

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Г. Г. Трохименко

БІОГЕОХІМІЯ

Конспект лекцій

Частина 1

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2007

УДК 550.47(076)

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

Кафедра екології

Розглянуто основні напрямки розвитку біогеохімії як науки, що виникла на межі біології, геохімії та екології. Описано основні положення В.І. Вернадського про біосферу, поняття про біогеоценоз та ландшафти, роль ґрунту в процесах, що відбуваються у біосфері, біогеохімічна роль живої речовини у розвитку гідросфери, літосфери та біосфери. Наведено закони розповсюдження хімічних речовин, показано шляхи трансформації органічних сполук у ґрунті.

Призначено для студентів спеціальності "Екологія та охорона навколишнього середовища".

Рецензент д-р тех. наук, проф. С.С. Рижков

ЛЕКЦІЯ 1

Тема: "Поняття про біогеохімію як науку"

Біогеохімія – це частина геохімії, що вивчає геохімічні процеси, які відбуваються в біосфері за участю живої речовини. Досить важко розрізнити поняття "геохімія" і "біогеохімія", оскільки розходження між ними зводяться тільки до наступного: чи беруть участь живі організми у долі атомів хімічних елементів Землі, чи ні. Але, як підкреслював В.А. Ковда, немає таких сфер у товщі Землі, враховуючи магму, що не несли б у собі елементи минулих біологічних процесів.

Методологічною основою біогеохімії є розроблені в 1924 році В.І. Вернадським принципи взаємодії між живою та кісною речовиною. Ці принципи визначають фундаментальні закони, що керують геохімічною діяльністю живих організмів у біосфері:

1. Біогенна міграція атомів хімічних елементів у біосфері завжди прагне до максимального прояву.

2. Еволюція видів, яка призводить у ході геологічного часу до створення стійких форм життя у біосфері, йде в напрямку, що збільшує біогенну міграцію атомів у біосфері.

Виникнення і становлення біогеохімії як науки пов'язане з ім'ям В.І. Вернадського. Завдяки його роботам виявлена важлива роль живої речовини в міграції хімічних елементів і термодинаміці планети в цілому. В.І. Вернадський писав: "Живі організми є функцією біосфери матеріально і енергетично тісно з нею пов'язані. Це величезна, визначальна геологічна сила".

У глобальному масштабі геохімічну роль живої речовини варто розглядати як могутній історично сформований геологічний фактор масо- та енергопереносу. Саме біогеохімічна енергія живої

речовини – основний рушійний фактор розвитку процесів у біосфері. А.І. Перельман вказує на три 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 органо-морфною структурою і текстурою – вугілля, торф, сапропеліт, коралові вапняки та ін.

2. Жива речовина – найдужчий фактор міграції елементів у 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 став біогеохімічний кругообіг і диференціація елементів, що створили біосферу, і є основою її функціонування.

В даний час кругообіг речовин у природі визначається спільною дією біологічних, геохімічних і геофізичних факторів. Господарська діяльність людини призвела до того, що антропогенний фактор почав дорівнювати природнім біогеохімічним факторам міграції речовини, а в деяких ланках природних кругообігів – став головним.

Усі ці аспекти діяльності живих організмів і вивчає біогеохімія.

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

Отже, біогеохімія – це наука про геохімічну роль організмів. Джерела її зародження – 20-і роки ХХ ст., коли в 1923 році В.І. Вернадський заснував в Академії наук відділ, перетворений у 1929 році в біогеохімічну лабораторію. Саме тут зосередилися дослідження про геохімічну роль організмів.

Зв'язок біогеохімії з іншими науками

Біогеохімія дуже тісно пов'язана з багатьма природничими 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 зображено місце біогеохімії в системі наук про Землю. Взаємодію живої і неживої природи досліджують такі науки як ландшафтознавство,

геохімія ландшафтів, ґрунтознавство, екологія, біогеоценологія, біогеохімія.



Рис. 1. Положення біогеохімії в системі наук

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

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

Задачі біогеохімії

1. Вивчення шляхів міграції хімічних елементів й аналіз біогеохімічних циклів міграції.
2. Дослідження географічних закономірностей розподілу хімічних елементів, які використовуються живими організмами.
3. Вивчення біосфери як єдиної системи живої речовини і мінеральних сполук.
4. Вивчення впливу життя на історію земних хімічних еле-

ментів, їх міграцію і накопичення, участь у геохімічних процесах ґрунтоутворення.

5. Вивчення хімічного обміну в системі людина–організми–навколишнє середовище.

6. Вивчення хімічного складу живих організмів і ролі хімічних елементів у розвитку організмів. Встановлення оптимальних потреб живих організмів у різних хімічних елементах.

7. Вивчення впливу технічного прогресу на процеси в біосфері.

ЛЕКЦІЯ 2

Тема: "Вчення В.І. Вернадського про біосферу як структурну оболонку планети земля"

Термін "біосфера" був введений в науку Зюссом. Біосфера Зюсса – це сфера існування живих організмів або сфера життя. В.І. Вернадський таке розуміння біосфери надалі розвив як поняття планетного середовища, у якому тільки і може існувати життя. У книзі "Історія мінералів земної кори" (1925) В.І. Вернадський писав: "Жива речовина теж поширена концентрично в земній корі. Область, яку вона охоплює, утворює в земній кулі оболонку, що ми називаємо біосферою. Вона включає в себе частину літосфери й атмосфери і всю гідросферу". Пізніше В.І. Вернадський починає розглядати біосферу як велике природне тіло планети, де наявні усі біогеохімічні явища, що визначають його сутність. Він пише: "Земна оболонка, біосфера, що охоплює всю земну кулю, має різко відособлені розміри, значною мірою обумовлена існуванням у ній живої речовини. Між її кісною безжиттєвою частиною, її кісними природними тілами і живими речовинами, які її населяють, йде безупинний матеріальний і енергетичний обмін, що матеріально виражається у русі атомів, який спричинений живою речовиною. Цей обмін у ході часу є закономірно мінливим і безупинно прагне до стійкості та рівноваги. Він пронизує всю біосферу, і цей біогенний струм атомів у значній мірі її створює. Так невіддільно і нерозривно біосфера протягом усього геологічного часу пов'язана з живою речовиною, що її заселяє.

У цьому біогенному струмі атомів і пов'язаній з ним енергії виявляється різко планетне, космічне значення живої речовини,

тому що біосфера є тією єдиною земною оболонкою, в яку безупинно проникає космічна енергія, космічні випромінювання, і, насамперед, випромінювання Сонця, що підтримує динамічну рівновагу, організованість біосфера–жива речовина".

В 1926 році у своїй книзі "Біосфера" В.І. Вернадський виклав шість емпіричних узагальнень, що розкривають роль живої речовини в геологічній історії Землі:

1. Сучасна жива речовина знаходиться в генетичному зв'язку з живою речовиною минулого. Умови земного середовища доступні для існування живої речовини і її хімічного впливу на навколишнє середовище. Звідси висновок про безперервність процесів вивітрювання.

2. В усі відомі геологічні періоди незмінно витримується принцип Реді: "Усе живе від живого".

3. Промениста енергія Сонця регулює хімічний прояв земної кори за посередництвом живих організмів.

4. Історія Землі демонструє принцип Геттона: "У геології немає ні початку, ні кінця".

5. Існування біосфери на планеті безупинне в часі (принцип актуалізму).

