

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВНУТРІШНІХ
СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Основи екології»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалавра) рівня вищої освіти

Аеронавігація

**за темою № 1 – Теоретичні аспекти екології: синекологія (біоценологія) та
біосфера як глобальна екологічна система**

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки протокол від 30.08.2021 № 1

Розробник:

1. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Дерябіна І.О.

Рецензенти:

1. завідувач кафедри охорони праці, цивільної та промислової безпеки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, д.т.н., доцент Сукач С.В.

2. викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к.т.н., с.н.с, викладач-методист Тягній В.Г.

План лекції:

1. Поняття про біоценоз, екосистеми та біогеоценозу.
2. Структури біогеоценозів.
3. Екосистеми різних видів.
4. Визначення біосфери та її межі.
5. Жива речовина біосфери та її властивості.
6. Вчення В.І. Вернадського про ноосферу.

Рекомендована література:

Основна

1. Заверуха Н.М., Серебряков В.В., Скиба Ю.А. Основи екології: Навчальний посібник. – К.: Каравела, 2006. – 368 с.
2. Борщук Є.М., Загорський В.С. Екологічні основи екології: Навчальний посібник. – Львів: «Інтелект-Захід», 2005. – 312 с.
3. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища: навчальний посібник. – 4-те вид., випр. і доп. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 316 с.

Додаткова

4. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум. Л.: Лібра, 2006.
5. Колотило Д.М. Екологія і економіка: навчальний посібник. – Вид. 2-ге, доп. і перероб. - Київ: КНЕУ, 2005.-576 с.
6. Ісаєнко В.М., Чумак А.А., Кононко І.В. Екологія людини: навчальний посібник. – Київ: Видавництво Національний авіаційний університет «НАУ-друк», 2009. – 184 с.

Текст лекції

До цього часу ми розглядали ті фактори середовища, з якими зустрічається будь-який організм, організацію життя на рівні популяції, визначили закономірності її росту та регуляцію її чисельності. Але цим не вичерпуються всі необхідні умови життя. Життя на Землі можливе тільки в певних системах. Вивчення закономірностей розвитку, становлення та функціонування таких систем вивчає третя складова частина екології - *синекологія*, або *біоценологія*. Синекологія як окрема частина екології була виділена на Міжнародному ботанічному конгресі у 1910 році. Термін запропонував швейцарський ботанік К. Шрьотер (1902).

1. Поняття про біоценоз, екосистему та біогеоценозу

Поняття про біоценоз

Біосфера в цілому не є однорідною. В її межах добре виражені географічні та ландшафтно-географічні зони. Якщо навіть взяти будь-яку з них, наприклад, лісову

зону, що займає невелику частину нашої країни, то стане зрозумілим, що і цей простір, у свою чергу, з екологічної точки зору далеко не однорідний. У межах кожної зони можна зустріти більш-менш великі однорідні ділянки території, подібні щодо клімату, рельєфу, ґрунтів, рослинного та тваринного світу. Такі *однотипні за своїм характером ділянки місцевості мають в екології назву біотопів.*

До біотопу зазвичай належить та чи інша кількість видових популяцій, які знаходять тут достатньо сприятливі умови для свого постійного або сезонного існування. Видові популяції, що мешкають в одному і тому самому біотопі, співіснують одна з одною і утворюють складний біотичний комплекс. Таким чином, до однієї території належить складний комплекс видових популяцій та екологічного середовища, які не просто механічно співіснують, а певним чином узгоджено функціонують, утворюючи *біоценоз. Біоценоз - це біологічна система, що становить сукупність популяцій різних видів рослин, тварин та мікроорганізмів, які населяють певний біотоп.*

Поняття екосистеми.

Сьогодні концепція екосистеми належить до найбільш важливих теоретичних узагальнень екології. Поняття *екосистеми* було сформульовано в 1935 р. англійським ботаніком А. Тенслі.

Екосистемою можна називати будь-який природний комплекс, починаючи зі Світового океану та великого озера, аж до акваріума з тропічними рибками, рослинами і молюсками або від всієї зони лісів та великого лісового масиву до гнилого пня в лісі. Інтеграція усіх екосистем світу становить гігантську екосистему Землі - біосферу.

Але не всяка комбінація "життя - довкілля" є екосистемою. За Ю. Одумом (1975), екосистемою можна називати тільки ті об'єднання життя з навколишнім середовищем, які характеризуються певною стабільністю та мають чіткий внутрішній кругообіг речовин. Хоча в розумінні деяких зарубіжних та вітчизняних екологів екосистема охоплює простір будь-якої протяжності та розмірності - від краплини ставкової води, акваріума до океану і всієї поверхні планети.

Отже, *екосистема - це сукупність різних видів рослин, тварин та мікроорганізмів, які взаємодіють один з одним та навколишнім середовищем таким чином, що вся ця сукупність може зберігатися невизначено довго.*

Поняття біогеоценозу.

Ідея існування життя в певній формі об'єднання була розвинута далі, і в 1940 р. з'являється робота академіка В.Н. Сукачова, в якій він вперше висловив думку про існування в природі біогеоценозів. Великий вплив на формування вчення мала концепція біосфери та біохімічної ролі організмів В.І. Вернадського.

