85, 160, 168, 169
- Атоми, 23
- Аурум, 66
- Бактерії, 19, 22, 23, 39, 80, 96
- Барій, 25, 123, 124
- Батометр, 107, 139
- Білки, 19, 113
- Біогеохімічні
ендемії, 62
зони, 57, 58
провінції, 9, 30, 57
цикли, 31, 44, 51
- Біогеохімія, 3, 6, 9, 26
- Біоеlementи, 23, 29, 30
- Біоіндикатори, 153
- Біомаса, 33, 65, 163, 165, 169
- Біоремедіація, 55
- Біосфера, 3, 6, 10, 12, 15, 17,
22, 36, 64, 65, 99, 160
межі, 23
- Біотропи, 55
- Бісмут, 81
- Бор, 47, 48, 95
- Важкі метали, 81
- Вернадський, 3, 5, 6, 8, 10, 12,
13, 14, 17, 26, 27, 64, 160,
170
- Відбір проб
атмосферного повітря, 104
води, 106
грунту, 107
- Вітаміни, 30
- Вода
біологічна, 73
гігроскопічна, 89
гравітаційна, 89
грунтова, 88
зв'язана, 37
капілярна, 89
питна, 75
- Водень, 15, 16, 25, 26, 113
- Водокористування, 136
- Водорості
грунтові, 53

діатомові, 11
морські, 11
сині, 39
синьо-зелені, 20
червоні, 50
Вологість
рослин, 150
Вуглеводи, 16, 17, 32, 113
Галій, 24
Гелій, 15
Гемоглобін, 46, 114
Германій, 55
Гетеротрофи, 18, 148, 161,
169
Гідроген, 24, 36, 68, 84, 112,
152, 161
Гідроген пероксид, 25
Гідроліз, 38, 74, 107, 134, 163
Гідросфера, 16, 36, 72, 164,
168
Гідротропи, 55
Гормони, 30
Гранично допустима
концентрація (ГДК), 83,
105, 138
Гумус, 21, 32, 88, 168
Ґрунт, 4, 11, 12, 39, 50, 52, 57,
84, 85, 87, 89, 95, 108, 113,
169, 170
Денітрифікація, 35, 80
Дихлордифенілтрихлоретану
(ДДТ), 52
Добрива
амонійні, 39
борні, 48
калійні, 43
мінеральні, 95
неорганічні, 95
органічні, 95
фосфорні, 95
Еволюція, 16, 17, 148
Евтрофікація, 80, 167
Еквітропи, 54, 55
Елементи
d-елементи, 24
f-елементи, 24, 112
s-елементи, 24
абіогенні, 24
біогенні, 24
макроелементи, 29, 166
метали, 24
мікроелементи, 11, 29, 30,
45, 95, 114, 166
неметали, 24
органогенні, 24, 28, 122
поширені, 24
природні, 24
радіоактивні, 12, 24, 54, 55,
72, 84, 103
p-елементи, 24
рідкісні, 24
розсіяні, 24
ультрамікроелементи, 29
штучні, 24
Ендеміки, 61
Жири, 19
Закон
Авогадро, 25
Вернадського, 6
Менделєєва, 4
ноосфери, 65
термодинаміки, 19
Залізо, 18, 25, 26, 44, 66
Індикатор, 134, 139, 142, 143
Іоносфера, 67, 169
Ітрій, 55
Йод, 27, 29, 50, 55, 114, 126,
128, 139
Кадмій, 25, 55, 81, 82
Кальцій, 24, 28, 84, 168