6. Еволюційний процес має спрямованість (принцип Дана).

В.І. Вернадський додає наукові положення, що вказують на характер прояву біосфери не тільки в природі Землі, але й у космосі:

космічні випромінювання, що йдуть від усіх небесних тіл, охоплюють біосферу, проникають в неї і повинні розглядатись як "область перетворень космічної енергії";

вивчення життя у формі живої речовини вказує, що це є планетне, тобто космічне явище, і біосфера, таким чином, виявляється планетним явищем космічного характеру;

жива речовина – планетне явище і не може бути відірвана від біосфери, геологічною функцією якої вона є.

Таким чином, у цих положеннях В.І. Вернадського чітко сформульовано, що біосфера повинна розглядатися і як земна природа, і як планетне явище космічного характеру.

Отже, біосфера – геологічна земна оболонка, охоплена життям і структурно організована цим життям. Вона пов'язана зі своїм планетним оточенням, тобто існує і розвивається в середовищі планетного характеру. Як планетна система біосфера входить у більш велику надсистему Землі, що має єдність взаємодії зем-

ного і космічного процесів, а організованість біосфери – результат планетно-космічної організованості.

В даний час організованість біосфери інтенсивно змінюється під впливом людської діяльності.

Межі біосфери

В.І. Вернадський у книзі "Біосфера" писав: "Межі біосфери обумовлені, насамперед, полем існування життя".

Сучасні дослідження показують, що верхня межа поширення живих організмів визначається згубною дією радіації. Низькі температури верхніх шарів тропосфери, навпаки, справляють захисну дію, адже життєздатність мікроорганізмів зберігається довше за низьких температур. Так званий аеропланктон існує майже у всій тропосфері. Але вже в тропопаузі відбувається різка зміна температури, тиску, середньої швидкості часток, теплопровідності, в'язкості, теплоємності. Сукупність фізичних властивостей середовища на цих висотах така, що мікроорганізми навряд чи можуть існувати в цих умовах. Таким чином, очевидно, що верхня межа біосфери – верхні шари тропосфери, можливо, тропопауза.

Чіткого уявлення про нижню межу біосфери дотепер немає. Можливо, що на континентах нижня межа існування життя знаходиться десь на глибині 2–3 км. Саме на таких глибинах виявлені пурпурні тіюново-кислі бактерії, що використовують вільний кисень, який виділяється при розкладанні води нафтових родовищ під впливом випромінювання радію. А також термофільні, що існують при $t \sim 104$ °С, сульфатвідновлюючі бактерії.

Під океанами межа біосфери поширюється на глибині 0,5–1,0 км від дна.

У цих межах існує життя – біосфера і відбувається безупинний вплив живої речовини на всі природні процеси.

Структура біосфери

Океани і континенти – горизонтальна структурна особливість планети, що визначає загалом будову біосфери. Але, звичайно ж, структура біосфери набагато складніша. Г.Д. Ріхтер запропонував в основу класифікації природних підрозділів біосфери покласти структуру їх вертикальної ярусності.

У вченні про біосферу використовують поняття "*природний комплекс*" як визначений її підрозділ – підсистема. Виділяють континентальний і океанічний природні комплекси першого рангу.

Найбільш великі підрозділи в цій класифікації – відділи природних комплексів: наземні, водні, льодові, змінні режими із систематичною і періодичною зміною ярусної структури.

У *континентальній* області біосфери виділяють суходутні, земноводні, льодові, зі змінним режимом природні комплекси другого рангу.

Найкраще вивчені суходутні комплекси. В них виділяють такі складні утворення, як ґрунти і кори вивітрювання. Льодові комплекси – це суша, покрита гірськими і покривними льодовиками. Земноводні природні комплекси представлені річковою мережею, озерами. Саме тут звичайно найбільш сприятливі умови для розвитку живої речовини. Природні комплекси зі змінним режимом – це території, де періодично з'являється сніжний покрив й існує вічна мерзлота.

В *океанічній області* також чітко виділяють водні, льодові, зі змінним режимом природні комплекси другого рангу.

Водні природні комплекси – акваторії океану, вільні від льоду протягом усього року. Льодові природні комплекси – багаторічні морські льоди (Арктика). Природні комплекси зі змінним режимом – акваторії океану, що періодично вкриваються льодом.

В океанічній області виділяють також три фазових яруси – твердий, рідкий і газоподібний. Океанічна область біосфери характеризується такою вертикальною структурою: водно-поверхневий ярус, що населяють фотосинтезуючі організми; водно-глибинний ярус; бентосний та муловий яруси.

Між океанічною і континентальною областями виділяється перехідна область біосфери. Це шельфова область океану. У ній розрізняють наступні природні комплекси:

- 1) земноводні – частина берегової зони, що заливається щодоби під час приливів (літеральна зона);
- 2) мілководні – акваторія океану з глибиною близько 200 м;
- 3) льодова – багаторічний припай льоду в Антарктиці й Арктиці;
- 4) змінного режиму – акваторії морів, що систематично вкриваються льодом.

У шельфовій області вся товща води населена фотосинтезу-

ючими бактеріями, тому водно-поверхневий ярус безпосередньо переходить у донний ярус.

Континентальна область біосфери займає 149 млн кв. км (133 – сухопутна, 16 – льодова). Океанічна область – 333 млн кв. км (65,3 %). Перехідна (без літоральної) – 28 млн кв. км.

Таким чином, розглянувши структуру біосфери, дійдемо висновку, що одна з основних особливостей біосфери – її *неоднорідність та мозаїчність*.

Організованість біосфери

В.І. Вернадський, розглядаючи біосферу як геологічну оболонку, розумів, що структура цієї оболонки не відбиває всієї складності процесів, що протікають у ній. Тому він ввів поняття про організованість біосфери. Ще в 1931 році в роботі "Про умови появи життя на Землі" Вернадський визначив організованість біосфери як стійкість або рівновагу динамічної системи.

Всі частини її взаємопроникають і взаємодіють між собою, утворюючи єдине ціле (рис. 2).

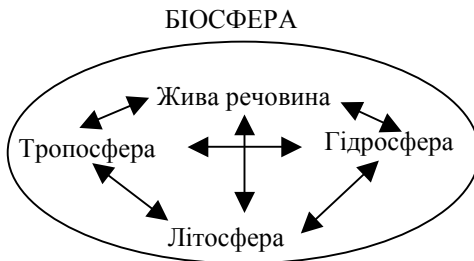


Рис. 2. Взаємозв'язок оболонок біосфери Землі

Таким чином, поняття "організованість" означає, що навколишня природа не є хаосом розрізнених елементів, а являє собою єдине і пов'язане ціле.

Організованість біосфери – це єдність, рівноцінність і зв'язок її частин. Організованість біосфери виявляється на різних рівнях. Розрізняють термодинамічний, фізичний, хімічний, біологічний, парагенетичний, енергетичний та планетний рівні організованості біосфери.

Стійкість і саморегуляція у процесі розвитку біосфери

Біосфера Землі – відкрита, складна, багатокomпонентна, саморегулююча, пов'язана з космосом система живої речовини і мінеральних сполук, що утворює зовнішню оболонку планети.

Біосфера є не тільки областю, у якій на планеті Земля виникло і розвивалося життя у всьому різноманітті його форм. Жива речовина за час свого існування глибоко змінила первісну природу планети, біологізувала її. Життя саме пристосовувало й оптимізувало середовище. У стратосфері виник озоновий екран, який захищає живих істот від згубного впливу ультрафіолетових променів та інших космічних випромінювань.

