

Курс Екологія екосистем

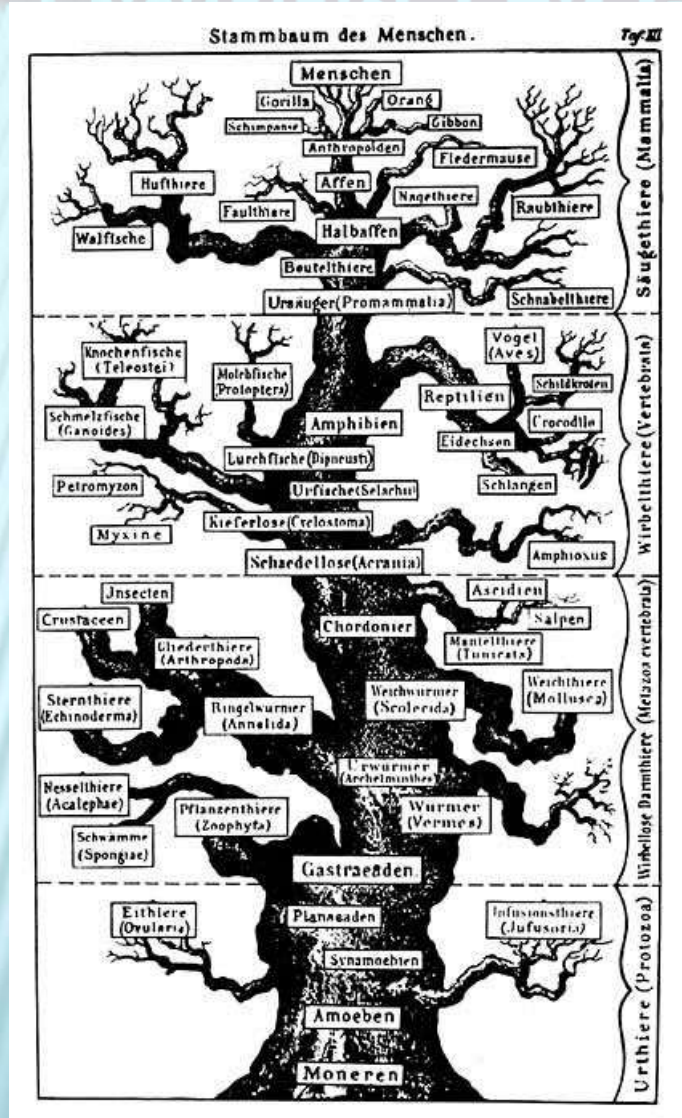
ЛЕКЦІЯ 2. ЕКОЛОГІЯ ЕКОСИСТЕМ (ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ) ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА ОБЛАСТЬ ЗНАНЬ

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



Екологія бере свій початок від праць відомого німецького зоолога **Ернста Геккеля** (1834 – 1919), опублікованих у 1866 і 1868 рр. них він уперше зробив спробу дати визначення цієї галузі знання. Вчений виявив, описав і назвав тисячі нових видів, зробив **карту генеалогічного дерева**, що стосується всіх життєвих форм, і створив багато термінів в біології, зокрема тип, філогенез, царство найпростіших і власне **екологія**.

ГЕНЕАЛОГІЧНЕ ДЕРЕВО ГЕККЕЛЯ



Генеалогічне дерево Геккеля — це схема, розроблена німецьким зоологом Ернстом Геккелем, що зображує взаємозв'язки всіх форм життя і ілюструє теорію еволюції. Це дерево пов'язує всі життєві форми, відображаючи, як, на його думку, біологічний розвиток окремого організму (онтогенез) є коротким повторенням еволюційної історії виду (філогенезу)

ФІЛОГЕНЕТИЧНЕ ДЕРЕВО



750x900

- × Філогенетичне дерево (еволюційне дерево, дерево життя) — дерево, що відображає еволюційні взаємозв'язки між різними видами, іншими таксонами, генами або іншими об'єктами, що мають загального предка.

ЕКОЛОГІЯ

Екологія (від еко... і грец. логос – вчення) – у класичному розуміння біологічна наука, яка досліджує взаємодії рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів та вірусів між собою та навколишнім середовищем.

Предметом вивчення екології є надорганізмові системи, їх структура та функціонування на рівні видів, популяцій, екосистем, біогеоценозів та біосфери.

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



Праця нглійського вченого **Чарльза Елтона** (1900-1991) "Екологія тварин" (1927) започаткувала розвиток **популяційної екології**. Цього вченого також вважають родоначальником **еволюційної екології**.

Ч.Елтон, зокрема, вказував, що хоча термін "екологія" є відносно молодим, він просто є новою назвою дуже старої науки.

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



- ✘ Після опублікування в 1935 р. праці **Артура Тенслі** про користування та зловживання фітоценологічними поняттями й термінами, праць **Володимира Станчинського** (1934), а також на початку сорокових років ХХ ст. – **Владимира Сукачова** (1944), починає формуватися ще один розділ екології, який за кордоном одержав назву "**вчення про екосистеми**", а в колишньому СРСР – "**біогеоценологія**".

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ

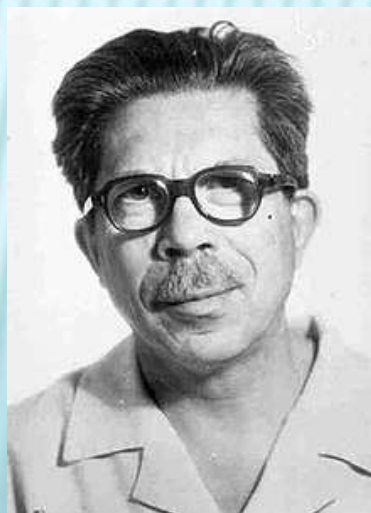


Володимир Станчинський (1882-1942) стояв на межі великого синтезу генетики, еволюції та екології, але не був зрозумілий сучасниками. Він перший прийшов до ідеї створення **біосферних заповідників** (1932 р.) та проведення в них моніторингу, розробляв теорію екологічної диференціації, Власне цьому вченому належать слова *"Ми в Україні думали над питанням створення такої станції (стаціонарної дослідної — авт.), яка була б пов'язана з певним господарським районом. Тут потрібно підкреслити, що надзвичайно важливе значення мають заповідники, які дають можливість порівнювати зміни, які відбуваються в певних господарських умовах з тим, що відбувається в природі"*

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



Важливу роль у становленні екології як науки відіграли такі вчені як : Ніколай Наумов (1902-1987), Michael Begon (1951), Eugene Odum (1913-2002), Ніколай Реймерс (1931-1993).



ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ

- ❑ **Юджин Одум** (*Eugene Pleasants Odum*; 17.09.1913 – 10.08.2002) — відомий американський еколог і зоолог, автор класичної праці «Екологія», яка досі є актуальною.
- ❑ У 1940-х і 1950-х роках екологія ще не була галуззю дослідження, визнаною як окрема дисципліна. Навіть професійні біологи, на думку Ю.Одума, як правило, не отримували належної освіти про те, як екологічні системи Землі взаємодіють одна з одною. Ю.Одум відзначив важливість екології як дисципліни, що повинна бути фундаментальним аспектом підготовки біолога.
- ❑ До Одума, екологія конкретних організмів і середовищ вивчалась в більш обмеженому масштабі в рамках окремих розділів біології. Багато вчених сумнівалися, що це може вивчатись у великому масштабі, або, в рамках окремої дисципліни.
- ❑ Книга братів Одумів «Основи екології» (уперше видана у 1953 році) була єдиним підручником у галузі протягом багатьох років. Їхня книга з того часу була виправлена і доповнена.
- ❑ У 2007 р. Інститут екології (*Institute of Ecology*), заснований Одумом при Університеті Джорджії, був перетворений на **Школу екології Одума** (Odum School of Ecology)

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



Важливу роль у становленні екології як науки відіграли такі вчені як : Вадим Федоров (1934-2015), Тихон Работнов (1904-2000), Олексій Яблоков (1933-2017) та інші.