Карбон, 4, 26, 27, 32, 66, 84,
88, 113, 151, 161, 166, 168
Кисень, 12, 20, 25, 79, 85, 114,
137, 161, 162, 165, 170
Кислота
аденозинтрифосфорна, 48
ацетатна, 90, 156
винна, 90
карбонатна, 32, 91, 168
корична, 90
масляна, 90
мурашина, 90
нафенові, 77
нуклеїнові, 19
саліцилова, 117
силікатна, 154
сульфатна, 116
сульфітна, 124
сульфосаліцилова, 117
фосфатна, 25
хлоридна, 122
Кислотні дощі, 71
Кислотність
вільна, 141
води, 141
гідролітична, 134
грунту, 134
лимонного соку, 71
обмінна, 134
опадів, 71
потенційна, 134
титрована, 90
Кларк, 45, 46, 47, 166, 168
Клімат, 3, 88
Кобальт, 28, 55, 62, 114, 121
Коефіцієнт
біологічного поглинання,
166, 168
концентрування, 54
накопичення, 54
переходу, 54
Колообіг
антропогенний, 42
біогеохімічний, 20
біологічний, 19, 32
біотичний, 31, 32
великий, 16, 32
води, 36, 37
геологічний, 16, 20, 32, 131
Гідрогену, 36
Карбону, 32
малий, 31
Нітрогену, 38, 39
Оксигену, 34, 35
Сульфуру, 41, 42
Фосфору, 40
Консументи, 19, 162
Купрум, 28, 48, 66, 85, 95,
114, 168
Ліпіди, 113, 157
Літобіосфера, 84
Літосфера, 36, 84, 160, 168,
169
Лужність
вільна, 141
загальної, 141
Магній, 24, 28, 84, 112
Манган, 28, 45, 46, 47, 58, 70,
95, 114
Мезосфера, 67, 68
Меркурій, 25, 55, 81
Метаболізм, 19, 45, 47, 50, 51,
114
Методи дослідження
амперометричне
титрування, 130
електронний парамагнітний
резонанс, 130
колориметрія, 130
кондуктометрія, 130

кулонометрія, 130
мас-спектрометрія, 130
поляриметрія, 130
полярографія, 130
потенціометрія, 130
рефрактометрія, 130
хроматографія, 130, 155
ядерно-магнітний
резонанс(ЯМР), 130
Міграція
біогенна, 148
гіпогенна, 45
супергенна, 45
техногенна, 66
Мідь, 11, 25, 26, 66
Мікроелементози, 56
Мінералізація, 75, 77
Нікол, 62
Ніобій, 55
Нітрати, 38, 39, 80, 109
Нітрат-йони, 126
Нітрити, 39, 96, 109, 125
Нітрит-йони, 126
Нітрифікація, 39, 80
Нітроген, 27, 38, 39, 66, 68,
80, 95, 113, 126, 151, 161,
166, 168
Ноосфера, 3, 14, 64, 65, 160
Обмін речовин, 29, 74, 110
Озон, 20, 25, 69, 72
Оксиген, 24, 32, 34, 35, 68, 84,
99, 106, 114, 139, 161
Осадкові породи, 13, 22
Парниковий ефект, 73, 150,
167
Педотропи, 55
Пестициди
акарициди, 93
альгіциди, 92
арборициди, 92
афіциди, 93
бактерициди, 92
гербіциди, 92
десиканти, 93
дефоліанти, 93
зооциди, 93
інсектициди, 93
лімациди, 93
нематоциди, 93
фунгіциди, 92
Плутоній, 12
Плюмбум, 25, 122, 128
Поглиначі
рідкі, 106
тверді, 106
Природні ресурси, 42, 43, 84,
103
Провінції
зональні, 57
інтразональні, 57
Продуценти, 18, 19, 20, 162
Радіонукліди, 54, 66
Редуценти, 18, 19, 21, 162
Речовина
біогенна, 12
біокістякова, 12
жива, 11, 12, 26, 147, 148
нежива, 12
Розчин
грунтовий, 90
Рослини-індикатори, 62
Ртуть, 26
Рубідій, 24, 55
Рутеній, 55
Силіцій, 24, 27, 66
Симбіоз, 21, 39
Синергізм, 45
Споживання кисню
біохімічне, 78
хімічне, 78

Срібло, 25
Стратопауза, 67
Стратосфера, 23, 67, 68, 70
Стронцій, 55
Сульфат-іони, 41, 88, 91
Сульфур, 41, 42, 55, 66, 114
Талій, 24, 25
Твердість води, 113
Техногенез, 65, 168
Техносфера, 65
Технофільність, 66
Титан, 27
Торій, 12
Тропопауза, 67
Уран, 12
Фактор
 грунтоутворення, 88
Ферменти, 19, 30, 47, 49
Ферум, 24, 26, 28, 29, 46, 55,
 66, 84, 85, 106, 114, 168
Фігоремедіація, 55
Фосфат-іони, 113
Фосфор, 27, 40, 41, 55, 95, 113
Фотосинтез, 11, 20, 32, 35, 46,
 112, 147, 150, 166
Фототрофи, 162
Хемотрофи, 162
Хлороз, 46
Хлорофіл, 112, 148
Хром, 28, 55, 62
Хроматограма, 155
Цезій, 55
Цинк, 28, 49, 55, 62, 81, 114
Цирконій, 55

