

УДК 504
E45

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету ТВПШТСБ Миколаївського національного аграрного університету від 25 лютого 2026 року протокол № 7.

Укладач:

С. С. Крамаренко – д-р біол. наук, професор, професор кафедри біотехнології та біоінженерії Миколаївського національного аграрного університету.

Рецензенти:

О. В. Жуков – д-р біол. наук, професор, професор кафедри ботаніки, екології та садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького;

Г. І. Калиниченко – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри технології виробництва продукції тваринництва Миколаївського НАУ.

ЗМІСТ

Зміст	3
Вступ	4
Модуль 1. Ауतेкологія (екологія особини)	5
Лекція № 1. Екологія: Мета, завдання, структура та основні принципи екології	5
Лекція № 2. Біосфера: її структура та властивості	11
Лекція № 3. Екологічні фактори	18
Модуль 2. Демекологія (екологія популяції)	23
Лекція № 4. Популяція: її властивості та функції	23
Лекція № 5. Структура популяції	28
Лекція № 6. Динаміка популяції	33
Модуль 3. Синекотолгія (екологія угруповань)	39
Лекція № 7. Біоценоз та біогеоценоз	39
Лекція № 8. Трофічна структура біоценозу	45
Лекція № 9. Хронологічна структура біоценозу	51
Модуль 4. Прикладна екологія	54
Лекція № 10. Фактори деградації біосфери	54
Лекція № 11. Грунт та фактори його деградації	59
Лекція № 12. Агрохімічні проблеми в екології	64
Лекція № 13. Забруднення гідросфери та атмосфери	68
Лекція № 14. Агробіоценоз та його основні властивості	73
Лекція № 15. Головні принципи охорони природи	78
Список використаної літератури	84

ВСТУП

Нині, коли на всій планеті під впливом людини відбулися помітні зміни як живої, так і неживої природи, дедалі більшого значення набуває гармонійна взаємодія суспільства і природного довкілля, оскільки людина отримує від природи все необхідне для життя: енергію, продукти харчування, матеріали, черпає в ній емоційну й естетичну наснагу. Тому вкрай необхідна не лише чітка стратегія охорони природного середовища та посилення контролю за природокористуванням, але й добре продумана система екологічної освіти.

Екологія – відносно молода біологічна наука. Ще не так давно нею цікавилось невелике коло спеціалістів. Останніми десятиріччями вона почала швидко розвиватись. Цьому сприяла необхідність вирішення таких важливих проблем сучасності, як раціональне використання природних ресурсів, профілактика забруднення середовища промисловими відходами та транспортом, запобігання знищення природних угруповань, збереження генофонду рослинного і тваринного світу.

Для сучасної людини знання основ екології не менш важливе, ніж основ фізики, хімії, математики. Екологізація виробництва – один з провідних напрямів науково-технічної революції, покликаної не тільки забезпечити узгоджене функціонування природних і технічних систем, а й значно підвищити ефективність останніх. Таким чином, екологія все більше набуває особливостей прикладної науки.

Екологія розглядає закономірності процесів та явищ на таких рівнях організації живого в природі, як організмівий, популяційний та угруповань організмів. Велика увага приділяється процесам біологічних колообігів речовин і енергії, що становить матеріальну основу біосфери. **Екологія** вивчає взаємозв'язки організмів і надорганізмівих систем із навколишнім середовищем і між собою, узагальнює впливи екологічних факторів на живі організми та їх угруповання, а також вплив останніх на окремі фактори навколишнього середовища.

Курс “Екології”, що викладається на факультеті ТВППТ, складається із чотирьох модулів. Три з них відповідають рівням організації живої речовини та структурі сучасної екології: аутекологія, демекологія та синекологія. Окремо виділено модуль “Прикладна екологія”, в якому розглядаються питання охорони навколишнього середовища та викладені основні напрями розвитку екологічних знань.

При вивченні курсу “Екології”, підготовці до лабораторно-практичних занять та написання рефератів рекомендується використовувати літературу, перелік якої наведено в кінці курсу лекцій.

Лекція № 1

Тема: Предмет, мета, завдання та структура екології

Питання:

1. Екологія: її мета та завдання.
2. Структура сучасної екології.
3. Екологічні закони.

1. Слово «екологія» утворено від двох слів грецького походження: «ойкос», що означає «житло», «місцеперебування», і «логос» - «наука». Т.ч. у буквальному значенні, екологія – це наука про організми «у себе вдома», наука, у якій особлива увага приділяється «сукупності характеру зв'язків між організмами та їх навколишнім середовищем».

Як самостійна наука екологія оформилася лише в 20 столітті, але факти, що складають її зміст, з давніх часів привертали увагу людини. Усім відомо, що той чи інший вид чи рослин тварин зустрічається не повсюдно. Одні рослини ростуть тільки по берегах водойм, а інші — під покривом лісу. Не можна піймати сазана в гірському потоці, а форель – у ставку з мулистим дном. На берегах Північного Льодовитого океану не водяться леві, а в Сахарі немає білих ведмедів.

І це відбувається тому, що *ті чи інші тварини і рослини зустрічаються тільки там, де вони знаходять необхідні для свого існування умови.* Це розуміння відноситься до найбільш простих і очевидних положень екології.

Термін «екологія» вперше ужив знаменитий німецький біолог Ернст Геккель у 1866 р. у своїй книзі «Загальна морфологія». Згідно Е.Геккеля **«екологія - це... загальна наука про відношення організмів до навколишнього середовища».**

Сучасне визначення екології: *екологія – наука про взаємодію живих істот між собою і з навколишньою неорганічною природою; наука про зв'язки в надорганізованих системах, структуру і функціонування цих систем.*

Як і будь-яка інша наука, екологія має науковий та прикладний аспекти.

Науковий аспект – це прагнення до пізнання заради самого пізнання, і в цьому плані на перше місце впливає пошук закономірностей розвитку природи та їх пояснення.

Прикладний аспект – це застосування зібраних знань для вирішення проблем, пов'язаних із навколишнім середовищем.

Основний об'єкт екології – природні та природно-антропогенні екосистеми та біосфера в цілому.

Виділяють сім рівнів біологічної організації:

1. Молекулярний;

2. Клітинний;
3. Тканинний;
4. Організменний;
5. Популяційно-видовий;
6. Біоценотичний;
7. Біосферний.

Т.ч., сфера компетенції екології простягається від організменого рівня до біосфери. У поле зору екології потрапляють закономірності взаємовідносин і взаємозв'язків окремих особин та їх популяцій між собою та і з умовами неорганічного середовища.

На відміну від інших біологічних дисциплін, *екологія розглядає в основному той бік взаємодії організмів із середовищем, який зумовлює розвиток, розмноження та виживання особин, структуру та динаміку чисельності популяцій та угруповань та їхню роль у біоценозах*. Наприклад, фізіолог вивчає залежність від температури процесів, які відбуваються в організмі; еколог же вивчає, як впливають зміни температури на інтенсивність розмноження і плодовитість організмів, тривалість їх онтогенезу, на характер трофічних зв'язків, швидкість і напрямок біологічних процесів, що беруть участь у колообігу речовин в екосистемах.

Т.ч. **основним предметом екології** є взаємозв'язки між живими організмами, їх групами різних рангів, живою і неживою компонентами екосистем, а також особливості впливу природних та антропогенних чинників на функціонування екосистем та біосфери в цілому.

Екологія вивчає групи факторів середовища, які впливають на організми:

- абіотичні (температура, вологість повітря й ґрунту, світло, хімічний склад атмосфери, води, ґрунту тощо);
- біотичні (різні внутрішньовидові та міжвидові відносини організмів у природному угрупованні);
- антропогенні (вплив діяльності людини на живу природу).

Тому вчені західних країн розрізняють, як правило, науку екологію та науки про навколишнє середовище (*environmental sciences*). В країнах колишнього СРСР поряд з екологією розрізняють *охорону навколишнього природного середовища*. Охорона природи розглядає проблеми екології лише одного виду (людини) й досліджує вплив лише третьої групи факторів (антропогенних).

Екологія — комплексна дисципліна. У своїх дослідженнях еколог використовує інформацію, отриману в роботах зоологів і ботаніків, географів і геологів, математиків, фізиків, хіміків, метеорологів і ін.

По влучному визначенню англійського еколога Е.Макфедьєна: «Приходиться визнати, що еколог – це хтось начебто дипломованого вільнодумця. Він самовільно бродить по законних володіннях ботаніка і

зоолога, метеоролога, геолога, фізика, хіміка і навіть соціолога; він браконьєрствує у всіх названих і в багатьох інших уже сформованих і поважних дисциплінах».

Екологія – біологічна дисципліна. По своїй суті екологія – теоретична основа раціонального використання людиною природних ресурсів, наукова база для розробки стратегії і тактики взаємодії людського суспільства і природи.

Т.ч., метою екології є визначення оптимальних шляхів координації гармонійного еколого-економічного збалансованого співіснування техносфери та біосфер.

Основні завдання сучасної екології:

1. Вивчення загального стану біологічних систем всіх рівнів, умов і чинників їх формування, причин і обсягів змін під впливом різних природних й антропогенних факторів;
2. Прогнозування динаміки стану екосистем і біосферив цілому в часі й просторі;
3. Розроблення, з урахуванням основних екологічних законів, шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства та Природи, збереження здатності біосфери до саморегуляції та самовідновлення.

Екологія, у кінцевому рахунку, відповідаючи на питання: *«Скільки організмів населяє дану місцевість, де і коли їх можна зустріти, і чому?»*, виявляється біологічним фундаментом, на який спирається людина у вживанні превентивних заходів, спрямованих на збереженні навколишньої його середовища. Т.ч., рішення проблем, зв'язаних із захистом навколишнього середовища, виходить за рамки компетенції еколога, але не може бути здійснене без його участі.

2. Структура сучасної екології. Вивчення життєдіяльності організмів (і їхніх природних угруповань) може бути проведене на трьох різних рівнях організації, у зв'язку з цим розглядають три різних рівні екологічних досліджень:

- на рівні окремої особи і навколишньої її середовища; цим займається **факторіальна екологія**, чи **аутекологія**: вивчає взаємозв'язки представників виду з оточуючим середовищем; цей розділ екології займається, головним чином, визначенням меж стійкості виду і його ставлення до різних екологічних факторів. Аутекологія вивчає також вплив середовища на морфологію, фізіологію та поведінку організмів.
- на рівні популяції і навколишньої її середовища; цим займається **популяційна екологія**, чи **демекологія**: вивчає біологічні процеси, що відбуваються в популяціях, а саме – аналіз динаміки

чисельності, вікового і статевого складу, народжуваності і смертності і т.п.); описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини. Демекологія пов'язана з вирішенням таких проблем, як механізм регуляції чисельності організмів, оптимальна щільність і допустимі норми їх відбору з популяцій господарсько-корисних видів, знищення або ослаблення популяцій у випадку боротьби із шкідниками сільського господарства чи носіями інфекцій.

- *на рівні біоценозів*; цим займається **біоценологія**, чи **синекологія**: вивчає різні типи взаємодосин між популяціями окремих видів, що складають біоценоз, структурою, динамікою і факторами стабільності біоценозів;

- *на рівні біосфери*; **біосферологія**, або **глобальна екологія** вивчає біосферу як єдине планетарне ціле, з'ясовує закономірності еволюції біосфери.

Крім того, в екології часто розрізняють два напрямки:

- **загальну екологію**, що включає дослідження загальних питань і властивостей, характерних для всіх екологічних систем різного рівня організації (еволюція життєвих стратегій у відношенні розмноженні, харчування, поширення, та інших характеристик життєвого циклу – т.зв. теорія життєвих циклів, регуляції чисельності, особливостей потоків енергії, еволюції біоценозів різного рівня, аж до рівня біосфери і т.д.);

- **приватну екологію**, що займається дослідженнями екології окремих таксономічних і екологічних груп (наприклад, екологія тварин, екологія рослин, екологія пустельних організмів і т.д.).

Недавно сформувався особливий напрямок – **екологія людини**. Вона розвилася з біології, географії, соціології, антропології і психології і займається вивченням природних умов людських суспільств, їхніх традицій, соціальної організації і технології, а також шляхів розвитку і перспектив виживання. Основним постулатом екології людини є глибока повага волі і достоїнства людини і належне відношення до природи, частиною якого є людина.

Ще одною підгалуззю екології є **прикладна екологія**. Основним завданням прикладної екології є пізнання законів і закономірностей взаємодії людського суспільства з біосферою з метою запобігання порушення екологічної рівноваги внаслідок антропогенної дії на навколишнє середовище і на основі цього розробка заходів для забезпечення екологічної та техногенної безпеки біосфери. У сферу її уваги відносяться екологічні проблеми, що виникають внаслідок забруднення чи понад інтенсивної експлуатації надр, вод, атмосфери і ґрунтів у результаті людської діяльності. Для цього вивчають техногенні забруднення атмосфери, гідросфери і літосфери внаслідок антропогенної

діяльності людського суспільства і на основі встановлених закономірностей розробляють заходи, необхідні для збереження екологічної рівноваги на планеті Земля та раціонального використання природних ресурсів.

До галузей антропогенної діяльності належать промисловість, сільське господарство, ВПК, ЖКГ, транспорт тощо.

В умовах інтенсивного використання природних ресурсів людиною, залучення їх у господарську діяльність заподіює усе більш відчутний збиток самій природі. Вона стала втрачати свою унікальну здатність до самовідновлення. Порушуються природні біологічні цикли, гальмуються процеси розвитку, природа всі частіше відчуває могутні «залпові» впливи людини. До сього часу багато видів забруднюючих речовин, наприклад, метали, пил, пестициди, радіоактивні речовини, у зв'язку з циркуляційними процесами виходять на регіональний і глобальний рівень, перетворюючи планету в єдину технобіологічну систему.

Такі зміни в природному середовищі не проходять безвісти для людини. На думку медиків і гігієністів, у викидах промислових підприємств міститься до 150 речовин, що наносять шкоду здоров'ю людей. На думку російського еколога О.В. Яблокова, до 20 % населення країн колишнього СРСР живе в зонах екологічних катастроф, а ще 30-40 % - в екологічно несприятливих умовах.

Природа виступає стосовно суспільства не як безмежне й аморфне середовище, а як функціональна система, що переробляє результати господарської діяльності людини в нові фактори, що виявляють себе згодом і з яким суспільству приходиться вважатися.

Сільське господарство – одна з найстарших галузей людської діяльності. Однак останнім часом саме проблеми с/г викликали перші серйозні антропогенні потрясіння біосфери. Розвиток с/г супроводжується повним викорінюванням первісного рослинного покриву на великих площах, заміною складних багато видових фітоценозів штучними, найчастіше, полючи монокультур, продуктивність яких може підтримуватися тільки за рахунок постійного втручання ззовні (внесенням добрив, хімічними методами боротьби зі шкідниками і бур'янами і т.п.).

Агроекологія є одним із головних розділів прикладної екології. Це комплексна наукова дисципліна, об'єктом вивчення якої є агросфера планети, а предметом – взаємозв'язки людини із довкіллям у процесі с.-г. виробництва, вплив с.-г. на природні комплекси, взаємозв'язки між компонентами агроєкосистем і специфіка колообігу в них речовин, енергії та інформації під впливом техногенних навантажень.

Головна мета агроекології – забезпечення сталого виробництва якісної біологічної продукції, збереження і відтворення природно-ресурсної бази аграрного сектора, ефективна екологізація всіх галузей с.-г. виробництва.

3. Найбільше ёмко і лаконічно основні закони екології сформулював американський еколог Барри Коммонер (1974):

1. **Все пов'язано з усім.**
2. **За все потрібно платити.**
3. **Ніщо не проходить безвісти.**
4. **Природа знає краще.**

Розшифруємо докладніше ці закони.

Перший відбиває комплексність і взаємозумовленість процесів, що відбуваються в природі. Усі види тварин, рослин і мікроорганізмів зв'язані «нитками» харчових чи інших (конкурентних, симбіотичних і т.п.) зв'язків, коли один вид є їжею для іншого, чи різні види конкурують між собою за обмежені ресурси. Чи ж навпаки, коли допомагають один одному вижити і краще адаптуватися.

Наприклад, не раз було відзначено, що зниження чисельності хижаків (вовків) у результаті їхнього цілеспрямованого відстрілу приводило до різкого сплеску чисельності їхніх жертв (копитних), але потім смертність серед останніх унаслідок поширення хвороб чи швидкого виснаження пасовищ буває такою високою, що «вибракування» їх хижаками є мізерним.

Другий закон відбиває принцип оптимальності, на якому ґрунтується функціонування біосистем усіх рівнів. А саме, будь-який життєвий процес може мати місце тільки в тому випадку, якщо витрати речовини й енергії на його здійснення будуть перекинутися надходженнями від його здійснення.

Наприклад, будь-який організм повинен витратити енергію на пошук і видобуток їжі не більше, ніж одержить енергії в результаті її споживання; у протилежному випадку він швидко загине від виснаження. Отже, організму потрібно вибирати – харчуватися рясної, легкодоступної, але низькокалорійною їжею (*травовідність*), чи добувати рідку, але висококалорійну білкову їжу (*хижацтво*).

Даний принцип базується на співвідношенні «ціни» і «доходу», що є також базовими й в економіці. (До речі, не даремно слова «екологія» і «економіка» мають загальний корінь. Багато вчених розглядають екологію саме як економіку живих систем).

«Ніщо не проходить безвісти». Кращим прикладом даного закону може служити виявлення в яйцях пінгвінів в Антарктиді продуктів розпаду ДДТ, що активно використовувався в другій половині 20 в. для боротьби з ектопаразитами і комахами-шкідниками. Раз потрапивши в харчовий ланцюг, різні речовини антропогенного походження мігрує в ній, накопичуючи і даючи себе знати в самих непередбачених місцях.

Нарешті, останній закон – «Природа знає краще». Для того, щоб зрозуміти цей принцип необхідно згадати, що будь-яка живаюча система знаходиться в стані динамічної рівноваги. Т.ч., при будь-якій зміні одного

з компонентів системи, всі інші компоненти також перебудовуються таким чином, щоб система знову повернулася в саме стійке (чи одне з можливих стійких) станів. При цьому, у природі використовується цілий набір взаємодій різного характеру (між організмами і середовищем, і між різними організмами) – харчові, конкурентні, алопатичні і т.п. – для відновлення стійкості.

Питання для самоперевірки:

1. Що означає термін екологія?
2. Що вивчає екологія?
3. Які Ви знаєте основні завдання екології?
4. Які розділи екології Ви знаєте?
5. В чому суть екологічних законів Б.Коммонера?

Лекція № 2

Тема: Біосфера: її структура та властивості

П и т а н н я:

1. Геосфери та їх характеристика.
2. Структура та властивості біосфери.
3. Жива речовина та її головні біогеохімічні властивості.

1. Життя може існувати лише в межах певного рівня організації матерії, а реалізація життєвих процесів можлива лише при створенні ряду умов, сформульованих в 1941 р. Л.Лафлером.

Умови появи, розвитку та існування життя:

1. Життя може виникнути і розвиватися лише в процесі поділу матерії на елементи. Оточення живих істот складається із чисельних елементів, здобування яких уможливило реалізацію процесів росту і розвитку організмів.

2. Життя може існувати лише в таких термічних умовах, в яких можуть з'явитися і існувати складні органічні сполуки.

Життя належить до “холодних” явищ, які відбуваються в нижній шкалі температур (від -270 до $+150$ гр.). Однак більшість організмів витримує температуру від 0 до $+80$ гр.; оптимальна температура, при якій проявляється найвища активність організмів – у межах $0-30$ гр.

3. Життя може існувати лише в окреслених умовах щільності і тиску матерії.

4. Для існування життя обов'язковим є наявність у середовищі джерел енергії та сировини, як основи життєвих процесів.

5. Середовище в якому існує життя, мусить бути позбавлене УФ опромінення, яке у великій кількості є вбивчим для усіх організмів.

Т.ч. з екологічної точки зору життя не є винятковим явищем у Всесвіті, пов'язаним виключно з нашою планетою. Воно може існувати там, де виконуються умови Лафлера. В астрономічному масштабі ці умови можуть здійснитися, якщо:

- довкола зірки, яка є джерелом енергії, існує планетарна система;
- орбіти планет є близькими до кола, внаслідок чого кількість енергії, що надходить до планети від зірки, є сталою;
- планети обертаються довкола власної осі, внаслідок чого вся їхня поверхня нагрівається рівномірно;
- поверхня планети є поділена на три шари: літосферу, гідросферу та атмосферу, що забезпечує стабільність умов середовища й уможливорює утворення та становлення біосфери.

Встановлено, що близько 5 млн. зірок мають планетарні системи і там можливі зародження та розвиток життя.

Геосфери:

1. *Літосфера* (від грецького “літос” – камінь) – зовнішня тверда оболонка земної кулі. Товщина літосфери на континентах складається в середньому 25-200 км і під океаном – 5-100 км. Складається із:

- власно літосфери (складена в основному із алюмінію та кремнію; основна скельна порода – граніт);
- астеносфери (складена із кремнію та магнію; основна скальна порода – базальт).

Земна кора – тонка верхня оболонка Землі, має товщину під континентами 40-80 км, під океаном – 5-10 км; становить близько 1 % маси Землі. Складається породами різного походження та типу:

- осадові породи – 9,2 %;
- метаморфічні – 20,0 %;
- вивержені (магматичні) – 70,8 %.

Поверхня континентів на 80 % зайнята осадовими породами, а океанічне дно – майже повністю свіжими осадовими, продуктами зносу матеріалу з континентів та діяльності морських організмів. Основні елементи земної кори – кисень, кремній, водень, алюміній, залізо, магній, кальцій та натрій (95 % її маси).

Т.ч., земна кора вихідне виникла як продукти виплавлення матеріалу первинної мантії, який в подальшому був суттєво трансформований в біосфері під впливом кисню, водню та діяльності організмів.

2. *Гідросфера* (від грецького “гідор” – вода) – водна оболонка Землі, яка включає Світовий океан, води суші – ріки, озера, болота, льодовики – та підземні води. Займає площу 631 млн. кв.км. поверхні Землі, що складає 70,8 %. Середня глибина океанів – 3795 м.

Сукупну кількість води на Землі можна оцінити наступним чином:

- океани та моря – 1370 млн. куб.км (біля 94 %);
- вода в літосфері – 0,5 млн.куб.км;
- вода в атмосфері – 13 млн. куб.км;
- вода, що заморожена у льодовиках – 20 млн. куб.км.

Т.ч., більша частина води знаходиться у Світовому океані, що представляє собою унікальну природну систему. В неї відбувається грандіозний процес обміну та трансформації енергії та речовини. При цьому різні фізичні, хімічні та біологічні процеси об'єднуються, створюють єдину природу океану.

Морська вода є розчин, що містить в середньому 35 г речовини на 1 кг води, тобто, середня солоність складає 35 проміле. В морській воді присутні всі хімічні елементи таблиці Менделєєва, що знаходяться у формі іонів, найбільш розповсюджені з них:

- катіони: Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} ;
- аніони: Cl^- ; SO_4^{--} ; HCO_3^- ; CO_3^{--} .

Деякі елементи, не зважаючи на відносно низьку концентрацію, грають значну роль в хімічних процесах моря та в морських організмах (азот, фосфор, кремній).

Водні маси характеризує інтенсивна динаміка, вони здійснюють т.зв. гідрологічний цикл – переміщуються внаслідок випарювання, опадів та переходів з одної геосфери в іншу.

В океанах відбуваються вертикальні переміщення вод (приливи та відливи), а також горизонтальні, які утворюють течії. Внаслідок існування останніх відбувається змішування океанічних вод та, частково, вирівнювання температури на поверхні Землі.

3. *Атмосфера* (від грецького “атмас” – пара) – газова оболонка Землі, її маса складає $5,15 \cdot 10^{15}$ т. Скрізь атмосферу здійснюється обмін речовини Землі з Космосом (Земля губить найбільш легкі гази – водень та гелій, а отримує космічний пил та метеоритний матеріал). Атмосфера наскрізь пронизується міцною радіацією Сонця, що обумовлює тепловий режим поверхні планети; якби атмосфери не існувало, то коливання добової температури на поверхні сягали би 200 град.

Упродовж 3 млрд. років з моменту виникнення атмосфери її склад і властивості неодноразово змінювалися; однак упродовж останніх 50 млн. років вони стабілізувалися. Склад атмосфери:

- азот молек. – 78,08 % (за об'ємом);
- кисень молек. – 20,95 %;
- аргон – 0,93 %;
- вуглекислий газ – 0,03 %;
- домішки: неон, гелій, метан, криптон, водень, ксенон, озон та ін. – 10^{-6} %.

Атмосфера простирається вгору на 800-1000 км; її щільність поступово зменшується. В атмосфері виділяють 5 шарів:

- тропосфера: нижня частина атмосфера, яка прилягає до літосфери і в ній знаходиться понад 80 % усієї маси. Її висота на екваторі сягає 16-18 км, у помірних широтах – 10-11 км, на полюсах – до 8 км. З висотою температура повітря поступово зменшується (в середньому на 0,6 гр. на кожні 100 м – на висоті 10-15 км сягає –60-70 гр.).