ПОДІЛ ЕКОЛОГІЇ НА РОЗДІЛИ



У межах екології виділяють такі розділи:

- **аутекологію (екологію організмів),**
- **демекологію (екологію популяцій),**
- **синекологію (біоценологію, екологію угруповань),**
- **екологію екосистем (екосистемологія),**
- **глобальну екологію (біосферологія).**

Розрізняють цілу низку **прикладних і часткових розділів цієї науки**: лісова екологія, сільськогосподарська екологія, географічна екологія, хімічна екологія, геохімічна екологія, інженерна екологія, морфологічна екологія, фізіологічна екологія, еволюційна екологія, історична екологія, палеоекологія, соціальна екологія, екологія людини.



Михайло Голубець
академік НАН України,
засновник наукової
школи екосистемології

1930-2016

БІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

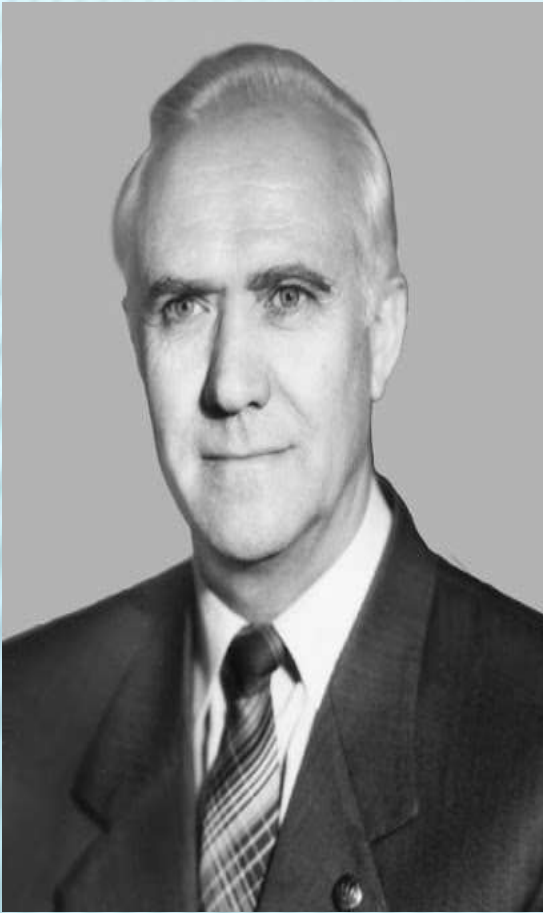


У 1948 році, після закінчення середньої школи М.А. Голубець вступив до Львівського сільськогосподарського інституту, який закінчив 1953 року, здобувши кваліфікацію інженера лісового господарства.

У 1953 р. році був прийнятий до аспірантури при кафедрі лісівництва цього інституту, після закінчення якої 5 років працював науковим співробітником у відділі меліорації й боротьби з ерозією ґрунтів Науково-дослідного інституту землеробства і тваринництва західних районів України.

Ще будучи аспірантом, М.А. Голубець робить узагальнення з питань щодо росту, продуктивності, довговічності та вирощування культур ялини європейської в рівнинній частині західних областей України. Ці узагальнення знайшли відображення в дисертації (захищена 1960 р.) на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук.

БІОГРАФІЧНА ДОВІДКА



Від 1962 року М.А. Голубець працював в наукових установах Академії наук УРСР: спочатку старшим науковим співробітником Наукового природознавчого музею, завідувачем відділу й директором Державного природознавчого музею.

У 1974 році він став заступником директора з наукової роботи Інституту ботаніки ім. М.Г.Холодного АН УРСР і керівником Львівського відділення цього ж інституту, **а з 1991 до червня 2007 р. — директором Інституту екології Карпат НАН України**, від 2007 р. був почесним директором цього ж інституту.

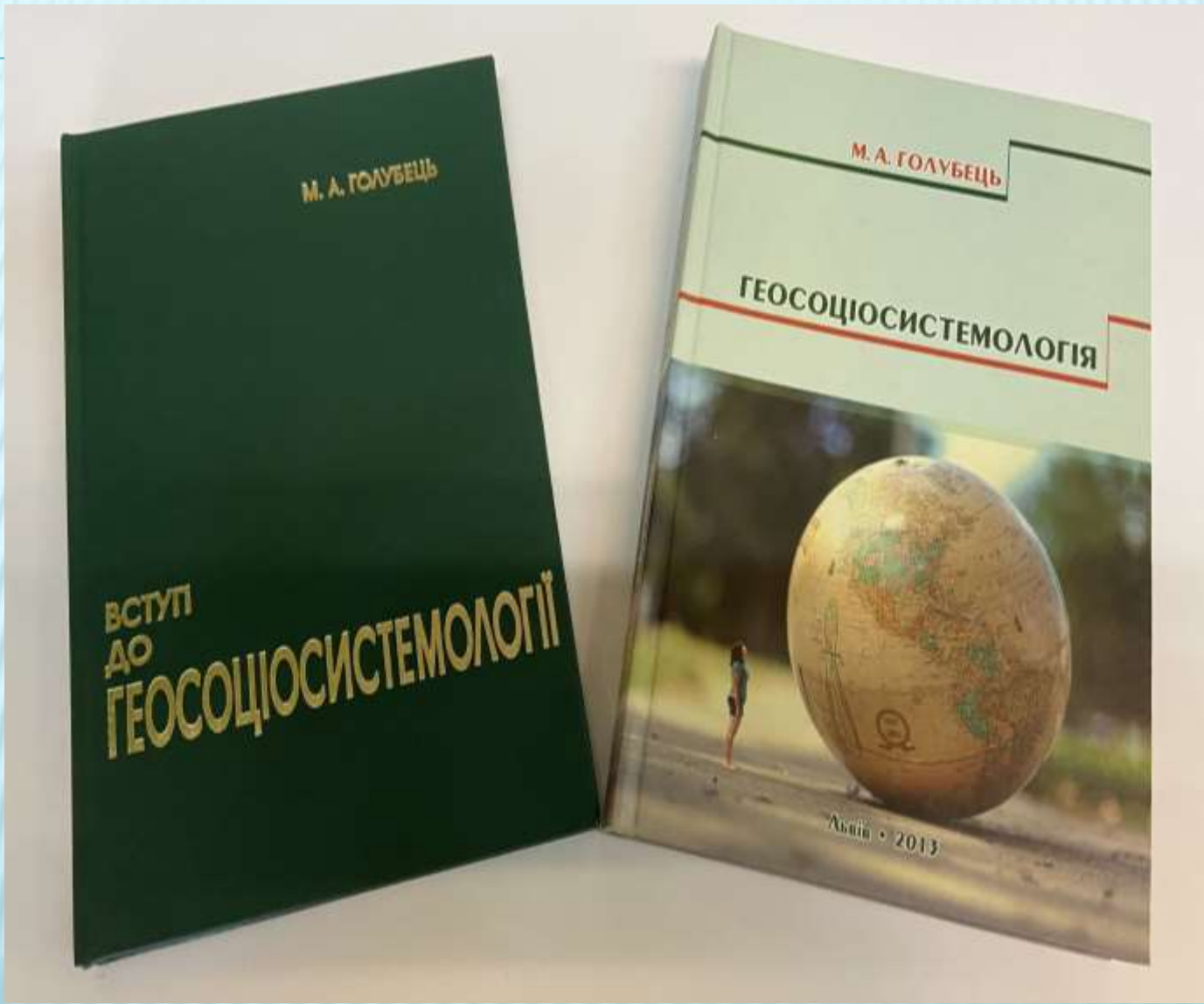
НАУКОВА ДІЯЛЬНІСТЬ

Загалом за час наукової діяльності академік М.А. Голубець опублікував понад 500 наукових праць з питань ґрунтознавства, ботаніки, фітоценології, лісознавства, біогеоценології, екосистемології та геосоціосистемології, у тому числі 29 монографій