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології – теорія та практикум: навч. посіб. К.: Лібра, 2002. 352 с.
2. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології: підручник. К.: Либідь, 2004. 408 с.
3. Даценко В. В., Хоботова Е. Б., Маракіна Л. Д., Нікітін В. І. Основи біогеохімії: навч. посіб. Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. Х.: ХНАДУ, 2010. 114 с.
4. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. К.: Знання КОО, 2007. 422 с.
5. Дмитрук Ю. М., Бербець М. А. Основи біогеохімії: Навчальний посібник. Чернівці: Книги – ХХІ, 2009. 288 с.
6. Дорохов В. І., Павлюк Г. В., Федішин Б. М. Біогеохімія: навчальний посібник. Житомир: Полісся, 2004. – 144 с.
7. Дорохов В. І., Шелест З. М., Скиба Г. В., Барабаш О. М. Біогеохімія: навч. посіб. для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища». Житомир, 2004. 272 с.
8. Екологічні біотехнології “зеленого” синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: наукова монографія / С.І. Цехмістренко, В.С. Бітюцький, О.С. Цехмістренко, О.А. Демченко, Н.О. Тимошок, О.М. Мельниченко; за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270 с.
9. Єгорова Т. М., Ісаєнко В. М. Основи біогеохімії: навч. посіб. К.: НАУ, 2006. 160 с.
10. Єгорова Т. М., Ісаєнко В. М., Дудар Т. В., Федорик С. М. Основи біогеохімії. Загальні та прикладні питання: конспект лекцій. К.: НАУ, 2003. 72 с.
11. Єременко О. А., Колесніков М. О. Практикум з основ екологічної хімії. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. 272 с.
12. Ісаєнко В. М., Войціцький В. М., Бабенюк Ю. Д. Екологічна біохімія: навч. посіб. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. 440 с.
13. Клімкіна І. І., Лисицька С.М. Біогеохімія: методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентами спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Дніпро: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2017. 32 с.

14. Колесніков М. О., Пащенко Ю. П., Капінос М. В. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. 411 с.

15. Кононський О. І. Біохімія тварин. К.: Вища школа, 2006. 454 с.

16. Мазницька О. В., Новохатько О. В., Орел В. І., Пасенко А. В., Репіна О. М. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. Кривий Ріг: Мінерал, 2007. 554 с.

17. Марчак Т. В., Маслоїд А. П. Хімія з основами біогеохімії: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 101- «Екологія». Вінницький національний аграрний університет. 2017. 46 с.

18. Мислюк О. О. Основи хімічної екології: навч. посіб. К.: Кондор, 2012. 660 с.

19. Мітрясова О. П. Хімічна екологія: навч. посіб. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. 318 с.

20. Мітрясова О. П. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. К.: Кондор-Видавництво, 2016. 384 с.

21. Назаренко І. І., Бербець М. А. Біогеохімія: метод. посіб. Чернівці: Рута, 2003. 36 с.

22. Назаренко І. І., Бербець М. А., Дмитрук Ю. М. Біогеохімія: навч. посіб. Чернівці: Рута, 2004. 140 с.

23. Плахотник В. М., Орел В. І., Тульчинський В. Б. та ін. Хімія з основами біогеохімії: піручник для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. 500 с.

24. Рудишин С. Д. Основи біогеохімії: навч. посіб, ВЦ «Академія». 2013. 248 с.

25. Танащук Л. І. Біогеохімія: курс лекцій з дисципліни для студентів спеціальності 6.070800 «Екологія та охорона навколишнього середовища». К.: НУХТ, 2005. 71 с.