Цей шар атмосфери істотно впливає на клімат Землі; у ньому зосереджені значні маси води (у вигляді пари і хмар), пилу й диму, що переміщуються повітряними потоками на великі відстані.

- стратосфера: знаходиться вище від тропосфери і простягається на висоту 50-55 км над Землею. У ній на висоті 20-25 км міститься озоновий шар, завдяки чому температура тут зростає до 1000 гр.

- мезосфера;
- іоносфера;
- екзосфера.

2. Біосфера (грец. “біос” – життя, “сфера” – куля) – уявна оболонка Землі, яка включає частини атмосфери, гідросфери і літосфери, заселені живими організмами.

До складу біосфери входять частини геосфер, в яких умови придатні для проживання живих організмів:

- нижня частина атмосфери (від поверхні Землі до озонової оболонки, тобто до висоти 20-25 км);
- вся гідросфера (до найбільшої глибини – Маріанської улоговини – 11030 км);
- верхня частина літосфери, де вода перебуває в рідкому стані (до глибини приблизно 5 км).

Усі ці складники об’єднують в єдину оболонку життя живі організми, які не лише існують у біосфері, а й є її творцями. Тому В.І. Вернадський писав, що “Біосферу можна розглядати як простір над землею корою, зайнятий “трансформаторами”, що перетворюють космічне випромінювання на корисну земну енергію – електричну, механічну, термічну та інші”.

Центральною ланкою біосфери виступають живі організми, включаючи людину. Перші уявлення про біосферу як “зону життя” належать французькому натуралісту Ж.Б.Ламарку (1802). Термін “біосфера” вперше запропонував у 1875 р. австрійський геолог Е.Зюсс. Науково обґрунтував учення про біосферу в 1926 р. В.І.Вернадський. Він довів, що живі організми мають вирішальний вплив на всі геологічні процеси, які формують обличчя Землі. Саме життєдіяльністю живих організмів зумовлюється хімічний склад атмосфери, концентрація солей у

гідросфері, утворення й руйнування гірських порід, утворення ґрунтів тощо.

В Вернадський вирізняв шість компонентів біосфери:

- **жива речовина** – сукупність існуючих на Землі рослин, тварин та мікроорганізмів;
- **біогенна речовина** – органічні та органо-мінеральні продукти, створені живими організмами впродовж геологічної історії (кам'яне вугілля, горючі сланці, торф, нафта та ін.);
- **нежива** (косна) речовина – гірські породи неорганічного походження і вода;
- **біокосна речовина** – продукт взаємодіє живої та неживої матерії (ґрунт);
- **радіоактивна речовина** – радіонукліди радіоактивних елементів, які зумовлюють існування радіогенної теплоти, та продукти їх розпаду;
- **космічна речовина** – космічний пил та метеорити.

Біосферу можна розподілити на дві частини: фітосферу та зоосферу. Межі існування фітосфери обмежені, особливо у водному середовищі, де лімітуючим фактором є сонячне випромінювання, необхідне для фотосинтезу). Через це простір, що займає фітосфера у 5 разів менше, ніж простір зоосфери. Однак повна біомаса, що міститься у рослинних організмах Землі у 2500 разів більше, ніж у зоосфери.

Якщо “викласти” усі живі організми в один шар, та на поверхні Землі утворився би “біологічний килим” завтовшки лише 5 мм!

Властивості біосфери:

1. Біосфера належить до відкритих систем, існування якої неможливо без постійного надходження енергії зовні. Вона зазнає дії космічних сил, передусім сонячної активності (А.Л.Чижевський).
2. Біосфера є саморегульованою системою, для якої характерна організованість. Цю властивість на сучасному етапі називають гомеостазом – здатність повертатися у вихідний стан, гасити збурення, що виникають, включенням ряду механізмів.
3. Згідно з законом історичної необоротності розвиток біосфери й людства як цілого не може відбуватися від пізніших фаз до початкових; загальний процес розвитку однонаправлений.
4. Усі функції живих організмів у біосфері можуть виконуватися тільки лише завдяки їх величезному різноманіттю, яке є основною умовою стійкості будь-якої екосистеми та біосфери загалом (закон Ешбі).

5. Важливою властивістю біосфери є наявність механізмів, які забезпечують колообіг речовин і пов'язану з ним невичерпність окремих хімічних елементів та їхніх сполук.
6. Закон константності біосфери (В.І. Вернадського): кількість живої речовини є планетарною константою за весь геологічний час, що пов'язано із надходженням сталої кількості сонячної енергії на поверхню планети.

3. В.І. Вернадський називав всю сукупність живих організмів живих організмів в біосфері “живою речовиною”. Він писав: “Я буду називати сукупність організмів, зведених до ваги, хімічного складу і енергії, живою речовиною”. Жива речовини в його розумінні – це форма активної матерії.

В.І. Вернадський вперше підрахував загальну біомасу живої речовини – 10^{15} т. Однак цей показник виявився перевищеним. М.І.Базилевич та інші (1971) підраховали, що загальна біомаса живої речовини в сучасну епоху складає 2423 млрд. т, з них 2420 млрд. т – це жива речовина континентів і лише 3,2 млрд.т. – жива речовина океану. Таким чином загальна біомаса тварин, рослин і м/о складає лише 1/11 000 000 частину маси земної кори.

У відношенні середнього хімічного складу живої речовини можна побачити, що головні складові її – це елементи, які широко розповсюджені у природі:

- 1 група – кисень (70 % за масою); вуглець (18 %), водень (10,5 %);
- 2 група – кальцій (0,5 %), калій (0,3 %), азот (0,3 %), кремній (0,2 %);
- 3 група – магній, фосфор, сірка, натрій, хлор, залізо.

В цілому, за вмістом елементів організми не повторюють хімічного складу місця існування, а вибірково концентрують елементи, потрібні для будови їх тканин.

Властивості живої речовини:

1. Жива речовина біосфери характеризується величезною вільною енергією (її можна порівняти хіба з вогненним потоком лави).
2. У живій речовині, завдяки присутності ферментів, хімічні реакції відбуваються у тисячі, навіть у мільйони разів швидше, ніж у неживій.
3. Деякі хімічні сполуки синтезуються лише в живих організмах (білки, ферменти, окремі мінеральні сполуки).
4. Жива речовина намагається заповнити собою весь можливий простір. В.І.Вернадський виділяв дві специфічні форми руху живої речовини: активну (здійснюється за рахунок спрямованого переміщення живих організмів) та пасивну (створюється розмноженням).
5. Жива речовина проявляє значно більшу морфологічну і хімічну різноманітність, ніж нежива. (В природі відомо понад 2 млн органічних

сполук, які входять до складу живої речовини, тоді як мінералів неживої речовини становить близько 2 тис.).

6. Жива речовина представлена дисперсними тілами – індивідуальними організмами, кожний з котрих має свій генетичний склад.

7. Будучи дисперсною, жива речовина ніколи не трапляється в морфологічно чистій формі, наприклад у вигляді популяції одного виду; вона може існувати лише у вигляді біоценозу.

8. Для живої речовини виконується принцип “все живе з живого” (принцип Реді); жива речовина існує на Землі у формі безперервного чергування поколінь і характеризується генетичним зв’язком з живою речовиною всіх минулих геологічних епох.

9. Жива речовина (у особі конкретних організмів) здійснює упродовж свого історичного життя грандіозну роботу.

Основні біогеохімічні функції живої речовини:

1. *Енергетична*: поглинання сонячної енергії в процесі фотосинтезу, а хімічної енергії шляхом розкладу енергією насичених речовин; передача енергії по трофічних ланцюгах різнорідної живої речовини.

2. *Газова*: здатність змінювати та підтримувати певний газовий склад середовища існування.

3. *Концентраційна*: вибіркоче накопичення в ході життєдіяльності окремих видів речовини, що використовуються для побудови м’якого тіла та скелета.

4. *Окисно-відновна*: пов’язана з інтенсифікацією під впливом живої речовини процесів окислення (завдяки збагаченню середовища киснем) та відновлення (в умовах дефіциту кисню).

5. *Деструктивна*: руйнування як самими організмами, так і продуктами їх життєдіяльності біогенної та неживої речовини, та включення її у біологічний колообіг.

6. *Транспортна*: пов’язана із перенесенням речовини та енергії в результаті активного руху організмів.

7. *Середовищеутворювальна*: полягає в зміні живою речовиною у процесі її життєдіяльності фізико-хімічних параметрів середовища.

8. *Інформаційна*: живі організми та їх угруповання накопичують певну інформацію, закріплюють її в спадкових структурах, а потім передають наступним поколінням.

Питання для самоперевірки:

1. В яких умовах середовища може з’явитися та існувати життя?
2. Наведіть екологічні характеристики геосфер.
3. Які компоненти входять до складу біосфери?

4. Де проходять межі існування біосфери?
5. Які характерні властивості біосфери?
6. Що таке жива речовина та її головні властивості?
7. Які головні біогеохімічні функції живої речовини?

Лекція № 3 Тема: Екологічні фактори

П и т а н н я:

1. Принцип єдності організму і середовища.
2. Екологічні фактори та їх класифікації.
3. Принцип екологічної толерантності.
4. Теорія лімітуючих факторів.

1. Теоретичну основу факторіальної екології складають узагальнення російського вченого Івана Михайловича Сеченова (1829-1905) сформульовані як принцип єдності організму та середовища. Відповідно до цього принципу живий організм (рослинний чи тваринний) являє собою само регульований, тривало діючий механізм, який є певною мірою циркулюючої машиною, тісно пов'язаною зі своїм оточенням завдяки процесам обміну речовини та енергії. Кожен організм для підтримки своєї життєдіяльності бере із оточуючого середовища енергію та “будівельні” матеріали і виділяє в нього продукти свого обміну. Отже, зв'язок “організм-середовище” має чітко виражений двосторонній характер і, згідно уявленням І.М.Сеченова, подвійну природу:

- сталий і нерозривний (жоден організм не може існувати поза середовищем);
- взаємний (середовище впливає на організм, а організм впливає на середовище).

Відповідно трьом рівням організації біологічних систем, що вивчається екологією (тобто, особина – популяція – біоценоз), взаємовідносини між біотою та середовищем можна розглядати на трьох рівнях:

- *моноцен* є найпростішою системою; до його складу входить поодинокий організм та його безпосереднє оточення (середовище), яке має назву *монотоп*. В моноцені реалізуються два типи екологічних взаємодій: *акція* (вплив середовища на організм) та *реакція* (відгук організму на подразнення зовнішнього середовища).
- *демоцен*: система, що складається із популяції та її середовища (або, *демотопу*). В демоцені реалізуються два первинні екологічні

взаємодії (акція та реакція), а також *коакція* (вплив одних особин на інші).

- *плеоцен*, або *біогеоценоз*: сукупність усіх популяцій, які заселяють окреслене місцезростання (або *біотоп*) і перебувають між собою у екологічних зв'язках.

Принцип визначення тих факторів, що мають найбільше значення для організмів, було вперше сформульовано німецьким гідробіологом А.Тіннеманом (1942) у вигляді двох аутокологічних принципів:

1. Живі організми пов'язані із середовищем через свої життєві потреби. Т.ч. головні зв'язки між організмом та його середовищем необхідно шукати лише спираючись на знання біології виду та його життєвих потреб.
2. Вимоги організму виникають із його морфо-фізіологічних пристосувань. Характер цих адаптацій знаходиться у тісному зв'язку із властивостями місцевості, в якій зустрічається даний вид в природі.

Екологічні критерії для визначення факторів, які входять до складу функціонального середовища, австралійський вчений-еколог виразив наступним чином: “Середовищем для тварини є все, що впливає на шанси його виживання та розмноження.” Таким чином це визначення уточнює поняття середовища для організму й дозволяє відокремити екологічні дослідження від фізіологічних, етологічних та психологічних. Крім того, це визначення дозволяє провести чітку межу між екологічними факторами середовища та факторами, що впливають на фізіологію, етологію та психологію.

Англійський вчений-еколог Чарльз Елтон (1972) при вивченні взаємодії “організм-середовище” показав, що екологічні дослідження відрізняються від фізіологічних тим, що розглядають функціонування організму як цілосної системи. Дослідження впливу факторів середовища має сенс через те, що вони є елементом, який обмежує поширення або чисельність організмів в природі.

2. Зовнішнє оточення будь-якого організму складається з чисельної кількості факторів (кліматичних, едафічних, фізико-хімічних, біотичних), які ж до того нелегко визначити. Через те, що різні види мають різну екологічну спеціалізацію, один й той же фактор має для них різне значення. Крім того, в онтогенезі кожного організму присутні різні по значенню фактори: одні грають фундаментальне значення (без них організм не існуватиме; наприклад кисень для ссавців), інші грають менше значення, нарешті, існує ціла низка факторів, які суттєво не впливають на рослини або тварини. Серед них відповідно до аутокологічних принципів А.Тіннемана можна виділити екологічні фактори середовища.

Екологічний фактор – це будь-який елемент середовища, здатний виявляти прямий вплив на живі організми хоча б протягом однієї фази їх розвитку.

Екологічні фактори по-різному впливають на живі організми:

- усувають окремі види з території, кліматичні, фізико-хімічні особливості якої їм не підходять, і, т.ч., змінюють їх географічне поширення;
- змінюють плодовитість і смертність різних видів, викликаючи міграції та впливаючи на щільність популяцій;
- сприяють появі адаптивних морфологічних, фізіологічних, етологічних тощо модифікацій.

Класифікація екологічних факторів передбачає групування їх з ознакою подібної дії на організм. Наведемо декілька систем класифікації екологічних факторів.

По-перше, екологічні фактори розподіляють на дві групи:

- *зовнішні, або екзогенні*: до них відносяться фактори, дія яких в тій чи іншій мірі впливає на організм, але самі вони не відчувають зворотного впливу з боку організмів; наприклад, сонячна радіація, швидкість вітру, кількість опадів тощо.
- *внутрішні, або ендогенні* фактори представляють собою окремі властивості самої екосистеми; наприклад, чисельність та біомаса популяції, характеристики ґрунту тощо.

Інколи ендо- та екзогенні фактори розподіляють подальше. Серед екзогенних виділяють: кліматичні, геологічні, гідрологічні, антропогенні тощо. Серед ендогенних – біокліматичні, едафічні, водні, біотичні тощо.

Друга найбільш поширена класифікація екологічних факторів, це розподіл їх на дві групи:

- *біотичні фактори*; в цю групу входять ті, джерелом яких є інші організми; наприклад, різноманітні взаємовідносини між організмами (конкуренція, хижацтво, симбіоз тощо.);
- *абіотичні фактори* – це вплив хімічного складу чи фізичного стану середовища; наприклад, вологість, кількість опадів, хімізм та структура субстрату тощо.

Але при цьому типі класифікації екологічних факторів така група ресурсів середовища, як корм може бути віднесена як до групи абіотичних (для рослин), чи біотичних (для тварин).

Інколи, крім цих двох груп виділяють ще третю – антропогенні фактори, тобто фактори, що пов'язані із впливом людської діяльності (наприклад, міста, дороги, агроекосистеми тощо).

Більш детальну класифікацію екологічних факторів, що базується на принципово інших критеріях, розробили австралійські вчені-екологи Р.Андреварта та Л.Бьорч (1954). Вони поділили фактори середовища на 4

групи: фізичні умови існування (клімат і погода); корм; інші організми; місцезростання.

Вплив екологічних факторів середовища на організм здійснюється у відповідності з однією із двох схем:

- згідно принципу “все-або-нічого” (наприклад, хижацтво);
- за градієнтним принципом, тобто інтенсивність діючого фактора викликає відповідне зростання екологічної реакції організму (наприклад, поступове зниження температури викликає поступовий розвиток вовнового покриву у ссавців).

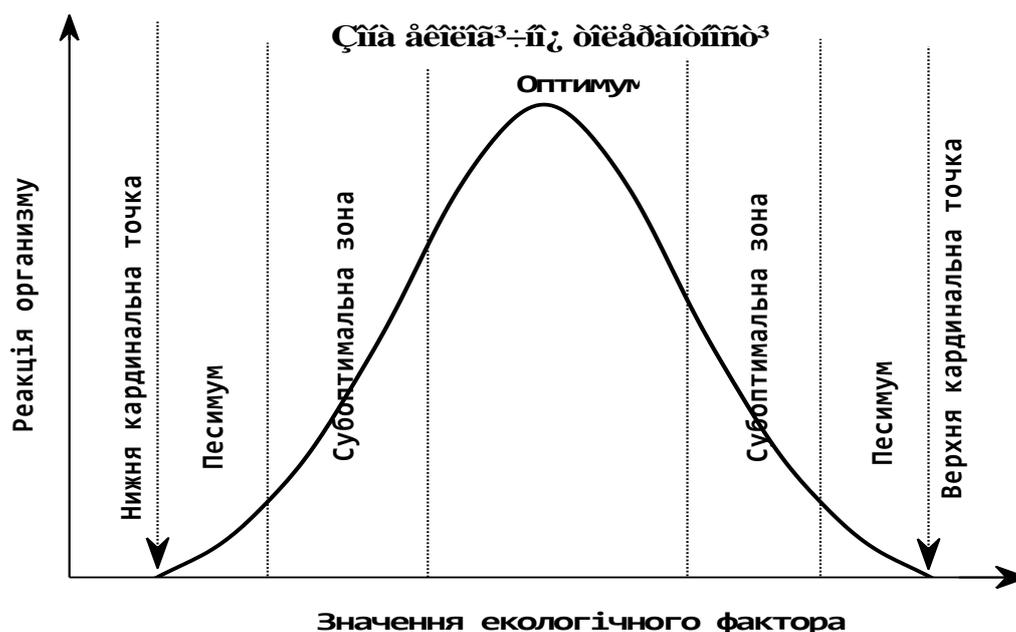
3. Екологічні фактори впливають на організми в два способи: своєю наявністю; величиною та мінливістю.

При визначених значеннях факторів середовища екологічні процеси відбуваються більш ефективно, ніж при інших.

Під час аналізу рівня життєдіяльності організму на всьому інтервалі змін фактора, що діє зазвичай відмічається, що організм може вижити лише у визначених межах діючого фактора. При дуже низьких, або дуже високих рівнях значення фактора життєві функції організму гальмуються й навіть може наступити його загибель.

Граничне значення визначеного фактора (вище чи нижче якого організм не може існувати) має назву *критичної або кардинальної точки*. Найнижче з припустимих значень даного фактора має назву мінімуму, або нижньої критичної (кардинальної) точки, а найвище – максимуму, або верхньої критичної (кардинальної) точки.

Весь інтервал змін значень фактора, який знаходиться між цими двома точками має назву зони екологічної толерантності.



В безпосередньої близькості до критичних точок розташовані зони песимуму, в яких активність організму значно обмежена; далі розташовані субоптимальні зони, в межах яких по мірі віддалення від зони песимуму активність життєдіяльності організму підвищується.

Середня зона визначається як екологічний оптимум. Інтенсивність фактора в його межах найбільш сприятлива для функціонування організму.

Крива, яка визначає характер реакції організму у зоні екологічної толерантності не завжди симетрична із центральним розташуванням області оптимуму. В багатьох випадках оптимум може бути розташований ближче критичних точок (наприклад, для прісноводних організмів оптимум здвигнутий до мінімальних значень, тоді як для морських – розташований на другій межі зони толерантності, біля 35 ‰).

Ширина зони екологічної толерантності може значно відрізнятись у різних організмів. На цієї підставі прийнято виділяти організми:

- еврибіонтні, які мають широку смугу толерантності, тобто можуть існувати в умовах, які дуже відрізняються за значеннями екологічного фактора (наприклад, пацюк);
- стенобіонтні, у яких життєві можливості обмежені вузькими межами зміни даного фактора.

Префікси еври- та стено- використовуються для визначення меж толерантності організмів за будь-яким екологічним фактором:

- за харчуванням: еврифаги та стенофаги;
- за температурою: евритермні та стенотермні;
- за місцем зростання: евриойкні та стеноойкні тощо.

Якщо розглядати одночасно відношення організмів до набору екологічних факторів, то виявиться, що організми будуть розрізнятися за областю визначення кожного з факторів. Наприклад, якщо одночасно розглядати два фактори – температуру та вологість середовища, то оптимальні зони будуть представляти деякі ділянки (*екологічні ніші*) простору можливого сполучення факторів. Зони толерантності можуть перетинатися або не перетинатися за одним або двома факторами.

Екологічна ніша – сукупність всіх факторів середовища, в межах яких можливо існування виду у природі.

Експериментальними дослідженнями Г.Ф. Гаузе (1934) було показано, що два екологічно близькі види, що займають близькі екологічні ніші не можуть стало співіснувати – т.зв. принцип конкурентного виключення, або принцип Гаузе.

Закон “мінімуму” Ю. Лібіха: *витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі екологічних потреб.*

Екологічні фактори середовища, які обмежують чисельність організму мають назву **лімітуючих факторів**.

Питання для самоперевірки:

1. Які особливості зв'язку між організмом та середовищем?
2. Які є типи екологічних систем та екологічних взаємодій?
3. Що таке екологічний фактор?
4. Які вам відомі класифікації екологічних факторів?
5. Які головні компоненти зони екологічної толерантності?
6. Що таке екологічна ніша? Яке визначення має принцип Гаузе?
7. Що таке принцип мінімуму Ю. Лібіха? Які фактори називають лімітуючими?

Лекція № 4

Тема: Популяція та її властивості

П и т а н н я:

1. Функції та властивості популяції. Типи популяцій
2. Щільність та чисельність популяції
3. Просторова структура популяції

1. Демекологія, або популяційна екологія, займається вивченням умов формування, структури та динаміки розвитку популяцій окремих видів.

Її завдання: дослідження морфологічних особливостей популяцій, їх вікового складу, чисельності та щільності, народжуваності та смертності, поширення організмів, вивчення внутрішньо- та міжвидових відношень в популяції.

Сучасні уявлення про біологічну популяцію формувалися впродовж століть. Уже в працях шведського природознавця К. Ліннея зустрічаються ідеї щодо рівноваги в природі, основою якої є народжуваність та смертність організмів. Еволюційна концепція Ч. Дарвіна ґрунтується на ідеї популяції та явищ, що в ній відбуваються. Бурхливого розвитку популяційна екологія досягла у 20-30-х рр. 20 сторіччя в працях англійського вченого Ч. Елтона (1924) щодо динаміки чисельності промислових тварин. Завдяки роботам двох математиків Лотка (1925) та Вольтерра (1931) закладається основа використання математичних моделей в популяційній екології. У 1920 р. Перл та Рід пере відкривають логістичну модель росту чисельності популяції, відкриту ще Ферхюльстом наприкінці 19 ст.

З екологічної точки зору під **популяцією** розуміють *природну, просторово єдину групу особин одного виду, що реагує на дію різноманітних зовнішніх факторів як цілісна система.*

Причини, що сприяють скупченню особин у популяції різноманітні, але головні з них:

- нерівномірність розподілу екологічних умов у географічному просторі;
- подібність потреб до цих умов у організмів одного виду.

На відміну від особини, популяція характеризується меншою інтегрованістю елементів, що входять до її складу (окремих особин та їх груп), й як наслідок – високою динамічністю. Популяція не має лінійних меж; між популяціями немає характерного для організмів хіатусу.

Російський вчений М.П.Наумов (1963) запропонував концепцію ієрархії популяцій залежно від розмірів території, яку вони займають:

1. *Елементарна (локальна) популяція* – сукупність тварин особин одного виду, які населяють невелику ділянку однорідної території.
2. *Екологічна популяція* – сукупність елементарних популяцій, тобто видів угрупування, які приурочені до конкретних біогеоценозів.
3. *Географічна популяція* – сукупність екологічних популяцій, які заселяють значну територію з географічно однорідними умовами середовища.

Популяція характеризується трьома основними функціями:

1. *Регуляція розміщення особин в просторі*, тобто популяція оптимізує використання придатної для виду території.
2. Розмноження та поповнення втрат.
3. Поширення та перерозподіл особин у просторі в залежності від зміни умов середовища.

Для популяції (згідно Томасу Парку) властиво наявність як біологічних властивостей, так й групових.

Біологічні властивості популяції: (характерні і для популяції, і для її окремих особин) характеризують життєвий цикл популяції (вона також, як і організм, росте, диференціюється та підтримує сама себе); популяція має визначену структуру й організацію, які можна описати.

Групові властивості: (характерні лише для популяції в цілому) народжуваність, смертність, вікова структура, генетична пристосованість і т.п.; ці властивості можуть характеризувати лише популяцію в цілому.

Крім екології популяція є об'єктом дослідження цілого ряду дисциплін:

- *популяційної та еволюційної генетики* (тут вона розглядається як елементарна одиниця еволюції);
- *селекції* (розглядаються штучні популяції, їх особливості та динаміка генетичного складу);
- *мисливської та промислової біології* (популяція розглядається як одиниця керування);

- захисту рослин та епізоотології (популяція розглядається як одиниця регуляції чисельності);
- заповідної справи (популяція – одиниця охорони та одиниця біомоніторингу).

