

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	5
<b>Розділ 1. Земля і Всесвіт. Властивості Землі й їхнє екологічне значення</b> .....	13
1.1. Положення Землі в Космосі .....	13
1.2 Будова і мінеральний склад Землі .....	21
1.3 Властивості Землі та їхнє екологічне значення.....	25
<i>Питання та завдання до розділу 1</i> .....	29
<b>Розділ 2. Біосфера. Жива речовина</b> .....	30
2.1 Біосфера та її властивості .....	30
2.2 Жива речовина та її біогеохімічні функції.....	38
2.3 Життя і його біогеохімічні властивості (за В.І. Вернадським) .....	39
2.4 Біогеоценоз – елементарна структурна одиниця біосфери .....	41
2.5 Ноосфера.....	43
2.6 Поняття про ландшафти .....	45
2.7 Компоненти біосфери .....	47
<i>Питання та завдання до розділу 2</i> .....	47
<b>Розділ 3. Поширеність хімічних елементів у геосферах</b> .....	48
3.1 Хімічні елементи в літосфері. Кларки. Правило Оддо-Гаркинса .....	48
3.2 Геохімічна класифікація хімічних елементів .....	50
3.3 Ізотопи та їх поширення .....	55
3.4 Зміна ізотопних відношень у природі. Фракціонування ізотопів .....	56
<i>Питання та завдання до розділу 3</i> .....	58
<b>Розділ 4. Хімічні елементи в живих організмах</b> .....	59
4.1 Біогенні елементи.....	59
4.2 Накопичення хімічних елементів організмами .....	61
4.3 Мікроелементи .....	64
4.4 Біогеохімічні ендемії .....	68
4.5 Біогеохімічне районування.....	69
<i>Питання та завдання до розділу 4</i> .....	73
<b>Розділ 5. Біогенна міграція. Біогеохімічні цикли</b> .....	74
5.1 Біогеохімічні принципи В.І. Вернадського за біогенну міграцію.....	74

5.2 Роди біогенної міграції .....	75
5.3 Інтенсивність водної міграції хімічних елементів .....	80
5.4 Геохімічні бар'єри .....	84
5.5 Біогеохімічний кругообіг основних хімічних елементів і речовин ...	89
5.6 Йонний і осадовий стоки як складова частина кругообігів .....	110
<i>Питання та завдання до розділу 5</i> .....	111
<b>Розділ 6. Біогеохімія літогенезу. Геохімічна роль живої речовини....</b>	<b>112</b>
6.1 Стадії літогенезу.....	112
6.2 Геохімічна діяльність живих організмів .....	113
6.3 Дія природних чинників і живої речовини на стадіях літогенезу...	124
<i>Питання та завдання до розділу 6</i> .....	127
<b>Розділ 7. Організми і мінерали</b> .....	<b>128</b>
7.1 Форми концентрації хімічних елементів у живій речовині.....	128
7.2 Органогенні мінерали і гірські породи.....	129
7.3 Вплив мінералів на організм людини .....	142
<i>Питання та завдання до розділу 7</i> .....	145
<b>Розділ 8. Біоіндикація</b> .....	<b>146</b>
8.1 Мохи як біоіндикатори. Біогеохімічний метод пошуку корисних копалин.....	146
8.2 Водорості як біоіндикатори.....	148
8.3 Планктон-біоіндикатор .....	149
8.4 Рослини як біоіндикатори. Біологічний моніторинг .....	150
8.5 Тварини-біоіндикатори хімічного забруднення середовища .....	153
<i>Питання та завдання до розділу 8</i> .....	154
<b>Додаток А</b> .....	<b>155</b>
<b>Додаток Б</b> .....	<b>157</b>
<b>Додаток В</b> .....	<b>163</b>
<b>Основні терміни</b> .....	<b>164</b>
<b>Тестові завдання</b> .....	<b>166</b>
<b>Список літератури</b> .....	<b>173</b>

## ВСТУП

### Предмет, задачі та місце дисципліни в системі вищої освіти

Біогеохімія – це наука про взаємодію живої та неживої природи, про планетарну геохімічну роль живої речовини, про розподіл, міграцію й кругообіг хімічних елементів за участю живих організмів. Біогеохімія – порівняно молода наука, це частина геохімії, що вивчає геохімічні процеси, які відбуваються в біосфері за участю живої речовини.