26. Танащук Л. І., Левандовський Л. В., Семенова О. І. Біогеохімія: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 6.070800 «Екологія та охорона навколишнього середовища». К.: НУХТ, 2004. 43 с.

27. Трохименко Г. Г. Біогеохімія: Конспект лекцій: В 2 ч. Миколаїв: НУК, 2007. Ч. 1. 32 с.

28. Федішин Б. М., Заблоцька О. С., Дорохов В. І. та ін. Хімія з основами біогеохімії : навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2010. 546 с.

29. Федорова Г. В. Практикум з біогеохімії для екологів: навч. посіб. Київ: КНТ, 2007. 288 с.

30. Харчишин В.М., Бітюцький В.С., Мельниченко О.М., Цехмістренко О.С., Цехмістренко С.І., Тимошок Н.О., Співак М.Я. Ефективність застосування екологічно безпечних композицій пробіотиків та наноматеріалів у сільськогосподарському виробництві. Європейський зелений курс та водна політика України в умовах глобальних кліматичних змін. Національна науково-практична конференція. 31 березня 2021 року. С. 51–54.
- 31.Цехмістренко С. І., Кононський О. І., Цехмістренко О. С. Біохімія тварин з основами фізичної і колоїдної хімії. Практикум: навч. посіб. Біла Церква, 2011. 216 с.
- 32.Цехмістренко С.І., Кононський О.І. Біохімія молока та молокопродуктів: Навч. посіб. / С.І. Цехмістренко, О.І.Кононський. – Біла Церква, 2014. – 168 с.
- 33.Цехмістренко С.І., Кононський О.І., Цехмістренко О.С. Біохімія тварин з основами фізичної і колоїдної хімії. Практикум: Навч. посіб. – Біла Церква, 2011. – 216 с.
- 34.Цехмістренко С.І., Цехмістренко О.С. Біохімія м'яса та м'ясопродуктів: Навч. посіб. / С.І. Цехмістренко, О.С. Цехмістренко. – Біла Церква, 2014. – 192 с.
- 35.Шмандій В. М., Безденежних Л.А. Основи біогеохімії: навч. посібник. Херсон: ОЛДПЛЮС. 2014. 176 с.
- 36.Chen Huai, et al. "Carbon and nitrogen cycling on the Qinghai–Tibetan Plateau." *Nature Reviews Earth & Environment* (2022): 1-16.
- 37.Deyris Pierre-Alexandre, and Claude Grison. "Nature, ecology and chemistry: An unusual combination for a new green catalysis, ecocatalysis." *Current opinion in green and sustainable chemistry* 10 (2018): 6-10.
- 38.Duhamel S., et al. "Phosphorus as an integral component of global marine biogeochemistry." *Nature Geoscience* 14.6 (2021): 359-368.
- 39.Fuge Ron. "Fluorine in the environment, a review of its sources and geochemistry." *Applied Geochemistry* 100 (2019): 393-406.
- 40.Hystad Grethe, Shaunna M. Morrison, and Robert M. Hazen. "Statistical analysis of mineral evolution and mineral ecology: The current state and a vision for the future." *Applied Computing and Geosciences* 1 (2019): 100005.
- 41.Jorgensen Bo Barker, Alyssa J. Findlay, and André Pellerin. "The biogeochemical sulfur cycle of marine sediments." *Frontiers in microbiology* 10 (2019): 849.

42.Kleber Markus, et al. "Dynamic interactions at the mineral–organic matter interface." *Nature Reviews Earth & Environment* 2.6 (2021): 402-421.

43.Kleber Markus, et al. "Dynamic interactions at the mineral–organic matter interface." *Nature Reviews Earth & Environment* 2.6 (2021): 402-421.

44.Moran M. A., and Bryndan P. D. "Sulfur metabolites in the pelagic ocean." *Nature Reviews Microbiology* 17.11 (2019): 665-678.

45.Paine Ellie R., et al. "Rate and fate of dissolved organic carbon release by seaweeds: a missing link in the coastal ocean carbon cycle." *Journal of Phycology* 57.5 (2021): 1375-1391. Sokol N. W. et al. Life and death in the soil microbiome: How ecological processes influence biogeochemistry // *Nature Reviews Microbiology*. – 2022. – P. 1-16.