При проведенні демекологічних досліджень особлива увага приділяється визначенню меж популяції. Частіше за все популяція не має чітких меж. Але російські вчені – екологи В.Федоров та Т.Гельманов висунули гіпотезу о збігу ареалу популяції із просторовими межами біоценозу. Це, насамперед, стосується популяцій рослин, які більше пов'язані із умовами середовища. Популяції тварин, у свою чергу, пов'язані із рослинами трофічними та іншими зв'язками.

Російський вчений В.М. Беклемішев (1960) виділяє наступні типи популяцій:

1. *Незалежна* популяція – має достатній потенціал народжуваності, яки й дає змогу поповнювати їй втрати чисельності і довго існувати без міграції особин ззовні.
2. *Залежною* стає популяція тоді, коли народжуваність не покриває втрат чисельності. Така популяція не може існувати без імміграції особин ззовні.
3. *Геміпопуляція (напівпопуляція)* – сукупності тварин одного виду, які формуються на різних фазах життєвого циклу.

2. **Ареал популяції** – це частина земної поверхні (чи акваторії), в межах якої в природних умовах існує популяція. Ареал залежить від радіусу індивідуальної активності, який становить від декількох метрів (у слимаків) до тисяч км (у китів).

Ареал може розширюватися чи звужуватися залежно від виду, умов середовища, сезону року.

Чисельність популяції – загальна кількість особин у межах ареалу популяції. Цей показник досить динамічний; йому притаманні постійні коливання – періодичні чи неперіодичні.

Показник чисельності частіше використовується для великих, нечисленних видів, особини яких поширені на значній території (слонів, носорогів, китів, ратичних тощо). Для дрібних організмів та організмів середнього розміру частіше використовується оцінка щільності.

Щільність популяції – це її величина, віднесена до будь-якої одиниці простору. Зазвичай передається кількістю особин чи їх біомасою у одиниці площі чи об'єму. Наприклад, кількість дерев на 1 км.кв., маса риби на 1 га поверхні водойма.

Розглядають два типа щільності:

- *середню щільність*, тобто чисельність особин на одиницю всього простору;

- *зважену, або екологічну щільність* – чисельність особин на одиницю доступної площі або об'єму, які фактично можуть бути зайняті популяцією.

Максимальною щільністю особин популяції вважається така, яка вже не може підтримуватися екосистемою.

Мінімальна щільність особин на певній території не дає можливостей для їх розмноження, а отже, для існування цієї популяції в екосистемі.

Щільність популяції частіше пов'язана із розмірами та трофічним рівнем організму. Частіше, чим нижче трофічний рівень організму, тим вище щільність його популяцій.

У межах одної таксономічне однорідної групи організмів, з підвищенням розмірів тіла щільність популяції знижується, але загальна біомаса підвищується.

Інколи для оцінки чисельності використовують спеціальні, відносні показники:

- *індекс численності* – кількість особин, що зареєстрована протягом визначеного відрізка часу (наприклад, кількість птахів, зареєстрованих протягом 1 часу);
- *частота зустрічальності* – відсоток проб (ділянок), на яких відмічено даний вид (частіше використовується в екології рослин).

3. Структура популяції (у широкому розумінні слова) – *це будь-який розподіл популяції як одиничного цілого на пов'язані у визначеному порядку частини*. При цьому розглядають: статеву, вікову, просторову, генетичну, екологічну, етологічну і т.п. структури популяції.

Просторова структура популяції – *закономірне розміщення особин та їх груп по відношенню до визначених елементів ландшафту, та одна до одної; відображає визначений для даного виду тип використання території*.

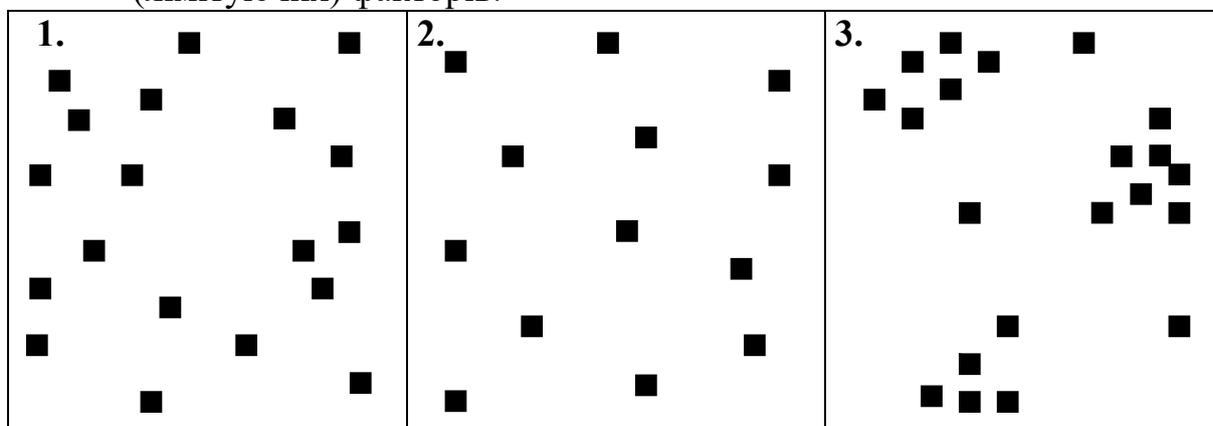
Біологічне значення просторової структури популяції:

- підвищує коефіцієнт використання ресурсів особинами популяції, й, відповідно підтримує максимально можливий рівень біомаси та біологічної активності виду;
- є основою стійкого підтримання необхідного рівня внутрішньо популяційних контактів між особинами.

Типи просторового розподілу особин:

1. *Випадковий*: має місце тоді, коли середовище однорідне, а організми не намагаються об'єднатися у групи. Виникає коли на популяцію одночасно впливають чисельні, але слабкі екологічні фактори.

2. *Рівномірний*: має місце там, де між особинами дуже сильна конкуренція, або існують антагоністичні відношення (павуки-вовки, тигри, рослини у пустелі і т.п.).
3. *Груповий*: коли у організмів має місце сильна тенденція до утворення скупчень, або проявляється дія лише деяких основних (лімітуючих) факторів.



В залежності від того, як розподілені самі групи, може формуватися *вторинна просторова структура популяції*:

- випадкова групова;
- рівномірна групова;
- групова з утворенням скупчення груп.

Агрегація може підсилювати конкуренцію між особинами за їжу, простір, статевих партнерів, але це частіше компенсується за рахунок підвищення життєздатності групи в цілому (хоча б і за рахунок зниження життєздатності кожної окремої особини), оскільки група має більше умов для покращення свого захисту, знаходження ресурсів або зміни мікроклімату (чи самого місцезростання).

В цілому, для рослин та нижчих тварин, тенденція до агрегації знаходиться у зворотному зв'язку із рівнем мобільності стадій розселення (насіння, спор, яець тощо). У вищих тварин вона може бути наслідком наступних 4 причин:

- внаслідок локальних відмінностей у місцезростанні;
- під впливом добових та сезонних змін погодних умов;
- в зв'язку із процесами розмноження;
- внаслідок соціального залучення або особливостей соціальної поведінки (у вищих тварин).

Крім того, особини у групі (особливо тварини) мають підвищену виживаність у порівнянні із поодинокими.

Наприклад, було зареєстровано, що риби у складі групи можуть краще переносити визначену дозу отрути у воді, ніж ізольовані особини.

Бджоли у скопищі підвищують та зберігають достатньо тепла для виживання усіх особин при температурі, при якій гинуть ізольовані особини.

З іншого боку, надвисока щільність (та чисельність) популяції має цілу низку негативних наслідків (від підвищення стрес-чутливості до епізоотій). Американським вченим-екологом В.Оллі було сформульовано наступним принцип: як “недонеселеність”, так і перенаселеність можуть виявитися лімітуючими факторами.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке популяція з екологічної точки зору та які головні типи популяцій виділяються?
2. Яку ієрархію мають популяції?
3. Які властивості притаманні популяції?
4. Що таке ареал популяції, її чисельність та щільність?
5. Що таке просторова структура популяції та які типи просторової структури вам відомі?
6. В чому причина формування агрегацій та що таке принцип Оллі?

Лекція № 5

Тема: Структура популяції

Питання:

1. Статевая структура популяції
2. Вікова структура популяції
3. Народжуваність та смертність

1. Співвідношення особин чоловічої та жіночої статі в популяції має важливе екологічне значення, оскільки воно безпосередньо пов'язано із потенціалом її розмноження.

В природі має місце два типи розмноження – *вегетативне* та *статеве*.

Вегетативне розмноження	Статеве розмноження
- за один раз утворюється один або декілька нащадків, які зазвичай пов'язані із батьківською особиною, поки не досягнуть відносно великих розмірів; це підвищує їх шанс дожити до репродуктивного віку;	- за один раз може створитися багато нащадків, але найчастіше дрібних із низьким шансом досягнути статевої стиглості; - багато енергії втрачається марно, оскільки кожна яйцеклітина має низький шанс запліднитися

<ul style="list-style-type: none"> - вся енергія витрачається безпосередньо на ріст дочірнього організму й не втрачається марно; 	<ul style="list-style-type: none"> (особливо у організмів без внутрішнього запліднення); - але, різко підвищується генетичне різноманіття нащадків.
---	---

При статевому розмноженні чоловіча та жіноча статеві системи можуть знаходитися:

- у різних організмів (роздільностатевість, або *гонохорізм*);
- у одного організму (*гермафродитизм*).

Екологічне значення гермафродитизму:

- в популяції мається у два рази більше самиць у порівнянні із популяцією гонохористів;
- але потребується більше енергії та речовини для побудови та підтримання двох статевих систем одночасно;
- є можливість до самозапліднення при відсутності статевого партнера.

Статева структура популяції – чисельне співвідношення самців та самиць серед особин різних вікових груп. Розглядають три типи співвідношення статей:

- первинне;
- вторинне;
- третинне.

Первинне співвідношення статей визначається сполученням статевих хромосом у процесі мейозу (зазвичай воно 1 : 1). Згідно О.В.Яблокову (1987) відомо 10 основних шляхів хромосомного визначення статі у тварин. В п'яти випадках гетерогаметною статтю є чоловіча (ссавці, деякі риби, двокрилі комахи), в п'яти інших випадках гетерогаметною статтю є жіноча (деякі птахи, змії, деякі риби).

Вторинне співвідношення статей – це співвідношення самців та самиць при народженні. Вторинне співвідношення статей може регулюватися як гормонально (у ВРХ при народженні різностатевих близнюків часто з'являються телички-інтерсекси – т.зв. фримартини), так і факторами навколишнього середовища.

Наприклад, в середньоевропейських популяціях трав'яної жаби всі молоді тварини фенотипово самиці й лише на другому році життя біля половини з них перетворюються у самців; при підвищенні чисельності особин в популяціях зайця-біляка більшість новонароджених мають чоловічу стать.

Третинне співвідношення статей – це чисельність самців та самиць серед статевозрілих особин, які приймають участь у розмноженні. Третинне співвідношення статей також в значної ступені залежить від умов середовища. В цілому, у видів, для яких характерна наявність батьківської турботи за нащадками у популяції переважає та стать, яка має більше значення для догляду за нащадками; наприклад, в популяціях

соціальних комах (бджіл, мурах, ос тощо) переважає жіноча стать. Крім того, у видів, для яких не відмічено батьківської турботи за нащадками спостерігається тенденція до зниження загальної біомаси самців (крайній випадок – наявність паразитичних самців, які у тисячі разів менше, ніж самиці).

На третинне співвідношення статей суттєво впливає система схрещування. Розглядають 4 типи систем схрещування:

- *поліандрія*: одна самиця парується з декількома самцями (зустрічається у деяких птахів, пацюків)
- *полігінія*: один самець парується із декількома самицями (гареми у ратичних, левів, морських ластоногих тощо);
- *проміскуїтет* (панміксія): випадковий вибір статевого партнера;
- *моногамія*: формування більш-менш постійних шлюбних пар.

У 1954 р. ЛаМонт Коул показав, що існують дві стратегії розмноження, які він назвав *репродуктивними стратегіями*:

- *ітеропарія*: особина розмножується декілька разів протягом життя, розподілів енергію як на підтримання власної життєздатності, так й на формування статевих продуктів;
- *семелопарія*: особина розмножується лише один раз й вся енергія витрачається на утримання статевих продуктів (наприклад, лосось).

2. Вікова структура популяції – це співвідношення чисельності особин різних вікових груп.

В залежності від кратності розмноження протягом життя розглядають:

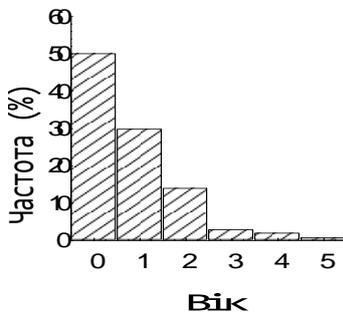
- *моноциклічні популяції*, особини яких розмножуються лише один раз в житті (однорічні рослини та тварини, лососеві риби тощо); для них вікова структура поста й популяція завжди складається із особин одного віку;
- *поліциклічні популяції*, особини яких розмножуються багатократно (багаторічні рослини, більшість тварин); їх популяції складено із особин різного віку, які народжені у різні роки.

Складність та стійкість вікової структури популяції залежить від багатьох факторів. Найчастіше має місце дві крайні ситуації:

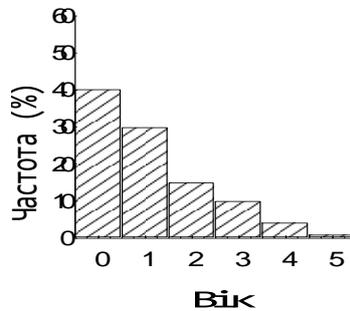
1. Тривалість життя у дорослому стані невелика, особини розмножуються декілька разів протягом року (наприклад, мишоподібні гризуни); популяції цих тварин мають складну та динамічну вікову структуру.
2. Тривалість життя у дорослому стані велика, особини розмножуються один раз протягом року (наприклад, індійський слон, людиноподібні мавпи тощо); в популяціях таких тварин формується т.зв. *стійка вікова структура*.

Ф.Боденхеймер (1938) виділів три основних типа вікового розподілу:

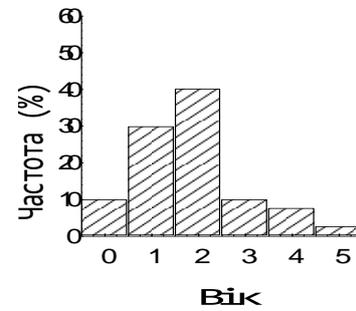
- *зростаюча популяція*: переважають особини молодших вікових груп;
- *стаціонарна популяція*: більш-менш рівномірний віковий розподіл;
- *популяція, що скорочується*: переважають особини старших вікових груп.



зростаюча популяція



стаціонарна популяція



популяція, що скорочується

З екологічної точки зору в популяції можна виділити три важливі вікові групи:

- *передрепродуктивну*: особини, які ще не розмножуються;
- *репродуктивну*: особини, які розмножуються;
- *пострепродуктивну*: особини, які вже не розмножуються.

Тривалість цих віків по відношенню до загальної тривалості життя значно коливається у різних організмів.

Наприклад, у сучасної людини ці вікові відрізки майже близькі по тривалості, тоді як у людини кам'яного віку пострепродуктивний вік був значно коротше. Для деяких рослин та тварин характерний дуже тривалий передрепродуктивний вік (наприклад, 17 років у цикади); у інших, навпроти, дуже короткий репродуктивний вік (у поденок – 1-2 дня).

Т.ч., віковий розподіл тісно пов'язаний з одного боку із швидкістю поповнення популяції новими її членами (тобто, *народжуваністю*), а іншого – з процесом селективної загибелі особин різного віку (тобто, *смертністю*).

3. Народжуваність (*b*) – це властивість популяції до підвищення чисельності. Розглядають два типи народжуваності:

- *максимальну народжуваність* (абсолютну чи фізіологічну) – це теоретичний максимум швидкості утворення нових особин в ідеальних умовах; наприклад, одна самиця кімнатної мухи відкладає біля 120 яєць, із половини яких вилуплюються самиці, т.ч. протягом року один самець та одна самиця теоретично можуть дати $5,6 \cdot 10^{12}$ особин);
- *екологічна народжуваність* – це швидкість підвищення чисельності популяції в реальних умовах існування.

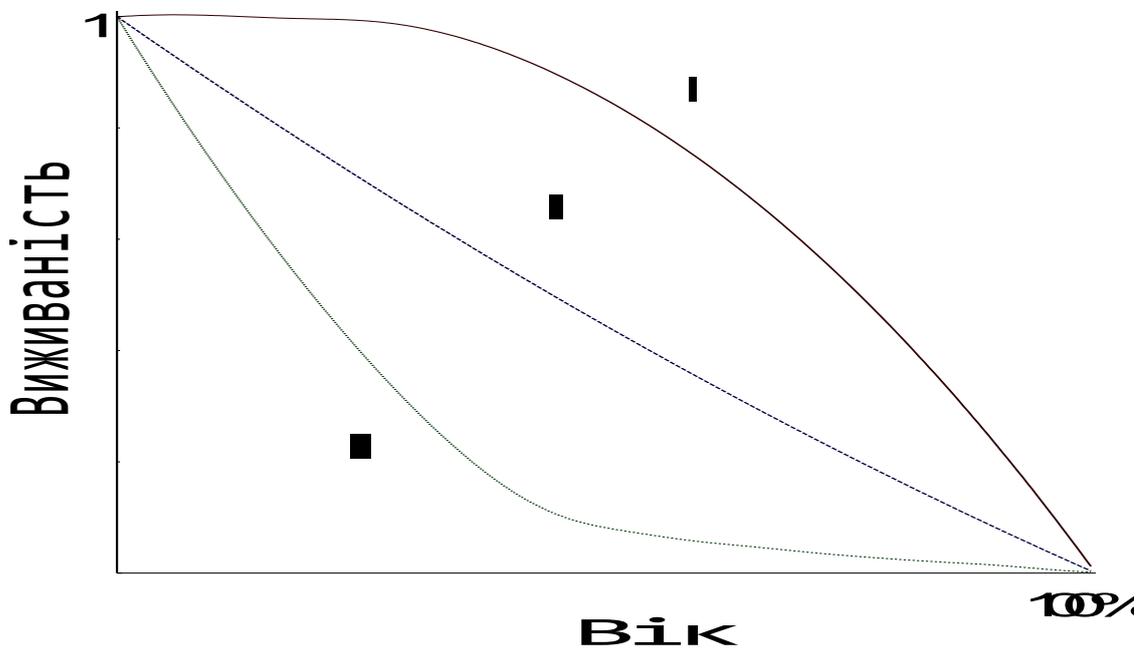
Народжуваність буває:

- *абсолютна*: $b_{abs} = \frac{\Delta N}{\Delta t}$; наприклад, якщо на початок року було 10 особин, а на кінець року – 50 особин, то абсолютна народжуваність складає 40 особин на рік;
- *зважена*: $b_w = \frac{1}{N} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta t}$; наприклад, якщо на початок року було 10 особин, а на кінець року – 50 особин, то зважена народжуваність складає 4 особини на рік на кожну батьківську особину.

Смертність (d) відображує швидкість загибелі особин у популяції. Розглядають два типи смертності:

- *екологічну смертність* – швидкість загибелі особин в конкретних умовах середовища; ця величина дуже динамічна й залежить як від умов середовища, так і від стану самої популяції;
- *мінімальну смертність* – це швидкість загибелі особин в ідеальних умовах, наприклад, від старості; ця величина завжди менше, ніж екологічна смертність й постійна для популяції.

Величина, яка протилежна смертності має назву **виживаності** ($l = 1 - d$). Показники смертності значно коливаються у особин різного віку. Графічною формою цієї закономірності є *криві виживаності*:



Крива виживаності I типу: більшість членів популяції доживають до максимального віку, а потім помирають майже в одному віці (наприклад, людина в розвинутих країнах);

Крива виживаності II типу: в популяції в одиницю часу вмирає приблизно рівна кількість особин (наприклад, гідра);

Крива виживаності III типу: смертність велика на ранніх стадіях онтогенезу, а після досягнення визначеного віку уповільнюється (наприклад, дуб, устриця).

Питання для самоперевірки:

1. Які вам відомі типи розмноження та які переваги вони мають?
2. Що таке статева структура популяції та які її типи?
3. Які типи схрещування у тварин вам відомі?
4. Що таке репродуктивна стратегія? Які вам відомі типи репродуктивної стратегії?
5. Що таке вікова структура популяція та чим вона визначається?
6. Які з екологічної точки зору можна виділити вікові групи в популяції?
7. Що таке народжуваність та які типи народжуваності вам відомі?
8. Що таке смертність? Які є типи смертності?
9. Що таке виживаність? Які типи кривих виживаності вам відомі?

Лекція № 6

Тема: Динаміка популяцій

П и т а н н я:

1. Типи росту чисельності популяції
2. Теорія життєвих циклів

1. Швидкість росту чисельності популяції – це кількість організмів, на яку вона збільшується за певний відрізок часу.

Ріст популяції характеризується головним чином двома протилежними явищами – *народжуваністю* та *смертністю*. Крім того, для відкритих популяцій важливе значення мають також *імміграція* та *еміграція*.

Численними експериментальними та польовими дослідженнями росту чисельності популяції особин у популяції було показано, що в динаміці популяції можна виділити три фази:

а) *фаза росту популяції* – характеризується приростом загальної чисельності популяції в певних часових межах;

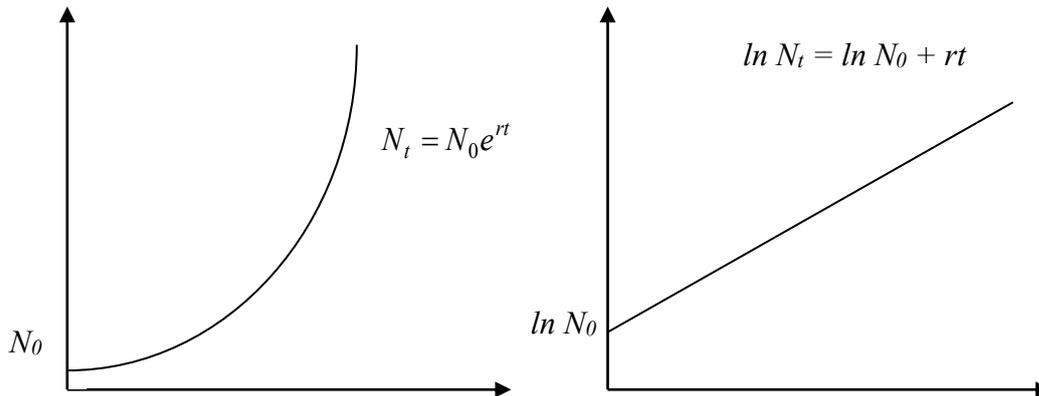
б) *фаза спаду популяції* характеризується зниженням чисельності особин в досліджуваних часових межах;

в) *фаза рівноваги популяції* обіймає часові межі, коли середня чисельність популяції залишається на одному рівні.

Визначають два основних типи росту чисельності популяції:

- *експоненціальний*, або показниковий – в ідеальних умовах безмежної кількості ресурсів;
- *логістичний* – умовах гострої внутрішньовидової конкуренції та обмеженості ресурсів.

Експоненціальний тип росту чисельності характеризується інтенсивним її зростанням у формі геометричної прогресії та виражається формулою: $N_t = N_0 e^{rt}$.



Загальна формула динаміки чисельності: $N_{t+1} = N_t + B - D$, де B – кількість народжених особин, а D – кількість особин, що загинули за проміжок часу. В свою чергу кількість народжених тварин залежить від показника народжуваності та чисельності батьківської генерації: $B = b \cdot N_t$. Аналогічно, кількість особин, що загинули за певний відрізок часу залежить від рівня смертності та чисельності батьківських особин: $D = d \cdot N_t$. Таким чином, $N_{t+1} = N_t + b \cdot N_t - d \cdot N_t$. Звідки отримуємо:

$$\frac{N_{t+1} - N_t}{N_t} = b - d = r.$$

Що дає формулу для розрахунку *зваженої швидкості росту чисельності*: $\frac{1}{N} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta t} = r$

Використовуючи інтегрування останньої формули отримуємо формулу для експоненціального росту: $N_t = N_0 e^{rt}$.

Таким чином, показник r – це різниця між зваженою народжуваністю та зваженою смертністю. Цей показник можна розглядати, як *коефіцієнт миттєвого росту чисельності популяції*. Він ще має назву *мальтузіанського параметру* й визначає на яку кількість особин збільшується популяція за одиницю часу в розрахунку на одну особину вихідної популяції.