Вивітрювання, ґрунтоутворення, делювіальні й алювіальні наноси закрили орґано-мінеральними покритвами мілкозему мо-нолітні, безплідні, безводні скелі. Ці процеси створили пухкі горизонти, сприятливі за фізичними і хімічними властивостями для існування рослин, особливо їх корневих систем, і екологічні ніші для тварин. Фотосинтез рослин виявився механізмом накопичення активної біохімічної енергії в масах органічної речовини у формі гумусу, горючих копалин, гарантуючи задоволення потреб організмів на випадок стресових умов і несприятливих періодів.

Жива речовина, створивши ґрунтовий покрив, переборола обмеженість ресурсів азотно-вуглецевого, водного, повітряного та мінерального харчування. Неосинтез високодисперсних мінералів забезпечує ґрунтам фізико-хімічну поглинальну здатність, тим самим закріплює сполуки N, P, Ca, K. Ще більш інтенсивне накопичення макроелементів (C, N, P, Ca, S, O) і мікроелементів (I, Zn, Si, Cu, Se) спостерігається в ході біогенної акумуляції у формі гумусово-орґанічних сполук.

Виник і довів свою виключну роль механізм співробітництва – симбіоз – між рослинами, тваринами, комахами, нижчими безхребетними, мікроорґанізмами з утворенням харчових ланцюгів. Цей механізм у біосфері дозволяє обходитися невеликими запасами енергії і хімічних сполук.

Але є межі цієї стійкості і саморегуляції. Якщо зміни в середовищі виходять за границі періодичних коливань, до яких пристосовані організми, то злагодженість екосистем і біосфери в цілому порушується.

ЛЕКЦІЯ 3

Тема: "Поняття про біогеоценоз – елементарну структурну одиницю біосфери"

Біогеоценоз – взаємообумовлений комплекс живих і кісних компонентів, що пов'язані між собою обміном речовин й енергії (грец.: *bios* – життя; *gi* – земля; *koīnos* – загальний). В основі поняття лежить визначення академіка В.М. Сукачова, за яким біогеоценоз – сукупність на конкретній відстані земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, рослинності, тваринного світу, світу мікроорганізмів, ґрунту та гідрологічних умов), що має свою особливу специфіку взаємодії цих її складових компонентів та визначений тип обміну речовини й енергії між собою й іншими явищами природи, а також яка являє собою внутрішнє протиріччя, діалектичну єдність, що знаходиться в постійному русі і розвитку.

У даний час терміни "біогеоценоз" і "екосистема" часто розглядаються як синоніми. Але поняття "біогеоценоз", запропоноване В.М. Сукачовим, стосується наземних живих систем і має визначені територіальні границі. Поняття "екосистема" – безрозмірне і може включати простір будь-якої довжини – від краплі води з мікроорганізмами, що в ній живуть, до всієї біосфери в цілому.

Отже, біогеоценози – частини земної чи водної поверхні, які є однорідними з погляду топографічних, мікрокліматичних, ботанічних, зоологічних, ґрунтових, гідрологічних і геохімічних умов. У цій системі кругообіг речовин і потік енергії характеризуються визначеною інтенсивністю й спрямованістю. Відправною точкою кругообігу речовин є фотосинтез і створення фітобіомаси рослинами. Реальні розміри біогеоценозів на планеті варіюють дуже широко: від декількох метрів (мікрозападини в степах і напівпустелях, піщані дюни і т. д.) до кілометрів (біогеоценози солончаку, солонцю, такира, однорідні ділянки степів, лісів і т. п.). Вертикальні розміри біогеоценозів від декількох сантиметрів на скелях до декількох десятків метрів у тайзі чи в тропічних лісах.

Біогеоценоз відносно стійкий у часі та термодинамічно відкритий у відношенні припливу і відтоку речовини й енергії. Він має вхід енергії і різних речовин (сонячна енергія, мінеральні елементи гірських порід, атмосферні випадання, ґрунтові води). А також

вихід енергії і біогенних речовин в атмосферу (тепло, кисень, вуглекислий газ), літосферу (гумусові сполуки, мінерали, осадові породи) і гідросферу (розчинені біогенні речовини ґрунтових, озерних та річкових вод).

Саморегуючий характер біосфери і біогеоценозів є результатом автокаталітичної властивості живої речовини, її здатності поглинати й обмінювати речовини, рости і розмножуватися. Потік енергії і речовини в біогеоценозі йде від рослин до травоядних тварин, від останніх – до хижаків, потім до нижчих організмів і бактерій у ґрунті. Саме травоядні починають харчовий ланцюг організмів-споживачів і руйнівників органічної речовини, який створюється в процесі фотосинтезу. Звідси, первинним джерелом їжі й енергії для харчового ланцюга живлення організмів є фітотомаса, створена рослинами. Зоомаса – вторинний продукт. Тому розрізняють первинну і вторинну продуктивність біогеоценозів і ландшафтів.

В ланцюзі живлення організмів у біогеоценозі існує безупинний потік енергії. На кожній новій ланці ланцюга губиться 50–90 % енергії і біомаси, що була в запасі з попереднього етапу. Виникає так звана екологічна піраміда запасів енергії. Чим більше ланок у ланцюзі живлення, тим вище екологічна піраміда і більше буде втраченої енергії в кінцевій ланці.

Основним положенням енергетики екосистем є незворотність біоенергетичних процесів. Тому відносно екосистем (ґрунтів) не можна застосовувати поняття "круговорот енергії", подібно тому як у біогеохімії й у ґрунтознавстві про круговорот речовин. Єдиний правильний термін – "потік енергії", тому що енергія первинної біологічної продукції надалі тільки витрачається. Для поповнення й поновлення біомаси в екосистемі необхідний постійний приплив енергії ззовні, у той час як припливу атомів речовини може і не бути. Ті самі атоми можуть багаторазово циркулювати в біогеоценозі.

ЛЕКЦІЯ 4

Тема: "Компоненти біосфери"

Біосфера містить у собі три основних компоненти:

живу речовину;

біогенну речовину – органо-мінеральні й органічні продукти, створені живою речовиною (кам'яне вугілля, бітум, горючі газы, нафта, торф, сапропель, лісова підстилка, гумус);

біокісну речовину – мінеральні речовини, що утворюються в результаті взаємодії живих організмів з неживою природою.

Головними компонентами біосфери як особливої оболонки планети є також наступні складові:

1. Потоки космічної енергії, електромагнітні і гравітаційні поля, космічна речовина, що надходить на Землю.

2. Біомаса живої рослинності, що здатна шляхом фотосинтезу і росту фіксувати та перетворювати космічну енергію в потенційну хімічну й зберігати її у вигляді органічних сполук.

3. Ґрунтовий покрив, що забезпечує існування рослин (механічна опора, місце для мешкання коренів, водне, вуглекислотне, азотне, мінеральне харчування, тепловий режим, накопичення запасів енергії у вигляді детриту і гумусу).

4. Біомаса консументів і редуцентів, що живуть на ґрунті й у ґрунті (тварин, найпростіших мікроорганізмів), які споживають фітомасу та доводять її до повної мінералізації.

5. Гідросфера.

6. Атмосфера.

7. Літосфера (оболонка біогенних осадових порід).