46.Pasek Matthew. "A role for phosphorus redox in emerging and modern biochemistry." *Current Opinion in Chemical Biology* 49 (2019): 53-58.

47.Rubin Sergio, et al. "Future climates: Markov blankets and active inference in the biosphere." *Journal of the Royal Society Interface* 17.172 (2020): 20200503.

48.Shah Tariq, Sadia Lateef, and Mehmood Ali Noor. "Carbon and nitrogen cycling in agroecosystems: an overview." *Carbon and nitrogen cycling in soil* (2020): 1-15.

49.Shiau Yo-Jin, and Chih-Yu Chiu. "Biogeochemical processes of C and N in the soil of mangrove forest ecosystems." *Forests* 11.5 (2020): 492.

50.Walter Michael J., Andrew R. Thomson. "Geochemistry of silicate and oxide inclusions in sublithospheric diamonds." *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 88.1 (2022): 393-450.

51.Wannicke Nicola, et al. "The response of the marine nitrogen cycle to ocean acidification." *Global change biology* 24.11 (2018): 5031-5043.

52.Zhang Liwei, et al. "Geochemistry in geologic CO₂ utilization and storage: A brief review." *Advances in Geo-Energy Research* 3.3 (2019): 304-313.

53.Zhang Xinning, Bess B. Ward, and Daniel M. Sigman. "Global nitrogen cycle: critical enzymes, organisms, and processes for nitrogen budgets and dynamics." *Chemical reviews* 120.12 (2020): 5308-5351.

54.Zhu Jin, et al. "Biogeochemical sulfur cycling coupling with dissimilatory nitrate reduction processes in freshwater sediments." *Environmental Reviews* 26.2 (2018): 121-132.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БІОГЕОХІМІЇ	8
1.1. Роль біогеохімії у системі наук.....	8
1.2. Основні поняття про біосферу	10
1.3. Історія розвитку біосфери.....	15
1.4. Біоелементи, їх класифікація та вміст у біосфері	23
1.5. Біогеохімічні цикли макроелементів	31
1.5.1. <i>Колообіг Карбону</i>	32
1.5.2. <i>Колообіг Оксигену</i>	34
1.5.3. <i>Колообіг Гідрогену та води</i>	36
1.5.4. <i>Колообіг Нітрогену</i>	38
1.5.5. <i>Колообіг Фосфору</i>	40
1.5.6. <i>Колообіг Сульфуру</i>	41
1.6. Антропогенний колообіг речовини та ресурсний цикл	42
1.7. Біогеохімічні цикли мікроелементів.....	44
1.8. Біогеохімічні цикли органічних речовин	51
1.9. Основні закономірності біогеохімічної міграції радіонуклідів.....	53
1.10. Принципи біогеохімічного районування та біогеохімічні ендемії	56
1.11. Поняття про ноосферу і техногенез	64
1.12. Техногенні геохімічні аномалії основних компонентів біосфери	67
1.12.1. <i>Атмосфера</i>	67
1.12.2. <i>Гідросфера</i>	72
1.12.3. <i>Літосфера</i>	84
1.13. Практичні аспекти біогеохімії	96
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ	99
РОЗДІЛ II. ОСНОВИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОГЕОХІМІЇ.....	101
2.1. Техніка безпеки під час виконання лабораторних робіт.	101
2.2. Відбір проб компонентів біосфери	103
2.2.1. <i>Відбір проб атмосферного повітря</i>	104
2.2.2. <i>Відбір проб води</i>	106
2.2.3. <i>Відбір проб ґрунту</i>	107
2.3. Якісний аналіз у біогеохімії	110
2.4. Якісні реакції катіонів s-елементів.....	114
2.4.1. <i>Реакція катіонів Na⁺</i>	114
2.4.2. <i>Реакції катіонів K⁺</i>	115