Точно кажучи, досить важко розрізнити поняття «геохімія» і «біогеохімія», оскільки розходження між ними зводяться тільки до визначення того, беруть участь живі організми в перетвореннях хімічних елементів Землі чи ні. Але, як підкреслював В.А. Ковда, немає таких сфер у товщі Землі, включаючи магму, що не несли б у собі відзвуки минулих біологічних процесів.

Методологічною основою біогеохімії, за І.І. Дедю, є розроблені В.І. Вернадським. принципи взаємодії між живою і неживою речовиною (1924 р). Ці принципи визначають фундаментальні закони, що керують геохімічною діяльністю живих організмів у біосфері. Зводяться вони до наступного:

- біогенна міграція атомів хімічних елементів у біосфері завжди прагне до максимального свого прояву;
- еволюція видів йде у напрямі, що збільшує біогенну міграцію атомів у біосфері.

Виникнення і становлення біогеохімії як науки також пов'язано з ім'ям В.І. Вернадського. Завдяки його роботам виявлена важлива роль живої речовини в міграції хімічних елементів і термодинаміки планети в цілому. В.І. Вернадський писав: «Живі організми є функцією біосфери і таким чином матеріально й енергетично з нею пов'язані, є її визначальною величезною геологічною силою».

У глобальному масштабі геохімічну роль живої речовини варто розглядати як могутній історично сформований геологічний фактор масо- і енергопереносу. Саме біогеохімічна енергія живої речовини – основний рушійний фактор розвитку процесів у біосфері. А.І. Перельман указує на 3 аспекти геохімічної діяльності живих організмів:

1. Живі організми безпосередньо концентрують окремі елементи чи групи елементів. У результаті селективного концентрування після відмирання живих організмів відбувається утворення гірських порід з органоморфною структурою і текстурою – вугілля, торф, сапропеліт, коралові вапняки і т. д.

2. Жива речовина – найпотужніший фактор міграції елементів в екосистемах.

3. Діяльність живої речовини – найважливіший фактор міграції елементів за час геологічної історії Землі, що визначає всю геохімію земної кори. Результатом життєдіяльності живих організмів за мільярди років стали біогеохімічні кругообіги та диференціація елементів, що створили біосферу і являються основою її функціонування. Усі ці аспекти діяльності живих організмів і вивчає біогеохімія.

В «Екологічному енциклопедичному словнику» І.І. Дедю дає розгорнуте визначення біогеохімії як науки:

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

Отже, біогеохімія – це наука про геохімічну роль організмів. Вона бере початок з 20-х років ХХ сторіччя, коли 1923 року В.І. Вернадський заснував в Академії наук відділ «БІОГЕЛ», перетворений 1929 року на біогеохімічну лабораторію. Саме тут зосередилися дослідження про геохімічну роль організмів. Але очевидно, що ці роботи народжувались не на порожньому місці.

Свідчення про взаємозв'язок усього існуючого в природі ми знаходимо в працях Гермеса Трисмегиста: «І всі покоління живої плоті та насіння фруктів, і всі творіння тлінні будуть розкладені й оновлені необхідністю і періодичним круговим рухом Природи...»

В.І. Вернадський був широко освіченою людиною, він добре знав поезію Сходу і підкреслював, що ідея зв'язку всього живого і неживого в природі пронизує всю поетичну спадщину Омара Хайяма. В одній зі своїх робіт він наводить такі вірші Омара Хайяма:

«Я видел на нашем базаре вчера

Топтавшего глину ногой гончара  
И слышал я глины печальный упрек:  
"Была гончаром я. О, как ты жесток".  
До нас, как и ныне, сменялись и зори, и ночи,  
И небо, как ныне, свершало свой круг вековой,  
Ступай осторожней на пыльную землю ногой.  
Ты топчешь не пыль, а прелестной красавицы очи».

Необхідно віддати належне австрійському вченому Едуардові Зюссу, що описав трансформацію земної поверхні протягом багатьох століть, зміни органічного світу, походження мінеральних вод та інших рудних родовищ. Саме Зюсс ввів у науку ще 1875 року термін «біосфера».

Важливе значення мали і роботи П.А. Костичева. Показавши, що ґрунтоутворення – біологічний процес, зобов'язаний своїм розвитком діяльності рослинності та мікроорганізмів, він фактично заклав основи вчення про ґрунтоутворення як біогеохімічне явище (не вживаючи у своїх працях цього терміна).