Літосфера

Нижньою межею земної кори прийнято вважати границю Мохо – глибина, на якій відбувається різке збільшення швидкості сейсмічних хвиль (назва від прізвища югославського вченого Мохоровичича, що вперше встановив це явище в 1909 році). Ця границя розташована на різних глибинах: на материках від 30 до 70 км, на дні океанів – від 5 до 15 км. Таким чином, земна кора має під гірськими хребтами найбільшу потужність – до 75 км, найменшу – на дні океанів – 5–15 км. Хімічний склад земної кори вперше вста-

новив американський учений Ф.У. Кларк. Визнанням заслуг Кларка з цього питання, який понад 40 років свого життя присвятив дослідженням земної кори, стала назва величини середнього змісту хімічного елемента в земній корі (або її частини, наприклад, у ґрунті або в складі кори інших планет) – *кларк*. Кларки найпоширеніших вивержених кислих порід встановлені досить точно, багато даних про кларки базальтових та осадових порід. Складніше з кларками земної кори, тому що невідоме співвідношення в ній груп різних гірських порід. Майже половина земної кори складається з кисню, тобто земна кора – це киснева речовина. На першому місці кларк О – 47 %; далі Si – 29,5; Al – 8,05; Fe – 4,65; Ca – 2,96; Na – 2,50; K – 2,50; Mg – 1,87; Ti – 0,45 %. У сумі це складає 99,48 %. Сумарна кількість інших 80 елементів не перевищують 1 %. Кларки більшості хімічних елементів складають 0,01–0,0001. Такі елементи називають рідкими. Якщо вони мають також слабку здатність до концентрування – рідкі розсіяні. Наприклад, кларки U і Br майже дорівнюють $2,5 \times 10^{-4}$ і $2,1 \times 10^{-4}$ %, але U – рідкий елемент, тому що відомі його родовища, а Br – рідкий розсіяний, тому що він не концентрується в земній корі. У геохімії також вживають термін "мікроелементи". Цим терміном називають елементи, кларки яких у даній системі менші за 0,01. А.Е. Ферсман побудував графік залежності атомних кларків для парних і непарних елементів періодичної системи. Виявилось, що з ускладненням будови атомного ядра кларки зменшуються, але лінії, побудовані Ферсманом, виявилися не монотонними, а ламайними. Ферсман накреслив гіпотетичну середню лінію – елементи, розташовані вище цієї лінії, він назвав *надлишковими* (O, Si, Ca, Fe, Ba, Pb і т. д.), нижче – *дефіцитні* (Al, He, Ne, Sc, Co, Re і т. п.).

Розподіл хімічних елементів у земній корі характеризується наступними закономірностями:

1. Законом Кларка–Вернадського, який говорить, що всі хімічні елементи є скрізь (закон про загальне розсіювання).

2. З ускладненням будови атомного ядра хімічних елементів, його обваженням, кларки елементів зменшуються (Ферсман).

3. У земній корі переважають елементи з парними порядковими номерами й атомними масами.

4. Серед сусідніх елементів у парних завжди кларки вище, ніж у непарних (за італійським вченим Оддо й американським Гаркісом).

5. Особливо великі кларки елементів, атомна маса яких ділиться

ся на 4 (O, Mg, Si, Ca, ...), а починаючи з Al найбільшими кларками володіє кожний шостий елемент (O, Si, Ca, Fe, ...).

Гідросфера

Всесвітній океан із проникаючою його водяною тропосферою, відіграє виняткову роль у біосфері. Він займає 70,8 % поверхні земної кулі (за вагою 77,8 % земної кори). В океані (гідросфері) величезна маса води сама по собі безжиттєва, але переповнена живими істотами, що знаходяться у вічному русі та є центрами хімічних реакцій. У ньому можна розрізнити згущення живих організмів, серед яких переважають за чисельністю і потужністю свого впливу мікроскопічні організми – бактерії і гриби. Величезну роль відіграє планктон, що вкриває всю поверхню океану і пересувається всередину на десятки і сотні метрів. Тут у планктоні переважають більш високоорганізовані організми – одноклітинні рослини і тварини, що знаходяться один з одним у рівновазі. Крім поверхневих шарів океану, відомі ще три типи згущення життя в гідросфері:

1) саргасові "моря", що складаються з біогеоценозів, де переважають вищі водорості;

2) підводні "ліси" і "поля" на шельфах, де зосереджене величезне скупчення організмів – бентос (молюски, риби, ракоподібні, актинозоа і т. п.);

3) окремо стоять коралові острови-риффи, що розвиваються в тропічних і підтропічних зонах планети. Ці згущення життя відіграють величезну роль у геохімічній історії кальцію, вуглекислоти і частково магнію.

Уся вода планети, у якому б стані вона не була (рідкому, твердому чи газоподібному) являє собою єдине і нерозривне ціле, що охоплює всю сушу, гідросферу і тропосферу та складає єдину водну оболонку планети.

Хімічний склад цієї оболонки досить добре відомий. Виділяють з цього погляду два види води – **океанічну** і **морську**.

Океанічна вода належить до групи солоних вод, у той час як морські води іноді є розсолами (Червоне море, Мертве море) чи напівпрісними (Азовське море), тобто мають іншу концентрацію, ніж океанічна вода, яка мало змінюється в середньому складі.

У складі океанічних і морських вод виявлені також Si, P, Fe,

Al, V, Zn, H, F, Li, Cu, Pb, As, I, Ba, Mn, Se, U, Cs, Ag, V, N, Mo, Au, Ce, La, Y, Hg, Ra, Bi, Ge, Ti, W, Sn, Ga, Zr, Th і гази – He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.

Склад океанічних вод дуже часто помилково розглядають як результат накопичення річкових. Однак В.І. Вернадський вказує, що це два різних типи вод. Порядок поширення хімічних елементів у річковий і океанічній водах та їх відсоткове збільшення й зменшення прямо протилежні. В.І. Вернадський пише, що головна маса солей океанічних й морських вод створювалася й продовжує створюватися з наземних вулканічних вивержень чи виходів вулканів на морському дні.

Особлива частина гідросфери – ґрунтові води. Їх хімічний склад, як і склад ґрунтів, може бути дуже різним. Його надійне прогнозування без конкретного аналізу ґрунтово-хімічної ситуації, що формується в даному регіоні, практично неможливе. Елементний склад ґрунтових вод обумовлений складом ґрунтів, порід, реакцією середовища і чітко пов'язаний із зональними особливостями ґрунтоутворення.

Жива речовина

Отже, жива речовина – сукупність усієї маси організмів, що населяють нашу планету в той чи інший момент. Жива речовина суші поділяється на *фітобіомасу*, *зообіомасу*, *мікробіомасу*.

Оцінюючи геологічну і ґрунтоутворюючу роль живої речовини, В.І. Вернадський розрізняв наступні форми впливу організмів на навколишнє середовище:

1. Повільний, але безупинний процес розвитку життя на Землі, утворення нових видів і їх зникнення (у середньому кожен самостійний вид живе приблизно один геологічний період, тобто близько 30 млн років).

2. Зміна типів рослинних і тварин ценозів у зв'язку з їх розмноженням і захопленням поверхні, змінами рельєфу, клімату, ґрунту. Такі взаємини лісів і тундри, степів і лісів, пустель і степів. Ця зміна носить ритмічний характер і охоплює 3–5 тис. років.