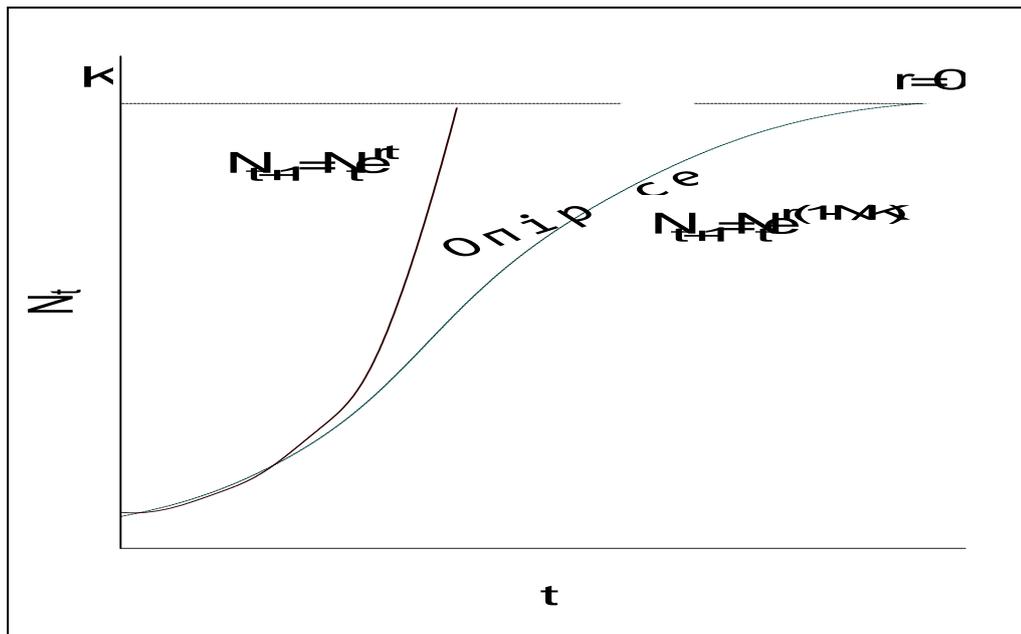
Максимально можливе для популяції (та виду в цілому) значення r_{max} Чапмен (1928) назвав *біотичним потенціалом* : “уроджена властивість організму до розмноження й виживання, тобто до підвищення чисельності. Це свого роду алгебраїчна сума кількості молодих особин, що утворюються зо кожний цикл розмноження, кількості циклів розмноження за певний відрізок часу, співвідношення статей та загальної здатності організму виживати при даних фізичних умовах”.

Бьорч (1940) вказував, що параметр r_{max} характеризує внутрішньо притаманну тваринам здатність до збільшення чисельності при відсутності лімітуючих факторів середовища.

Такий тип росту чисельності характерний для ситуацій, коли популяція знаходиться в ідеальних умовах – поки популяція “молода”, достатньої місця та їжі, відсутні конкуренти та хижаки.

Наприклад, такий тип росту чисельності популяцій був відмічений для кролів, після того, як їх було завезено до Австралії. “Цвітіння” планктону, спалахи чисельності сарани, ріст бактерій чи дрожей на свіжому середовищі – все це приклади експоненціального росту чисельності популяції.

Експоненціальний ріст може відбуватися лише протягом досить короткого періоду часу внаслідок обмеженості ресурсів. Далі настає нестача їжі, а також вільного простору. По мірі зростання популяції її чисельність наближається до деякої верхньої межі, коли кількість загинув тварин дорівнює кількості народжених. В цьому випадку мальтузіанський параметр дорівнюватиме нулю. Ріст чисельності популяції в такому випадку має вигляд:



Такий тип росту чисельності має назву **логістичного**. Зростання чисельності популяції в цьому випадку відбувається за формулою:

$$N_{t+1} = N_t e^{r(1-N_t/K)}$$

В лімітованих умовах існування популяції формула для росту її чисельності можна зобразити наступним чином:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = r \cdot N - Z \cdot N^2,$$

де компонента ZN^2 відображує залежне від вихідної чисельності популяції зниження зростання її чисельності. В умовах низької чисельності (або щільності) ця складова не має суттєвого значення й ріст популяції відбувається практично за експоненціальним типом. Але в умовах високої чисельності ця складова буде вже значно гальмувати підвищення чисельності, особливо при приближенні чисельності до деякого значення K .

Далі, припустимо, що $Z = r/K$, тоді

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = r \cdot N - \frac{rN^2}{K} = r \cdot N \left(1 - \frac{N}{K}\right).$$

Знову використав інтегрування переходимо до вигляду:

$$N_{t+1} = N_t e^{r(1-N_t/K)}$$

Це рівняння має назву *логістичного*, або рівняння *Ферхюльста-Перла*, від прізвища двох вчених, які вивели це рівняння вперше.

Дана модель містить три компоненти:

- а) константу швидкості росту (r);
- б) величину популяції (N_t);
- в) частку лімітуючих факторів, що не використовуються популяцією ($1-N_t/K$).

Показник K , який входить до логістичного рівняння має назву *ємності середовища*, тобто це - *максимальна кількість особин, здатних жити в даному середовищі*. Ємність середовища – дуже лабільний популяційний показник, на який впливають як абіотичні, так й біотичні фактори. Сполучення різних значень ємності середовища та показника швидкості росту обумовлюють самі різноманітні типи флуктуації (коливання) чисельності популяції.

2. Розглядають два основних типи коливань чисельності:

- 1) *Сезонні коливання чисельності*, що регулюються зміною умов існування (наприклад, сезонні коливання динаміки чисельності

комарів та багатьох однорічних бур'янів, літнє “цвітіння” синьо-зелених водоростей, тощо);

2) *Річні коливання чисельності:*

а) флуктуації, що контролюються річними відмінностями факторів зовнішнього середовища (наприклад, температурою, кількістю опадів, пожарами, посухами, тощо);

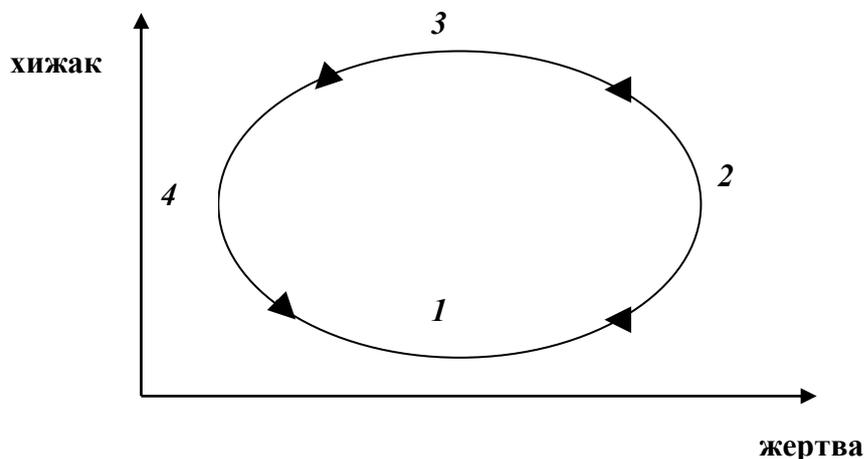
б) флуктуації, що пов'язані насамперед із біотичними факторами (наприклад, наявністю їжі, спалахами епізоотій чи епіфітотій, динамікою чисельності хижаків чи жертв, тощо); інколи вони утворюють регулярні коливання – правильні чергування періодів підйому та спаду чисельності (так звані “цикли”). Наприклад, відомі чисельні приклади 3-4-річних циклічних коливань динаміки чисельності дрібних ссавців (мишей, нориць, лемінгів), 10-11-річні коливання чисельності зайців та рисі у Канаді, тощо.

Існує декілька основних теорій, що пояснюють таких циклічних коливань:

а) метеорологічна теорія: використовує для пояснення циклічності динаміки чисельності наявність циклів в зміні кліматичних факторів, наприклад 11-річний цикл сонячної активності (теорія Чижевського);

б) теорія стресу: в 1964 р. Крістіан та Девіс показали, що у вищих хребетних тварин в умовах надзвичайної щільності відбувається збільшення наднирників. Це один із важливих симптомів здвину нейроендокринної рівноваги, який впливає на поведінку тварин, їх репродуктивний потенціал, вразливість до захворювань. Такі зміни можуть привести до різкого зниження чисельності популяції.

в) теорія коливань типу “хижак-жертва”: в простих екологічних системах чисельності хижака та жертви притаманні регулярні коливання. При низькій щільності хижака чисельність жертви збільшується (1), що приводить до підвищення чисельності хижака (2), але з деякою затримкою. Далі чисельність жертви зменшується (3); через деякий час знижується й щільність хижака (4).



г) теорія генетичного контролю (гіпотеза Читті): генетична структура популяції змінюється у періоди високого та низького рівня чисельності; при цьому формування найбільш пристосованого генотипу завжди запізнюється, тому в популяції ніколи не формується стійка рівновага й відбуваються циклічні коливання її чисельності.

В узагальненому вигляді, як ми знаємо, чисельність популяції залежить насамперед від двох її характеристик – народжуваності та смертності. В свою чергу ці популяційні показники також досить жорстко пов'язані із факторами зовнішнього середовища.

Розглядають два типи факторів, що впливають на народжуваність та смертність особин:

1) фактори середовища, дію яких відчуває однакова частка популяції, незалежно від її щільності (або чисельності) мають назву *факторів, які не залежать від щільності*. До цього типу факторів відносяться більшість кліматичних факторів, наприклад, землетрус, повінь, посуха, різкі коливання температури, тощо.

2) фактори середовища, на дію яких впливає вихідна щільність популяції має назву *факторів, які залежать від щільності*.

Таким чином на популяцію діють більшість біотичних факторів – конкуренція, хижацтво, епізоотії, тощо. Ці фактори розглядаються як важливіший механізм підтримки оптимальної щільності популяції

Періодичні порушення середовища часто приводять до катастрофічного зниження чисельності популяції до досить низького рівня. З іншого боку, популяції однорічних рослин та тварин різко підвищують свою чисельність весною та влітку, а восени їх чисельність різко знижується. Оскільки популяції, які визнають подібні випадкові коливання, формують в процесі свого росту регулярні або випадкові спалахи, їх називають *опортуністичними*.

В протилежність ним, інші популяції (наприклад, популяції багатьох хребетних тварин), навпроти, звичайно знаходяться у стані, близькому до стану рівноваги із ресурсами свого середовища, а їх показники чисельності більш стабільні; такі популяції називаються *рівноважними*.

Мак-Артур та Уїлсон (1967) дали перелік важливих особливостей життєвого циклу для організмів, що мають опортуністичний тип динаміки чисельності (*r*-види) та рівноважний (*K*-види). Ця назва обумовлена тим, що для опортуністичних видів характер динаміки чисельності насамперед визначається значенням мальтузіанського параметру, а для рівноважних – значенням ємності середовища.

Показники	<i>r</i> -види	<i>K</i> -види
Смертність	звичайно катастрофічна, не спрямована; не залежить від щільності	більш спрямована; залежить від щільності
Крива виживаності	3-го типу	1 та 2-го типу
Тривалість життя	Коротка; звичайно менше 1 року	Довга; набагато більше 1

		року
Внутрішньо- та міжвидова конкуренція	мінлива, частіше слабка	звичайно дуже гостра
Розмір популяції	мінливий у часі, невірноважений	відносно постійний у часі; врівноважений; близький до ємності середовища
Відбір сприяє:	<ul style="list-style-type: none"> - швидкому розвитку; - високій швидкості підвищення чисельності; - ранньої статевої стиглості; - невеликим розмірам тіла; - моноциклічному розмноженню; - великій кількості дрібних нащадків (семелорарії). 	<ul style="list-style-type: none"> - більш повільному розвитку; - низькій швидкості підвищення чисельності; - більш пізньої статевої стиглості; - більш крупним розмірам тіла; - поліциклічному розмноженню; - невеликій кількості великих нащадків (ітеропарії).

Питання для самоперевірки:

1. Що таке швидкість росту популяції та чим вона визначається?
2. Які вам відомі типи росту чисельності популяції?
3. Що таке біотичний потенціал?
4. Що таке ємність середовища?
5. Які вам відомі типи флуктуації чисельності?
6. Які фактори можуть обумовлювати циклічні коливання чисельності?
7. Які типи популяцій за характером динаміки чисельності вам відомі?
8. Які характерні властивості притаманні r-видам?
9. Які характерні властивості притаманні K-видам?

Лекція № 7

Тема: Біоценоз та біогеоценоз

П и т а н н я:

1. Критерії та особливості біоценозу
2. Просторова структура біоценозу
3. Видове розмаїття біоценозу

1. Біоценоз – це сукупність всіх популяцій біологічних видів, які приймають істотну (постійну чи періодичну) участь у функціонуванні

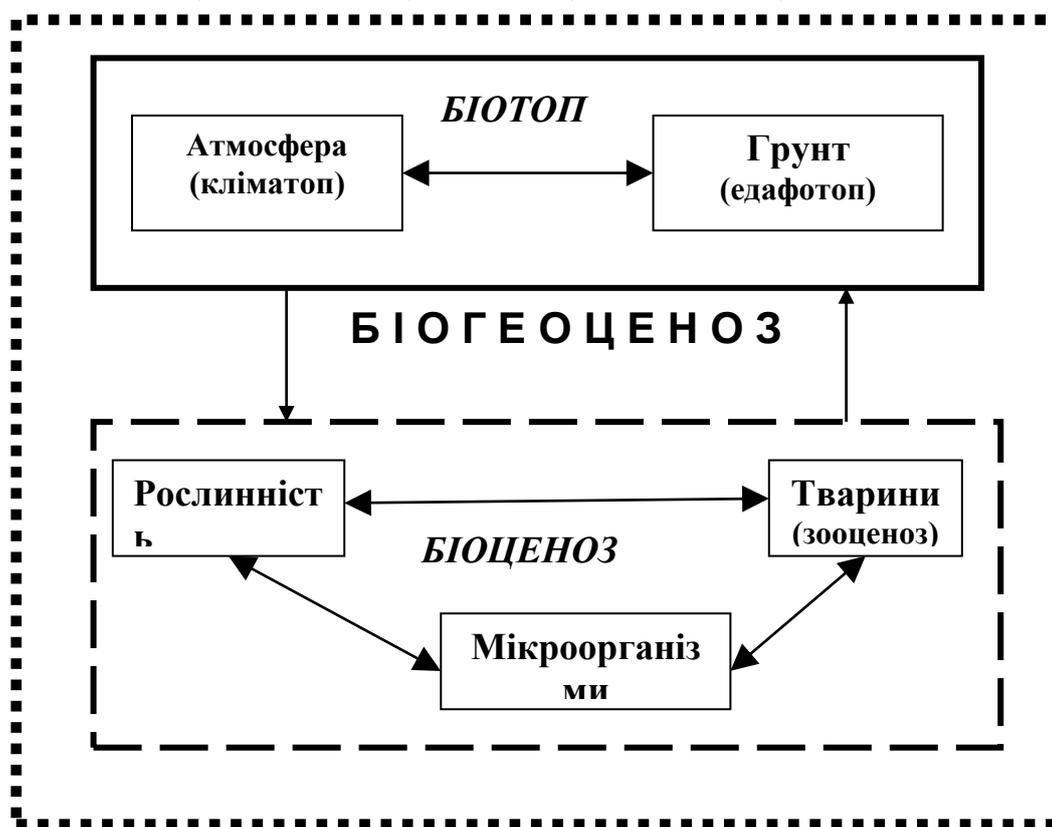
даної екосистеми. Т.ч., в біоценоз включаються також такі види, які проводять в ньому лише частину свого життєвого циклу.

Наприклад, личинки комара мешкають у прісних водоймах, тоді як дорослі особини – у повітряному середовищі.

Термін “біоценоз” введено німецьким біологом К.Мьобіусом (1877), який вивчав комплекси донних тварин т.зв. “устричних банок” узбережжя Північного моря.

Будь-який біоценоз розвивається на неорганічному субстраті (*біотопі*), який характеризується визначеним сполученням абіотичних факторів: температурою, вологістю, рН, фізико-хімічними властивостями ґрунту. Між біоценозом та біотопом існує тісний взаємозв’язок, який базується на постійному обміні речовини та енергії.

Всі компоненти біоценозу тісно пов’язані між собою. Таким чином, сукупність біотопу та біоценозу має назву *біогеоценозу*.



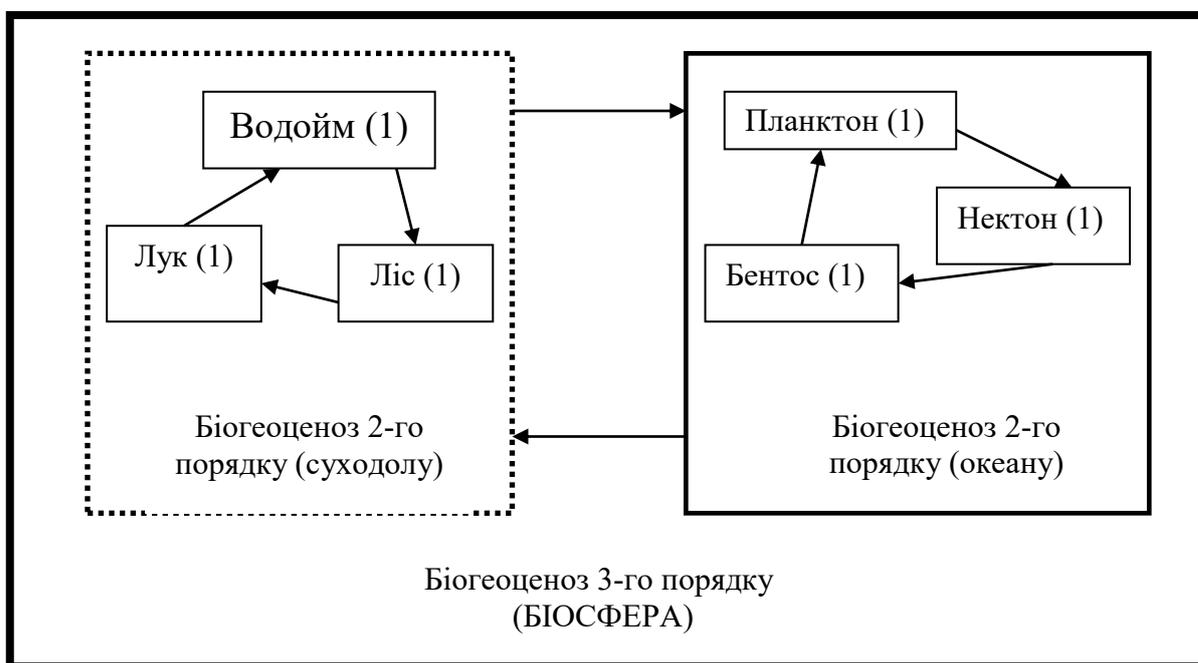
Біогеоценоз (за В.М. Сукачовим, 1972) – це “ділянка земної поверхні, де на визначеному протязі біоценоз та відповідні йому частини атмосфери, літосфери, гідросфери та педосфери залишаються однорідними та мають однорідний характер взаємодій між ними й тому в сукупності формують єдиний, взаємообумовлений комплекс”.

Т.ч., біогеоценоз – відносно автономне природне угруповання організмів разом із тим фізико-географічним оточенням, в якому вони мешкають.

Критерії виділенні елементарного біогеоценозу:

- в межах біогеоценозу не повинно проходити жодної природної межі (ані геологічної, ані гідрологічної, ані зоогеографічної, ані геоботанічної, тощо);
- межею біогеоценозу вважається замкнута лінія, через яку середній потік будь-якої речовини чи енергії значно менший, ніж потік цієї ж речовини в межах біогеоценозу.

Можна розглядати послідовний синтез біогеоценозів більш високого рівня, оскільки деякі речовини циркулюють лише в межах елементарного біогеоценозу, тоді як інші перетинають межі елементарних біогеоценозів й циркулюють в біогеоценозах більш високого порядку. Біогеоценозом найвищого порядку є біосфера.



Критерії біоценозу:

1. Біоценоз має свою територію й межі; простір, в якому існує біоценоз характеризується однорідністю й особливостями умов біотопу (наприклад, біоценозом може бути озеро, ліс, лук, тощо).

2. Біоценоз має характерний видовий склад; має місце дві групи видів: *домінантні види* (які утворюють зовнішній вигляд біоценозу, наприклад, ліс може бути сосновий, буковий, дубовий, березовий тощо) й *субдомінантні види*.

3. Біоценоз характеризується визначеною стабільністю у часі.

Польський вчений еколог П.Троян виділів **п'ять основних характерних особливостей біоценозу:**

1. *Існує єдність біотопу та біоценозу:* біотоп впливає на біоценоз, який, в свою чергу, впливає на стан біотопу);

2. *Біоценоз має визначену організацію*: види, які входять до складу біоценозу, пов'язані між собою, насамперед, трофічними або конкурентними взаємовідношеннями, внаслідок чого формується специфічна організація біоценозу.
3. *Біоценоз – автономна структура*: кожен біоценоз територіально та функціонально відокремлений від інших біоценозів.
4. *Біоценоз знаходиться у стані екологічної рівноваги*: протягом еволюції біоценоз адаптується до умов зовнішнього середовища й вивести його із стану рівноваги можуть або зовнішні фактори (пожар, посуха, шкідники, антропогенні фактори), або внутрішні фактори (зниження народжуваності видів-домінантів або підвищення їх смертності).
5. *Має місце поступова тривала зміна структури біоценозу(сукцесія)*: біоценоз розвивається поступово – через низку послідовних стадій зміни видової структури та взаємовідношень між видами, внаслідок чого відбувається максималізація пристосованості біологічного комплексу до умов існування.

2. Просторова структура біоценозу. Просторова неоднорідність біоценозу обумовлена мозаїчністю місць зростання. Розглядають два аспекти просторової структури біоценозу:

- вертикальну структуру біоценозу;
- горизонтальну структуру біоценозу.

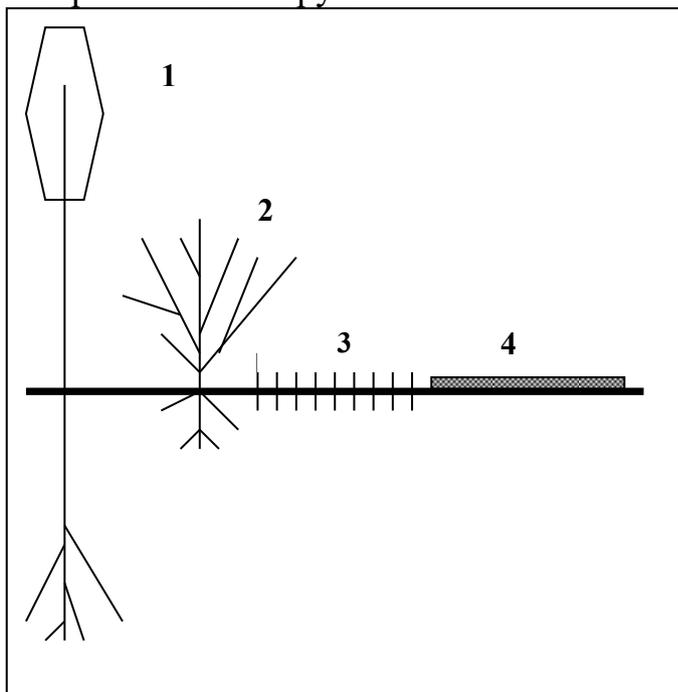
Вертикальна структура біоценозу

Особливу ярусну структуру водних та наземних біоценозів формують насамперед різні умови освітлюваності, які зумовлюють одночасно і ефективність утворення первинної продукції біоценозу. Основним фактором, який формує градієнт вертикального розчленування середовища, є кількість фотосинтетичної енергії, що надходить у різні яруси біоценозу. (В морях та океанах фотосинтетичний шар досягає 400 м глибини.) В свою чергу ярусність рослинного середовища утворює ефективні умови для функціонування відповідних ярусів зооценозу.

Т.ч., *ярусність* – це розчленування фітоценозів на структурні або функціональні горизонти (шари, яруси), які мають різний ступінь зімкнення і відіграють неоднакову роль в асиміляції та акумуляції речовин та енергії.

Ярусом називають частину шару рослинного угруповання, в якій розміщені асимілюючі органи росли (листя, стебла або ділянки коріння), а також запасуючі підземні органи рослин (коріння, кореневища, цибулини, бульби).

У вертикальній структурі типових лісових біоценозів виділяють чотири основних яруси:



- 1 – *Ярус крон* (однорідний у однорідних та однорідних лісових насадженнях); у тропічних лісах шар крон займає до 80 % усієї вертикальної структури.
- 2 – *Чагарниковий, або підлісковий, ярус* охоплює як чагарники, так і дерева, які в даних умовах розвиваються у вигляді чагарнику.
- 3 – *Трав'янистий ярус* включає однорічні й багаторічні трави, а також чагарники.
- 4 – *Приземний ярус* складається із мохів і лишайників.

Рослини різних ярусів живуть в неоднакових фітокліматичних і ґрунтових умовах, тому вони розрізняються не лише за висотою, але й за екологією та біологією, вимогами до світла, вологи, температурного режиму, тощо. У межах одного ярусу створюються подібні умови, а тому рослини, які тут ростуть, частіше набувають однакових ознак.

Просторове розміщення рослин за ярусами спостерігається й в підземній частині фітоценозу. Це дає змогу на одній й тій самій території розмістити велику кількість рослин й знизити конкуренцію.

Тваринний світ (*зооценоз*) також розподіляється на дві частини, відповідно ярусу, в якому вони мешкають:

- *зооєдафон* – види, які живуть у ґрунті (дошові черв'яки, кроти, безхребетні тощо);
- *наземні тварини* (птахи).