Характеризуючи історичні передумови виникнення нової науки, А.Є. Ферсман писав, що наприкінці ХІХ сторіччя утворилися дві геохімічні школи. Одну з них очолював американський хімік Ф.У. Кларк, вона була пов'язана з геохімічними розрахунками. Іншу – засновав В.І. Вернадський, і цей науковий напрямок поклав початок новим наукам – біогеографії та біогеохімії.

### **Зв'язок біогеохімії з іншими науками**

Біогеохімія дуже тісно пов'язана з багатьма природничо-науковими дисциплінами. Часто навіть важко провести чіткі лінії розподілу, особливо, коли мова йде про науки, що вивчають окремі утворення біосфери чи геосфери (рис. 1). На цій схемі зображене положення біогеохімії у системі наук про Землю. Зі схеми випливає: неживу природу вивчають геологічні науки, живу – біологічні. Взаємодію живої та неживої природи досліджують такі науки, як ландшафтознавство, геохімія ландшафтів, ґрунтознавство, екологія, біогеоценологія, біогеохімія.

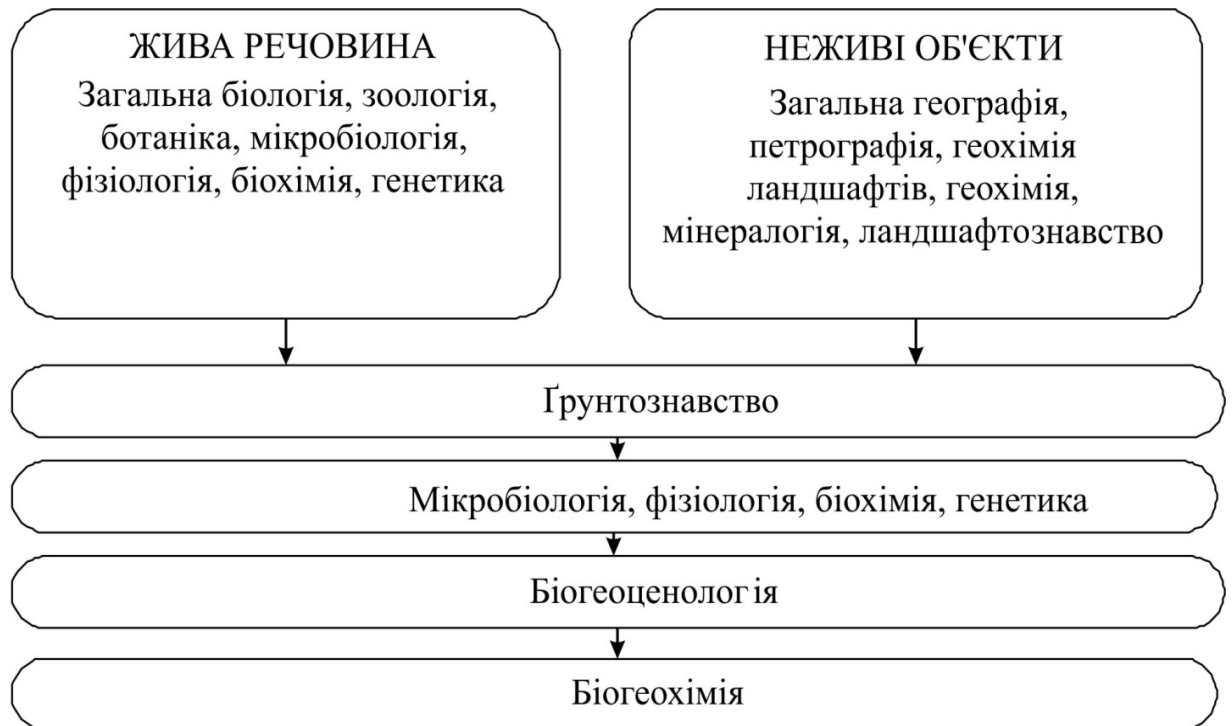


Рис. 1 – Місце біогеохімії в системі наук

Провести чітку межу навіть між біогеохімією і деякими науками, що вивчають неживу природу (геохімією, геохімією ландшафту), неможливо, тому що ті процеси і явища, які вони вивчають, можуть бути зумовлені живими організмами.

Аналогічні питання і при зіставленні біогеохімії та ґрунтознавства. Практично всі ґрунти формуються в результаті біогеохімічних процесів. По суті, ґрунтознавство – це біогеохімія поверхневого шару суші. Розподіл між цими науками умовний, так само як умовний розподіл і між багатьма іншими науками. Це добре видно з тих визначень, що наведені нижче.