3. Послідовна зміна поколінь конкретних видів рослин й тваринних та пов'язаних з ними циклів міграції речовин. Завдяки винятковій розмаїтості видів спостерігається і розмаїтість тривалості циклів – від 20 хвилин до 20 років на одне покоління.

4. Прижиттєвий обмін речовиною між організмами і середовищем. Цей обмін торкається твердої, рідкої і газоподібної фаз та відіграє величезну геологічну і ґрунтоутворюючу роль.

5. Посмертний вплив продуктів розпаду органічних речовин на мінеральні утворення і процеси в природі.

Біогеохімічна роль організмів залежить від їх розмірів, швидкості розмноження й енергії взаємодії з навколишнім середовищем. Чим менше величина організму, тим швидше йде розмноження і зміна поколінь, тим більша їх роль у геологічних, геохімічних й ґрунтових процесах.

Роль живої речовини і біосфери в процесах вивітрювання та ґрунтоутворення безупинно зростає, адже кількість виникаючих в одиницю часу організмів неперервно збільшується. Зростає і розмаїтість форм організмів та розширюються межі біосфери.

ЛЕКЦІЯ 5

Тема: "Поняття про ландшафти"

З поняттям "біогеоценоз" тісно пов'язане поняття "ландшафти". Доля продуктів ґрунтоутворення на водоподілах із близькими або глибокими ґрунтовими водами, на озерних і річкових терасах чи у підводних умовах різна. Тому більшість вчених вважали за необхідне виділяти характерні типи рельєфу та пов'язані з ними типи ґрунтоутворення – ландшафти.

Слово "ландшафт" німецького походження (land – земля, schaft – суфікс) – виражає взаємозв'язок, взаємозалежність. Під ландшафтом розуміється конкретна територія, однорідна за походженням й історією розвитку, що має єдину геологічну основу, однотипний рельєф, однакове сполучення ґрунтів і рослинності, яка відрізняється від інших територій структурою, характером взаємозв'язку і взаємодії між окремими компонентами цієї території. В основу класифікації ландшафтів покладені принципи геохімічної міграції елементів, а також поняття про елементарний ландшафт, введене в науку Б.Б. Поліновим. Елементарний геохімічний ландшафт, за Б.Б. Поліновим, – визначений елемент рельєфу з однорідними породами, ґрунтами, рослинним покривом. Таким чином, термін "елементарний ландшафт" дуже близький до поняття "біо-

геоценоз". Згідно з ідеєю Б.Б. Полінова всі елементарні ландшафти суші за умовами міграції хімічних елементів можна об'єднати в три групи.

1. *Елювіальні ландшафти* розташовуються на підвищених елементах рельєфу, характеризуються гарним дренажем і глибоким заляганням ґрунтових вод, виносом речовини, низхідними токами вологи. Виділяють чотири підтипи елювіальних ландшафтів – власне елювіальні, транселювіальні, транселювіально-аккумулятивні, елювіально-аккумулятивні (М.А. Глазовська).

2. *Супераквальні (надводні) ландшафти* відносяться до знижених елементів рельєфу. Ґрунтові води розташовуються близько до поверхні та значно впливають на ґрунт і рослини. Тут спостерігається часткова аккумуляція елементів, що принесені як ґрунтовими водами, так і з елювіальних ландшафтів.

3. *Субаквальні (підводні) ландшафти* утворюються на дні водойм і являють собою зону аккумуляції речовин.

Парагенетична асоціація елементарних ландшафтів (елювіального, супераквального і субаквального), що сполучені в межах тієї чи іншої території, за визначенням А.І. Перельмана, утворює *геохімічний ландшафт*. Елементарні ландшафти пов'язані в геохімічному ландшафті міграційними потоками речовини. А.І. Перельман розробив геохімічну класифікацію ландшафтів. Основні таксономічні одиниці в цій класифікації наступні.

Найбільш великий класифікаційний підрозділ – *ряди* ландшафтів, які розрізняють за формою руху матерії. Ряди поділяються на *групи* ландшафтів за особливостями біологічного круговороту (співвідношенням між загальною масою живої речовини і щорічною продукцією). Усередині груп виділяють *типи* ландшафтів – за щорічною продуктивністю живої речовини і швидкістю розкладання органічних залишків. Типи ландшафтів поділяють на *родини* за визначеними сполученнями рослинності і ґрунтів. Всередині родини виділяють *класи* за домінуючими типоморфними елементами водної міграції. Класи ландшафтів поділяють на *роди* за особливостями механічної міграції. І, нарешті, найнижча таксономічна одиниця – *вид*. Виділяється за умовами й особливостями міграції хімічних елементів.

Всі існуючі геохімічні ландшафти поєднують у два ряди.

Перший – абіогенні ландшафти, де головну роль відіграють фізичні, механічні й хімічні фактори вивітрювання;

Другий – біогенні ландшафти, де міграція визначається біологічним круговоротом речовин.

У першому ряді виділяють одну групу (примітивно-пустельні ландшафти), а у другому – три (лісові, лугово-степові, тундрові). Останнім часом на найвищому таксономічному рівні (на рівні ряду) запропоновано виділяти техногенні ландшафти, в яких біологічний круговорот елементів у значній мірі порушений, а визначальний вид міграції – техногенна міграція. Це міські ландшафти, території діяльності промислових підприємств, гірських розробок і т. п.

ЛЕКЦІЯ 6

Тема: "Органічні сполуки та їх трансформація"

Органічна речовина є однією з найбільш важливих складових ґрунту. Щорічно в ґрунт надходить величезна кількість органічних речовин, де вони через ряд перетворень трансформуються в специфічну ґрунтову органічну речовину – гумус. Різний склад органічних сполук, що надходять у ґрунт, неоднакові ґрунтово-кліматичні умови, різна спрямованість та інтенсивність мікробіологічних процесів сприяють утворенню складної системи органо-мінеральних сполук, що поєднуються під цим терміном. Процес утворення цієї системи йде шляхом добору сполук, які найбільш стійкі до розкладання в даних гідротермічних умовах.

Набір і склад органічних сполук, що надходять у ґрунти й беруть участь у біогеохімічних круговоротах, дуже великий. Головні джерела органічних сполук очевидні – це тіла, що відмирають, або частини тіл організмів (рослинних і тваринних), які живуть на тих або інших територіях. Другим джерелом можуть бути прижиттєві виділення тварин, що живуть на цій території. Третім – внесені при культурному використанні земель органічні добрива, деякі пестициди. Нарешті, можуть бути природні чи техногенні виходи і розливи нафти, кам'яного вугілля. Органічні сполуки можуть надходити у вигляді деревного вугілля в результаті лісових пожеж та не цілком згорілих органічних залишків.

Головне в оцінці ролі органічних сполук – участь різних їх груп у гуміфікації та ґрунтоутворенні. Перша, і дуже важлива

група, – білки. Білки – природні високомолекулярні полімери, що побудовані із залишків амінокислот, з'єднаних амідним (пептидним) зв'язком $-\text{CO}-\text{NH}-$. Кожен білок характеризується специфічною послідовністю амінокислот та індивідуальною просторовою структурою (конформацією). Різновидів білків дуже багато. Білки поділяють на прості і складні. Прості складаються тільки з амінокислотних залишків. Складні можуть включати іони металів, пігменти, ліпіди, нуклеїнові кислоти і т.д. Суть у тому, що амінокислотні залишки з'єднані пептидними зв'язками. Якщо молекула містить більше 50 амінокислотних залишків, то білків може бути сотні і тисячі. Якщо менше 50 – це пептиди. Це загальна схема і класифікація набагато складніша. При відмиранні будь-яких організмів білки попадають у ґрунт. У ґрунті вони споживаються мікроорганізмами, безхребетними та хребетними організмами, що постмортально залишають білки вже іншого складу; піддаються розкладанню (гідролізу) до пептидів чи амінокислот; білки або їх компоненти амінокислоти мінералізуються. Кінцевими продуктами при цьому будуть вода й аміак; частина білків, пептидів, амінокислот входить до складу гумінових речовин.