Однак ряд видів існують у обох шарах одночасно (гризуни, лисиці, борсуки тощо).

Горизонтальна структура біоценозу

Горизонтальна структура біоценозу (*мозаїчність*) пов'язана передусім з різноманітністю підстилаючої поверхні ґрунту (вона сухіше чи вологіше, родючіше чи пісніше місцезростання, а також потужний чи малопотужний шар ґрунту).

Мозаїчність біоценозу розвивається вторинне після того, як формується мозаїчність фітоценозу.

Характерною особливістю горизонтальної структури біоценозу є перехідні смуги на межі двох різних біоценозів – т.зв. *екотони* (прибережна зона, узлісся, тощо). Тут зустрічаються види обох сусідніх біоценозів. Крім того, в екотонах часто селяться види, які не зустрічаються ні в одному, ні в іншому біоценозі. Т.ч., для екотону характерно *явище стику* - збільшення чисельності популяцій стосовно тих, які представлені у обох сусідніх біоценозах.

3. В кожен момент часу біоценоз характеризується визначеним *видовим розмаїттям* (тобто, кількістю видів, що входять до його складу) й *кількісним складом* (відображує чисельність або щільність популяцій видів).

Різні біоценози можуть значно розрізнятися як за видовим складом, так й за щільністю видів.

Наприклад, найменш багатими є біоценози арктичних та антарктичних пустель, тундри, пустель, ультра солених водоймищ тощо (вони містять менше 10 видів тварини та рослин); тоді як найбільш багатими є наземні та водні біоценози тропічного поясу (вони складають з 10 тис. видів).

Видове розмаїття найчастіше аналізують, виділяючи окремі групи видів у середині біоценозу – т.зв. *угруповання*.

Наприклад, можна розглядати угруповання квіткових рослин чи легеневих молюсків, угруповання консументів 1-го порядку, угруповання видів у трав'янистого ярусу ліса й т.п.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке біоценоз та які компоненти входять до його складу?
2. Що таке біогеоценоз? Які критерії елементарного біогеоценозу?
3. Яку ієрархію мають біогеоценози Землі?
4. Які критерії біоценозу?
5. Які характерні властивості біоценозу (за П.Трояном)?
6. Що таке вертикальна структура біоценозу? Які вона має яруси?
7. Що таке горизонтальна структура популяції? Чим вона визначається? Що таке екотон?
8. Які показники характеризують видову структуру біоценозу?

Лекція № 8

Тема: Трофічна структура біоценозу

Питання:

1. Типи харчових ланцюгів.
2. Екологічні піраміди.

1. Кожен біоценоз містить сукупність мікроорганізмів, рослин та тварин, яких за способом живлення можна розподілити на три групи:

- *Продуценти* (або *автотрофи*) – більшою частиною організми, що мають хлорофіл (зелені судинні рослини на суходолі та мікроскопічні водорості у океані); продуценти використовують частину сонячної енергії, яку вони акумулюють та перетворюють у біохімічну матерію із CO₂, H₂O та мінеральних солей;
- *Консументи* (або *гетеротрофи*) здатні харчуватися лише складними органічними речовинами.

Розглядають:

- а) *консументів 1-го порядку* – рослиноїдні тварини;
- б) *консументів 2-го порядку* – м'ясоїдні тварини, хижаки;
- в) *консументи 3-го та вище порядків* – вторинні, або супер- хижаки.

Особливий тип консументів 3-го порядку – це паразити тварин, які існують або на тілі господаря (*ектопаразити*), або у його внутрішніх органах (*ендопаразити*);

- *Деструктори* (або *сапротрофи*) – це найпростіші, гриби, лишайники, актиноміцети та інші гетеротрофні організми, які використовують мертву органіку або екскременти тварин та повністю їх мінералізують. Серед сапротрофів виділяються дві групи організмів:

- а) *сапрофіти* – паразитичні квіткові рослини (наприклад, омела, орхідеї тощо) та водорості;
- б) *сапрофаги* : жуки-мертвоїди, шкіроїди, гнійники, личинки мух, дощові черв'яки, деякі ракоподібні, деякі ссавці (тієни) та птахи (гриф, ворон тощо).

Ця трофічна класифікація відноситься до функцій організмів, а не до окремих видів. В різних біоценозах популяція окремого виду може займати один або (найчастіше) декілька трофічних рівнів, в залежності від того, які джерела їжі використовується.

Наприклад, в трофічному ланцюзі:

сонце – зернові культури – людина,

людина займає місце консументу 1-го порядку; а в трофічному ланцюзі:

сонце – фітопланктон – зоопланктон – дрібна риба – велика риба – людина,

людина займає місце консументу 4-го порядку.

Т.ч., для видів біоценозу потік енергії розподіляється між двома або декількома трофічними рівнями у співвідношеннях, відповідних частки рослинної та тваринної їжі у їх дієті.

Якщо лініями поєднати усі організми, які пов'язані трофічними зв'язками, отримане зображення буде мати назву *харчового ланцюгу*, або *харчової павутини*. В харчовому ланцюзі харчування істот, розташованих на визначеному рівні, повністю залежить від організмів, розташованих безпосередньо нижче їх за рівнем.

Зазвичай розглядають три типи харчових ланцюгів.

1. *Харчові ланцюги хижаків* йдуть від продуцентів до травоядних, які поїдаються дрібними м'ясоїдними, останні, в сою чергу поїдаються крупними хижаками.

На суходолі харчові ланцюги хижаків складено 3-5 рівнями.

Наприклад:

трава (Пр) – вівця (К1) – людина (К2);

дуб (Пр) – гусінь (К1) – синиця(К2) – яструб (К3);

трава(Пр) – коник(К1) – просянка(К2) – вуж(К3) – сова (К4).

У океані трофічні ланцюги хижаків завжди більш довгі, ніж у наземних біоценозів

Наприклад,

фітопланктон (Пр) – фітопланктон(К1) - зоопланктон(К2) – дрібна риба (К3) – велика риба(К4) – ластоногі(К5) – косатка (К6).

Але й на суходолі, й в океані для харчових ланцюгів хижаків зберігається закономірність: в міру пересування цим ланцюгом тварини в більшості випадків збільшуються розмірами і зменшуються чисельно.

2. *Харчовий ланцюг паразитів*, навпроти, завжди спрямований від великих організмів до дрібних.

Наприклад,

дуб (Пр) – гусінь(К1) – браконіда (К2) – наїзник (К3);

трава (Пр) – вівця (К1) – блоха (К2) – лептомони (К3).

Приклади харчових ланцюгів паразитів тісно пов'язано із явищем гіперпаразитизму.

Ця ситуація виразно описана в епіграмі Дж.Свіфта:

“Под микроскопом он открыл, что на блохе

Живет блоху кусающая блошка,

На блошке той – блошинка-крошка,

В блошинку вонзает зуб сердито

Блошиночка ... и так ad infinitum”

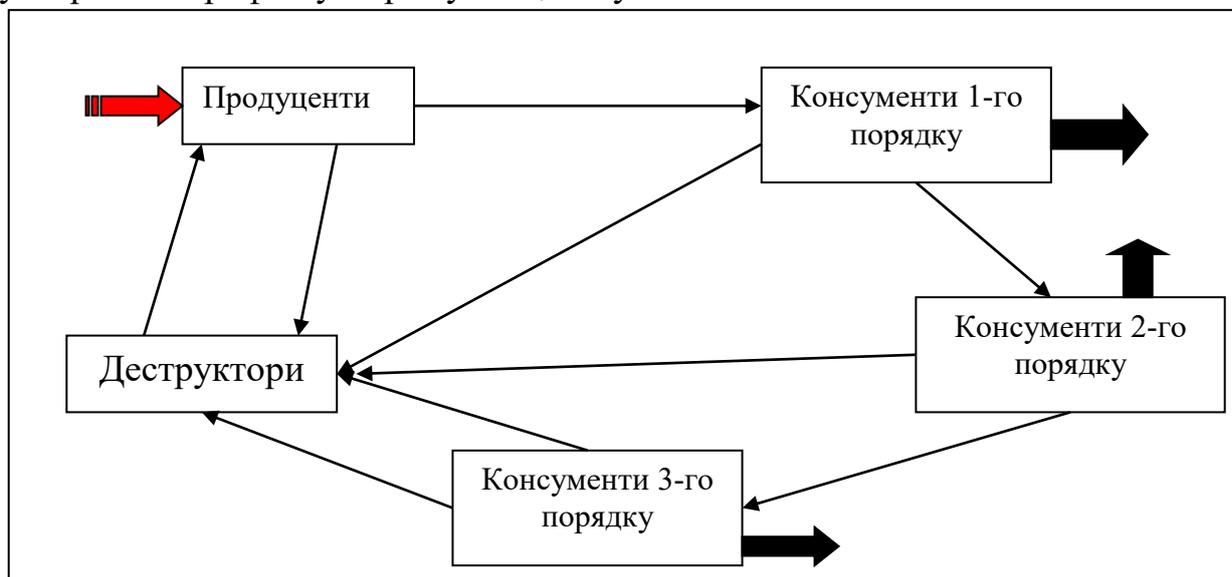
3. *Детритний харчовий ланцюг* завжди починається із мертвої органічної речовини. В детритних харчових ланцюгах у ролі консументів 1-го порядку виступають детритоїдні організми.

Наприклад,

мертві листя рослин (Пр) – гриби, мікроорганізми, найпростіші (Д) – детрітофіги (дошові черв'яки)(К1) – дрібні хижаки (К2) – великі хижаки (К3).

Показано, що лише 5-10 % продукції продуцентів (рослин) використовується рослиноїдними тваринами, решта (90-95%) входить до складу детритних харчових ланцюгів.

В дійсності всі три типи харчових ланцюгів завжди співіснують у біоценозах таким чином, що різні представники біоценозу поєднані трофічними ланцюгами, які перехрещуються, а всі вони загалом утворюють трофічну мережу біоценозу:



2. Внаслідок взаємодії енергетичних явищ у трофічних ланцюгах (втрата енергії при кожному переносі), кожен біоценоз отримує визначену трофічну структуру, яку графічно можна зобразити у виді *екологічних пірамід*.

Розглядають три типи екологічних пірамід:

- *піраміди чисельності*: відображують чисельність організмів різних трофічних рівнів;
- *піраміди біомаси*: характеризують загальну суху масу або калорійність речовини кожного трофічного рівня;
- *піраміди енергії*: відображують величину потоку енергії та продуктивність різних трофічних рівнів.

Екологічні піраміди відображують дві функціональні характеристики будь-якого біоценозу:

- їх висота пропорційна довжині трофічного ланцюга, тобто кількості трофічних рівнів;
- їх форма більш-менш відображує ефективність перетворення енергії при переході з одного трофічного рівня на інший.

Піраміда чисельностей відображує загальне екологічне правило, згідно якому у будь-якому середовищі рослин більше, ніж тварин, рослиноїдних більше, ніж хижаків й т.п.

Наприклад, для типового пасовищного ланцюгу на 1 га лука нараховане:

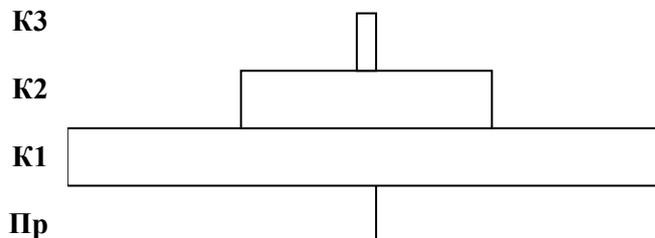


Т.ч., у кожному біоценозі без виключення дрібні тварини більш чисельні, ніж великі, а їх відтворення значно прискорено. З переходом на наступний трофічний рівень розміри організмів підвищуються. Але є й виключення з цього правила.

Наприклад, вовки нападають на більш великого оленя, але нападають зграєю; павуки та змії вбивають крупніших за себе тварин, але використовують отруту.

Піраміда чисельності має один недолік: найчастіше у паразитичних да детритних трофічних ланцюгах вони мають перевернуту (т.зв. “дзигопобідну”) форму.

Наприклад: на одному дубі можуть існувати сотні тисяч комах (К1 та К2) та десятки птахів (К3). В цьому випадку піраміда чисельності буде мат вигляд:

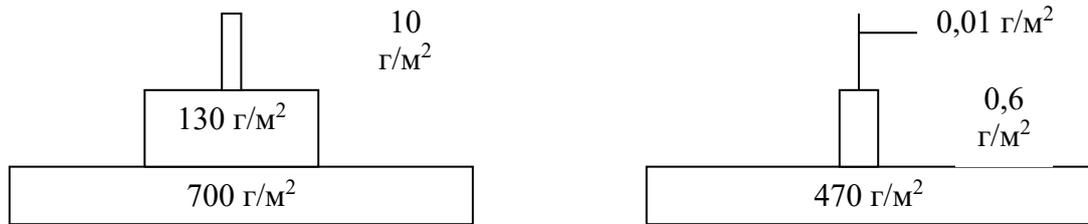


Піраміда біомас більш повно відображує харчові взаємовідношення у біоценозі; при побудові цих пірамід використовуються показники біомаси (у грамах сухої речовини), яка в даний момент часу знаходиться на кожному рівні трофічного ланцюга.

Піраміда біомаси відображує той екологічний принцип, що в будь-якому біоценозі біомаса рослин буде більше, ніж біомаса комах, ратичних та гризунів, які харчуються цими рослинами; маса цих фітофагів буде в свою чергу менше маси хижаків (птахів та ссавців).

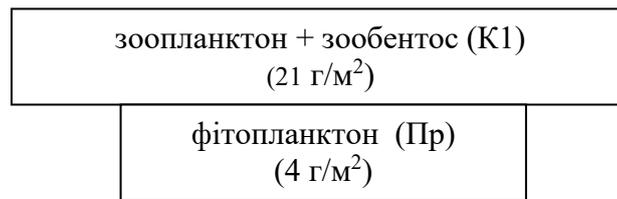
Т.ч., один лев має значну масу, ніж миша, але великі леви зустрічаються так рідко, що їх маса (у розрахунку на 1 м^2) набагато нижче, ніж маленької миші.

Форма пірамід біомаси визначається одним правилом: в більш старому та стабільному біоценозі більше місце займають консументи, тоді як у молодому біоценозі ще не сформувалися всі можливі трофічні ланцюги, тому рослинна продукція ще неповно використовується консументами.



Однак у водних біоценозах частіше формуються перекинуті піраміди біомас.

Наприклад, для вод Ла-Маншу піраміда біомас має вигляд:



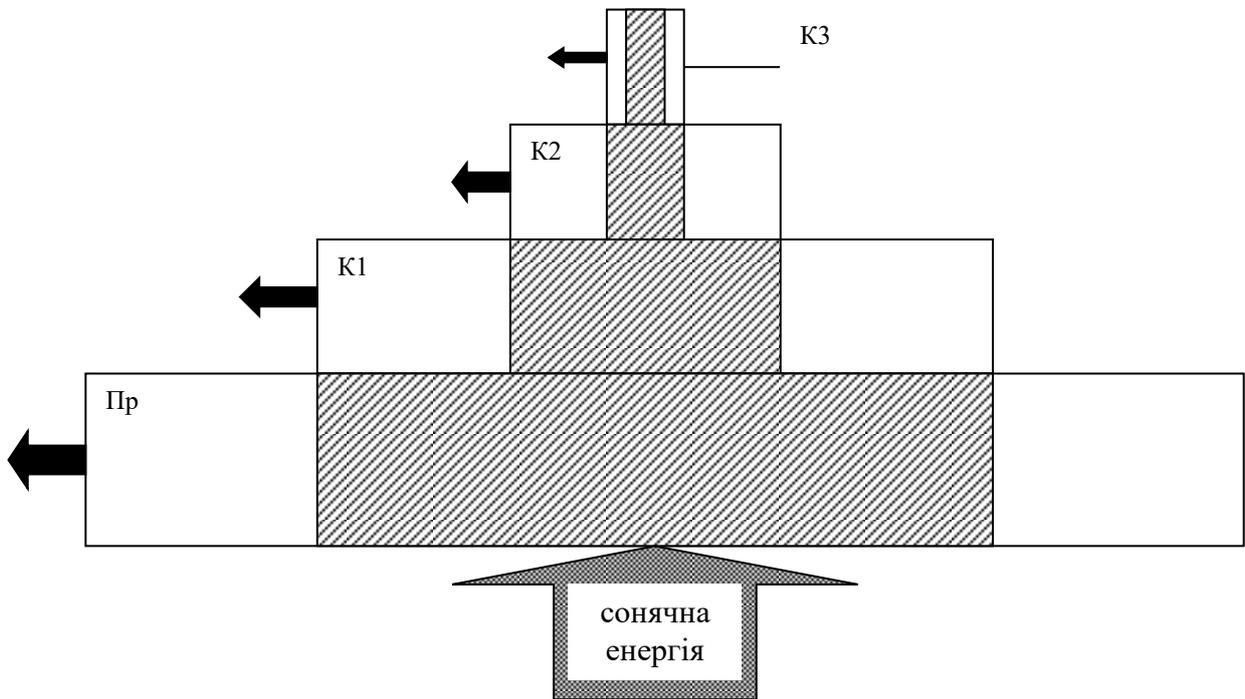
Це, насамперед, обумовлено тим, що фітопланктон дуже дрібний, але швидко оновлюється. Тому він надає своїм споживачам у одиницю часу велику кількість їжі.

Т.ч., приріст біомаси у інфузорії за один час набагато більше, ніж у бугая.

Піраміда енергії відображує ефективність перетворення енергії й продуктивність трофічних ланцюгів.

Лише частина енергії, яка переходить до кожного трофічного рівня перетворюється у біомасу, решта її втрачається для підтримання існування

живих організмів, їх росту, відтворення тощо. Крім того, частина енергії витрачається для м'язової роботи тварин та виводиться з екскрементами.



У “стиглому” (стабільному) біоценозі біомаса не накопичується, а вся чиста продукція попадає у розпорядження інших гетеротрофів. В такому біоценозі вся енергія, яка отримана автотрофами, повністю використовується та розсіюється у деградованій формі у зовнішньому середовищі.

Піраміди енергії (на відміну від двох попередніх видів екологічних пірамід) ніколи не бувають перекинутими. Це обумовлено другим законом термодинаміки.

В 1942 р. Ліндемман сформулював закон перетворення енергії (закон 10 %): з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інші рівні переходить не більше 10 % енергії.

Слідство із правила Ліндеммана: трофічні ланцюги можуть мати обмежену кількість рівнів, не залежно від характеру біоценозу (найчастіше їх кількість складає 4-6). Наприклад, якщо кількість енергії, що попадає на перший трофічний рівень складає 100 %, то на шостий трофічний рівень (К5) надходить лише 0,001 %.

Питання для самоперевірки:

1. Які за типом живлення групи організмів вам відомі?
2. Які організми називаються продуцентами, або автотрофами?
3. Які групи організмів-консументів вам відомі?

4. Які організми називають детритофітами та детритофагами.
5. Які типи харчових ланцюгів вам відомі?
6. Які особливості мають харчові ланцюги хижаків та паразитів?
7. Яке екологічне значення мають детритні харчові ланцюги?
8. Що таке екологічна піраміда? Які типи екологічних пірамід вам відомі?
9. В якому випадку формуються перевернуті піраміди чисельності та біомаси?
10. На якому фізичному законі базується існування піраміди енергії?
11. Як звучить закон Ліндемана?
12. Яке слідство має закон Ліндемана?

Лекція № 9

Тема: Хронологічна структура біоценозу

П и т а н н я:

1. Сукцесія. Типи сукцесій.
2. Концепція клімаксу.
3. Типи взаємодій популяцій у біоценозі.

1. Будь-який вид буде присутній в біоценозі якщо:

- він здатний досягти цього місця зростання;
- умови та ресурси цього місця зростання його влаштовують;
- він здатен витримувати конкуренцію з боку інших видів.

Тому, відповідна часова послідовність появи та зникнення видів потребує, щоб й самі умови та ресурси змінювалися у часі.

Розглядають три типи зміни відносної чисельності будь-яких організмів:

- сезонні;
- річні;
- сукцесійні.

Сукцесія – процес несезонної, неспрямованої та безперервної послідовності появи та зникнення популяцій різних видів у визначеному біотопі.

Вперше ідея сукцесії була висунута американським екологом Фредеріком Клементсом у його монографії “Рослинна сукцесія” (1916). Ф. Клементс вважав, що угруповання (й весь біоценоз в цілому) у своєму розвитку повторює послідовні стадії розвитку організму й всі біоценози в одній кліматичній області розвиваються у напрямку одного й того ж стаціонарного стану (клімаксу).

У відсутності зовнішніх дестабілізуючих процесів сукцесія являє собою спрямований й передбачений процес. Вона відбувається в результаті

зміни біоценозом фізичного середовища й взаємодій типу “конкуренція” та “співіснування” на популяційному рівні.

В залежності від характеру причин, які породжують сукцесію, розглядають два типи сукцесійних змін біоценозу:

- *аллогенну сукцесію;*
- *автогенну сукцесію.*

Алогенна сукцесія обумовлюється зміною фізичного середовища біоценозу.

Наприклад, евтрофікація ставка (надходження збиткової кількості біогенних елементів та ґрунту з водозбору) приводить до його перетворення у болото, яке далі перетворюється у наземний біоценоз – лук й далі у ліс. Але, припинення прискореної евтрофікація може привести до уповільнення даного процесу, або навіть повернення аллогенної сукцесії до початкових етапів (болото може знову перетворитися у ставок).

Автогенна сукцесія є результатом дії біологічних процесів, які змінюють умови існування та ресурси біоценозу. Т.ч. автогенна сукцесія відбувається на початкових етапах заселення організмами незаселеної території.

Розглядають два типи автогенної сукцесії:

- *первинна автогенна сукцесія* має місце у випадку, якщо нова територія раніше не була заселена будь-яким біоценозом (наприклад, піщані дюни, схили вулканів після виверження тощо);
- *вторинна автогенна сукцесія* має місце у випадку, якщо попередній біоценоз було зруйновано, але у ґрунті залишилися насіння та спори попередніх видів (наприклад, лісова вирубка, кинуте поле агроценозу, тощо).

Внаслідок автогенної сукцесії у біоценозі відбуваються наступні процеси:

1. Енергетика біоценозу: Біомаса та первинна продукція біоценозу підвищуються; співвідношення Р/В зменшується (й прагне до 1).
2. Колообіги біогенних елементів: стають більш замкнутими.
3. Видова структура біоценозу: змінюється, збільшується видове багатство, r-види поступово змінюються K-видами.
4. Сталість біоценозу підвищується.

Коннел та Слейтер (1977) висунули дві теорії щодо причин протікання автогенної сукцесії:

а) “Модель полегшення” у відповідності з якої види ранніх сукцесійних стадій змінюють умови існування й т.ч. підготовляють ґрунт для наступних мешканців (наприклад, первинна сукцесія при відступі льодовика);

б) “Модель інгібітування” згідно з якої ранньосукцесійні види протистоять вторгненням й зберігаються доки вони не витісняються внаслідок конкуренції чи інших зовнішніх впливів.

2. Концепція клімаксу належить Ф. Клементсу (1916), який стверджував, що у будь-якій кліматичній зоні існує лише єдиний істинний *клімакс* – *кінцевий стабільний стан рослинного угруповання, яке знаходиться у зрівноваженому із зовнішнім середовищем стані*.

Теоретично клімаксне угруповання підтримує само себе необмежено довго, усі його внутрішні компоненти зрівноважують одне одного, й воно знаходиться у рівновазі із фізичним середовищем. До виникнення клімаксу ведуть усі сукцесії незалежно від того, почався він із піщаної дюни, перелогу чи навіть заростаючого ставка, що поступово переходить у суходільне угруповання.

Поява клімаксних біоценозів пояснюється передусім зміною пануючих популяцій на основі конкурентної взаємодії, що приводить до поступового формування стійкіших угруповань, які відповідають існуючим абіотичним умовам середовища, які склалися за історичний період. Така послідовність угруповань, які змінюють одне одного у межах певного біоценозу має назву *сукцесійного ряду*.

Наприклад, на покинутому полі сукцесійний ряд може мати наступний вигляд: однорічні бур'яни – багаторічні бур'яни – чагарник – ранньосукцесійні дерева – пізньосукцесійні дерева.

В деяких випадках людина може вплинути на хід сукцесії, наслідком якого є формування клімаксного угруповання, яке не типове для даної місцевості. Тоді таке угруповання має назву *дисклімакс*.

Наприклад, внаслідок перевипасу худоби може сформуватися дисклімаксне напівпустельне угруповання у тій місцевості, де клімаксом є степове угруповання.

А. Тенслі (1939) ввів уявлення про *поліклімакс*, стверджуючи при цьому, що клімакс на даній ділянці може визначатися одним або декількома факторами: кліматичними, едафічними, топографією, навіть стихійними лихами, наприклад, пожежею тощо. Тому в одній кліматичній зоні може існувати цілий ряд специфічних типів клімаксів (наприклад, букові праліси, чорно вільшняки Закарпаття), склад яких є досить незмінним протягом тривалого часу (останніх двох століть).