БАГАТОГРАННІСТЬ ВЧЕНОГО У ПУБЛІКАЦІЯХ





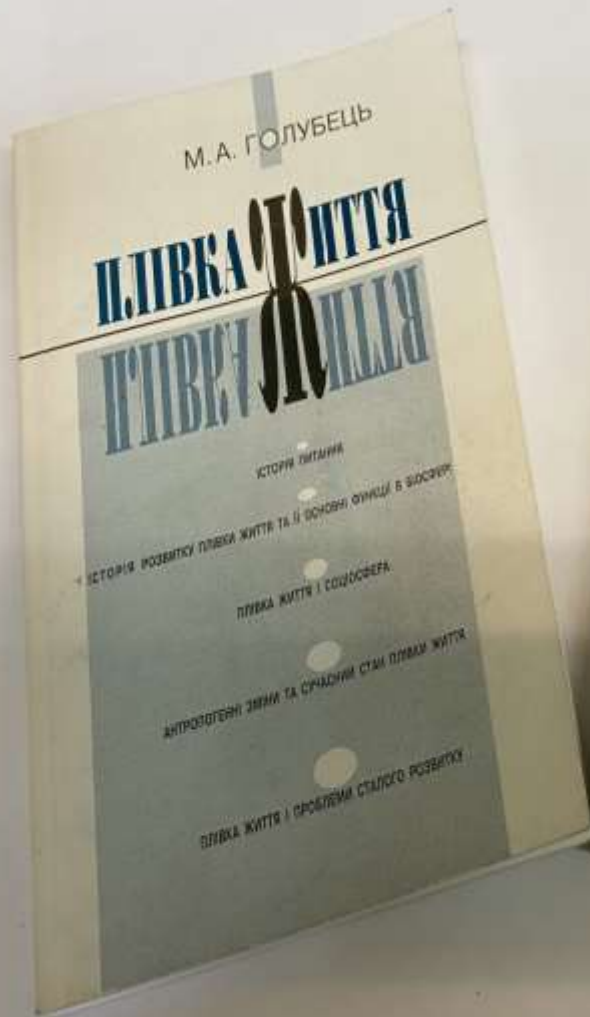
М. А. ГОЛУБЕЦЬ

ВСТУП
ДО
ГЕОСОЦІОСИСТЕМОЛОГІЇ

М. А. ГОЛУБЕЦЬ

ГЕОСОЦІОСИСТЕМОЛОГІЯ

Львів • 2013



НАУКОВА ШКОЛА ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ

Власне академіком НАН України Михайлом Голубцем було започатковано новий напрямок досліджень – **екосистемологію**, який сформувався на підставі критичного аналізу багаторічних наукових досліджень колективу науковців у галузі біогеоценології, лісової типології, геосоціосистемології та середовищезнавства на території Українських Карпат та став основою наукових досліджень відділу біогеоценології, а згодом і екосистемології.

Натепер у відділі сформувалися два наукових напрямки: еколого-зоологічних та ґрунтово-екологічних досліджень, тісна співпраця яких може забезпечувати вивчення структурно-функціональних особливостей екосистем західних регіонів України, тобто проведення комплексних екологічних досліджень, які необхідні для прийняття управлінських рішень в системі збереження біорізноманіття та охорони довкілля.

ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



Наукова школа екосистемології сформувалася на критичному аналізі великого масиву комплексних бігеоценологічних досліджень, які були започатковані зі створенням у 1965 р. у Державному природознавчому музеї відділу експериментальної екології та бігеоценології, який очолював геоботанік К.А.Малиновський, за ініціативи якого були розпочаті оригінальні дослідження лучних, чагарникових і лісових екосистем за Міжнародною біологічною програмою (МБП).

Період уже власне комплексних екосистемних досліджень, починаються від 1973 р., після утворення Львівського відділення Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного АН УРСР, а в його структурі — відділу бігеоценології під керівництвом члена-кореспондента НАН України, д.б.н., проф. Михайла Голубця

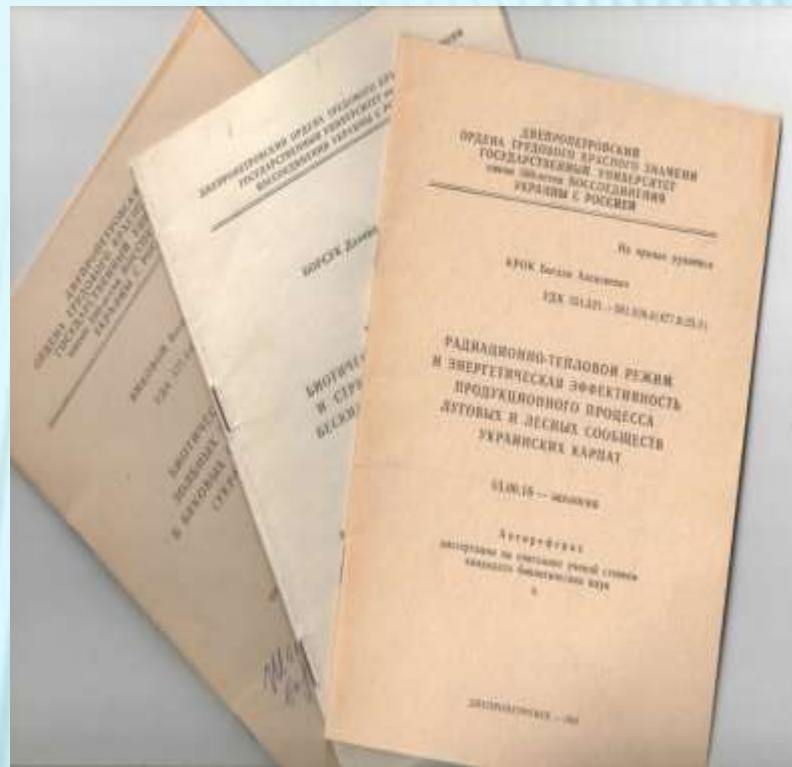
ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



У відділі сформувався потужний колектив науковців, кожен з яких відповідав за окрему ланку структурно-функціональної організації екосистем: М. А. Голубець, Я. П. Одинак, І. І. Козак, Д. В. Борсук, М. П. Козловський, Б. О. Крок, І. Шевчук, В. І. Яворницький, В. Т. Ямковий, Є. Лісничий, А. І. Євтушенко, О. Г. Марискевич та ін.).

Результати цих робіт опубліковані в колективній монографії (Биогеоценотический покров Бескид..., 1983).

ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



На підставі наукових досліджень за цей період співробітниками відділу біогеоценології було захищено низку дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (Борсук, 1984; Ямковой, 1985; Крок, 1985; Козловский, 1988).

ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ

У 1991 р. на базі наукового потенціалу відділу біогеоценології Львівського відлення інституту Ботаніки ім.М.Г.Холодного було створено відділ екосистемології, керівником якого став академік НАН України М.А.Голубець.