Відомо, що гумінові кислоти чорноземів містять менше амінокислот, ніж більш північних і більш південних ґрунтів, але це може бути обумовлено різними причинами. По-перше, у результаті високої біологічної активності цих ґрунтів можливе більш швидке споживання вільних білків і продуктів їх розпаду організмами. По-друге, підвищене накопичення бензоїдних структур у гумінових кислотах чорноземів може бути причиною відносного зниження частки амінокислот.

Чіткого зв'язку кількості білків, що надходять у ґрунт, і продуктів їх розпаду з вмістом амінокислот у складі гумінових сполук для більшості ґрунтів не виявлено.

Вуглеводи. Питання про біогеохімічну роль цих сполук вивчене дуже слабо. Одна з причин у тому, що вуглеводи легко окислюються в ґрунтах і стають доступними різним мікроорганізмам, які їх охоче споживають і як джерело енергії, і як будівельний матеріал.

Вуглеводи – велика група органічних сполук, до якої входять моносахариди, олігосахариди, полісахариди. Моносахариди – це мономірні вуглеводи, що можуть бути представлені у формі альдоз $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_n\text{CHO}$ чи кетоз $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_n\text{COCH}_2\text{OH}$.

Моносахариди можна представити циклічною формою. Їх загальний набір великий, будова різна та залежить від величини n й конфігурації.

Деякі хімічні особливості полягають у тому, що моносахариди й олігосахариди (часто їх називають цукрами) розчинні у воді. Полісахариди – аморфні речовини, що не здатні кристалізуватися, іноді їх називають нецукроподібними. Полісахариди можуть бути розчинними і не розчинними у воді. Розчинні полісахариди утворюють в'язкі колоїдні пасти, нерозчинні – набухають. Для них характерні безліч реакцій.

У гідролізатах гумусових речовин виявляється досить багато сполук вуглеводної природи. Звичайно це гексози – 20...40 % від суми цукрів, причому іноді до 60 % з них приходить на частку глюкози. Пентози займають 4...9 %, уронові кислоти – 5...20 %.

Вміст і склад вуглеводів такий як і у випадку з амінокислотами, гуміновими кислотами, тобто не дає однозначної відповіді на питання про їх природу. Вони можуть бути і структурними фрагментами гумінових речовин, і випадковими домішками.

Лігнін. Термін "лігнін" походить від латинського *lignum* – дерево, деревина. Він входить до складу майже всіх наземних рослин, але поки його не виявлено ще в бактеріях і водоростях. Лігнін знаходиться в клітинних стінках і міжклітинному просторі рослин та скріплює целюлозні волокна. Від нього залежать проникність клітинних стінок для води і живильних речовин (він її знижує), механічна міцність стовбурів і стебел.

Це одна з найбільш стійких до розкладання органічних сполук, що надходять у ґрунт із рослинним опадом. Є не менше двох шляхів гуміфікації лігніну:

розпад до олігомерів, що потім беруть участь у побудові молекул гумінових речовин;

часткова чи східчаста зміна самої макромолекули лігніну.

При розкладанні лігнін може утворювати різні мономери – найпростіші кислоти і феноли, бензойні кислоти, а також більш складні продукти розпаду, що містять по кілька ароматичних кілець.

У степових рослинах лігніну практично немає, а гумінових речовин багато, в багаторічних травах лігніну 15...20 %, а в деревних – 20...30 %, тобто різниця не настільки велика, але щорічні опади у степах можуть значно перевищувати опади в лісах, а тому привнесення лігніну в степові ґрунти вище, ніж у лісах.

Жири. Ця група сполук у ґрунтах вивчена настільки погано, що ми не маємо реальних даних про зміст тих чи інших жирів у ґрунтах, їх трансформацію, долю і т. п. Хоча жири завжди є в залишках рослин, мікроорганізмів, тварин і разом з ними постійно надходять у ґрунт.

Жири на 98 % складаються з повних ефірів гліцерину ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ (трьохатомний спирт) і жирних кислот. Крім того, містять неповні ефіри, фосфоліпіди, гліколіпіди, вільні жирні кислоти і ряд інших сполук. Але головні властивості обумовлені тригліциридами і набором вхідних у такі ефіри жирних кислот. Це переважно нерозгалужені жирні кислоти, що містять парне число атомів вуглецю (від 4 до 26). У їх складі ненасичені кислоти – мірістинова $\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$, пальмітинова $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$, стеаринова $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$, олеїнова $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$.

Жири можуть гідролізуватися, утворюючи гліцерин і жирні кислоти. В більшості випадків потрібні каталізатори, а у ґрунті їх більш ніж досить, зокрема, цю роль можуть виконувати шаруваті алюмосилікати та деякі оксиди.

Можуть проходити реакції відновлення (гідрогенізації) жирів. Для жирів також характерно згіркнення, що може бути і біохімічною, і чисто хімічною реакцією. Хімічне згіркнення – це результат окислювання жирів під впливом кисню повітря (автоокиснення). Реакція прискорюється при дії світла, тепла і, що дуже важливо, у присутності перехідних металів, які часто називають важкими.

Жири – активні компоненти ґрунтового гумусу, а їх слабка вивченість обумовлена декількома причинами. Одна з них – малий вміст жирів у рослинних залишках. Друга – їх висока реакційна здатність, що обумовлює швидкий розпад і гарну засвоюваність мікроорганізмами. Має значення й активний хімічний розпад під дією кисню повітря і світла.

У залишках рослин, тварин і мікроорганізмів є безліч інших груп органічних сполук, але зведень про їх долю в ґрунті, про ті перетворення, яким вони піддаються, про реакції, у яких вони беруть участь, порівняно мало. Це стосується восків, смол, пігментів, ферментів і т. п. Ці сполуки не менш важливі і відіграють визначну роль у біогеохімічних явищах, але їх фактична участь у конкретних біохімічних й хімічних процесах дуже мала, тому дуже погано вивчена.

Гумінові речовини. Варто дуже чітко розрізняти, що в ґрунто-

вому середовищі будь-які органічні залишки піддаються перетворенням двох різних типів – мінералізації і гуміфікації.

Мінералізація навряд чи потребує особливих пояснень. Будь-які органічні сполуки можуть у ґрунті й інших природних середовищах поступово розкладатися, утворюючи в остаточному підсумку вуглекислий газ, воду, аміак. Останній, взаємодіючи з водою, утворює іон амонію. Звичайно при цьому виникає ряд проміжних сполук – амінокислоти, поліпептиди, моносахариди і т. д. Усі вони можуть розкладатися до кінцевих продуктів чи утворювати деякі прості, перехідні форми сполук, що ведуть в результаті до формування гумінових речовин. В цілому 88...95 % усіх рослинних залишків мінералізуються до кінцевих продуктів. І тільки невелика частка щорічного опаду бере участь в утворенні власне гумусових речовин. Процес утворення специфічних гумусових сполук в результаті трансформації органічних залишків одержав назву *гуміфікації*. Взагалі під гуміфікацією розуміють сукупність процесів перетворення вихідних органічних залишків у гумінові і фульвокислоти та процесів, що визначають рівень накопичення і співвідношення цих кислот у ґрунті. У більш вузькому змісті слова гуміфікацією називають тільки сукупність послідовних хімічних реакцій, в результаті яких формуються гумінові кислоти.