Аналізуючи закономірності, які керують лісовими природними комплексами, Сукачов дійшов висновку, що в природі існують не просто біоценози, системи, які об'єднують органічні угруповання з абіотичними умовами, прив'язаними до певної

території, що називається екотопом. Єдність біоценозу, екологічних умов та екотопу становить комплекс, який Сукачов запропонував назвати *біогеоценозом*. Хоча назва дещо громіздка, але вона правильно підкреслює двоєдиний характер цього комплексу. Принципово важливою властивістю біогеоценозу, що відрізняє його від простого накопичення організмів, є наявність глибоких взаємних зв'язків між усіма основними його компонентами. Це знайшло відображення в такому визначенні біогеоценозу, яке було сформульоване самим В. Сукачовим: *"Біогеоценоз - це сукупність на відомому проміжку земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, ґрунту, гідрологічних умов, рослинності, тваринного світу та світу мікроорганізмів), що має свою, особливу специфіку взаємодії цих складових її компонентів та певний тип обміну речовин та енергії їх між собою та іншими явищами природи і, яка становить внутрішньо суперечливу діалектичну єдність, що перебуває в постійному русі, розвитку"*

Свої уявлення про структуру біогеоценозу Сукачов висловив у схемі, відповідно до якої двома основними компонентами біогеоценозу є, по-перше, екотоп, що включає в себе кліматоп (тобто клімат, або усі абіотичні фактори) та едафотоп (ґрунт), а по-друге, біоценоз, куди входять фітоценоз, зооценоз та мікробоценоз (рис. 1.1.).

З тих пір, коли була запропонована ця схема, пройшло багато часу, а тому вона потребує деяких уточнень. Територію, до якої прив'язаний біогеоценоз, зараз часто називають біотопом, оскільки цей термін вже давно застосовується в екології і відповідає певному змісту.

У визначенні, яке розглядається, не вказано, що біогеоценоз є комплексом не окремих організмів, а видових популяцій.

Таким чином, у теоретичній екології з'явилося два принципово важливі узагальнення: концепція екосистеми і вчення про біогеоценоз. У зв'язку з цим природно виникає питання: чи не є згадані поняття синонімами? Часто вони як такі й фігурують. Дійсно, між ними є багато чого спільного. Оскільки, по суті, вони стосуються одних і тих самих складних комплексів, що об'єднують органічний світ та неживу природу, однак у той час як у визначенні екосистеми зазначено, що вона охоплює комплекси будь-якого масштабу (від акваріума до Світового океану), то щодо біогеоценозу підкреслюється його чітка територіальна визначеність. Він прив'язаний до того чи іншого біотопу. Таким чином, основна відмінність між екосистемою та біогеоценозом полягає в територіальній оформленості. Екосистема - поняття більш гнучке, але менш визначене в своїх межах, тоді як біогеоценоз відрізняється більшою чіткістю як територіальна одиниця.

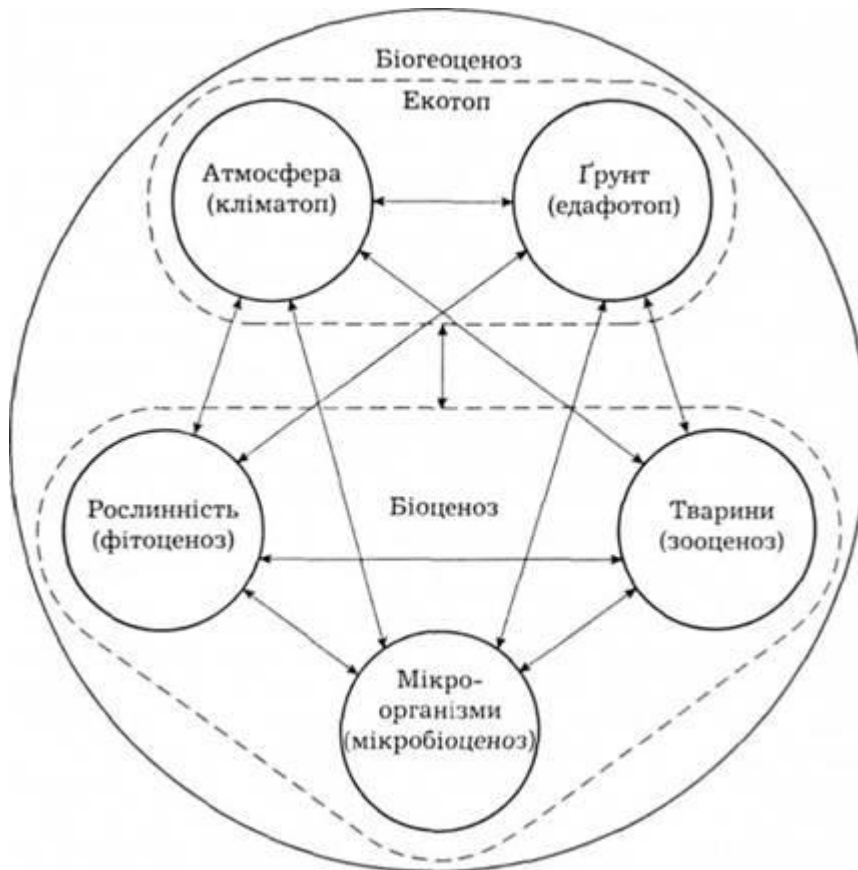


Рис. 1.1. Структура біогеоценозу

2. Структури біогеоценозів

Зі схеми біогеоценозу В. Сукачова видно, що він складається з двох основних частин - *біотопу та біоценозу*. До останнього входять три компоненти - рослини, тварини та мікроорганізми. Серед них основне місце належить угрупованню рослин. Від його видового складу, особливостей *едифікатора* (тобто виду "утворювача", або "будівельника" угруповання, який домінує та відіграє визначальну роль у побудові структури біоценозу), ступеня розвитку та внутрішньої структури угруповання залежать, по суті, всі основні риси цього біоценозу та екосистеми в цілому (наприклад, сосна в сосновому лісі). Рослинне угруповання становить фундамент біологічної макросистеми, тоді як тваринне населення є тільки, так би мовити, надбудовою, яка, між іншим, тісно взаємодіє з рослинністю за принципом зворотного зв'язку.