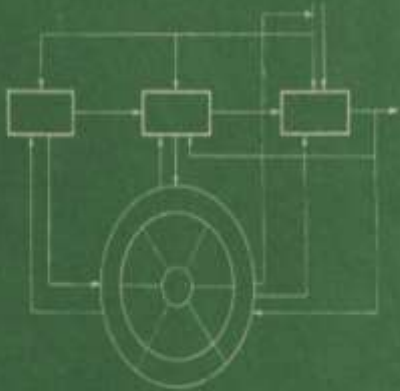


Новосформований відділ екосистемології продовжив дослідження за такими науковими напрямками:

- комплексне дослідження біогеоценологічного покриву та наслідків його антропогенної трансформації;
- вивчення екосистем та геосоціосистем гірських територій;
- особливості формування зооценозів наземних екосистем карпатського регіону прилеглих територій та їх біоіндикаційна роль;
- дослідження властивостей едафотопів природних та техногенних екосистем, процесів трансформації органічної речовини, складу деструкційних комплексів ґрунтової біоти та просторової міграції основних елементів організму

ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ

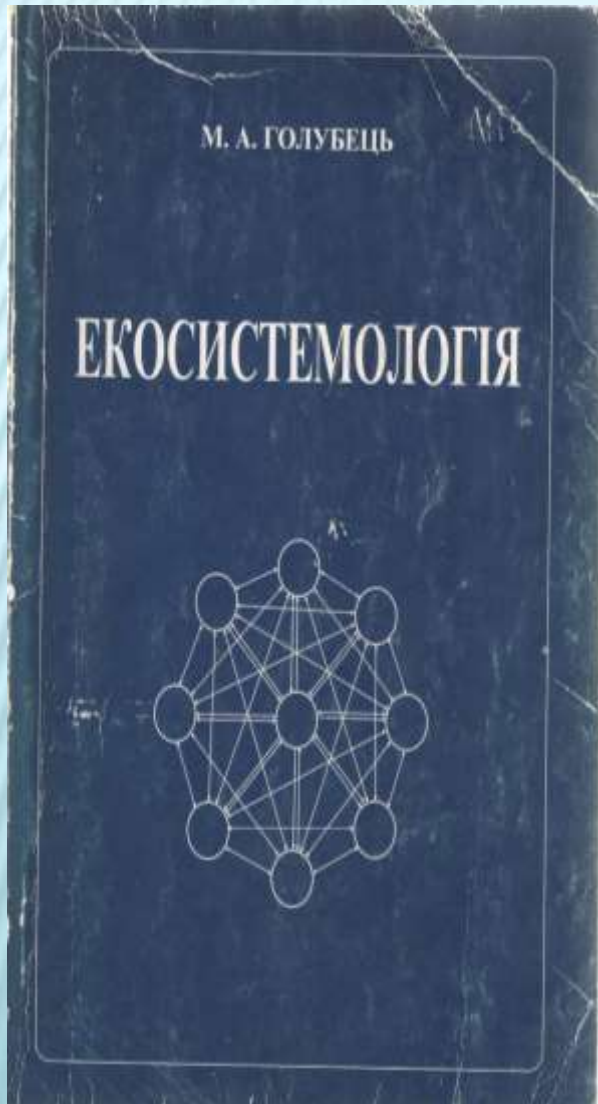
АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ БІОГЕО- ЦЕНОТИЧНОГО ПОКРИВУ В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ



Вагомим етапом екосистемологічних досліджень біогеоценотичного покриву й узагальнень щодо його структурно-функціональної суті стала колективна монографія «Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні» (Голубець та ін., 1994), яка заклала підґрунтя для нових фундаментальних узагальнень.

У монографії підбито підсумки багаторічних досліджень структурно-функціональних досліджень наземних екосистем і біогеоценотичного покриву, характеру та глибини змін у ньому під впливом лісогосподарської і сільськогосподарської діяльності, промислового виробництва та урбанізації.

ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



Результати наукових досліджень відділу стали основою для обґрунтування окрім аутоекології, демекології та синекології, четвертого розділу екології – екосистемології, наукова і прикладна сутність якої викладені в монографії «Екосистемологія» (Голубець, 2000), яка стала настільним підручником для фахівців екологів та була перевидана декілька разів

МЕТАМОРФОЗИ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



- × На думку **М.Голубця** (2007), через недостатню вимогливість фахівців і запал аматорів **екологія як один з найактуальніших розділів знання й наукова основа різноманітних видів господарської діяльності**, пов'язаних з використанням природних ресурсів і негативними змінами навколишнього природного середовища, справді **перетворилася у всеосяжну науку з великою кількістю визначень, об'єктів досліджень, завдань, і, поряд з цим, перегинів, недоречностей і неточностей**

МЕТАМОРФОЗИ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



Так, зокрема, **М.Ф.Реймерс** зображає "сучасну екологію" як конгломерат найневірогідніших її підрозділів. ,

"Усю систему екологічних наук" цей вчений розділяє на **фундаментальні та прикладні**.

До фундаментальних зараховує: "**сучасну біоекологію як праматінку мегаекології наших днів**". За ієрархією біотичних систем біоекологію розділяє на ендоекологію (молекулярна екологія, екологія клітин і тканин, фізіологічна екологія) та екзоекологію (аутекологія, демекологія, популяційна екологія, спеціоекологія, синекологія, біоценологія, біогеоценологія, біосферологія, екосферологія).

Серед **прикладних екологій** названі: промислова, сільськогосподарська, інженерна, соціальна, екологія людини, екологія культури, екологія духу, екологія народонаселення і багато інших. Загалом сучасна екологія (мегаекологія), за М.Ф.Реймерсом, складається з близько **50** різноманітних екологій.

МЕТАМОРФОЗИ ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



- × Усе це засвідчило **крайню потребу порятунку цієї надзвичайно актуальної галузі знань, без розвитку якої неможливо вирішити питання сталого розвитку та виживання людства в антропогенно зміненому довкілі.**
- × Досягти мети, тобто захистити екологію від розмивання, знеособлення та знецінення, можна **шляхом чіткого визначення її наукової сутності, об'єктів і методів їх вивчення, встановлення обсягу її компетенції та взаємовідносин із сусідніми галузями знань.**

ЕКОЛОГІЯ – ЦЕ РОЗДІЛ БІОЛОГІЇ



- × Кожен свідомий не лише еколог чи біолог, але й природничник повинен глибоко усвідомити те, що **екологія**, незалежно від епітету "сучасна" чи "майбутня", загальна чи прикладна, земна чи космічна, **була, є і має залишатися розділом біології**, тобто наукою, покликаною вивчати взаємовідносини живих істот та їх сукупностей між собою і з навколишньою неживою природою, структурно-функціональні властивості екологічних систем – від найменших консорційних до біосфери включно, історію формування, еволюцію, природну та антропогенну динаміку цих систем, їх корисні функції для людини та можливості їх розумного використання.

ЕКОЛОГІЯ – ЦЕ РОЗДІЛ БІОЛОГІЇ



Екологія - це наука **лише про системи організмового, популяційного та екосистемного рівнів організації**. Тому мови про якусь ендоекологію (гена, хлоропласта, клітини чи органу; Реймерс, 1994) не може бути.

Внутрішньоорганізмові структури та їх функціонування є предметом вивчення генетики, анатомії, морфології, фізіології, біохімії та інших розділів біології.

Якщо ж потрібно вивчати вплив зовнішніх (екологічних), а тим більше внутрішніх факторів (наприклад, внутрішньоклітинних – на стан гена чи хромосоми), на ці структури, **нема потреби вдаватися до засобів власне екології**. Для цього існують такі розділи біології, як екологічна біохімія, екологічна генетика, екологічна фізіологія тощо.

ЕКОЛОГІЯ – ЦЕ РОЗДІЛ БІОЛОГІЇ



Неприпустимим є використання екологічного інструмента для аналізу соціальних, демографічних, психологічних, технологічних чи морально-етичних явищ, а формування таких "екологій", як екологія особистості, екологія суспільства, екологія культури, екологія мистецтва, екологія духу, що є не лише абсурдним, але й шкідливим як для екології, так і для інших розділів наук – соціології, мистецтвознавства, культурології, народознавства та інших.