Ландшафтознавство описує сполуки і властивості компонентів ландшафту, що беруть участь у взаємодії з неживою природою. Ця наука вивчає одночасно характер рослинності, тип ґрунту, форми рельєфу та ін.

Екологія досліджує структуру, організацію, функціональні зв'язки і взаємовплив компонентів біогеоценозу (ландшафту, екосистеми), а також потоки енергії в екосистемі.

Біогеоценологія – наука про єдину взаємодію природного комплексу. Цей комплекс включає рослинне співіснування разом з його тваринним світом, що населяє землю, і відповідною ділянкою земної поверхні (ландшафтом), з його особливими властивостями атмосфери (мікроклімату), геологічної будови, ґрунту, водного режиму, вона виявляє зв'язки, живильні ланцюги.

Геохімія ландшафтів вивчає хімічний склад гірських порід, що складають ландшафт, і типи міграцій хімічних елементів в асоціаціях ландшафту. Цією наукою жива речовина розглядається як фактор міграції.

Біогеохімії у системі цих наук відведено самостійну роль. Вона досліджує взаємодію живої та неживої природи в масштабі ландшафту (біогеоценозу, екосистеми), географічної (біогеохімічної) провінції, країни, континенту, суші та всієї біосфери в цілому.

### **Завдання біогеохімії:**

1. Вивчення шляхів міграції хімічних елементів, аналіз біогеохімічних циклів міграції.
2. Дослідження географічних закономірностей розподілу хімічних елементів, використаних живими організмами.
3. Вивчення біосфери як єдиної системи живої речовини і мінеральних сполук.
4. Вивчення впливу життя на історію земних хімічних елементів, їх міграцію і нагромадження, його участі у геохімічних процесах зони гіпергенезу і впливу на ґрунтоутворення.
5. Вивчення хімічного обміну в системі «людина – організми – навколишнє середовище».
6. Вивчення хімічного складу живих організмів і ролі хімічних елементів у розвитку організмів. Установлення оптимальних потреб живих організмів у різних хімічних елементах.
7. Вивчення існуючих взаємодій між хімічними елементами в біохімічних процесах.
8. Вивчення впливу геохімічного середовища на життєдіяльність організмів.
9. Вивчення ролі живої речовини в геохімічних процесах.

10. Вивчення природи і закономірностей фракціонування ізотопів живими організмами.
11. Вивчення біогеохімічного районування поверхні Землі.
12. Вивчення біоіндикації.
13. Вивчення впливу технічного прогресу на процеси у біосфері.

### **Внесок В.І. Вернадського та інших учених у становлення та розвиток біогеохімії**

Свою наукову діяльність Володимир Іванович Вернадський (1863–1945) почав як ґрунтознавець, ще студентом у 80-х роках ХІХ сторіччя він брав участь в експедиціях свого вчителя, засновника сучасного ґрунтознавства В.В. Докучаєва. Вивчаючи сполуки різних ґрунтів, В.І. Вернадський глибоко зацікавився мінералогією і кристалографією, і це на довгі роки визначило напрям його наукової діяльності. Із загального числа його робіт ( а їх близько 400) приблизно третя частина присвячена різним питанням мінералогії. Найпильнішу увагу він приділяв хімічному складу мінералів, особливо алюмосилікатів, поширенню в мінералах рідких елементів. Саме цим питанням були присвячені його магістерська («Про групу силіманіту і роль глинозему в силікатах», 1891) і докторська («Явища ковзання кристалічної речовини», 1897) дисертації. Інший напрям мінералогії, якому В.І. Вернадський також присвятив багато років, – ізоморфізм. На основі узагальнення величезного фактичного матеріалу він установив ізоморфні ряди елементів для різних термодинамічних оболонок земної кулі, що у геологічній літературі відомі під назвою «емпіричні ізоморфні ряди В.І. Вернадського». Саме В.І. Вернадський уперше цілком включив у таблицю кларків хімічний склад гідросфери, атмосфери і біосфери, вніс суттєві поправки у величини кларків деяких органогенних елементів у зв'язку з вивченням живої речовини.

В.І. Вернадський опублікував ряд робіт, що мали величезне значення в становленні біогеохімії як науки. 1926 року вийшла його книга «Біосфера», 1927 р. – «Нариси геохімії», 1940 р. – «Біогеохімічні нариси». Під впливом праць В.І. Вернадського біогеохімічні дослідження стали проводити у Франції, США й в інших країнах. Однак обсяг цих досліджень був невеликий. У 20 – 30-ті роки біогеохімія як