Отож, біогеоценоз (біоценоз), як будь-яка система, характеризується певними структурами. В екології прийнято виділяти такі структури біоценозу: просторову, видову та трофічну.

Просторова структура

Кожна екологічна система займає певний простір у біосфері. Але організми в цьому просторі розміщуються не довільно, а структуровано. Це означає, що в згаданому просторі є певні закономірності прояву екологічних факторів, які в певних дозах полюбляють ті чи інші організми. У просторовій структурі слід розрізняти вертикальну та горизонтальну її складові.

Важливою властивістю у формуванні просторової структури не тільки фітоценозу, а й усього біоценозу є *ярусність* (надземна та підземна) як вертикальна складова просторової структури.

Вона має місце навіть у трав'янистих ценозах, але особливо добре виражена в дерево-чагарникових угрупованнях. У деяких складно скомпонованих насадженнях нараховують 5-6 ярусів, у тому числі 2-3 деревних, ярус підліску із чагарників, 1-2 яруси - чагарників та трав і на самій поверхні землі - яруси моху та лишайників. До одного і того самого ярусу відносять види, подібні за своїми екологічними потребами, насамперед щодо світла й тіні. Чим більше ярусів, тим більш різноманітним буде біоценоз. Розрізняють деревний, чагарниковий, трав'янистий та ґрунтовий яруси, які, в свою чергу, можна розділити на більш дрібні (ярус стовбурів, ярус крон дерев тощо). Якщо, наприклад, розглянути біоценоз стиглого змішаного соснового бору, то в цьому рослинному угрупованні сосна утворюватиме перший найвищий ярус. До другого ярусу відносять низькорослі дерева - березу, клен, осіку, горобину та ін. Третій ярус становитимуть високі чагарники, як, наприклад, ліщина. Більш низькорослі чагарники входитимуть до четвертого ярусу (малина, ожина та ін.). П'ятий ярус формується за рахунок чагарників (чорниці, багно). Шостий ярус може бути представлений травами. До сьомого ярусу належать мохи та лишайники.

Ярусність продовжується і в ґрунті. Це так звана підземна ярусність. Вона створюється завдяки різним типам та величині кореневої системи різних видів рослин. До коренів різних видів рослин теж тяжіють різні види організмів. На коренях бобових рослин утворюються кореневі бульбашки, де оселяються азотфіксуючі мікроорганізми. У певних видів шляпкових грибів утворюється мікориза з коренями певних видів рослин, дерев (підвишенки, підберезники, підосичники, білий гриб тощо).

Горизонтальна складова просторової структури біогеоценозу/біоценозу визначає територіальність екосистеми та її межі.

У більшості випадків окремі рослинні угруповання чітко взаємно розрізняються за сукупністю зовнішніх ознак, як, наприклад, сосновий бір і темний ялиновий ліс. Кожний такий комплекс прив'язаний до певного простору з особливими умовами росту, наділений відповідними функціями та структурою, так що є всі підстави вважати, що він достатньо чітко окреслений у своїх кордонах. Іншими словами, біоценоз принаймні щодо рослинного угруповання повинен мати певні межі. Однак насправді це питання значно складніше. Одні рослинні

угруповання мають цілком дискретний характер, і кордони між ними досить чіткі. Такі, наприклад, лінійні межі між сусідніми лісами та ланами. Але в багатьох інших випадках, а вони навіть переважають, у природі спостерігають не різкі, а поступові переходи одного угруповання в інше, які відбуваються в міру змін умов росту та складу рослинності. У такому випадку встановити межі між рослинними угрупованнями дуже важко, а часом навіть неможливо.

Тут доводиться виявляти не лінійні кордони, а певні перехідні смуги, що з'єднують (або роз'єднують), без сумніву, різні угруповання. При цьому треба мати на увазі, що, якими б не були ці перехідні смуги, вони завжди поступаються за площею основній частині угруповання і ніколи не перевищують її.

Якщо територіальне розмежування рослинних угруповань настільки складне, то це завдання є ще складнішим щодо тваринних угруповань. Для існування дрібних та малорухомих видів забагато обмеження простору самою рослиною чи її частиною, які служать місцем помешкання для них, як, наприклад, попелиці та подібні до них види комах. Таке мініатюрне біотичне угруповання становить якусь частину всього біоценозу і не виходить за його межі. Але велика кількість інших компонентів біоценозу відрізняються високою рухомістю і постійно потребують життєвих ресурсів, що розподілені (розпорошені) в різних біотопах. Так, хижі та деякі інші ссавці та птахи виводять нащадків та здобувають їжу в різних, іноді досить віддалених одна від одної місцевостях, зовсім не схожих за екологічними умовами. Це особливо видно в лісостепових дібровах, де шуліки, орли-карлики, соколи-балобани, а також сірі чаплі та білі лелеки гніздяться в кронах вікових дубів та лип, але годуватися літають на навколишні поля, степові яри, річкові заплави, на водосховища та інші біотопи. В усіх подібних випадках межі біоценозів набувають дещо умовний характер, навіть там, де вони гранично чітко виражені у локальних рослинних угрупованнях.