Глибоко помилковою є думка про те, що завданням "сучасної екології" ("мегаекології") має стати дослідження будь-яких об'єктів – не лише живих, але й неживих, технічних, економічних, суспільних, політичних (Реймерс, 1994) у навколишньому щодо них середовищі.

У цьому випадку одержимо не лише безмежну методологічну плутанину, але й відкриємо можливість виникнення "нових розділів екології" типу "екологія соціалізму", "екологія компартії", "екологія сільськогосподарського інвентаря", "екологія ринку", "екологія каменюки на дорозі" тощо.

СТРУКТУРА ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



- × Історія формування, практичний досвід і наукові здобутки служать основою для того, щоби в її межах розрізнати чотири основні розділи. Перші три: **аутекологія** (екологія організмів), **демекологія** (екологія популяцій) і **синекологія** (екологія угруповань, біоценологія) є більш-менш усталеними. Акаеміком М.Голубцем було обгрунтовано четвертий розділ екології – **екосистемологію**.

СТРУКТУРА ЕКОЛОГІЇ ЯК НАУКИ



- ✘ У межах **аутекології й демекології** розрізняють екологію рослин, тварин, мікроорганізмів, грибів чи систематичних їх підрозділів: екологію птахів, звірів, земноводних, безхребетних, злаків, бобових, мохів, лишайників, ведмедя, білки, ялини тощо.
- ✘ Об'єктом вивчення **синекології** можуть бути різноманітні угруповання рослин, тварин і мікроорганізмів, трофічні зв'язки між ними, чи, ширше, речовинно-енергетичний обмін, форми симбіотичного, паразитичного, мутуалістичного чи протокоопераційного співіснування в системах типу "хижак-жертва", "паразит-господар", "продуцент-консумент" та інших. Найбільшими її піддослідними одиницями є біоми, тобто біотичні комплекси фізико-географічних зон.
- ✘ Окремим розділом **біоценології** слід вважати фітоценологію, вчення про рослинні угруповання – фітоценози і рослинний покрив Землі, як сукупність фітоценозів. До неї належать також паразитоценологія, гідробіоценологія і інші схожі до них розділи знань.

ЧОМУ ПОТРІБНА НАУКА ПРО ЕКОСИСТЕМИ?

Спільною особливістю цих трьох розділів екології є те, що **об'єкти їх досліджень завжди вивчають в навколишньому природному середовищі.**

Предметом дослідження є вплив тих чи інших екологічних факторів (наприклад, вологи, світла, тепла, родючості ґрунту, товщини снігового покриву тощо) на стан, життєвість чи поведінку організму, популяції чи біоценозу.

В цих дисциплінах **екологічні умови завжди трактуються як зовнішній збурювальний чинник щодо піддослідної системи.** Середовище існування останньої ніколи не потрактовується як її структурно-функціональний блок, тобто **синекологія ніколи не піднімається до рівня екосистемних досліджень – аналізу аутекологічного, демекологічного чи синекологічного об'єкта в структурно-функціональній єдності із середовищем його існування – в екосистемі.**

Четвертий основний розділ екології – **екосистемологія** вимагає окремого всебічного обґрунтування.



ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ ЯК НАУКА ПРО ЕКОСИСТЕМИ

Поняття про екосистему сформульоване майже століття тому.

В 30-х роках минулого століття Людвіг фон Берталанфі та інші дослідники опрацювали **теорію систем**, практично стільки ж часу розвивається "новий кількісний напрям – екологія екосистем».

Проте ще й дотепер **існують сумніви щодо того, чи екосистеми підпорядковуються законам існування цілісних систем і чи їм властиві риси самоорганізації і саморегуляції.**



ОБ'ЄКТ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



На відміну від інших розділів екології **об'єктом екосистемології є екосистеми усіх розмірів і ступенів складності – від консортивної до біосферної, тобто живі системи, в котрих сукупність живих істот й абіотичне середовище їх існування творять функціональну єдність.**

Живий блок екосистеми без свого середовища не може існувати. Лише завдяки цій єдності в екосистемі відбуваються ті біотичні процеси, котрих не може реалізувати жодна із систем організмового і популяційного рівнів організації, передовсім біотичний колообіг, енергетичний обмін, накопичення вільної енергії, саморегуляція і самозбереження.

ПРЕДМЕТ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



- 1) вивчення **морфологічної структури екосистем**, тобто вертикальної (ярусність, синузальність, шаруватість) і горизонтальної (мозаїчність, парцелярність) будови біогеоценотичної товщі (рослинного вкриття, ґрунту чи води насичених тваринними, мікробними і грибовими організмами);
- 2) **взаємозв'язки між структурними компонентами** (блоками, підсистемами) **екосистем** (залежно від потреб – морфологічними, трофічними та іншими);
- 3) **функціональні показники екосистеми та її окремих структурних блоків** (енергетичних, водотрансформаційних, організаційних, біогеохімічних, середовищевірних, біопродукційних, захисних, оздоровчих, естетичних та інших), швидкості екологічних процесів, їх спрямованості, тривалості й господарської ефективності;

ПРЕДМЕТ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



- 4) **особливості і механізми самоорганізації, саморегуляції і самозбереження екосистем**, їх внутрішнього речовинно-енергетичного та інформаційного обміну, показників неентропійності, стійкості щодо зовнішніх природних та антропогенних чинників, стабільності існування в часі та просторі;
- 5) **міжекосистемні взаємозв'язки і міжекосистемний речовинно-енергетичний та інформаційний обмін** як основа стійкості й стабільності мегаекосистем і біосфери;
- 6) можливості та розміри **використання природних ресурсів екосистем** для народногосподарських потреб без зменшення або руйнування їх екологічного потенціалу та з цілеспрямованою орієнтацією на реалізацію ідей сталого розвитку;

ПРЕДМЕТ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



- 7) масштаби і наслідки **антропогенних змін у структурно-функціональній організації екосистем**, способи ренатуралізації трансформованих і девастрованих екосистем з метою оптимізації біогеоценотичного покриву;
- 8) **структурно-функціональні особливості** та ефективні способи створення **штучних** (аграрних, лісових, водних, урбаністичних та інших) **екосистем** й ефективне підтримання їхніх функцій;
- 9) теоретичне обґрунтування структури, програми, методів і **параметрів екологічного моніторингу** в екосистемах різних ступенів організованості;
- 10) **генезис та історія розвитку екосистем**;
- 11) **моделювання та прогнозування екологічних процесів**.

МЕТОДИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



З огляду на те, що екосистеми належать до категорії дуже складних систем, а їхніми структурними компонентами є безліч живих істот, їх історичні, просторові, трофічні та інші сукупності, абіотичне середовище, **екосистемологія використовує методи досліджень різних суміжних галузей знань**: палеонтології, географії, кліматології, метеорології, гідрології, ґрунтознавства, геохімії, ботаніки, зоології, мікробіології, фізіології, математики, кібернетики та інших.

Екосистемологія використовує також загальнонаукові методи структурного, системного і функціонального аналізів,

До суто специфічного методичного апарату зараховують методи вивчення вертикальної (біогеогоризонтної) і парцелярної будови, трофічної структури, енергетичного і біогеохімічного обміну, біопродукційних і трансформаційних процесів, міжекосистемних зв'язків, екологічної ємкості, потенційних можливостей, толерантності, стійкості, стабільності, регенераційної здатності екосистем та інших.

ЗАКОНИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ

- ❑ Нараховують понад 30 “екологічних законів”, принципів і правил, які відображають об'єктивну дійсність будови, функціонування, еволюції й динаміки екосистем. Інші науковці подають 64 закони.

ЗАКОН СПРЯМОВАНOSTІ ПОТОКУ ЕНЕРГІЇ

- Ю.Одум називав його законом одностороннього потоку енергії та колообігу речовин: енергія, яку одержує екосистема і засвоюють продуценти, розсіюється або разом з їх фітомасою передається консументам першого, другого і наступних порядків аж до редуцентів із зменшенням потоку на кожному трофічному рівні внаслідок процесів, що супроводжують дихання.
- Загалом, це уявлення про потік енергії через продуцентів до консументів і редуцентів з падінням величини потоку на кожному трофічному рівні (в результаті процесів життєдіяльності).