2.4.3. Реакції катіонів Ca^{2+}	115
2.4.4. Реакції катіонів Mg^{2+}	116
2.5. Якісні реакції катіонів d-елементів.....	117
2.5.1. Реакції катіонів Fe^{2+}	117
2.5.2. Реакції катіонів Fe^{3+}	117
2.5.3. Реакції катіонів Mn^{2+}	118
2.5.4. Реакції катіонів Cu^{2+}	118
2.5.5. Реакції катіонів Co^{2+}	119
2.5.6. Реакції катіонів Ni^{2+}	119
2.5.7. Реакції катіонів Zn^{2+}	120
2.5.8. Реакції катіонів Cr^{3+}	120
2.6. Якісні реакції катіонів p-елементів.....	121
2.6.1. Реакції катіонів Al^{3+}	121
2.6.2. Реакції катіонів Sn^{2+}	121
2.6.3. Реакції катіонів Pb^{2+}	122
2.7. Якісні реакції аніонів деяких p-елементів.....	122
2.7.1. Реакції аніонів CO_3^{2-}	123
2.7.2. Реакції аніонів $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	123
2.7.3. Реакції аніонів SO_4^{2-}	123
2.7.4. Реакції аніонів SO_3^{2-}	124
2.7.5. Реакції аніонів S^{2-}	124
2.7.6. Реакції аніонів PO_4^{3-}	125
2.7.7. Реакції аніонів NO_2^-	125
2.7.8. Реакції аніонів NO_3^-	126
2.7.9. Реакції аніонів Cl^-	127
2.7.10. Реакції аніонів Br^-	127
2.7.11. Реакції аніонів I^-	128
2.7.12. Реакції аніонів F^-	128
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ.....	128
РОЗДІЛ III. МЕТОДИ КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ В	
БІОГЕОХІМІЇ	130
3.1. Біогеохімічні дослідження літосфери	131
3.1.1. Визначення вологості ґрунту	133
3.1.2. Титриметричний метод визначення гідролітичної кислотності ґрунту	134
3.1.3. Визначення обмінної кислотності ґрунту	135
3.1.4. Визначення вмісту сухого залишку ґрунту	135
3.1.5. Визначення вмісту хлорид-іонів (за методом Мора).....	136
3.2. Біогеохімічні дослідження гідросфери	136
3.2.1. Визначення вмісту оксиду карбону (IV).....	138

3.2.2. Визначення вмісту розчиненого Оксигену за методом Вінклера.....	139
3.2.3. Визначення вільної кислотності, загальної кислотності та вільної карбонатної кислоти	141
3.2.4. Визначення вільної лужності, загальної лужності та вмісту гідрокарбонат-іонів.....	141
3.2.5. Визначення рН колориметричним методом.....	142
3.2.6. Визначення рН електрометричним методом	144
3.3. Біогеохімічні дослідження атмосфери	144
3.3.1. Визначення відносної запиленості повітря	146
3.3.2. Оцінка запиленості листя дерев	146
3.3.3. Визначення токсичності пилу	147
3.4. Біогеохімічні дослідження живої речовини	147
3.4.1. Визначення інтенсивності фотосинтезу рослин.....	148
3.4.2. Визначення вологості листя як індикаційної ознаки стану повітря міст	150
3.4.3. Визначення вмісту органічної речовини в біомасі рослин	151
3.4.4. Рослини як біоіндикатори важких металів у довкіллі ...	153
3.4.5. Дослідження фракційного складу загальних ліпідів методом тонкошарової хроматографії.....	155
3.4.6. Кількісне визначення окремих класів ліпідів спектрофотометричним методом після їх розділення	157
3.4.7. Визначення концентрації окремих ліпідів за допомогою калібрувального графіка	157
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ	158
ПРИКЛАДИ ТЕСТІВ З ДИСЦИПЛІНИ.....	160
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	171
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	176

Навчальне видання

Основи біогеохімії

Навчальний посібник

Цехмістренко Світлана Іванівна
Пономаренко Наталія Вікторівна
Поліщук Віталій Миколайович
Поліщук Світлана Анатоліївна
Цехмістренко Оксана Сергіївна

Редактор: *С. І. Цехмістренко*
Комп'ютерний набір: *Н. В. Пономаренко*
Комп'ютерна верстка: *О. С. Цехмістренко*
Дизайн обкладинки: *В.М. Поліщук*

Підписано до друку 9.11.2022.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 11. Тираж 300. Зам.

Надруковано СПДФО Пшонківський О. В.