Перехід від одного біоценозу до іншого може бути більш-менш різким. Однак в усіх випадках існує перехідна зона, яка за наявності великих біотопів може охоплювати декілька десятків кілометрів (така перехідна зона між смугою хвойних (шпилькових) лісів у Канаді та північноамериканською прерією), а у випадку невеликих біоценозів - становити всього декілька метрів. Перехідну зону називають *екотопом*. До нього відносять, наприклад, болотні простори, що знаходяться між ставком та наземними формаціями, які його оточують, зарості чагарників, що відділяють ліс від поля. Фауна екотопів і щодо видів, і чисельно більш багата за фауну сусідніх біоценозів, тому що тут тією чи іншою мірою відбувається змішування видів.

Видова структура

Без сумніву, біоценотична роль усіх функціональних груп організмів в екосистемі неоднакова. Вона окрім усього іншого, визначається чисельністю різних активних компонентів. Тому серед живих компонентів біоценозу розрізняють домінуючі, впливові види. Серед рослин ми вже визначили види-едифікатори.

Серед тварин до впливових груп відносять, по-перше, хоча й дрібних, але найбільш масових видів тварин, таких як мишоподібні гризуни, саранові, кровососні комарі та ін. По-друге, до впливових членів біоценозу належать нечисленні, але особливо великі та діяльні тварини, такі як хижаки, копитні тощо, які спричиняють відчутний вплив на угруповання.

Отже, видове різноманіття та чисельність кожного виду мають велике значення для функціонування екосистеми. Власне кількість видів та розподіл числа особин або їхньої біомаси між видами, тобто ступінь рівномірності (нерівномірності) розподілу, становлять *видову структуру біоценозу*.

Трофічна структура

Загальновідомо, що вся різноманітність прояву життя на Землі супроводжується перетворенням енергії, хоча енергія при цьому не створюється та не знищується (1-й закон термодинаміки, енергія може переходити з однієї форми в іншу, але не створюється заново та не зникає). Енергія, отримана завдяки сонячному випромінюванню поверхнею Землі, врівноважується енергією, що випромінюється з поверхні Землі у вигляді невидимого теплового випромінювання.

Сутність життя полягає в безперервній послідовності таких змін, як ріст, самовідтворення та синтез складних хімічних сполук. Без переносу енергії, що супроводжує всі ці зміни, не було б ні життя, ні екологічних систем.

Як раніше було встановлено (за визначенням Сукачова), в біогеоценозі повинен здійснюватися певний тип обміну речовиною та енергією між компонентами, що входять до його складу. Тяжко собі уявити існування рослиноїдних тварин без рослин, або інших живих організмів без взаємодії з рядом живих організмів. Найголовніша взаємодія між живими організмами - це трофічні зв'язки, тобто поїдання одних організмів іншими. Вони забезпечують перенос енергії їжі від її джерела - зелених рослин - через ряд організмів. *Трофічні зв'язки* - це форма взаємодії між популяціями в біоценозі, яка проявляється в харчуванні особин одного виду за рахунок живих особин інших видів, продуктів їхньої життєдіяльності або їхніх мертвих залишків. Організація угруповання, що базується на трофічних взаємовідносинах популяцій, називається *трофічною структурою біоценозу*.

Трофічна структура біоценозу передбачає існування принаймні трьох різних груп організмів, які забезпечують перенесення речовини та обмін енергією в ньому. Цим трьом групам організмів відповідають три складові частини біоценозу:

продуценти - фітоценоз;

консументи - зооценоз;

редуценти - мікробоценоз.

Трофічні ланцюги та мережі. Трофічна структура біоценозу базується на зв'язках між організмами, які мають певну послідовність і нагадують собою ланцюги. Тому в екології розрізняють трофічні, або харчові, ланцюги. ***Трофічний ланцюг - це послідовність зв'язків організмів в екосистемі, що будується на***

харчовій залежності одних видів від інших щодо переносу речовин та енергії. Прикладом трофічного ланцюга може бути така схема: *трава -" заєць -> лисиця -" беркут -> кліщ -> паразити кліща*. Залежно від того, з якого організму починається трофічний ланцюг, розрізняють два їх типи: *пасовищні* (або ланцюги виїдання) та *детритні* (ланцюги розкладання). Перші починаються з зелених фотосинтезуючих рослин, а другі - з детриту та мікроорганізмів. Принципова різниця між ними полягає в тому, що зелені рослини ростуть, розмножуються, синтезують органічні сполуки і накопичують у своїй масі сонячну енергію, а мікроорганізми детритних ланцюгів черпають енергію з органічних речовин у процесі їхнього розкладання.

Існування ланцюгів живлення в чистому вигляді в природі неможливе, оскільки це передбачає існування ряду видів тварин вузько спеціалізованих за харчуванням (*стенотрофів*). Якби, виходячи із вищезазначеного прикладу, всі ланки трофічного ланцюга харчувалися тільки тими організмами, з яких він складається, то навряд чи такий ланцюг зміг би довго існувати в природі. Взимку трава не росте, ото ж, зайці б загинули, якби вони не могли харчуватися іншими кормами (кора та тонкі гілки дерев, сіно тощо). Так само й лисиці в разі зникнення зайців не вижили б, якби не могли харчуватися іншою жертвою або рослинними кормами.