ЗАКОН СПРЯМОВАНOSTІ ПОТОКУ ЕНЕРГІЇ

ЕКОЛОГІЧНА ПІРАМІДА



ЗАКОН ЕКОЛОГІЧНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ

- В екосистемі, як і в будь-якому іншому цілісному природно-системному утворі з участю живого, всі її живі та абіотичні компоненти функціонально відповідають одні одним.
- **Приклад:** взаємозв'язок між хижаком та жертвою: зникнення хижака, як-от вовків у певній місцевості, може призвести до надмірного зростання популяції їхньої здобичі, наприклад, оленів. Це спричинить виснаження рослинності, яка є їжею для оленів, що, своєю чергою, негативно вплине на всю екосистему, призводячи до голоду та скорочення чисельності самих оленів, а також впливаючи на інші види, що залежать від рослинності.

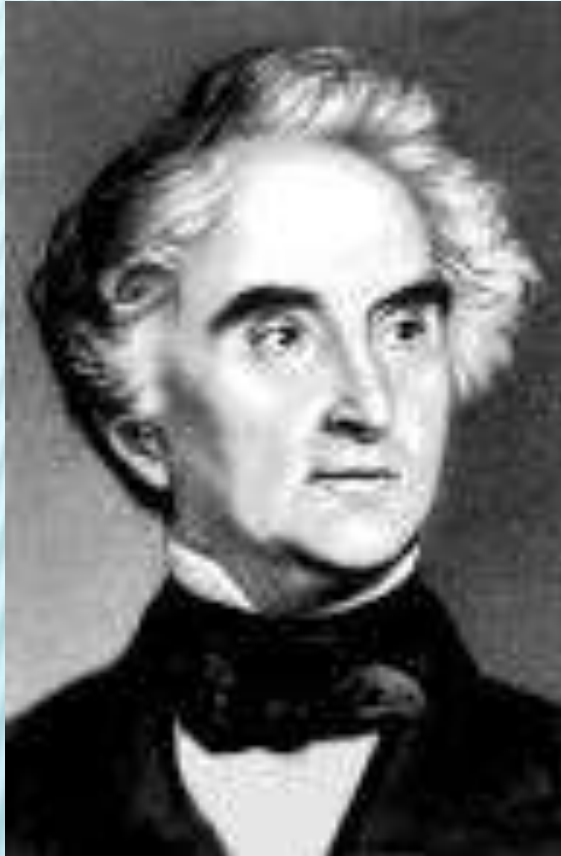


ЗАКОН ЕВОЛЮЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕЗВОРОТНІСТІ (ЗАКОН ДАРВІНА-ДОМО)

- ❑ Біологічний вид, який у ході еволюції зник з органічного світу Землі ніколи більше не з'явиться. Екосистема, яка втратила частину своїх елементів або замінена іншою екосистемою внаслідок дисбалансу екологічних компонентів, тобто в якій втрачені старі, а натомість виникли нові функціональні зв'язки і сформована нова припасованість видів, **не може повернутися до свого первинного стану в процесі природної сукцесії.**
- ❑ **Приклади:** наземні хребетні тварини в процесі вторинного пристосування до життя у воді не стають знову рибами і не набувають ознак, властивих риbam (наприклад, зябер тощо).



ЗАКОН МІНІМУ ЛІБІХА



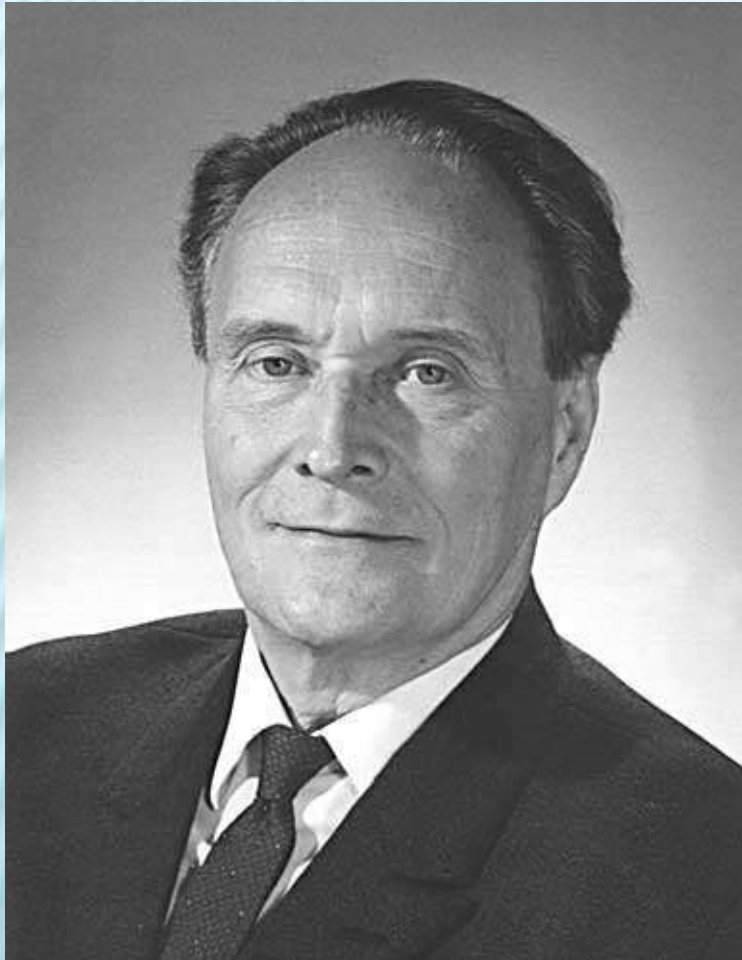
- *За стаціонарного стану системи лімітаційною буде та речовина, доступна кількість якої найближча до необхідного мінімуму, або лімітаційним слід уважати той фактор, відносно мінімальні зміни котрого забезпечують досягнення заданої (достатньо малої) відносної зміни функції*
- *Приклад:* ріст рослин та їх врожайність обмежуються поживною речовиною, що є присутньою в найменшій кількості

ЗАКОН МІНІМУ ЛІБІХА



Бочка Лібіха – це ілюстративний приклад, який пояснює дію закону мінімуму. Уявимо дерев'яну бочку, яка складається з дощок різної довжини. Вода в ній починає витікати через найкоротшу дошку, незалежно від того, якою довгою є решта дощок. У цьому порівнянні дошки символізують живильні речовини, а найкоротша дошка – це обмежувальний фактор. Якщо ґрунту бракує одного елемента (наприклад, калію), то навіть у разі надлишку азоту чи фосфору рослина не може повністю розкрити свій потенціал. Щоб «відремонтувати» бочку, необхідно подовжити саме ту дошку, яка є найкоротшою – тобто компенсувати дефіцит елемента живлення, що є в мінімумі.

ЗАКОН КОНКУРЕНТНОГО ВИКЛЮЧЕННЯ ГАУЗЕ



- Два види не можуть спільно існувати, якщо вони залежать від одного й того ж лімітованого для них ресурсу

ЗАКОН КОНКУРЕНТНОГО ВИКЛЮЧЕННЯ ГАУЗЕ

- Як приклад закону конкурентного виключення можна навести зміну чисельності плотви, красноперки і окуня за їх спільного проживання в озері. Плотва з часом витясняє красноперку та окуня. Дослідження показали, що конкуренція проявляється на стадії мальків, коли кормові спектри молодняка перекриваються. В цей час мальки плотви вже є більш конкурентноздатними
- В природі часто конкуруючі за їжу чи простір види розділяються в часі. Відбувається поділ тварин на денних і нічних (яструби і сови, ластівки і кажани, різні види комах і риб, які є активними в різний час доби).