Частка органічних залишків, що беруть участь у процесі гуміфікації, дуже мала – десятки і навіть соті частки відсотка щорічного опаду. При стабільному вмісті вуглецю гумусу в ґрунті це означає, що приблизно така ж кількість раніше сформованих гумінових речовин мінералізуються до кінцевих продуктів і на цю величину відбувається відновлення гумусу.

Отже, склад ґрунтового гумусу динамічний. Він безупинно обновляється за рахунок розпаду і синтезу його компонентів. Але найбільш консервативна частина гумусу залишається незмінною тривалий час. Зберігаючи властивості, характерні даному типу ґрунтоутворення, ця частина гумусу забезпечує стабільність усій системі гумусових сполук.

Основними компонентами гумусу є гумінові, гіматомеланові та фульвокислоти, їх солі, а також гумін – своєрідний комплекс гумусових кислот, пов'язаних з високодисперсними глинистими мінералами.

Для гумінових кислот характерна пристосованість їх складу і деяких властивостей до умов утворення. Так, у кислих підзоли-

стих і дерено-підзолистих ґрунтах формуються найменш багаті на вуглець гумінові кислоти (вуглецю близько 50 % за масою). Трохи більше вуглецю в гумінових кислотах південних ґрунтів. Найвищий вміст вуглецю в гумінових кислотах чорноземів. Однак, гумінові кислоти найважливіших типів ґрунтів порівняно мало розрізняються за елементним складом.

Гумінові кислоти мають близько 15 різних видів функціональних груп, але їх реакційна здатність пов'язана з карбоксильними і фенолгідроксильними групами, водень яких може заміщатися іншими катіонами. У ґрунті вільні гумінові кислоти присутні в надзвичайно малій кількості, звичайно вони активно взаємодіють з мінеральною частиною, можуть утворити солі – гумати кальцію, магнію, натрію, амонію і т. д., складні внутрішньокмплесні сполуки з катіонами заліза й алюмінію, важких металів. Гумінові кислоти та їх солі з двовалентними катіонами не розчиняються у воді, але розчиняються в лужних розчинах. Взаємодії іонів важких металів з гумусовими речовинами можуть бути описані як адсорбція на поверхні, хелатування, іонообмінні реакції, коагуляція і пептизація. Основними продуктами взаємодії є прості солі – гумати і фульвати важких металів, а також комплексні й усередино-комплексні (хелатні) металвмісні сполуки.

Про будівлю фульвокислот відомо значно менше. Вони мають у порівнянні з гуміновими кислотами більше число карбоксильних і фенолгідроксильних груп. Фульвокислоти та їх солі добре розчиняються у воді, розчини мають дуже кислу реакцію (рН 2,6–2,8). Фульвокислоти мають більш високу здатність до комплексоутворення з іонами полівалентних металів у порівнянні з гуміновими кислотами, залишаючись у той же час більш рухливими.

Таким чином, гумусові кислоти завдяки особливостям молекулярної будови активно впливають на міграцію й акумуляцію хімічних елементів у ґрунті та природних водах.

ЛЕКЦІЯ 7

Тема: "Ґрунт і його участь у розвитку біосфери"

Невід'ємна і важлива складова частина біогеоценозу – ґрунт – біокісне утворення, продукт взаємодії між біотичним і абіотич-

ним середовищами. Ґрунт як компонент біогеоценозу знаходиться в динамічній рівновазі з іншими його компонентами. Біогеоценоз також являє собою динамічну систему, що безупинно змінюється в часі й просторі. Однак з усіх компонентів біогеоценозу ґрунт – одна з найконсервативніших складових. Вона відіграє буферну роль у біогеоценозі, послаблюючи вплив на нього зовнішніх факторів. Ґрунт служить своєрідним екраном, фільтром, що змінює склад потоків речовини, які проходять через нього. Частина речовин, що необхідна для життєдіяльності рослинності, мікроорганізмів й інших живих істот у ґрунті, затримується, частина фільтрується через ґрунтову товщу і пухкі породи та скидається в гідрологічну мережу. Таким чином, ґрунт впливає на формування якості води в навколишньому середовищі.

У сучасний період, коли антропогенний вплив на навколишнє середовище стає все більшим, геохімічна діяльність людини не поступається за потужністю природним процесам, а роль ґрунту в нормальному функціонуванні біогеоценозу стає особливо важливою. Техногенні речовини, що надходять на поверхню ґрунту, диференціюються в межах його профілю відповідно до природи ґрунтових генетичних горизонтів і хімічного складу забруднюючих речовин. Останні проникають в міграційні потоки, де відбувається перерозподіл їх у ґрунті і ландшафтах. Коефіцієнт концентрації забруднюючих речовин у ґрунтах акумулятивних ландшафтів значно вищий, ніж в елювіальних і транселювіальних.

Говорячи про роль ґрунту в розвитку біосфери, необхідно згадати ще одне явище, що має величезне значення в створенні сучасного вигляду планети. Біогенне накопичення багатьох хімічних елементів (P, S, Ca, C, Be, Co, Ni, Zn, Ge, As, Cd, Sn і ін.) у верхньому шарі ґрунту вперше виявлене в 30-х роках Гольдшмідтом і зобов'язане своїм походженням діяльності рослин, що діють як насос, який перекачує елементи з нижніх горизонтів ґрунту у верхні. Але це явище обумовлене й існуванням поглинальної здатності ґрунту. Поглинаючи катіони, корені безперервно виділяють у ґрунтового середовище H^+ , які є важливим фактором вивітрювання. Поряд з біогенною акумуляцією ґрунту спостерігається і винос – міграція речовин з низхідними потоками вологи (вилужування). Тому реальний розподіл хімічних елементів у ґрунтовому профілі визначається співвідношенням цих двох процесів. Розглянемо як приклад деякі головні типи ґрунтів.

Підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти. Важливий ґрунтоутворюючий процес – підзолистий, адже відбувається винос з верхньої частини ґрунтового профілю всіх хімічних елементів, крім кремнію. Елювіальний горизонт можна розглядати як зону акумуляції багатьох елементів і насамперед Fe і Al. У силу особливостей водного режиму тут можливе скупчення оксидів заліза у вигляді плям, ортштейнів, трубочок, примазок, новоутворень MnO_2 у виді піролюзиту. Дерново-підзолисті ґрунти в хімічному відношенні відрізняються від підзолистих формуванням акумулятивного горизонту, збагаченого вуглецем і біогенними елементами.

Чорноземи. Це один з найпростіших за хімічною будовою тип ґрунту. Елементний склад у перерахуванні на безкарбонатні і безгумусні частини одноманітний за профілем, на графіку це практично прямі лінії. Спостерігається тільки накопичення вуглецю й органогенних елементів (H, N, S, P) у перегнійно-акумулятивному горизонті і карбонатів – в елювіально-карбонатному горизонті.