Тому для забезпечення надійності існування більшості організмів потрібен широкий спектр харчування (живлення). Це означає, що вони одночасно є ланками декількох трофічних ланцюгів. Отже, реально в природі існують не окремі трофічні ланцюги, а їхнє плетиво, чи *трофічні мережі*. Завдяки трофічним мережам речовина та енергія проходять через біоценоз.

Продуценти, консументи та редуценти.

Біоценози об'єднують угруповання різноманітних організмів за систематичним положенням, фізіологією і багатьма іншими різними ознаками. Однак трофічна структура біоценозу, незважаючи на це, передбачає наявність у ній трьох екологічних груп організмів: продуцентів, консументів та редуцентів. Ото ж, якими б організми не були за своєю природою, до яких би трофічних мереж не входили, але все одно в екосистемі вони належать до однієї з названих груп, що виконують певну екологічну функцію в біоценозі.

Так, до ***продуцентів відносять автотрофні (фото- або хемосинтезуючі) організми, які здатні синтезувати складні органічні речовини з простих неорганічних сполук.*** Основними продуцентами в наземних та водних екосистемах є зелені рослини.

Консументами називають організми, які живляться готовою органічною речовиною, тобто такі, що підтримують своє існування за рахунок перетворення речовин, вироблених продуцентами. До них відносять тварин, більшість мікроорганізмів, частково комахоїдних рослин. Залежно від того, чим харчується консумент, розрізняють консументів декількох порядків. *Консументи 1-*

2-го порядку живляться продуцентами, тобто в основному зеленими рослинами (рослиноїдні, трав'яїдні тварини). Консументи 2-го порядку живляться консументами 1-го порядку. Це м'ясоїдні тварини (комахоїдні, рибоїдні, хижі тварини). Консументи 3-го порядку існують за рахунок поїдання консументів 2-го порядку (хижаки хижаків), як, наприклад, беркут полює на лисиць, рибоїдний хижий птах скопа ловить щук, які теж є хижими тощо. У хижаків є паразити, які харчуються за рахунок перших. Таких паразитів відносять до консументів 4-го порядку. А за рахунок консументів 4-го порядку живляться консументи 5-го порядку (паразити паразитів). Розподіл консументів на порядки різного рангу досить умовний. Один і той самий вид у цьому біоценозі може бути віднесений до консументів різних рівнів. Якщо, наприклад, скопа живиться щукою, то вона посідатиме в екосистемі рівень "хижак хижак", або консумента 3-го порядку. В разі харчування нехижими рибами, скопа посідатиме рівень консумента 2-го порядку. Лисиця, яка живиться влітку ягодами, займає рівень консумента 1-го порядку, коли ж вона взимку полює на мишей, то тоді - рівень консумента 2-го порядку.

У групу редуцентів, або деструкторів, входять такі організми, які розкладають мертву органічну речовину та перетворюють її в неорганічні сполуки, що легко засвоюються іншими організмами. Сюди належать бактерії, гриби, з тварин - *сапрофаги* (ті, що харчуються органічною речовиною мертвих тіл або екскрементами інших тварин: жуки-мертвоїди, кожеїди, гнойовики, личинки деяких мух, дощові черв'яки, донні бокоплавці, раки, гієни, грифи, ворони та ін.), *копрофаги* (харчуються екскрементами головним чином ссавців: жуки гнойовики, личинки багатьох двокрилих та ін.), *некрофаги* (харчуються мертвими тваринами, головним чином хребетними: жуки-могильники, гнойовики, грифи, марабу, гієни, шакали та ін.).

Таким чином, продуценти створюють органічну речовину в екосистемі з простих неорганічних сполук за рахунок сонячної енергії або енергії хімічних зв'язків, чим забезпечують себе всіма необхідними поживними речовинами та енергією (автотрони). На противагу їм, консументи та редуценти використовують уже готову органічну речовину і запасену в ній енергію для забезпечення своєї життєдіяльності (*гетеротрофи*).

Належність організмів до тієї чи іншої екологічної групи не є абсолютною. У деяких екосистемах (наприклад, донні біоценози морських глибин) редуценти є основними продуцентами.

Наявність усіх трьох трофічних груп організмів в екосистемі не є обов'язковою. Прості екосистеми можуть складатися з продуцентів та редуцентів.

Екологічні піраміди

Положення окремих екологічних груп організмів у трофічних ланцюгах та мережах можна відобразити графічно у вигляді пірамід. Такий підхід вперше був запропонований Ч. Елтоном (1927). Він побудував піраміди чисел, біомас та енергії

за принципом, відповідно до якого в основі пірамід стоять продуценти, над ними відповідно консументи 1-го, 2-го, 3-го і так далі порядків. *Екологічні пірамід* Елтона мають вигляд трикутника, закономірно звужуючись до вершини і вказуючи на зниження всіх показників з підвищенням трофічного рівня.

Піраміда чисел відображає розподіл чисельності популяцій у трофічних ланцюгах, основою якої завжди є перший трофічний рівень (продуценти). З переходом до вищих трофічних рівнів - консументів різних порядків - чисельність популяцій знижується. В деяких випадках пірамід чисел можуть бути перевернутими. Наприклад, влітку в лісових екосистемах помірних широт чисельність особин рослин значно менша, ніж їхніх споживачів, зокрема, комах та гризунів (рис. 2.1).