ЗАКОН КОНКУРЕНТНОГО ВИКЛЮЧЕННЯ ГАУЗЕ

Різні види характеризуються відмінними життєвими стратегіями, що дозволяють найоптимальніше використовувати наявні ресурси та існувати в комфортних умовах зони толерантності



Птахи, незважаючи на приналежність до одного біоценозу, практично не зустрічаються один з одним - це пов'язано з тим, що кожний вид у межах одного біоценозу займає **різні екологічні ніші**

ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТІ ШЕЛФОРДА



- Для організмів характерні як екологічні мінімуми, так і екологічні максимуми, а діапазон між ними є показником толерантності (витривалості) щодо того чи іншого фактору

ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТІ ШЕЛФОРДА



- × Більшість живих організмів мешкає у достатньо вузькому діапазоні коливань чинників довкілля (температура 0-50 °С, достатня кількість рідкої води, атмосферний тиск – близько 1 атмосфери тощо). Проте, у межах біосфери є місця, де більшість організмів існувати не здатні через наявність специфічних умов. Завдяки еволюційній адаптації у них сформувалися унікальні пристосування, які дозволяють успішно існувати у такому довкіллі. В залежності від екстремального чинника, такі організми називають – **фільними**: *термофільними* (існують за умов високої температури), *кріофільними* (за умов низької температури), **галофільними (за умов високої солоності)**. Організми, які виразно уникають зон з близькими до екстремальних значень екологічних факторів, називають – **фобними**: *кріофобні, гідрофобні, антропофобні* тощо

.

ЧОТИРИ ЗАКОНИ ЕКОДИНАМІКИ Ю.ГОЛДСМІТА

- ❑ **Закон збереження інформаційної та соматичної структури біосфери** (співзвучний із законом фізико-хімічної єдності і постійної кількості живої речовини В.Вернадського)
- ❑ **Закон стремління до клімаксу** (підсилює закони послідовності фаз розвитку і сукцесійного сповільнення на стадії ендогенезу екосистем)
- ❑ **Закон екологічного порядку або екологічного мутуалізму** (будь-який випадково чи штучно внесений людиною в систему чужий компонент буде елімінований нею, або на підтримання його існування в системі будуть потрібні додаткові енергетичні затрати).
- ❑ **Закон самоконтролю та саморегуляції живого** (метаморфоз комах з повним перетворенням може відбуватися лише в напрямку яйце — личинка — лялечка — імаго без випадання або змін послідовності будь-якої з фаз).

ЗАКОНИ В.І.ВЕРНАДСЬКОГО ПРО БІОСФЕРУ



- **Закон біогенної міграції атомів** – міграція хімічних елементів у біосфері відбувається за безпосередньої участі живої речовини, або вона протікає в середовищі, геохімічні особливості котрого зумовлені живою речовиною, як тією, що тепер існує в біосфері, так і тією, що діяла на Землі протягом геологічної історії

ЗАКОНИ В.І.ВЕРНАДСЬКОГО ПРО БІОСФЕРУ

- **Закон константності живої речовини:** *кількість живої речовини біосфери для певного геологічного періоду є константною.* Цей закон є кількісним наслідком закону внутрішньої динамічної рівноваги в масштабах глобальної екосистеми – біосфери, а також співзвучний закону збереження структури біосфери Ю.Голдсмита .



ЗАКОНИ В.І.ВЕРНАДСЬКОГО ПРО БІОСФЕРУ

- ❑ **Закон про розтікання життя:** розтікання розмноженням у біосфері є одним з найхарактерніших і найважливіших проявів механізму земної кори, формою охоплення енергією життя цілого простору біосфери
- ❑ **Закон монолітності життя:** світ організмів біосфери творить єдиний моноліт життя як складну організованість, частини котрої (автотрофи, гетеротрофи, міксотрофи) виконують функції, що взаємно доповнюють одна одну й сприяють одна одній
- ❑ **Закон бережливості життя:** атоми, які увійшли в будь-яку форму живої речовини, будь-яким чином захоплені життєвим вихором або з великими труднощами, або зовсім не повертаються до мертвої матерії біосфери: мікроби, паразити, симбіонти, сапробіонти негайно знову повертають до складу живої речовини тільки що виділені відходи життя

ЗАКОНИ БАРРІ КОММОНЕРА



- ❑ Коло, що замикається (1974)

ЗАКОНИ КОММОНЕРА



- Усе пов'язане з усім (англ. *Everything is connected to everything else*):
- Існує одна екосфєра для усіх живих організмів;
- що впливає на одного, впливає на усіх.

ПЕРШИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «УСЕ ПОВ'ЯЗАНО З УСІМ».

- ✘ Цей закон демонструє існування колосальної мережі зв'язків у екосфері: між різними живими організмами, між популяціями, видами, і навіть між окремими організмами та його фізико-хімічним оточенням. Те становище, що екосистема складається з безлічі взаємозалежних елементів, де одна впливає іншу, має кілька дивовижних наслідків. Розуміння цього механізму досягається з використанням кібернетики. Поняття «кібернетика» походить від грецького слова «керманич/стерновий»; воно позначає ланцюжок подій, які керують поведінкою системи. Керманич - це частина системи, в яку входять також компас, кермо і корабель. Якщо корабель відхиляється від фіксованого компасом курсу, то стрілка компаса показує це. Це явище, відзначене керманичем, призводить до таких дій: керманич повертає штурвал, який повертає корабель до попереднього курсу. Після цього стрілка компаса займає своє колишнє положення за курсом і цикл завершений.

ПЕРШИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «УСЕ ПОВ'ЯЗАНО З УСІМ».

Так само побудовано стабілізуючі кібернетичні зв'язки в екологічному циклі. Візьмемо, наприклад, прісноводний екологічний цикл: **риба - органічні відходи- бактерії, що розкладають, - неорганічні продукти - водорості - риба.** Припустимо, що надзвичайно тепла літня погода зумовила швидке зростання водоростей. Це спричиняє виснаження запасу! неорганічних поживних речовин; таким чином, два сектори кола, водорості і поживні речовини, виходять з рівноважного стану, але в протилежних напрямках. Механізм екологічного циклу, аналогічно до того, як це було з кораблем, незабаром повертає систему до рівноваги. Збільшившись у кількості, водорості стають доступнішою їжею для риби, це зменшує популяцію водоростей, збільшуючи кількість відходів у риби, отже, призводить до збільшення вмісту поживних речовин у воді після розкладання екскрементів . Таким чином, кількість водоростей і поживних речовин повертається до свого первісного, рівноважного співвідношення. У таких кібернетичних системах правильний курс підтримується не жорстким контролем, але гнучкістю.

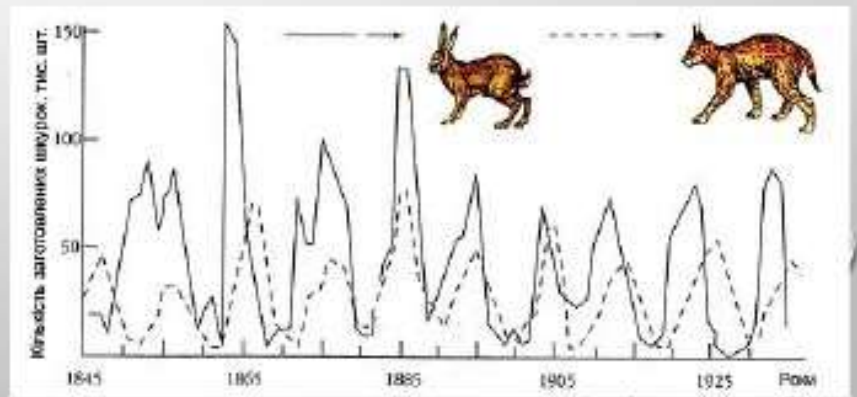


ПЕРШИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «УСЕ ПОВ'ЯЗАНО З УСІМ»

Корабель не рухається весь час прямолінійно, а робить синусоїдальний рух, поперемінно відхиляючись в обидві сторони від правильного курсу. Частота цих відхилень залежить від відносних швидкостей різних стадіях циклу, таких, наприклад, як швидкість, з якою корабель слухається керма.