3. Типи взаємодій між двома видами. Згідно класифікації Хаскель (1949) розглядають 9 головних типів взаємовідносин між двома видами:

а) *нейтралізм (0,0)* при якому асоціація двох популяцій не відчувається ані на жодній з них;

б) *взаємне конкурентне пригнічення (-, -)* при якому обидві популяції активно пригнічують одна одну;

в) *конкуренція за загальний ресурс (-, -)* при якій кожна популяція непрямо негативно впливає на іншу внаслідок боротьби за дефіцитний ресурс;

г) *аменсалізм* (-, 0) при якому одна популяція пригнічує іншу, але сама не відчуває негативного впливу з її боку;

д) *паразитизм* (+, -);

є) *хижацтво* (+, -);

ж) *коменсалізм* (+, 0) при якому одна популяція отримує користь із об'єднання, а для іншої воно байдужно;

з) *протокооперація* (+, +) при якій обидві популяції отримують від асоціації користь, але ці відношення не обов'язкові;

і) *мутуалізм* (+, +) при якому зв'язок популяцій сприятливий для обох видів, причому жодна з цих популяцій не здатна існувати без іншої.

В сукцесіному біоценозі проглядаються чіткі тенденції у відношенні міжвидових взаємодій:

1. Негативні взаємовідношення мають місце найчастіше на початкових етапах розвитку біоценозу, або в порушених природних умовах.
2. Протягом еволюції й розвитку екосистем проглядається тенденція до зменшення ролі негативних взаємовідношень за рахунок позитивних, які підвищують виживання видів, які взаємодіють між собою.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке сукцесія та чим вона відрізняється від циклічних змін біоценозу?
2. Хто розробив концепцію сукцесії та клімаксу біоценозу?
3. Які вам відомі типи сукцесії?
4. Які виділяють типи аутогенної сукцесії?
5. Які моделі аутогенної сукцесії вам відомі?
6. До яких змін в біоценозі призводить аутогенна сукцесія?
7. Що таке сукцесійний ряд? Чим він закінчується?
8. Що таке дисклімакс та коли він виникає?
9. Що таке поліклімакс?
10. Які типи взаємодій між популяціями в біоценозі вам відомі?

Лекція № 10

Тема: Фактори деградації біосфери

П и т а н н я:

1. Еволюція взаємовідношень людини із біосферою
 2. Забруднення та його класифікація
1. У взаємовідносинах людства із біосферою можна виділити три етапи.

1-ий етап почався приблизно 200 тис. років тому. Чисельність населення постійно зростає, а з нею постійно, випереджуваними темпами зростають потреби в харчуванні, одязі тощо. Для вирішення цієї проблема людина починає:

- а) полювати на великих диких тварин;
- б) одомашнює тварин й займається скотарством.

Швидко відбувається розселення людини по всій території Земної кулі. Чисельність людства 100 тис. років тому досягає 1 млн., а щільність – 0,012 мешканця на 1 кв.км.

Вогонь – перше технічне завоювання людини. Використання вогню для заgonу та полювання привело до порушення фітоценозів у різноманітних регіонах Земної кулі. На місці лісів у західній частині Африки та Південно-Східної Азії з'явилися саванни. Близько 10 тис. років тому індійці Північної Америки створили прерії – навмисно випалили ліси для пасовиська для бізонів.

Частіше всього така алогенна sukcesія супроводжується зменшенням біологічного різноманіття як фіто-, так й зооценозів.

Протягом 50-12 тис. років тому було знищено біля 50-60 % видів великих ссавців третинного періоду.

У Північній Америці знищили мамонтів та стародавніх бізонів; у Південній Америці не без допомоги людини були винищені гіптодонти та гігантські птахи; на Мадагаскарі – гігантські лемури та птахи; на островах Нової Зеландії – моа.

2-ий етап розпочався на початку неоліту (приблизно 6 тис. років тому). Чисельність людини вже досягає біля 26,5 млн, а щільність – 1 мешканець на 1 кв.км.

Цей етап обумовлений розвитком осідлого землеробства. Відбулося винищення великих представників фауни, яких пастухи вважали конкурентами для свійських тварин. Однак особливо вплинуло на зміну біоценозів землеробство. Відбуваються дисклімаксні зміни природних фітоценозів за схемою:

лісові біоми – пасовиська – поля с.-г. культур.

При цьому аграрні цивілізації значно не вплинули на колообіг речовини та енергії у біосфері – до середини 19 ст. людина все ще використовує біодеградаційні матеріали (насамперед, рослинного походження) та невелику кількість металів, що здатні до корозії.

Біоценози ще мають досить високий рівень біологічного розмаїття: дикі прерії, недоторкані землі, ліси, райони багатогалузевого господарства. Вони ще мають своїх первинних продуцентів (дику зростаючі та декоративні рослини), якими харчується людина або безпосередньо, або через консументів (худоба). Вся продукція трансформується у біодеградаційні відходи, які розкладаються

деструкторами. Т.ч., самоочищення водоймищ та ґрунту повністю здійснювалося й колообіг речовини в біогеоценозах не порушувався.

3-ий етап розпочався на початку 18 ст. В цей час було зроблено цілий ряд наукових відкриттів, що змінили економічну структуру більшості стран Європи. Вони пов'язані із:

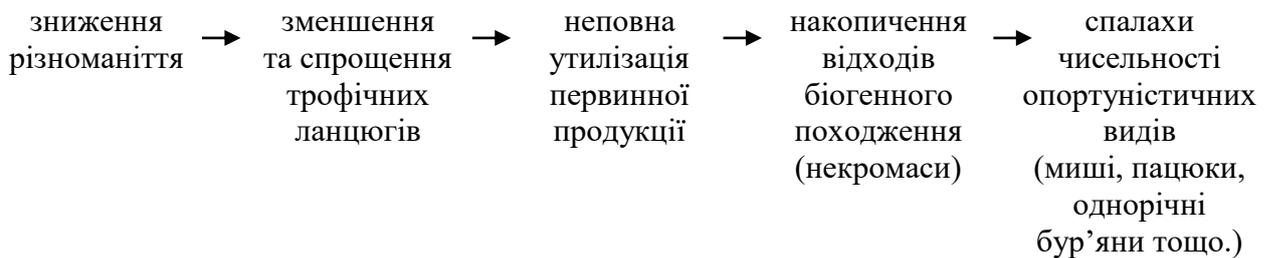
- а) використанням нових технологій;
- б) введенням нових рослинних культур, що підвищувало ефективність землеробства та тваринництва.

Це привело до стрімкого зростання чисельності населення, яка на початок 19 ст. досягла 1 млрд. чоловік, а його щільність – 6, 2 мешканця на 1 кв.км.

В наш час існує три головні джерела впливу людини, які нейтралізують гомеостатичні можливості біосфери:

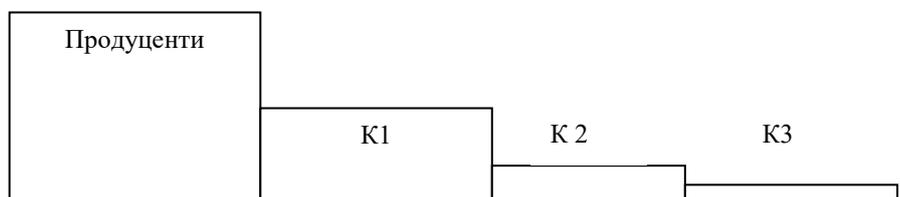
- *знищення різноманіття біоценозів* (заміна природних фітоценозів монокультурними агроценозами; порушення залишків дикої рослинності, особливо, лісів та боліт, які з точки зору людини не мають користі; знищення великих хижаків – консументів 2-го та 3-го порядку).

Це приводить до наступних наслідків:

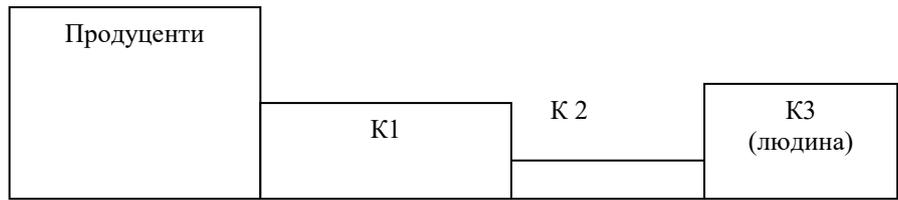


- *порушення колообігу речовин* (відходи діяльності людини не мінералізуються деструкторами повністю; діяльність мікроорганізмів у водоймах та ґрунті сповільнюється наявністю токсичних речовин; прозводиться велика кількість речовин, що неможливо порушити; при цьому відбувається порушення структури верхніх шарів літосфери внаслідок інтенсивного видобування корисних копалин – мінеральних речовин та металів, - які частково розсіваються у атмосфері);
- зміна потоку енергії (людина отримує із їжею лише частину сонячної енергії, а додаткову отримує при використанні нафти, газу та кам'яного вугілля; це призводить до того, що в штучних біоценозах піраміди енергії мають перевернутий вигляд:

природні біоценози



штучні біоценози



При цьому витрати енергії людством підвищуються за експоненціальним законом:

- у 1850-1950 рр. використання енергії щорічно підвищувалося на 2,5 %;
- у 1950-1980 рр. – на 5 %;
- у 1980-2000 рр. – на 10 %.

2. Під забрудненням в екології розуміють *несприятливу зміну навколишнього середовища, яка цілком чи частково є наслідком діяльності людини, прямо чи непрямо змінює розподіл енергії, що надходить, рівні радіації, фізико-хімічні властивості середовища та умови існування живих організмів*. Ці зміни можуть впливати на людину безпосередньо, або через воду та продукти харчування. Вони також можуть впливати на людину, погіршуючи властивості речей, які використовує людина, умов його відпочинку та роботи.

Отже, забруднення – це внесення у навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних хімічних і біологічних речовин, агентів або внесення в надлишковій кількості будь-яких уже відомих речовин, які чинять шкідливий вплив на природні екосистеми й людину і яких природа не здатна позбутися самоочищенням.

Речовини, які спричиняють забруднення навколишнього природного середовища називають *забрудниками*, або *полютантами*.

В залежності від природи походження, всі забруднюючі речовини поділяють на дві групи:

а) *домішки природного походження*: їх поява пов'язана із вулканічною діяльністю, вивітрюванням ґрунтів, лісових пожарів, вмирання тварин та відмирання рослин тощо.

б) *домішки антропогенного походження*: потрапляють у біосферу внаслідок спалювання викопного палива у ТЕЦ, двигунах транспорту, при спалюванні промислових та побутових відходів.

Антропогенні забруднення за типом походження поділяють на механічні, хімічні, фізичні та біологічні.

Механічні забруднення – різні предмети у воді та ґрунті, а також тверді часточки різного розміру у атмосфері.

Хімічні забруднення – це різноманітні сторонні штучні хімічні речовини (рідкі, тверді та газоподібні), які утворилися внаслідок хімічної реакції в хімічній, металургійній чи інших галузях господарства.

Фізичні забруднення поділяють на теплові, електричні, радіаційні та світлові, а також шуми, вібрації та гравітаційні сили.

Біологічне забруднення (мікробіологічне) спричиняються появою незвично великої кількості мікроорганізмів внаслідок їх масового розмноження на антропогенних субстратах або середовищах, які змінилися внаслідок господарської діяльності людини.

Згідно з іншою класифікацією, техногенні забруднення поділяють на дві основні групи – матеріальні та енергетичні.

До *матеріальних* належать викиди в атмосферу (газоподібні, рідкі, тверді та змішані), стічні води та тверді відходи.

До *енергетичних* віднесені теплові викиди, шум, вібрація, ультразвук, електромагнітні поля, радіоактивне випромінювання тощо.

За ознакою взаємодії з навколишнім середовищем забруднення поділяють на:

а) *стійкі* – не руйнуються впродовж тривалого часу (наприклад, пластмаси);

б) *нестійкі* – швидко руйнуються під дією природних фізико-хімічних або біохімічних процесів.

Крім того, у відношенні інтенсивності процесу порушення біосфери розглядають:

а) *навмисне забруднення* – цілеспрямоване знищення лісів, використання родючих земель і пасовиськ під забудову, утворення внаслідок техногенної діяльності людей кар'єрів, териконів, мулових майданчиків, неправильне використання поверхневих і підземних вод та інших природних ресурсів;

б) *супутнє забруднення* – це поступові зміни біосфери під впливом антропогенної діяльності (спустелювання, потепління в результаті “парникового ефекту”, руйнування озонового шару, висихання доліт, озер, морів, випадання кислотних дощів тощо).

У відношенні того, де виникли забруднюючі відходи антропогенної діяльності їх розділяють на:

а) *відходи виробництва* – невикористані залишки сировини, матеріалів або напівфабрикатів, що утворилися при виготовленні продукції і повністю або частково втратили свої споживчі властивості;

б) *відходи споживання* – різні вироби, комплектувальні деталі тощо, які з тих чи інших причин не придатні для подальшого використання. Ці відходи поділяють на:

- *промислові* (металобрухт, обладнання, що вийшло з ладу, вироби технічного призначення з гуми, пластмаси, скла тощо);
- *побутові* (харчові відходи, зношені одяг та взуття, пакувальні матеріали, скляна та пластмасова тара, побутові стічні води тощо).

Питання для самоперевірки:

1. Скільки етапів взаємодії людини та біосфери розглядають? Які особливості має перший етап?
2. Які зміни в біосфері відбувалися протягом другого етапу?
3. Які головні джерела впливу людини, що нейтралізують гомеостатичні можливості біосфери?
4. Що таке забруднення? Які головні типи забруднення вам відомі?
5. Які за походженням типи забруднень вам відомі?
6. Які групи техногенних забруднень вам відомі?
7. Що таке стійкі та нестійкі забруднення?
8. Які ще типи забруднень вам відомі?

Лекція № 11

Тема: Ґрунт та фактори його деградації

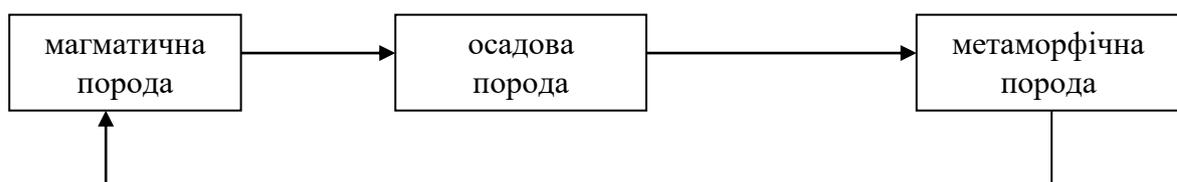
П и т а н н я:

1. Фізико-хімічні компоненти ґрунту
2. Жива біота ґрунту
3. Типи ерозії ґрунту

1. Існує два колообігу речовини на Землі:

- великий, або геологічний;
- малий, або біологічний.

Внаслідок геологічного колообігу магматична порода, що утворилася при кристалізації магми, яка надійшла із глибин Земної кулі, на поверхні літосфери розкладається у області біосфери. Матеріали вивітрювання зносяться у низини або потрапляють у моря та океани. За цей рахунок утворюються значні шари осадових порід, які час від часу опускаються на великі глибини Землі й у області високих температур та тиску піддаються метаморфізму. Т.ч. протягом віків відбувається глобальний колообіг речовини:



переплавлення та утворення нової магми

Істотна частина колообігу речовини здійснюється у межах біосфери Землі, так що утворення осадових порід здійснюється в біосфері під впливом живої речовини.

Всі процеси на Землі обумовлюються енергією Сонці – щосекундне планета отримує $4-5 \cdot 10^{13}$ ккал. Лише 0,1-0,2 % сонячної енергії поглинається рослинами, однак ця енергія здійснює процеси біосинтезу та трансформується в енергію хімічних зв'язків органічних речовин. Головний запас потенціальної біогенної енергії знаходиться в ґрунтовому покриві у вигляді коренів рослин, біомаси мікроорганізмів та гумусу. В ґрунтовому шарі відбувається взаємодія малого та великого колообігу за рахунок включення процесів обміну між ґрунтом, літосферою, гідросферою та атмосферою.

Деякі з цих процесів обумовлюють формування головної властивості ґрунту – *родючості*.

Василь Васильович Докучаєв (1846-1903) дав наступне визначення ґрунту. **ґрунт** – *верхня, родюча частина Земної кори; це – складне, багатоконпонентна, відкрита система, що акумулює енергію, вологу та поживні речовини, що забезпечує існування та відтворення рослинних організмів.*

ґрунт – це природне тіло, яке виникло внаслідок виключно складної взаємодії наступних елементів:

- локального клімату;
- рослин та тварин (живої біоти);
- складу та будови материнських гірських порід;
- рельєфу місцевості;
- віку країни.

Під впливом води, вітру та різноманітних організмів (живих та мертвих), зовнішні горизонти гірських порід поступово перетворюються у ґрунт.

Всі процеси ґрунтоутворення мають різну природу – біологічну, хімічну, фізичну та фізико-хімічну.

Найбільш важливі із них наступні:

- утворення органічної речовини та її розкладення;
- акумуляція органічних та неорганічних речовин та їх винос із ґрунту;
- розкладення мінералів та синтез нових;
- надходження вологи у ґрунт та повернення її у атмосферу (внаслідок випаровування та транспірації);
- поглинання ґрунтом енергії та випромінювання її ґрунтом.

В середньому товщина ґрунту складає 18-20 см, максимально досягаючи 1,5-2,0 м.

Фізико-хімічні компоненти ґрунту:

1. Тверда частина ґрунту. До складу твердої частини ґрунту входять головним чином мінеральні речовини та в меншій мірі – органічні рештки рослин. Дрібні частки вторинних та первинних мінералів мають колосальну площу поверхні. Наприклад, глинисті мінерали мають загальну площу поверхні до 100 кв.м. у 1 г.

На поверхні твердих ґрунтових часток знаходяться головні запаси поживних речовин: гумус, органо-мінеральні колоїди, катіони кальцію, магнію та ін.

2. Рідка частина ґрунту. Ґрунтовий розчин складає рідку частину ґрунту, заповнює капіляри та утворює водні плівки різної товщини навколо ґрунтових часток.

До складу ґрунтового розчину входять мінеральні, органо-мінеральні та органічні речовини у молекулярно-розчиненому або колоїдному стані.

Його склад змінюється в ґрунтах різного типу, по шарах ґрунта та сезонам року. Наприклад, в болотних ґрунтах переважають органічні речовини, в чорноземах – приблизно рівне співвідношення органічних та мінеральних речовин, а каштанові та сіроземи бідні на органічні.

Із мінеральних речовин в мінімумі звичайно знаходяться азот та фосфор. Калій входить до складу твердої частини ґрунту. Велике значення для розвитку рослин, тварин та мікроорганізмів має вміст мікроелементів в ґрунтовому розчині.

Наприклад:

- молібден підсилює азотфіксацію;
- уран та радій в малих дозах мають стимулюючий вплив на мікроорганізмів;
- бор активізує нітрофіксацію;
- важкі метали (кадмій, ртуть, свинець) знижують фіксацію азоту та гальмують ріст рослин.

Серед органічних речовин ґрунтового розчину важливе місце займають біологічно-активні речовини, що продукуються мікроорганізмами або коріннями рослин: вітаміни, ферменти, ауксини, гибберелліни, токсини, антибіотики та т.п. Найбільший їх вміст у зоні ризосфери.

Осмотичний тиск ґрунтового розчину коливається в середньому від 50 до 500 кПа. Він вищий на більш сухих ґрунтах – чорноземах, солонцях, солончаках (до 10 000 кПа).

Кислотність пов'язана із дефіцитом іонів кальцію та підвищеним вмістом у середовищі алюмінію та марганцю, несприятливо впливає на життя ґрунтової біоти, насамперед, дощових хробаків. На кислих ґрунтах підвищується роль грибів, гальмується розвиток азотобактерій та не ростуть бобові рослини.

3. Ґрунтове повітря відрізняється від атмосферного, насамперед, тим, що містить у 10-100 разів більше CO_2 та значно менше O_2 . Т.ч., ґрунти – важливий регулятор газового складу атмосфери; при газообміні між ґрунтом та атмосферою йде виділення CO_2 та поглинання O_2 – т.зв. “дихання ґрунту”, в основі якого знаходяться процеси мінералізації органічних речовин.

2. Жива біота ґрунту:

Ґрунтові водорості: в 1 г ґрунту міститься від 5 тис. до 1,5 млн. водоростей; зустрічаються у всіх типах ґрунтів, навіть пустель та напівпустель. Водорості впливають на кисневий стан ґрунту, накопичення в ньому азоту та структуру ґрунту.

Найпростіші: до декількох сотень тис. клітин у 1 г. ґрунту; біомаса в сприятливих умовах (на лугових ґрунтах) досягає 30-40 г на 1 кв.м.

Нематоди: домінуюча група серед ґрунтових багатоклітинних. На лугових ґрунтах їх чисельність досягає 20 млн. на 1 кв.м., а біомаса – 5 г на 1 кв.м.

Найчастіше це – сапробіонти, напівпаразити та паразити рослин. Вони приймають участь у розкладі рослинних залишків; їх виділення багаті на азот.

Кільчасті (дощові хробаки): їх чисельність в сприятливі періоди досягають 400-500 особин на 1 кв.м. Самі великі хробаки в ґрунтах України зустрічаються у гірських районах Криму (40-45 см). А найбільші у світі хробаки зустрічаються у Австралії – до 2,5 м завдовжки.

Їх діяльність має важливий вплив на ґрунти:

- глибокі нори (до 2 м) збільшують пористість ґрунту, полегшують проникнення води, повітря та коренів рослин (під 1 кв.м. поверхні ґрунту довжина ходів хробаків перебільшує 1 км);
- перемішують ґрунт, виносять частину його на поверхню з нижніх горизонтів та затаскують вглиб рослинний матеріал з поверхні;
- змінюють хімічний склад ґрунту за рахунок виділення CaCO_3 .

Панцирні кліщі (орібатіди): споживають відмерлу хвою (майже вони єдині) та регулюють чисельність грибів (споживають 2 % річної продукції грибного міцелію).

Павуки (більше 20 тис. видів).

Багатоніжки: активно руйнують відмерлі листя та деревину; їх чисельність в широколистяних лісах досягає 30-80 ос на 1 кв.м., а в тропічних – до 200 ос. на 1 кв. м.

Комахи (біля 1 млн. видів): 95 % з них мешкають у ґрунті або тісно пов'язані із ґрунтом під час розмноження. Більшість з комах – некрофаги.

Ссавці: норові гризуни; більшість з них фітофаги.

3. За даними ФАО у світовому с.-г. використовується біля 30 % земного суходолу, в т.ч. біля 11 % під рілля та біля 19 % під пасовища.

Зараз на одного мешканця Землі у світі припадає біля 0,3 га рілля, а ще 30 років тому цей показник був у два рази вище.

Ґрунт, як складний організм, постійно розвивається та змінюється. В ньому безпосередньо відбуваються процеси утворення та руйнування.

Руйнуюча дія вітру, води та антропогенних факторів на ґрунт, знос найбільш родючого верхнього шару ґрунту має назву *ерозії*.

За характером прояву ерозійних процесів виділяють два типи:

- нормальну (або геологічну) ерозію;
- прискорену (або антропогенну) ерозію.

Нормальна ерозія відбувається повсюди під лісовою та трав'янистою рослинністю. Вона проявляється дуже слабко й втрати ґрунту при цьому повністю відновлюються завдяки ґрунтоутворюючим процесам.

Прискорена ерозія розвивається там, де натуральна рослинність зруйнована, внаслідок чого процес ерозії прискорюється у багато разів.

Швидкість утворення гумусу на "молодих" ґрунтах дуже повільна – 1-2 мм/рік, а на ґрунтах приблизно 100-річного віку – всього 0,6-0,7 мм/рік. Т.ч., для утворення найбільш родючих чорноземів необхідно приблизно 2,5-3,0 тис. років.

Виділяють декілька видів ерозії:

- водно-площинна (змив);
- лінійна (розмив);
- вітрова (дефляція);
- ірригаційна;
- промислова (техногенна);
- абразія (порушення берегів водоймищ);
- пасовищна;
- механічна (порушення ґрунту с.-г. технікою).

Ерозія – ворог плодючості. Підраховано, що кожну хвилину на Земній кулі виходить із с.-г. обороту 44 га земель. Від змиву, розмиву та дефляції врожаї с.-г. культур в середньому знижується на 20-40 %.

Разом із стоком зносяться десятки млн. кубометрів ґрунту, змивається 20-50 % добрив, які забруднюють водойми й приводять до їх евтрофікації.

В Україні водної ерозії підвергаються 29 % рілля. Південні області (площа с.-г. угідь 10 млн. га) страждають від пилових бур.

Питання для самоперевірки:

1. Особливості геологічного та біологічного колообігу речовини на Землі?
2. Що таке ґрунт? Які елементи обумовлюють формування ґрунту?

3. Які процеси відбуваються в ґрунті?
4. Які фізико-хімічні компоненти входять до складу ґрунту?
5. Які групи організмів складають ґрунтову біоту?
6. Що таке ерозія? Які типи ерозії вам відомі?
7. Які види ерозії розглядають?
8. Який вплив має ерозія на сільськогосподарські землі?