Піраміда біомас є графічним відображенням розподілу біомаси продуцентів і відповідно консументів різного порядку. Як правило, біомаса продуцентів більша за біомасу організмів наступного трофічного рівня. Біомаса організмів найвищого трофічного рівня - найменша. Як виняток, у деяких екосистемах пірамід біомас можуть також бути перевернутими, тобто біомаса вищого трофічного рівня перевищує біомасу організмів нижчого рівня. Наприклад, на пасовищі біомаса трав'янистих більша, ніж біомаса рослин, або в морі біомаса фітопланктону менша, ніж крилю, а біомаса останніх менша, ніж біомаса китів, які харчуються цим зоопланктоном.



Рис. 2.1. Піраміда біомаси (відрізки пірамід відображають частку загальної біомаси спільноти на кожному трофічному рівні)

Піраміда енергії графічно відображає потік енергії через трофічні рівні. Ці пірамід завжди звужуються до вершини за умов врахування всіх джерел трофічної енергії в системі. На противагу попереднім пірамідам чисел та біомас, які відображають статику систем, тобто характеризують кількість організмів (чи їхню біомасу) у цей момент, пірамід енергій показують швидкість проходження енергії їжі через трофічний ланцюг відповідно до закону Ліндемана. Піраміда енергії демонструє ту закономірність, що більша частина енергії при передачі з нижчого трофічного рівня на вищий витрачається у вигляді тепла, а запасається лише 10-20%.

Поняття про екологічну нішу

Екологічна ніша - це просторове і трофічне положення виду, яке він займає в біогеоценозі, комплекс його зв'язків з іншими видами і вимог до фізичного середовища існування. Екологічна ніша виду визначається як абіотичними факторами довкілля, так і взаємозв'язками з іншими видами (біоценотичними зв'язками).

Іншими словами, *екологічна ніша* - це притаманне кожному виду місце в біогеоценозі, яке є наслідком його взаємодії з абіотичними та біотичними факторами довкілля. Отже, в біогеоценозі існує стільки ж екологічних ніш, скільки й видів. Чим ближчі екологічні ніші двох видів в одному біогеоценозі, тим гостріша між ними конкуренція. Наслідком такої конкуренції є або витискання одного виду іншим, або зниження її гостроти шляхом розходження вимог обох видів до характеру їжі, просторового розміщення, часу розмноження тощо (наприклад, ярусність у рослинному угрупованні виникає саме з цієї причини).

Сукцесії як зміни угруповань в біоценозах

У біогеоценозах постійно відбуваються зміни, які можуть бути циклічними, пов'язані з періодичністю зовнішніх умов та поступальні, пов'язані з поступовою їх зміною в певному напрямку. Такі зміни можуть призвести до заміни одного біогеоценозу іншим.

Спрямовані послідовні заміни в часі одних біогеоценозів іншими називають сукцесією. Сукцесії - це процес саморозвитку біогеоценозів, який відбувається внаслідок взаємодії живих організмів з довкіллям. Причинами сукцесії може бути не тільки зміна умов середовища існування, але й неповнота кругообігу речовин у певному біогеоценозі.

Сукцесії за участю рослинності можуть бути первинними та вторинними. В першому випадку відбувається оселення рослин у тих місцях, де їх раніше не було (наприклад, оселення лишайників на скельних породах або сосни на піщаних дюнах), в іншому - відновлення рослинності після певних пошкоджень біогеоценозу.

Процес сукцесії, як правило, приводить до формування зрілого (клімаксного) біогеоценозу. Зрілий біогеоценоз - це система, яка перебуває у стані рівноваги з фізичним середовищем існування і здатна до саморегуляції і тривалого самопідтримання. Він має високу видову різноманітність, розгалужені ланцюги живлення, розвинені механізми саморегуляції.

Людина з метою отримання сільськогосподарської продукції створює штучні угруповання організмів - агроценози. *Агроценози (від грец. агрос - поле та койнос - загальний) - це зазвичай маловидове угруповання рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів, створене людиною для отримання сільськогосподарської продукції.*

Від природних біогеоценозів агроценози відрізняються незначним видовим різноманіттям, слабо розгалуженими ланцюгами живлення, низькою екологічною

надійністю, нездатністю до саморегуляції. Внаслідок цього людина повинна постійно втручатись у функціонування агроценозів, для того щоб запобігти небажаним сукцесіям. Періодичне вилучення з агроценозів значної частини продукції визначає неможливість здійснення ними кругообігу речовин і необхідність надходження додаткових поживних речовин (добрив).

3. Екосистеми різних рівнів

Аналіз горизонтальної складової просторової структури біоценозу вказує на нерівномірний розподіл на площі окремих видів та видових популяцій, що входять до складу цього біоценозу. За своєю горизонтальною протяжністю біоценози можуть формувати:

- **мікроекосистеми** - подібно до стовбура поваленого дерева;
- **мезоекосистеми**, наприклад, ліс або ставок;
- **макроекосистеми**, такі як океан. Тому тут необхідно провести класифікацію біоценозів (за Дажо, 1975). Оскільки засвідчено, що рослини є едифікаторами біоценозів, то й їхня класифікація буде ґрунтуватися на "рослинній" основі.