Червоноколірні ґрунти. Характеризуються специфічними гідротермічними умовами, рН середовища, у яких відбувається вилужування більшості елементів, навіть кремнію, із ґрунтового профілю. Накопичуються тільки оксиди заліза, що й обумовлює характерний вигляд цих ґрунтів.

Таким чином, ґрунтоутворення призводить до диференціації елементів. Однорідна гірська порода перетворюється в неоднорідний ґрунтовий профіль з декількома обріями. Так у ґрунті накопичується не тільки енергія, але й інформація про геохімічні процеси в минулому й сьогодні.

Отже, роль ґрунту в розвитку біосфери така:

буфер, що забезпечує стійкість існування біогеоценозу;

фільтр, що бере участь у регулюванні складу природних вод;

акумулятор енергії (гумусоутворення) і хімічних елементів (біогенне накопичення);

протектор, що пов'язує частину забруднюючих речовин у недоступний для живих організмів стан;

джерело інформації про геохімічні процеси в минулому і сьогодні.

Контрольні питання

1. Визначення біогеохімії.
2. Три принципи управління геохімічною діяльністю живих організмів у біосфері.
3. Три аспекти геохімічної діяльності живих організмів.
4. Визначення живої речовини.
5. Зв'язок біогеохімії з іншими науками.
6. Завдання біогеохімії.
7. Основні властивості біосфери.
8. Роль живої речовини в геологічній історії Землі.
9. Характер прояву біосфери у космосі.
10. Межі біосфери.
11. Відділи природних комплексів.
12. Континентальна область біосфери, її особливості.
13. Океанічна область біосфери, її особливості.
14. Шельфова область біосфери.
15. Що є результатом організованості біосфери?
16. Стійкість та саморегуляція у процесі розвитку біосфери.
17. Що таке біогеоценоз, його основні властивості.
18. Типи елементарних ландшафтів. Приклади.
19. Класифікація геохімічних ландшафтів. Приклади.
20. Абіогенні та біогенні ландшафти.
21. Що таке техногенний ландшафт.
22. Основні компоненти біосфери.
23. Літосфера, її властивості.
24. Мікро-, макро- та ультраелементи літосфери.
25. Що таке кларк?
26. Гідросфера, її хімічні властивості.
27. Типи вод.
28. Жива речовина, її складові частини.
29. Форми впливу організмів на навколишнє середовище.
30. Назвіть основні етапи трансформації білків.
31. Що відбувається з білками у ґрунті?
32. Біогеохімічна роль вуглеводів.
33. Лігнін та його властивості. Трансформація лігніну.
34. Чим відрізняється реакція мінералізації від гуміфікації?
35. Основні властивості гумінових речовин.
36. Головні типи ґрунтів.
37. Визначте роль ґрунту в розвитку біосфери.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Безуглова О.С., Орлов Д.С.* Биогеохимия. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.
2. *Вернадский В.И.* Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
3. *Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии: Труды биогеохимической лаборатории. – М.: Наука, 1980. – 320 с.
4. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1987. – 339 с.
5. Гуминовые вещества в биосфере / Под. ред. *В.В. Добровольского*. – М.: Наука, 1993. – 238 с.
6. *Дедю И.И.* Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев: Мысль, 1989. – 408 с.
7. *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. – М.: Высшая школа, 2003. – 425 с.
8. *Ивлев А.М.* Биогеохимия. – М.: Высшая школа, 1986. – 126 с.
9. *Ковальский В.В.* Геохимическая среда и жизнь. – М.: Наука, 1982. – 78 с.
10. *Ковальский В.В., Адрианова Г.А.* Микроэлементы в почвах СССР. – М.: Наука, 1970. – 180 с.
11. *Ковда В.А.* Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 1985. – 263 с.
12. *Ковда В.А.* Основы учения о почвах: В 2-х кн. – М.: Наука, 1973. – Кн. 1, 2.
13. *Кучерявий В.П.* Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 480 с.
14. *Кучерявский В.П.* Урбоекoлoгiя. – Львів: Світ, 1999 – 359 с.
15. *Орлов Д.С.* Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 400 с.
16. *Перельман А.И.* Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – 527 с.
17. Почвенно-экологический мониторинг / Под. ред. *Д.С. Юрлова*. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 183 с.
18. Пути миграции радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чернобыля / Под ред. *Ф. Уорнера, Р. Харрисона*. – М.: Мир, 1989. – 512 с.
19. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
20. *Родин Л.Е., Базилевич Н.И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. – М. – Л.: Наука, 1965.
21. *Хижняк М.І., Нагорна А.М.* Здоров'я людини та екологія. – К.: Здоров'я, 1995. – 232 с.
22. Химия окружающей среды / Под ред. *О.М. Бокриса*: Пер. с англ. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
23. Человек и биосфера / Под ред. *П.А. Садименко*. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1977. – 332 с.
24. *Шипунов Ф.Я.* Организованность биосферы. – М.: Наука, 1980. – 291 с.

ЗМІСТ

Лекція 1. Поняття про біогеохімію як науку	3
Лекція 2. Вчення В.І. Вернадського про біосферу як структур- ну оболонку планети Земля	6
Лекція 3. Поняття про біогеоценоз – елементарну структурну одиницю біосфери	12
Лекція 4. Компоненти біосфери	14
Лекція 5. Поняття про ландшафти	18
Лекція 6. Органічні сполуки та їх трансформація	20
Лекція 7. Ґрунт і його участь у розвитку біосфери	25
Контрольні питання	28
Рекомендована література	29

Навчальне видання

ТРОХИМЕНКО Ганна Григорівна

БІОГЕОХІМІЯ

Конспект лекцій

Частина 1

(українською мовою)

Редактор В.А. Стеколыщикова
Комп'ютерна правка та верстка Н.В. Ялова
Коректор М.О. Паненко

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 03.04.07. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 1,8. Обл.-вид. арк. 1,9.
Тираж 100 прим. Вид. № 9. Зам. № 26. Ціна договірна

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5



ВИДАВНИЦТВО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ



Шановні панове!

Запрошуємо Вас ознайомитись з можливостями книжкового видавництва, висококваліфіковані спеціалісти якого забезпечать оперативне та якісне виконання замовлення будь-якого рівня складності.

Наш головний принцип – задовольнити потреби замовника в повному комплексі поліграфічних послуг, починаючи з розробки та підготовки оригіналу-макета, що виконується на базі IBM PC, і закінчуючи друком на офсетних машинах.

Крім цього, ми маємо повний комплекс післядрукарського обладнання, що дає можливість виконувати:

- ✓ аркушепідбір;
- ✓ брошурування на скобу, клей;
- ✓ порізку на гільйотинах;
- ✓ ламінування.

Видавництво також оснащено сучасним цифровим дублюкатором фірми "Duplo" формату А3, що дає можливість тиражувати зі швидкістю до 130 копій за хвилину.

Для постійних клієнтів – гнучка система знижок.

Отже, якщо вам потрібно надрукувати **підручники, книги, брошури, журнали, каталоги, рекламні листівки, прайс-листи, бланки, візитні картки**, – ми до Ваших послуг.

© Національний університет кораблебудування

✉ Україна, 54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5,

видавництво НУК

☎ 8(0512) 47-83-86; 39-81-42, 39-73-39, fax 8(0512) 42-46-52;

E-mail: publishing@usmtu.edu.ua