Лекція № 12

Тема: Агрохімічні проблеми в екології

П и т а н н я:

1. Проблема пестицидів.
2. Екологічні особливості пестицидів.
3. Біологічні методи боротьби.

1. Слово “пестицид” складається із двох латинських слів: “пестіс” – зараза, та “цидо” – вбиваю. Т.ч., це слово переводиться дослівно, як “заразо-вбивця”.

Широке використання пестицидів розпочалося наприкінці 2-ї Світової війни. У 1939 р. в Західній Європі були розроблені два сильнодіючих інсектициду: ДДТ та ГХЦГ (гексахлорциклогексан).

Перше використання цих речовин мало великий успіх. “В середині зими 1944 р. в саме пекло війни, використання ДДТ дозволило зупинити епідемію тифу в м. Неаполь, який вразив 1400 чоловік й загрожував ще 250 тис.” Використання ДДТ дозволило медичній службі союзних армій організувати видалення вшей у населення.

Однак, через 30 років використання ДДТ було заборонено як раз в Швейцарії (де він був відкритий) та у Швеції – країні, де була присуджена Нобелівська премія його винахіднику – П.Мюллеру. Але ще й 25 років поспіль (у 1995 р.) в тушах промислових риб та яйцях пінгвінів знаходили залишки ДДТ та продуктів його розпаду.

Зараз світовий асортимент пестицидів нараховує більше 100 тис. найменувань, синтезованих на основі більш ніж 700 хімічних речовин, які відносяться до самих різних класів сполук.

Основні групи пестицидів:

- акарициди – для боротьби із рослиноїдними кліщами;
- альгициди – для знищення водоростей та іншої бур'янистої рослинності водойм;
- арбоциди – для знищення небажаної деревної та чагарникової рослинності;
- афіциди - для боротьби із тлями;
- бактеріциди – для боротьби із бактеріальними збудниками рослин;

- гаметоциди – речовини, які викликають стерильність бур'янів;
- гербіциди – для боротьби із бур'янистою рослинністю;
- зооциди (родентоциди) – для боротьби із гризунами;
- інсектициди – для боротьби із шкідливими комахами;
- ларвіциди – для боротьби із гусенями та ларвами комах;
- лімациди – для боротьби із слимаками;
- нематоциди – для боротьби із нематодами;
- овіциди – для знищення яєць шкідливих комах та кліщів;
- фунгіциди – для боротьби із грибними захворюваннями;

Крім того, використовують ще цілу низку речовин:

- антирезистенти – для зниження стійкості комах до окремих речовин;
- аттрактанти – для залучення комах;
- дефоліанти – для знищення листя;
- репеленти – для відлякування комах;
- ретарданти – для гальмування росту рослин;
- феромони – речовини, які синтезують комахи для впливу на особин іншої статі;
- хемотрилізатори – для хімічної стерилізації комах.

Сучасні інсектициди, які були синтезовані, розподіляють на три головні групи:

- *хлорорганічні*: отримують шляхом хлорування ароматичних та гетероциклічних рідких вуглеводородів (ДДТ, елдрін, гептахлор, ліндан, ГХЦГ). Слобо розчинюються у воді й дуже стійкі до розкладу у зовнішньому середовищі.
- *фосфорорганічні*: складні ефіри спиртів ортофосфорної кислоти (паратіон). Мають високу вибірковість дії, швидко розкладаються.
- *карбамати*: складні ефіри N-метилкарбамінової кислоти (карбарил – дуже токсичен для жорсткокрилих та гусінь, але майже нешкідливий для ссавців).

Всі вони токсичні, й здатні вільно проникати скрізь кутикулярний шар комах. Крім того, вражають їх через травний або дихальний тракт.

Фунгіциди використовують для боротьби із грибковими захворюваннями рослин (наприклад, іржи картоплі та винограду, головні злаків тощо). Найстаріші фунгіциди – солі міді, сірка та деякі її сполуки, однак зараз частіше використовують органічні сполуки. З кінця 30-х рр. 20 ст. розпочалося використання ртутьорганічних фунгіцидів (наприклад, метілртуть, етілртуть, ацетат фенілртуті тощо).

Екологічні властивості пестицидів:

1. В більшості випадків пестициди мають широкий спектр токсичної дії (як на рослини, так й на тварини).

2. Пестициди дуже токсичні для теплокровних ссавців.
3. Пестициди завжди використовуються проти популяцій; використання їх залежить від щільності популяції.
4. Пестициди найчастіше використовують в надлишкової кількості, ніж це необхідно для знищення шкідника.
5. Пестициди зберігаються в ґрунті протягом багатьох років. Наприклад, період полурозкладу ДДТ у воді складає 10 років, а для діелдріна – більше 20 років.
6. Пестициди поширюються далеко за межі тих агроєкосистем, де вони використовувалися. Наприклад, ДДТ знаходили на часточках ґрунту, що випали на о-в Барбадос у Карибському морі. Ці часточки були перенесені із Марокко, де використовувалися проти сарани.

З екологічної точки зору є три напрями дії пестицидів:

- онтогенетичний;
- популяційний;
- біоценологічний.

Онтогенетичний – порушення нормального процесу розвитку організму на різних етапах онтогенезу (аж до його загибелі).

У птахів стає тонше шкарлупа яєць, внаслідок чого яйця ламаються при насиджуванні. Крім того, птахи можуть відмовитися від насиджування.

Популяційний – сукупність впливів на рівні популяцій окремих видів.

Відбувається загибель визначеної частини особин популяції, яка прямо пропорційна дозі речовини, що використовувалася. Пестициди є екологічним фактором, який не залежить від щільності популяції. Хронічна інтоксикація може змінити коефіцієнт народжуваності шляхом або зниження плодючості, або зниження виживаності яєць та молодняку.

Окремої теми заслуговує проблема біоконцентрації пестицидів у трофічних ланцюгах.

Наприклад, припустимо, що у водоймі кількість сполук ртуті (залишки інсектицидів) складає 1, тоді у фітопланктоні їх концентрація збільшиться у 10 разів, у зоопланктоні – ще у 50 разів, у дрібній рибі – ще у 5 разів, у хижій рибі – ще у 2 рази, у рибоїдних птахів – ще у 25 разів. Т.ч. концентрація збільшиться у 125 000 разів.

Біоценологічний вплив пов'язаний із тим, що навіть якщо будь-яка тварина безпосередньо нечутлива до даного пестициду, чисельність її популяції може значно знизитися, внаслідок знищення тих рослин чи тварин, які слугують їй їжею або здобиччю. З іншого боку, знищення гербіцидами рослин приводить до видалення із біоценозу тих комах та інших безхребетних, які були пов'язані з цією рослиною.

Інше екологічний наслідок використання пестицидів характеризується різким збільшенням чисельності популяцій, щільність яких до обробки була відносно невеликою – т.зв. “синдром спадів та підйомів”.

Причини цього наступні:

- прискорення селекційного процесу, внаслідок якого з’являються форми не чутливі до даного пестициду. Зараз нечутливість до одного або декілька пестицидів виникла більш ніж у десятків тисяч популяцій 428 видів – шкідників с.-г. та лісового господарства, та у 100 збудників інфекцій. Популяції комарів стали резистентними к пестицидам у 84 країнах світу, внаслідок чого кількість випадків малярії збільшуються удвічі кожні 5 років. Популяції 25 видів комах – шкідників хлопку, к 1985 р. були резистентними до пестицидів у 36 країнах світу.
- пестицид одночасно впливає також й на види-конкуренти, внаслідок чого більш швидкостиглий вид може витіснити конкурентів із біоценозу.
- біоконцентрація може привести до масової загибелі хижаків, для яких необхідно більше часу на збільшення чисельності ; тому можуть виникати різкі циклічні коливання чисельності хижаків та жертв.

Біологічні методи боротьби:

Головне завдання при біологічній боротьбі – всіма засобами скорочувати чисельність кожного виду-шкідника, який існує у агроєкосистемі. Це може бути досягнуто двома способами – або шляхом підвищення коефіцієнта смертності, або шляхом зменшення коефіцієнта народжуваності.

а) Методи впливу на смертність. В основі цих методів знаходиться принцип використання природних ворогів шкідників – паразитів чи хижаків.

У 1888 р. відомий ентомолог Райлі кардинальним способом вирішив проблему австралійського червиця; він доставав у Каліфорнію його природного ворога – божу корівку. З цих часів практика використання ентомофагів отримала широке розповсюдження в багатьох районах світу. На початку 80-х рр. 20 ст. було задокументовано вже 160 випадків вдалого використання цього методу.

Зараз великі надії покладені на використання видів ендопаразитів, які нападають на яйця шкідників (т.зв. оофаги). Вони характеризуються високим біологічним потенціалом, їх невеликі розміри (до 1 мм) дозволяють отримувати велику кількість особин у невеликому об’ємі.

У колишньому СРСР к 1970 р. промислове виробництво дрібних хальцид-оофагів (трихограма) дозволяло щорічно обробляти біля 5 млн. га зернових.

В боротьбі із комахами-шкідниками можна використовувати також патогенні мікроорганізми (мікробіологічні способи боротьби). Вже доведена значна вигода від використання грибів-ентомофагів, поширювачів мікозів та ентомопатогенних бактерій.

Важлива перевага всіх методів біологічної боротьби із шкідниками – їх висока видоспецифічність.

б) Методи впливу на народжуваність.

Автоцидна боротьба. У 1954 р. на о-ве Карасю були випущені самці мух, попередньо стерилізовані радіактивним Кобальтом-60. Це дозволило зовсім знищити цього шкідника тваринництва.

Особливий успіх цього методу проявляється при боротьбі із видами, які розмножуються лише один раз у житті (моноциклічними видами).

в) Методи порушення постембріонального розвитку.

В основі цього методу знаходиться використання ювенільних гормонів (неотеніна) та його гомологів, які синтезовані штучно. Цей гормон контролює постембріональний розвиток та керує складним механізмом линяння, метаморфозу та статевого дозрівання. Хімічно синтезовані гомологи ювенільних гормонів (наприклад, ентокон) порушують ембріональний розвиток й перешкоджають вилупленню ларв із яєць. Ларви не можуть пройти метаморфоз нормально й не здатні перетворитися у імаго, а перетворюються у гігантські суперларви.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке пестицид? З чим пов'язане відкриття пестицидів?
2. Які головні типи пестицидів вам відомі?
3. Які типи інсектицидів вам відомі?
4. Що таке фунгіциди? Які фунгіциди вам відомі?
5. Які екологічні властивості мають пестициди?
6. Які напрями дії пестицидів вам відомі?
7. Що таке синдром “спадів-підйомів”? Які його головні причини?
8. Які головні напрямки біологічних методів боротьби із шкідниками вам відомі?

Лекція № 13

Тема: **Забруднення гідросфери**

П и т а н н я:

1. Вода та її екологічне значення.

2. Проблема забруднення водою.
3. Головні забруднювачі водою.

1. Вода з'явилася на поверхні Землі 3,0-3,5 млрд. років тому у вигляді парів, внаслідок дегазації мантії планети.

Зараз світові запаси води складають 1386 млрд. куб.м., з них прісних вод – 35 млн.куб.м. Більше 2/3 цієї кількості знаходиться у твердому стані (льодовики Арктики, Антарктиди та зони віковичної мерзлоти).

В рідкому стані більша частина запасів прісної води існує у вигляді *підземних вод* (біля 10,5 млрд.куб.м.); менш 3 % прісної води зосереджено в річках, озерах та водосховищах (*континентальні води*).

Вода відіграє виключно важливу роль у процесах обміну речовин живих організмів. За 70 років життя людини через тканини його організму проходить більше 50 т води.

Значення води для організмів можна розглядати у трьох аспектах: як *компонента, розчинника та носія*.

Вода є головна складова частина всіх живих організмів – на 46-99 % вони складаються з води. Організм людини у середньому містить 64 % води. В живих клітинах вміст води складає 90 %, при цьому у біохімічних процесах значення води, як структурного фактора навіть більш важливе, ніж як сировини у процесах продукції та розчинника біоорганічних сполук.

Важливу функцію вода виконує як розчинник – у неї здатні розчинюватися безліч хімічних сполук. Більшість організмів здатні засвоювати їх лише у вигляді водних розчинів.

Транспорт речовин у межах організму здійснюється у вигляді водних розчинів (системи ксилеми та флоєми у рослин, система кровообігу у тварин та існування порожнин тіла, заповнених водними розчинами). Наявність води в клітинах грає важливу роль при процесах дихання та фотосинтезу.

З точки зору відношення до води (та вологості місця існування в цілому) всі живі організми можна розподілити на наступні екологічні групи:

- *гідробіонти* – організми, які мешкають у водному середовищі;
- *гелобіонти* – організми, які мешкають у прикордонній зоні водоймища та суходолу (екотоні);
- *гігрофіли* – організми, які потребують високої вологості середовища;
- *мезофіли* – організми, які існують у середніх умовах вологості середовища існування;
- *ксерофіли* – організми, які витримують низьку вологість середовища.

2. Велике значення вода відіграє у промисловості та у аграрному секторі. Витрати води при виробництві продукції величезні, наприклад:

- для виробництва 1 кг паперу витрачається 100 л води;
- для виробництва 100 кг цементу – 4000-5000 л води;
- для виробництва 1000 кг сталі – 25000 л води.

За вегетаційний період на 1 га посівів кукурудзи витрачається за рахунок транспірації біля 3000 т. води, пшениці – 1500 т. води, капусти – 8000 т. води, рису - 20000 т. води.

У тваринництві при виробництві 1 т. м'яса витрачається 20 000 куб.м. води.

Постійно в світі підвищується й площа зрошувального землеробства. Якщо на початку 20 ст. площа зрошувальних земель складала 40 млн. га, то у 1970 р. складала 235 млн. га, а у 2000 р. – біля 420 млн. га. При цьому незворотні втрати води при зрошенні (за рахунок випаровування) досягає 20-60 %.

Проблема забруднення водоймищ має свої специфічні властивості:

- більшість забруднювачів здатні легко розчинятися у воді та переноситися від місць скиду на великі дистанції (вниз по течії та навіть у моря та океани);
- вода містить відносно невелику кількість розчиненого кисню; прісноводні та морські організми потребують постійної циркуляції води скрізь їх тіло (зябра), що значно підвищує ризик поглинання летальних доз токсичних речовин;
- водне середовище характеризується відносно низькою сезонною мінливістю температурного режиму, тому більшість водних організмів – *стенотермні*. Внаслідок цього теплове забруднення є головною проблемою забруднення гідросфери.

Всі речовини, що забруднюють водойми розподіляються на три групи: *мінеральні, органічні та біологічні*.

Мінеральні забруднення – це пісок, глина, золи та шлаки, розчини солей, кислот, лугів, емульсії мінеральних мастил та інші неорганічні сполуки. Вони погіршують фізико-хімічні та органолептичні властивості води, викликають отруєння фауни водоймищ. Головним постачальником найбільшої кількості мінеральних домішок вважаються промислові підприємства та с.-г. виробництво.

Органічні забруднення – різноманітні речовини рослинного та тваринного походження (рештки рослин, овочів, плодів, живих тканин та ін.). До цієї ж групи відносяться смоли, феноли, барвники, спирти, S- та Cl-місткі органічні сполуки, пестициди, СПАР і т.п. Органічне забруднення вод пов'язано насамперед із інтенсифікацією с.-г. виробництва, скидами стічних вод підприємств целюлозно-паперової промисловості, комунальними стоками.

Біологічні забруднення – патогенні бактерії та мікроорганізми, збудники інфекцій; вони потрапляють у водойма із побутовими стічними водами, а також із стоками тваринницьких ферм та комплексів.

3. Основні забруднювачі водойм:

1. *Нафта та її похідні*. Із різних джерел у світовий Океан щорічно потрапляє до 10 млн. т. нафти та нафтопродуктів. 1 т. нафти утворює на поверхні океану плівку завтовшки 2 см площею 12 кв. км. Вона перешкоджає збагаченню води киснем, знижує інтенсивність випаровування води й руйнує екологічну рівновагу, внаслідок чого гине фіто- та зоопланктон та пелагічна ікра деяких риб (наприклад, сардин). Більш того, для боротьби із нафтовим забрудненням водоймищ використовуються миючі речовини, внаслідок чого гине бентос (молюски, поліхети, ракоподібні тощо). Птахи забруднюють нафтою своє пір'я, що призводить до порушення його гідрофобності й вони гинуть від переохолодження. При потраплянні нафти у травні шляхи біляводних та морських птахів відбувається серйозні порушення їх ендокринної системи (насамперед, наднирників).

2. *Феноли* містяться у стічних водах підприємств лісохімічної, коксохімічної промисловості, а також різних заводів хімічної обробки с.-г. сировини. Феноли володіють сильними антисептичними властивостями, тому вони порушують біологічні процеси у водних організмів та біоценозах, надають воді різкий, неприємний смак та погіршують умови відтворення риби.

3. *Важкі метали* (хром, миш'як, свинець, цинк, мідь) потрапляють у водоймища із соками підприємств електрохімічної промисловості, фабрик по збагаченню руди та шахт, при виробництві пестицидів.

Кількість свинцю, яка щорічно потрапляє в Світовий океан внаслідок використання алкилсвинцю у якості антидетонатора дизпалива, оцінюється у 25 тис. т. Крім того, серйозне забруднення континентальних вод свинцем відбувається під час мисливського сезону. (Встановлено, що, якщо 2 млн. мисливців зроблять по одному пострілу дробинами, то у зовнішнє середовище потрапить біля 64 т. свинцю.) Багато птахів ковтають дробини разом із камінням, внаслідок чого відбувається інтоксикація їх організму свинцем (*сатурнізм*).

4. *Ртуть*. В 1956 р. в селах, що розташовані у бухті Мінамата (Японія) спалахнула епідемія загадкової хвороби. Частіше хворіли рибалки та члени їх родин – з 116 випадків хвороби 43 мали летальний вихід. Крім того, у більшості кішок цих селищ також виникли порушення ЦНС.

Причиною хвороби *Мінамата* стало отруєння метилртуттю. Ця сполука потрапляла у воду затоки з відходами ацетальдегідних заводів й накопичувалася у трофічних ланцюгах, досить довгих у водних біоценозах.

Встановлено, що показник акумуляції метилртуті в ланцюзі “вода → риба” досягає 1 : 500 000.

Ртуть та її сполуки потрапляє у зовнішнє середовище також внаслідок використання пестицидів. Щорічно річки приносять у океан біля 5000 т. сполук ртуті. Крім того, біля 3000 т. ртуті щорічно потрапляє у атмосферу при спалюванні викопного палива.

5. *Синтетичні поверхнево-активні речовини* (СПАР). Це – насамперед синтетичні миючі речовини. Початок використання СПАР відносяться до 1950 р. Ці речовини місять т.зв. *детергенти*, які володіють поверхнево-активними властивостями. Вплив СПАР відчувається на підвищенні у воді присмаків та запахів, утворення стійких скупчень піни. Вже при невеликих кількостях СПАР у воді припиняється ріст водної рослинності.

6. *Евтрофікація* – надходження у озера продуктів ерозії, які приносяться річками, а також бурного розвитку водної рослинності (макрофітів) та інших організмів, які мешкають у водному біоценозі. Це відбувається внаслідок підвищення вмісту фосфатів та нітратів. При цьому прискорюються процеси седиментації – озера зменшуються, замулюються та поступово зникають.

Прискорення процесів евтрофікації пов'язано із скидами у озера значної кількості органічних речовин, а також стічних вод, багатих на фосфати (миючі речовини, мінеральні добрива) та нітрати (мінеральні добрива).

7. *Теплове забруднення* водоймищ виникає внаслідок скиду теплих вод з ТЕЦ та АЕС. При цьому відбувається інтенсифікація випаровування, яке супроводжується підвищенням мінералізації вод. Крім цього, ці процеси призводять до зниження вмісту розчиненого кисню у воді, що також негативно впливає на рослинні та тваринні організми.

Питання для самоперевірки:

1. Де зосереджені головні запаси води на Землі?
2. Яке значення має вода для живих організмів?
3. Які екологічні групи по відношенню до вологості середовища виділяють?
4. Які специфічні властивості має проблема забруднення водойм?
5. Які типи забруднення водойм вам відомі?
6. Які основні органічні забруднювачі водойм?
7. Які основні неорганічні забруднювачі водойм?
8. Що таке евтрофікація і з чим вона пов'язана?
9. Яку дію має теплове забруднення водойм?

Лекція № 14

Тема: **Агробіоценоз та його основні властивості**

Питання:

1. Агроекологія: об'єкт, завдання, структура.
2. Агроєкосистеми та їх особливості.
3. Альтернативне землеробство та його основні системи.

1. Агросфера – це частина біосфери, трансформована людиною під впливом різних видів сільськогосподарської діяльності. Це – землі з переважанням культурних рослин і тварин, поселень сільського типу, землі, на яких упродовж тисячоліть сформувався новий природний масив. Це – *агрolandшафти*, що потребують для свого існування і розвитку постійної значної енергетичної підтримки людиною, території із дуже збідненим біорізноманіттям, виснажені і захімізовані, але не так техногенне навантажені, як урбанізовані та промислові райони.

Термін “агросфера” з’явився порівняно недавно, з 90-х років ХХ ст., як і термін “агроекологія”.

Вивчення агросфери з сучасних екологічних позицій має надзвичайно велике значення для України, в якій агросфера займає приблизно 70 % території держави.

Розвиток агросфери розпочався ще 10 тис. років тому, коли людина почала меліорувати землі, докорінно змінювати їх. Саме меліорація стала активним стимулятором розвитку людських цивілізацій (Шумерської, Єгипетської), розвитку ремесел, пов’язаних з виготовленням с.-г. знаряддя, розвитку таких наук, як землевпорядкування, астрономія (для визначення часу повеней, засух, сіяння та збирання врожаю), геометрії та математики.

Саме розвиток агросфери призвів до перших надзвичайно вагомих локальних і регіональних змін природного середовища. Вирубання, викорчовування та випалювання тисяч гектарів лісів, розорювання земель й зміна різнотрав’я монокультурами (злакові, овочеві), витоштування свійськими тваринами луків та пасовищ спричинили значному збідненню ландшафтів; розвиток пустель, ярів призвів до зміни режиму та складу поверхневих ґрунтових вод, значного погіршення екологічних умов.

З часом природні екосистеми дедалі більше витіснялися штучними – *агроєкосистемами*, в яких панували рослини й тварини, потрібні людині, корисні тільки їй. Таке заміщення біосфери агросферою супроводжувалося:

- спрощенням трофічних ланцюгів (як у кількісному, так і якісному плані);
- вимиранням значної кількості тварин та рослин;
- збіднення та деградацією ґрунтів - одного з найголовніших компонентів біосфери.

Виділення в самостійну науку сільськогосподарської екології, або *агроєкології*, яка є складовою частиною загальної екології, явище закономірне, оскільки вона є насамперед галуззю біологічної науки.

Об'єктом вивчення агроєкології є *угруповання, створені людиною, їх раціональне розміщення в ландшафтах*. У цих угрупованнях, як і в природних системах, діють загальнобіологічні закони, але на їх прояв значною мірою впливає людина, яка формує умови (одновидові посіви, щорічне збирання врожаю, оранка ґрунту, внесення мінеральних добрив і пестицидів) і змінює специфіку їх дії.

Тобто, людина штучно створює складні динамічні системи, які вона намагається оптимізувати з метою одержання найбільшої кількості продукції при найменших витратах коштів та енергії. Цього можна досягти лише завдяки оптимізації складу агроєкосистеми на всіх рівнях – від особини до агробіоценозів, їх розміщення у агроландшафті та біосфері. Отже, агроєкологія широко використовує при створенні агроугруповань ознаки, притаманні природним екосистемам та їх комплексам.

Т.ч., *сільськогосподарська екологія (агроєкологія)* – це наука, що вивчає складні динамічні системи земної поверхні, створені людиною (*агроєкосистеми, або агробіоценози*) та *агроландшафти*, в які об'єднуються ці системи. В загальному вигляді – це екологія культурних рослин та свійських тварин, а ще ширше – екологія всіх організмів, що культивуються на полях, луках, у лісах, теплицях тощо.

Агроєкологія, як і загальна екологія, має три головних шару досліджень.

На рівні організмів агроєкологія вивчає проблему індивідуальної адаптації сортів та порід, створених людиною, механізми, що забезпечують стійкість функціонування організмів, які найчастіше пов'язані з фізіологічними, біохімічними адаптивними реакціями організмів. Оптимізація на рівні організмів вирішується за рахунок створення сортів та порід високої якості (адаптованість до умов існування, резистентність до захворювань, здатність до пригнічення конкурентів тощо).

На популяційному рівні – це вивчення тих форм взаємовідносин і механізмів, що підтримують популяцію (агроценоз) як цілісну саморегульовану систему.

В агробіоценозах популяція (агроценоз) перебуває під значним впливом людини, яка створюючи певні умови, одержує додаткову енергію і забезпечую оптимальні умови розвитку особин.

На рівні агробіоценозів вивчають, яким чином формується і функціонує багатовидова система в навколишньому середовищі, її продуктивність, яка дає змогу використовувати біологічні ресурси. За допомогою різних способів впливу на агробіоценози та їх складові регулюється природне середовище в потрібному для людини напрямі.