Виділяють три основні групи макроекосистем:

- **наземні,**
- **прісноводні,**
- **морські.**

В групі наземних екосистем виділяють головні біотичні зони, або біотичні угруповання, які називають *біомами*. *Біом*, або як називають деякі автори *формація* чи *комплекс угруповань*, становить собою сукупність угруповань, яка виникла в результаті взаємодії регіонального клімату (макроклімату), регіональної біоти та субстрату. Він займає досить великий простір та регулюється макрокліматом. Біогеоценози, що входять до складу біому, тісно взаємопов'язані потоками енергії та речовин. Для кожного біому (степ, тайга, тундра, пустеля, гори, широколистяний ліс тощо) характерна певна форма рослинності: для біому листопадного лісу - широколистяні листопадні дерева, для біому степу - злакові трави. Яскравий приклад біому - африканська савана з акаціями та баобабами, заселена великими трав'яїдними тваринами (слони, жирафи, антилопи, зебри) та левами.

Широко використовується термін *біота*, що означає історично складену сукупність флори, фауни та мікроорганізмів (не завжди екологічно взаємопов'язаних, на відміну від біоценозу), які населяють будь-яку окрему територію. Термін запропонував румунський біолог Е. Раковіце (1907). Його в основному застосовують стосовно більш широких ділянок поверхні та акваторії Землі.

До *мікроекосистем* (термін запропонував Р. Дажо в 1975 р.) відносять синузії, біоскени та консорції.

Синузія - це екологічно та просторово відокремлена частина фітоценозу (разом з тваринами), що складається з рослин однієї або декількох близьких життєвих форм (наприклад, дерева, чагарники, епіфітні лишайники, мохи, водорості на стовбурах дерев тощо), які пов'язані між собою спільними вимогами щодо середовища (часто сама сукупність організмів створює його сама для себе). Синузії існують нетривалий час, і їхня відокремленість досить відносна. Вони є частинами біоценозів.

Біоскен, як мікроценоз, є ще меншою горизонтальною структурною одиницею мозаїчної екосистеми, що характеризується однорідними абіотичними умовами та власним фондом рослин, тварин та мікроорганізмів. Прикладом біоскєну можуть бути піщані дюни, мілкі тимчасові водойми, поверхня листка або каменя, повалене дерево, труп тварини тощо.

Консорції є не формальними, статистичними, а функціональними, динамічними структурними комірками біоценозів. Члени консорцій залежать від центрального члена або ядра угруповання. Ядром консорції зазвичай виступає та чи інша автотрофна рослина-едифікатор, а компонентами (консортами) є безпосередньо пов'язані з ним організми, в тому числі тварини. В індивідуальній консорції ядром (центральный член) є одна особина; у популяційній консорції - вся популяція або вид у цілому, наприклад, мезофільні темношпилькові дерева, планктонні та бентосні гідробіонти тощо.

4. Визначення біосфери та її межі

Сукупність усіх живих організмів (близько 3 млн видів) нашої планети займає певний простір, що називається біосферою. Біосфера включає не тільки живі організми, а й їхні рештки, певні частини атмосфери, гідросфери та літосфери, що заселені та видозмінені цими організмами.

Перші уявлення про біосферу як про "ділянку життя" та про зовнішню оболонку Землі сформулював Ж.-Б. Ламарк (1802). Сам термін *біосфера* було введено в науку австрійським геологом Е. Зюссом (1875). Сучасне вчення про біосферу розроблено В.І. Вернадським (1926).

В.І. Вернадський підкреслював, що організмам, або, як він говорив, живій речовині, властиво "розтікатися", тобто розселятися, займати все нові й нові простори. Завдяки незвичайно розвинутим здібностям адаптації, широкій екологічній пластичності, окремі види рослин, тварин та мікроорганізмів заселяють усі можливі місця помешкання.

Біосфера займає верхню частину літосфери, всю товщу гідросфери та нижню частину атмосфери.

Углиб літосфери організми можуть проникати на відносно незначні глибини, наприклад, на глибині близько 4 км мешкають лише деякі групи бактерій. Бактерії у значній кількості часто знаходяться у нафтоносних пластах, на глибині близько 2 км. Обмеження тієї глибини, на яку можуть проникати в літосферу живі організми,

визначається високою температурою (понад 1000 °C) гірських порід та підземних вод на глибинах 1,5-15 км. Натомість у гідросфері життя є на будь-яких глибинах, навіть максимальних.

Поширення організмів у атмосфері визначається положенням озонового екрана, оскільки вище цього захисного шару все живе гине під дією космічного випромінювання. Максимальна висота, на якій було виявлено спори бактерій та грибів, становить близько 22 км.

Найбільша концентрація біомаси, звичайно, спостерігається там, де умови існування організмів найбільш сприятливі та різноманітні - на межах окремих оболонок Землі: літосфери та атмосфери, атмосфери та гідросфери і гідросфери та літосфери.

Над поверхнею землі біосфера сягає більше 20 км, у Світовому океані - до глибин більше 11 км. Саме в цьому просторі живуть усі організми. Якщо за видовим різноманіттям тварини у декілька разів перевищують рослин, то співвідношення їхніх біомас, принаймні на суходолі, абсолютно інше. Базуючись на відомих підрахунках кількості сухої речовини біомаси (Базилевич, Родін, Розов), можна стверджувати, що жива речовина планети зосереджена в основному в зелених рослинах суходолу, тоді як організми, що нездатні до фотосинтезу, становлять менше 1%. Звертає також на себе увагу дуже мала біомаса мешканців океану. Вона дорівнює всього 0,13% сумарної біомаси планети, хоча поверхня океану займає 72,2% всієї площі Землі. До того ж, біомаса в океані в основному представлена тваринами, а не рослинами.