На агроландшафтному рівні досліджують розміщення і взаємодіє різних типів *агробіогеоценозів* у певних умовах місцезростання і залежно від способу обробітку ґрунту з урахуванням особливостей екології культурних видів та їх співвідношення в багатовидових угрупованнях, а також їх поєднання з природними рослинами та тваринами, що збереглися у ландшафті.

На рівні біосфери вивчають розміщення і функціонування *агроекосистем* та *агроландшафтів* залежно від природних умов і застосованих систем землеробства.

Т.ч., агроекологія тісно пов'язана із землевпорядкуванням, землеробством, метеорологією, селекцією, агрофітоценологією та іншими науками.

2. Агроценоз (агробіоценоз) – створена людиною з метою одержання с.-г. продукції і регулярно підтримувана біотична спільнота, що має малу екологічну стійкість, але високу продуктивність одного чи кількох видів (сортів, порід) рослин або тварин.

Агроекосистема (агробіогеоценоз) – це сукупність однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, гідрологічних умов, ґрунту, клімату, штучно створеного людиною агрофітоценозу, тварин та мікроорганізмів) на певному відрізку агроландшафту, що взаємодіють між собою.

Агробіогеоценоз, на відміну від природних біогеоценозів, що залежать від енергії сонячного світла, організуються і куруються таким чином, щоб найбільш повно спрямувати сонячну енергію та використати допоміжну енергію для виробництва рослинної та тваринної продукції (продуктів харчування). Допоміжна енергія надходить в агробіогеоценоз при внесенні добрив, пестицидів, обробітку ґрунту, селекції рослин і свійських тварин з метою одержання оптимальної кількості продукції в спеціалізованому середовищі з енергетичними дотаціями.

Агробіогеоценоз включає в себе *агробіоценоз* та *екотоп*.

Агробіоценоз складається із:

- агрофітоценозу (продуценти - автотрофні рослини);
- агрозооценозу (консументи та редуценти).

Екотоп – це елемент неживої природи, що складається з *кліматона* та *едафотона*.

Т.ч., *агробіогеоценоз* складається із компонентів живої та неживої природи, взаємодія між якими значною мірою спрямована і керується людиною. Так, *едафотоп* (ґрунти) з метою кращих умов для росту і розвитку рослин відповідним чином обробляють, вносять мінеральні та органічні добрива, пестициди.

Завдяки біологічному колообігу організми в природних умовах утворюють з неорганічним середовищем біогеоценози. Вони можуть бути

стабільні лише при умові збалансованості процесів обміну в них, що досягається довготривалим спонтанним природним відбором (або раціональною побудовою штучних біогеоценозів) на основі законів обміну речовин між живими організмами і середовищем. Це пов'язано із тим, що механізм динамічної рівноваги біогеоценозу (гомеостаз) має одночасно і біоценотичну, і біогеохімічну природу.

Такі біогеоценози, як лісові, лучні, степові, озерні та ін., мають більш менш збалансований колообіг речовин, іншим (наприклад, річковим потокам) властиве внесення речовин і стабільність їх підтримується за рахунок сталої кількості речовини, що надходить зовні.

Аналогічна картина спостерігається й в агробіогеоценозах. Стабільність цих екосистем значною мірою підтримується за рахунок внесення людиною необхідної, чітко визначеною кількості органічних і мінеральних добрив і додаткової енергії. Цим самим людина бере на себе роль виконавця своєрідного міжекосистемного зв'язку.

Органічна речовина (у вигляді овочів, фруктів, зерна та соломи) вивозиться з поля. При цьому підраховано, що з урожаєм зерна та соломи з поля вивозиться близько 50 % чистої первинної продукції зернових культур та біля 85 % сухої біомаси коренеплодів та бульбоплодів. Щоб біологічний колообіг не порушувався, людина намагається компенсувати ці витрати внесенням добрив, що призводить до зміни природних циклів хімічних речовин, які мали замкнутий характер у межах одного біогеоценозу, їх міграції та акумуляції.

При середньому врожаї зернових культур 21,5 ц/га на 1 га рілля вноситься близько 80 кг мінеральних добрив та 0,5-1,0 кг пестицидів. Щоб досягти врожайності 40 ц/га слід внести добрив та пестицидів у два рази більше. Але щоб досягти врожайності 50 ц/га застосування пестицидів зростає у 8-10 разів, а добрив – у 5-6 разів.

Т.ч., коефіцієнт використання агрохімікатів при збільшенні норми різко спадає. Це зумовлює нагромадження їх залишків у ґрунті, поверхневих та ґрунтових водах, продукції рослинництва та тваринництва. Наприклад, підраховано, що щорічний залишок азоту у біосфері становить близько 9 млн. тон.

3. Негативні наслідки інтенсифікації землеробства сприялі розвитку на початку 60-х років ХХ ст. т.зв. “альтернативного землеробства”, яке ще називають біологічним, біодинамічним, або органічним.

Альтернативне землеробство – це не система, а концепція, новий підхід до землеробства, етика відношення до землі.

Її сутність полягає у наступному:

- повний або частковий відказ від синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту та кормових добавок;

- комплекс агротехнічних заходів, що базуються на строгому дотриманні сівозмін, введення в їх склад бобових культур;
- збереження рослинних залишків, використання гною, компостів та сидератів;
- захист рослин біологічними методами.

Головною метою альтернативного землеробства є отримання продукції, яка не містить залишкових кількостей хімікатів, збереження плодючості ґрунту, та, в кінцевому рахунку, охорона навколишнього середовища.

Альтернативне землеробство керується екологічним імперативом, який містить наступні компоненти:

- зміна сучасного землеробства шляхом його “екологізації” та “біологізації”, тобто землеробство повинно бути нешкідливим для навколишнього середовища та забезпечити споживача чистими продуктами харчування;
- ведення землеробства на підставі максимальної реутилізації, рекультивації всіх відходів та побічної продукції, що утворюється у господарстві;
- найбільш ефективні засоби використання ресурсів, відновлення ресурсів та охорона їх від виснаження;
- підвищення рентабельності господарства, забезпечення його виживаності.

Розробка конкретних технологій альтернативного землеробства відбувається вже біля 30-35 років. Зараз концепція альтернативного землеробства використовується в багатьох господарствах Німеччини, Нідерландів, Данії.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке агросфера? Яке значення мало сільське господарство для розвитку цивілізацій на Землі?
2. Які зміни відбуваються при зміні біосфери агросферою?
3. Що таке агроекологія? Що є об’єктом дослідження агроекології?
4. Які основні проблеми вирішує агроекологія на різних рівнях організації агроecosystem?
5. Що таке агробіоценоз та агробіогеоценоз?
6. Які характерні властивості агробіогеоценозу?
7. В чому сутність концепції “альтернативного землеробства”?
8. Які головні компоненти містить екологічний імператив?

Лекція № 15

Тема: Головні принципи охорони природи

Питання:

1. Головні принципи охорони природи.
2. Вимирання видів та їх головні причини.
3. Шляхи та механізми охорони природи.

1. **Охорона природи** – це комплексна система заходів, що спрямовані на збереження, раціональне (тобто, невиснажувальне) використання та відтворення природних ресурсів, в тому числі, на збереження видового різноманіття (генофонду) флори та фауни Землі, її надр, водних ресурсів, атмосферного повітря, й, відповідно, на збереження природних умов розвитку людського суспільства.

Найбільш гостро проблема забруднення довкілля встала в 30-х рр. ХХ ст., коли вплив людини на природу прийняв глобальний характер; зростання площ, зайнятих монокультурами, відходами промисловості, отрутохімікати, забруднення океану нафтою та інші наслідки НТР стали позначатися не лише на окремих регіонах, але й на всій біосфері.

За період з кінця ХVІ ст. до кінця ХХ ст. с обличчя Землі зникло: 109 видів птахів, 64 види ссавців, 20 видів плазунів та 3 види земноводних. Але вже з початку 80-х ХХ ст. за даними МСОП в середньому щоденно (!) зникав 1 вид (або підвид) тварин, а щотижня (!) – 1 вид рослин.

Зараз вимирання загрожує ще біля 1000 видам птахів та ссавців (приблизно 1/2 з них мешкають у тропічних лісах, які вирубаються зі швидкістю декілька десятків гектарів за хвилину).

Під загрозою зникнення зараз знаходиться: 1/4 всіх видів земноводних, 1/7 – видів плазунів та 1/10 – видів рослин.

Рослинний світ Землі постійно втрачає своє різноманіття та цілісність - не менше 1/6-1/4 частини суходолу позбавлено природного рослинного покриву. Під значним господарським впливом знаходиться біля 50 % поверхні суходолу.

Урбанізація щорічно поглинає біля 300 тис. га сільськогосподарських земель.

Для обґрунтування стратегії охорони природи в 70-х рр. ХХ ст. були сформовані три принципи збереження навколишнього середовища:

- принцип необхідності різноманіття природи – лише різноманітна та багатовидова жива природа може бути стійкою та високопродуктивною;
- принцип потенціальної корисності кожного компонента природи – неможливо передбачати, яке значення для людства може мати той чи інший вид у майбутньому;

- *принцип загального зв'язку в живій природі* – випадання будь-якого одного ланцюга в природі часто призводить до непередбачених наслідків.

Теорія та практика охорони природи тісно пов'язано з екологією, оскільки головне завдання останньої полягає у відповіді на питання: “Скільки організмів мешкає на даній території? Де і йולי їх можна зустріти? Чому?”.

2. За різними підрахунками на Землі існує від 3 до 10 млн. видів тварин (зараз описано біля 1,5 видів) та 0,5 млн. видів рослин. При цьому, біля 99 % біомаси зосереджено саме в рослинах.

Таке співвідношення пояснюється на підставі концепції пірамід біомаси та енергії та особливостями трофічних ланцюгів. Оскільки тварини є консументами (або редуцентами), вони займають трофічні рівні з 2-го та вище; тому видове різноманіття (яке обумовлюється різноманіттям екологічних ніш) вони мають вище, але загальну біомасу, відповідно до правила Тіннемана, вони мають нижчу.

Поверхня Земного шару можна розглядати як складну мозаїку умов та ресурсів, які зумовлюють різноманітність екологічних ніш, тобто місць, придатних для існування тих чи інших видів.

Тоді наявність (тобто, *поширеність*) та щільність (тобто *інтенсивність*) кожного виду визначається низкою факторів:

- *історичними подіями*, завдяки яким у визначеному районі з'явилися ті чи інші організми;
- *дією локальних умов середовища*;
- *біологічними властивостями виду*, в т.ч. здатністю протидіяти конкурентам, хижакам та паразитам;

Всю сукупність причин рідкості (або вимирання) окремих популяцій чи видів можна розділити на дві групи:

- *ендогенні (або природні) причини*, які не пов'язані із діяльністю людини;
- *екзогенні, антропогенні*.

Ендогенні, або природні, причини:

1. *Сукцесійні та/або довготривалі зміни середовища існування; зміни середовища існування; природні катастрофи* (наприклад, вимирання динозаврів; плейстоценові вимирання, пов'язані із льодовиковим періодом).
2. *Стенобіонтність виду* (особливо, стенофагія) (наприклад, суматранський носоріг, амурський тигр, даурський журавль).
3. *Особливості життєвого циклу*. Першими вимирають, або знижують чисельність, великі види, які характеризуються

низьким репродуктивним потенціалом – тобто К-види (наприклад, ссавці, великі птахи).

4. *Недостатня спадкова мінливість; інbredна депресія; “ефект засновника”, в деяких випадках гібридизація* (наприклад, гепард). (Цьому сприяють низька щільність, обмеженість розповсюдження, інсуляризація місць зростання).
5. *Біоценотичні взаємодії* (наприклад, зменшення або зникнення симбіонтів, прес хижаків чи конкурентів, епізоотії).
6. *Еволюційні зміни* (зараз вже вимерло 99,99 % видів, що колись існували на Землі).

В цілому, внаслідок природних причин з 1600 р. вимерло біля 25 % видів ссавців, що зникли за цей час.

Антропогенні причини:

1. *Знищення місць існування, насамперед, клімакських лісних біоценозів:*

- в якості палива (в середині 60-х рр. ХХ ст. щорічно використовувалось біля 550 млн.т. лісової продукції);
- в промисловості (особливо, целюлозно-паперової) та суднобудуванні (в XVI-XIX ст. ліса на більшій частині Європи були знищені та перетворені в деревний вугіль для ковальського діла);
- при випалюванні лісів для створювання с.-г. угідь та пасовищ.

(Наслідки: зараз середземноморські ліси займають 5 % своєї початкової площі; втричі знизилась площа лісів Африки та Канади; в зв'язку із вирубанням лісів зникло вже 40 видів із 68 авіафауни Гавайських островів, серед яких й Гавайські квіткарки, що були описані ще Ч. Дарвіном; під загрозою зникнення гірські горіли в Уганді та мадагаскарські лемури.)

2. *Порушення нативних місць зростання* (внаслідок пожегів, осушення лагун та боліт).

(Наслідки: в цілому внаслідок порушення та деградації місць існування та внаслідок зменшення або погіршення харчової бази з 1600 р. зникло 173 видів ссавців (біля 19 %) та 20 % зниклих видів птахів.)

3. *Надмірне полювання.* (Наслідки: в Європі лев зник на початку н.е.; останній тур загинув у 1627 р.; останній тарпан – у 1914-1918 рр.; остання зебра-квагга була знищена в Південній Африці у 1870 р.)

“Великі побоїща XIX ст.” Справжнє винищування птахів та диких ссавців розпочалося з моменту відкриття отрути та вогнепальної зброї. Менш ніж за 80 років чисельність бізонів в Північній Америці зменшилася

з 60-100 млн. до 541 (!) особини. Чисельність деяких колоній мандруючого голуба досягала 2 млрд., але останній голуб загинув у 1914 р. в зоопарку м. Цинцинатті.

4. *Торгівля живими об'єктами, їх шкурами, пір'ям, яйцями* тощо. (Наслідки: Із Кенії контрабандним шляхом щорічно вивозиться більш 50 тис. шкур пантер, леопардів, гепардів. В середині XIX ст. на базарах Європи щорічно продавалися бивні майже 70 тис. слонів.)
5. *Інтродукція видів.* (Наслідки: В 1874 р. із Англії в Австралію було привезено 24 кроля; з 1945 по 1949 рр. в Англію було експортовано біля 248 млн. шкурок кролів з Австралійських популяцій. Кожен 6-й вид ссавців та кожний 4-й вид птахів, що щезли з 1600 р., щезли завдяки дії інтродукованих хижаків.)
6. *Боротьба із шкідниками та носіями інфекцій.* (Наслідки: В 1964 р. на заготівельні пункти Миколаївоблпотребспілки було здано більше 430 тис. шкурок крапчастого ховраха, а в 1979 р. – лише 350 (!), тобто, за 15 років інтенсивного промислу чисельність ховраха знизилася у 1000 разів.)

3. У 80-х рр. XX ст. були сформульовані основні принципи для розробки та проведення заходів по збереженню видового різноманіття біоценозів: *найбільш прийнятний спосіб підтримання життєздатності екосистеми полягає у ототожненні її із життєздатністю популяцій критичних (ключових) видів, що входять до її складу.*

Т.ч., головний упор повинен бути зроблений на охорону цілих біоценозів, або навіть біомів.

Тому, під час відбору критеріїв для охорони того чи іншого виду необхідно це враховувати. Для охорони відбирати насамперед:

1. Види, представники яких своєю життєздатністю підвищують умови, необхідні для організмів інших видів.
2. Види-мутуалісти, представники яких своєю життєздатністю підвищують життєздатність інших видів (наприклад, сприяють розселенню або відтворенню).
3. Хижаки та паразити, які регулюють чисельність популяцій інших видів та відсутність яких може привести до падіння видового різноманіття біоценозу.
4. Види, представники яких з точки зору людини володіють духовною, естетичною, рекреаційною або господарською цінністю.
5. Рідкі, або зникаючі види.

Відбір цих видів базується на загальноприйнятим постулаті: “різноманіття – завжди на благо”.

Охорону біоценозів (включаючи все їх живі компоненти) покликано проводити т.зв. *охоронні території*.

В Україні (на 01.01.98 р.) в склад природно-заповідного фонду входило 6620 територій та об'єктів, загальною площею 2209 тис. га, тобто біля 3,7 % площі держави.

Класифікація охоронних природних об'єктів та територій, що розроблена в “Законі України про ПЗФ” наступна:

1. *Природний заповідник* – територія, яка виділяється для охорони в природному стані типових або унікальних для даної зони природних комплексів із всіма її компонентами. (В Україні створено 14 природних заповідників.)
2. *Біосферний заповідник* – територія міжнародного значення, яка виділяється для збереження в природному стані ділянок біосфери, проведення фонових моніторингу та вивчення природного середовища. (В Україні 3 БЗ – “Асканія-Нова”, Чорноморський БЗ, та Карпатський БЗ).
3. *Національні природні парки* створюються з природоохоронною, рекреаційною, культосвітньою на науково-дослідницькою метою для охорони та вивчення природних комплексів особливого значення в місцях, які мають природну, оздоровчу, культурну або естетичну цінність. В них виключена господарська діяльність. (В Україні 7 НПП, площа яких 22 % від всієї території ПЗФ.)
4. *Регіональні природні парки* (на їх території господарська діяльність не виключається).
5. *Заказник*.
6. *Пам'ятник природи*.
7. *Заповідне урочище*.
8. *Ботанічні сади*.
9. *Дендрологічні парки*.
10. *Зоологічні парки*.
11. *Пам'ятники садово-паркового мистецтва*.

Червона книга (Red Book Data) – назва узагальнюючих списків рідких видів рослин та тварин і видів, що знаходяться під загрозою знищення.

Вона містить короткі дані щодо їх біології, поширення, чисельності, причинах уразливості тощо. Її видає з 1966 р. Міжнародний Союз Охорони природи та природних ресурсів (МСОП). В 1979 р. у відповідні томи ЧК було включено: 321 вид та підвид ссавців; 485 видів птахів; 141 вид плазунів; 41 вид земноводних; 194 виду риб.

Всі види в ЧК мають одну з п'яти категорій статусу виду, що охороняється:

I категорія: види, що знаходяться під загрозою зникнення, збереження яких не можливо без проведення спеціальних заходів;

II категорія: види, чисельність яких відносно висока, але катастрофічно швидко скорочується;

III категорія: рідкі види, яким в теперішній час не загрожує зникнення, але вони зустрічаються на невеликих територіях в обмеженій кількості;

IV категорія: види, біологія яких вивчена недостатньо, чисельність та стан їх викликає занепокоєння;

V категорія: види, які відновлювані, стан яких завдяки прийнятим заходам охорони вже не викликає занепокоєння.

Червона Книга України (УССР) заснована в 1976 р. В неї було включено 85 видів тварин. В 1994 р. вийшла ЧКУ (у двох томах), до якої включено: 429 видів рослин; 28 видів мохоподібних; 30 видів грибів; 27 видів лишайників; 171 вид водоростей; 382 виду тварин.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке охорона природи?
2. Які вам відомі принципи збереження середовища?
3. Які головні причини рідкості виду?
4. Які вам відомі природні причини зникнення видів?
5. Які вам відомі антропогенні причини зникнення видів?
6. Які критерії необхідно враховувати при відборі видів для охорони?
7. Що таке природно-заповідний фонд? Які вам відомі головні об'єкти ПЗФ?
8. Що таке Червона книга? Які види фауни та флори України занесені у ЧКУ?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова література

1. Бедрій, Я. І., Піча В. М. Екологія. Короткий навчальний словник-довідник. Львів : Магнолія 2006, 2023. 240 с.
2. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища: навч. посіб. 4-те вид., випр. і допов. Суми : Університетська книга, 2023. 316 с. .
3. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища : Київ : Університетська книга, 2025. 316 с.
4. Гайченко В. А., Царик Й. В. Екологія тварин : навчальний посібник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 232 с
5. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини : навчальний посібник. Одеса : Олді+, 2025, 400 с.
6. Екологія : методичні рекомендації для виконання лабораторно-практичних робіт та вивчення дисципліни для здобувачів вищої освіти СВО «Бакалавр» освітньої спеціальності 181 «Харчові технології» денної форми навчання/ уклад. С. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2021. 30 с.
7. Екологія: основи екології : навч. посіб. / Б. І. Харченко, Н. Б. Харченко, О. Б. Харченко, В. І. Цимбалюк. Львів : Новий Світ-2000, 2022. 233 с.
8. Екологія: основи екології : навч. посіб. / Б. І. Харченко, Н. Б. Харченко, О. Б. Харченко, В. І. Цимбалюк. Львів : "Новий Світ - 2000", 2023. 233 с.
9. Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія : навчальний посібник. Одеса : Олді+, 2025, 416 с.
10. Іваненко О. І., Носачова Ю. В. Техноекологія: підручник. Київ : Кондор, 2017. 294 с.
11. Клименко М. О., Пилипенко Ю. В., Гроховська Ю. Р. Гідроекологія : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 380 с.
12. Клименко М. О., Залеський І. І. Техноекологія : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 348 с.
13. Климчик О.М. Урбоекологія : навчально-методичний посібник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 208 с.
14. Кучерявий В. П. Загальна екологія : підручник. Ч. 1. Львів : Новий Світ–2000, 2025. 290 с.
15. Кучерявий В. П. Загальна екологія : підручник. Ч. 2. Львів : Новий Світ–200», 2025. 340 с.
16. Кучерявий В. П. Урбоекологія : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2025. 460 с.
17. Лико Д. В., Лико С. М., Портухай О. І., Глінська С. О. Екологія : навчальний посібник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 300 с.

18. Соломенко Л. І., Боголюбов В. М., Волох А. М. Загальна екологія : Підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 346 с.

19. Хоботова Е. Б. Екологія людини : підручник. Харків : ХНАДУ, 2019. 343 с.

Допоміжна література

1. Odum E. P., Barrett G. W. Fundamentals of ecology. Belmont, CA : Thomson Brooks/Cole, 2005. 598 pp.

2. Smith T. M., Smith R. L. Elements of ecology. San Francisco : Benjamin Cummings, 2012. 704 pp.

3. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології: Теорія та практикум. Київ : Лібра, 2002. 352 с.

4. Бойко В.І., Нінова Т.С. Загальна хімічна технологія і промислова екологія : навчальний посібник. Черкаси : Видавничий відділ ЧНУ, 2013. 126 с.

5. Васюкова Т.Г., Ярошева О.І. Екологія: підручник. Київ : Конкорд, 2009. 524 с.

6. Екологія: Підручник / за ред. О. Є. Пахомова. Харків : Фоліо, 2014. 666 с.

7. Димань Т.Д., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів : підручник. Київ : ВЦ «Академія», 2011. 520 с

8. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології. Київ : Вища школа, 2001. 358 с.

9. Запольський А. К., Українець А. І. Екологізація харчових виробництв : підручник. Київ : Вища школа, 2005. 423 с.

10. Кучерявий В. П. Екологія. Львів : Світ, 2010. 520 с.

11. Лук'янова Л. Б. Основи екології: Методика екологізації фахових дисциплін : Навчально-методичний посібник для викладачів. Київ : ТОВ «ДСК-Центр», 2016. 210 с.

12. Промислова екологія : навчальний посібник / за редакцією Филипчука В.Л. Рівне : НУВГП, 2013. 495 с

13. Худоба В., Чикайло Ю. Екологія : навчально-методичний посібник. Львів : ЛДУФК, 2016. 92 с.

14. Шебанін В. С., Мельник С. І., Крамаренко С.С., Ганганов В. М. Аналіз структури популяцій. Миколаїв : МНАУ, 2008. 240 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://mepr.gov.ua/>

2. <https://www.dei.gov.ua/>

3. <https://necu.org.ua/>

4. <https://ecolog.mk.gov.ua/>

5. <https://ecolog-ua.com/>

6. <http://www.springerlink.com/home/main.mpx>

7. <http://www.sciencedirect.com/science/journals/agribio>
8. <http://eco.j.dea.kiev.ua/>
9. <http://www.sciencekomm.at/journal>
10. Шабанов Д., Кравченко М.. Екологія: біологія взаємодії. Онлайн-підручник. <https://batrachos.com/help-books-ecology>
11. Білявський Г.О. Основи екології. Онлайн-підручник. <https://textbooks.net.ua/content/category/37/53/43/>
12. Дорогунцов С.І., Коценко К.Ф., Хвесик М.А. та ін. Екологія : Онлайн-підручник. <https://buklib.net/books/21910/>

Законодавчо-нормативні акти

1. Закон України від 25 червня 1991 р. «Про охорону навколишнього природного середовища» – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
2. Закон України від 16 жовтня 1992 р. «Про охорону атмосферного повітря» – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>
3. Закон України від 16 червня 1992 р. «Про природно-заповідний фонд України» – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12/ed20170903#Text>
4. Закон України від 3 березня 1993 р. «Про тваринний світ» – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3041-12#Text>

Навчальне видання

ЕКОЛОГІЯ

Курс лекцій

Укладач: **Крамаренко Сергій Сергійович**

Формат 60×84.1/16. Ум. друк. арк. 0,9

Тираж ___ прим. Зам № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету.
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013