Порівняно із загальною масою Землі біомаса вкрай мала. Вона приблизно дорівнює 0,1% маси земної кори. Досить обмежена за своїм об'ємом і вся біосфера. В.І. Вернадський образно називав її "живою плівкою Землі". Однак її значення в житті планети надзвичайно велике. Річ у тім, що живі організми, які населяють біосферу, не просто там присутні як пасивні мешканці відповідних сфер, але й значно впливають на природні властивості геологічних оболонок Землі.

5. Жива речовина біосфери та її властивості.

Всю сукупність організмів на планеті Земля В.І. Вернадський називав живою речовиною. Основними її характеристиками є сумарна біомаса, хімічний склад та енергія.

Енергія живої речовини біосфери в першу чергу, проявляється у *здатності організмів до розмноження і поширення по планеті*. Життя на нашій планеті поширене майже скрізь, що пояснюється значною стійкістю організмів до умов існування. У стані анабіозу організми можуть переносити критичні температури (від абсолютного нуля до +180° C), тиск (від долей атмосфери на значних висотах до 1000 атмосфер і більше на великих океанічних глибинах). Тому живі організми відсутні лише в районі льодовиків та в кратерах діючих вулканів.

Однією з властивостей живої речовини є її *постійний обмін з довкіллям*. Внаслідок цього через живі організми проходить значна кількість хімічних елементів. Хоча до складу живих організмів входять ті ж самі хімічні елементи, що й до складу неживої природи, їхні сумарні хімічні склади відрізняються: хімічні елементи в живих організмах і неживій природі перебувають у різних співвідношеннях.

Живим організмам для здійснення біохімічних процесів, необхідні речовина та енергія, які вони отримують з навколишнього середовища. Тим самим живі організми значно перетворюють довкілля, виконуючи біогеохімічну роботу. Внаслідок постійного і безперервного обміну з довкіллям різні хімічні елементи надходять у живі організми, можуть у них накопичуватись, виходячи через певний час з організму або зберігаючись в ньому протягом усього життя. Постійний кругообіг речовин і потік енергії забезпечує функціонування біосфери як цілісної системи.

У процесі функціонування біосфери *жива речовина (продуценти) здатна накопичувати сонячну енергію, перетворюючи її в енергію хімічних зв'язків*. Автотрофні організми здатні фіксувати лише близько 1% сонячної енергії, що сягає поверхні Землі. Кількість фіксованої сонячної енергії визначає кількість біомаси нашої планети.

Близько 50% енергії, фіксованої фотосинтезуючими організмами, витрачається на процеси їх життєдіяльності, а решта накопичується у вигляді хімічних зв'язків синтезованої органічної речовини. Накопичена продуцентами біомаса може передаватись по ланцюгах живлення консументам, причому частина запасеної енергії (80-90%) втрачається при переході з одного трофічного рівня на інший.

Було підраховано, що завдяки сонячній енергії щорічно живою речовиною біосфери продукується близько 160 млрд т сухої органічної речовини, з якої приблизно 1/3 синтезується біогеоценозами Світового океану, а 2/3 - суходолу.

6. Вчення В.І. Вернадського про ноосферу

Розвиток екології зумовив розуміння єдності людини та природи, того, що людина повинна підпорядковуватись законам природи, а не намагатись їх змінити чи взагалі відмінити (ойкуменічний світогляд).

В.І. Вернадський, який створив вчення про біосферу, ще в першій половині ХХ століття передбачав, що біосфера розвинеться у ноосферу (термін запропонований у 1927 році французькими філософами Е. Леруа та П.Т. де Шарденом). Спочатку В.І. Вернадський розглядав ноосферу (від грец. *ноос* - розум та *сфера*) як особливу "розумову" оболонку Землі, яка розгортається над біосферою, поза нею. Але згодом він дійшов висновку, що *ноосфера - це новий стан біосфери, при якому розумова діяльність людини стає тим фактором, який визначає її розвиток*.

В.І. Вернадський у своїй праці "Наукова думка як планетне явище" зазначав, що під впливом наукової думки і людської праці біосфера переходить у новий стан - ноосферу. Людство все більше відходить від інших організмів як нова, небувала біогенна геологічна сила. Завдяки своїй науковій думці, техніці, людина заселяє ті частини біосфери, куди раніше вона не проникала або де життя було відсутнє взагалі.

Людина *створила нову* форму біогеохімічної енергії, яку В.І. Вернадський називав енергією людської культури, або культурною біогеохімічною енергією. Ця енергія за своєю потужністю і різноманітністю значно переважає біогеохімічну енергію, створену іншими організмами. Ця нова форма енергії і визначає процес переходу біосфери в ноосферу, який буде підсилюватись у міру об'єднання зусиль людства для вирішення глобальних проблем.

Для ноосфери як нового якісного етапу в розвитку біосфери характерний тісний зв'язок законів природи і соціально-економічних законів суспільства, заснований на науково обґрунтованому, раціональному використанні природних ресурсів біосфери, який передбачає відновлюваність кругообігу речовин та потоку енергії.

Характерною рисою ноосфери є екологізація всіх сфер життя людини. До вирішення будь-яких проблем людина повинна підходити з позицій екологічного мислення, тобто з позицій збереження і поліпшення стану природного середовища.

Отже, *ноосфера - це якісно нова форма організації біосфери, яка формується внаслідок її взаємодії з людським суспільством.*