Типовим прикладом подібних екологічних коливань можуть бути періодичні флуктуації чисельності; популяцій хутрового звіра. Наприклад, за даними мисливського промислу в Канаді відомо, що коливання чисельності кроликів мають 10-річну циклічність. Коли кроликів багато, рись процвітає; зростання популяції рисі тягне у себе зменшення популяції кроликів; коли вона зменшується значно, для зростання кількості рисів починає бракувати їжі; коли рисі починають вимирати, їх полювання на кролів стає менш інтенсивним і останніх стає більше. Подібні осцилюючі системи завжди схильні до небезпеки загибелі: коли коливання досягають занадто великої амплітуди, система вже не може їх компенсувати. Припустимо, що в одному з коливань зв'язку кролики - рись рисі знищили всіх кроликів, Тепер популяція кроликів не може бути відновлена. Рисі починають вимирати, оскільки відсутня їжа; але цього разу зменшення чисельності рисів не тягне за собою відновлення чисельності кроликів. Рисі вмирають повністю. Система кролі - рисі приходить до загибелі. Якби рисі мали інший вид їжі, то вони пережили б раптове зникнення кроликів. Таким чином, відгалуження, відкриваючи альтернативні шляхи, підвищує стійкість екосистеми до навантажень.

Більшість екосистем настільки складні, що їх цикли являють собою не просто кола, а розгалуження, що перетинаються, схожі на павутину. Подібно до мережі, кожен вузол якої пов'язаний з іншими кількома нитками, наша система більш стійка, ніж просте, «не гіллясте» коло ниток, яке достатньо розрізати в будь-якому місці, для того щоб зруйнувати все відразу. Забруднення навколишнього середовища служить сигналом того, що екологічні петлі десь розрізані і, отже, система значно спростилася, ставши таким чином більш чутливою до навантажень і ближче до загибелі.



ПЕРШИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «УСЕ ПОВ'ЯЗАНО З УСІМ»

Те, що ми називаємо "евтрофікацією", також нагадує екологічний занепад. Якщо вміст поживних речовин у воді стає настільки високим, щоб стимулювати швидке зростання водоростей, щільна популяція водоростей не може довго існувати. Оскільки товщина шару водоростей зростає, різко зменшується надходження в нижні шари води світла, необхідного для фотосинтезу; тому будь-який стрибок у розвитку водоростей супроводжується швидкою загибеллю і появою органічних останків. Зміст їх у воді може досягти настільки високого рівня, що на їхнє розкладання піде весь кисень, розчинений у воді. Але тоді загинуть бактерії, що розкладають, оскільки без кисню вони не можуть існувати. Досконалий механізм водної екосистеми занепадає.



ПЕРШИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «УСЕ ПОВ'ЯЗАНО З УСІМ».

Зворотні зв'язки в екосистемах часто спричиняють посилення найважливіших процесів. Наприклад, той факт, що в харчових ланцюжках дрібні організми поїдаються більшими, а ті, у свою чергу, ще більшими, неминуче призводить до концентрування певних елементів навколишнього середовища в тканинах організмів, що знаходяться у вершині харчової піраміди. Для всіх дрібних організмів характерна більш висока швидкість метаболізму, ніж у великих, тому кількість їжі, що окислюється, по відношенню до маси тіла у них більше. Отже, тварини, що у вершині харчової піраміди, залежить від споживання значно більшої маси організмів, що у основі піраміди. Тому всяка речовина, яка не бере участі в метаболізмі, але міститься в організмах нижніх ланок харчового ланцюжка, накопичуватиметься в тканинах представників верхньої ланки. Так, якщо прийняти концентрацію ДДТ (який практично не бере участь у метаболізмі) у ґрунті за одиницю, то концентрація його в організмі земляного черв'яка становитиме 10—40 одиниць, а в організмі глухаря, який живиться земляним черв'яком, — 200 одиниць.



Все це впливає із простого факту: все пов'язано з усім. Система стабілізується завдяки своїм динамічним самокомпенсуючим властивостям; ці властивості під впливом зовнішніх навантажень можуть призвести до драматичної розв'язці; складність екологічної системи та швидкість її кругообігу визначають ступінь навантаження, яку вона може витримати; екологічна мережа подібна до підсилювача: невеликий зсув в одному місці може викликати віддалені, значні та довготривалі наслідки.

ЗАКОНИ КОММОНЕРА



- Усе мусить кудись діватися (англ. *Everything must go somewhere*):
- Нема такого поняття як «відходи» у природі.

ДРУГИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «ВСЕ МАЄ КУДИСЬ ПОДІТИСЯ»

ЦЕ, ЗРОЗУМІЛО, ПРОСТО НЕФОРМАЛЬНЕ ПЕРЕФРАЗУВАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИМ ФІЗИЧНИМ ЗАКОНОМ — МАТЕРІЯ НЕ ЗНИКАЄ. У ЗАСТОСУВАННІ ДО ЕКОЛОГІЇ ЦЕЙ ЗАКОН ОЗНАЧАЄ, ЩО У ПРИРОДІ НЕМАЄ ТАКОЇ РЕЧІ, ЯК «СМІТТЯ». У БУДЬ-ЯКІЙ ПРИРОДНІЙ СИСТЕМІ ЕКСКРЕМЕНТИ ТА ПОКИДЬКИ ОДНИХ ОРГАНІЗМІВ Є ЇЖЕЮ ДЛЯ ІНШИХ. ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ, ЯКИЙ ВИДІЛЯЮТЬ ТВАРИНИ ЯК ВІДХОДИ ДИХАННЯ, - ЦЕ ЧУДОВА ПОЖИВНА РЕЧОВИНА ДЛЯ ЗЕЛЕНИХ РОСЛИН. РОСЛИНИ ВИКИДАЮТЬ КИСЕНЬ, ЯКИЙ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ТВАРИНАМИ. ОРГАНІЧНІ ПОКИДЬКИ ТВАРИН СЛУЖАТЬ ЇЖЕЮ ДЛЯ БАКТЕРІЙ, ЩО РОЗКЛАДАЮТЬ ЇХНІ ВІДХОДИ — НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ, ТАКІ ЯК АЗОТ, ФОСФОР ТА ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ, СТАЮТЬ ЇЖЕЮ ДЛЯ ВОДОРОСТЕЙ. ПОСЛІДОВНІ СПРОБИ ВІДПОВІСТИ НА ЗАПИТАННЯ «КУДИ ЙДЕ?» І МОЖУТЬ ДАТИ НАПРОЧУД БАГАТО ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЕКОСИСТЕМИ.



ДРУГИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «УСЕ МАЄ КУДИСЬ ПОДІТИСЯ»

Розглянемо долю окремих предметів домашнього побуту, що містять ртуть - речовина, яка надає, як це нещодавно з'ясувалося, серйозний вплив на навколишнє середовище. Суха батарейка, що містить ртуть, купується, використовується за призначенням і викидається. Але що відбувається з нею далі? Спочатку вона потрапляє у смітєвий контейнер; потім контейнер відвозять на сміттєспалювальну станцію. Тут ртуть нагрівається; вона утворює ртутні пари, які викидаються через трубу, але ртутні пари токсичні. Вітер підхоплює їх, і, зрештою, вони осідають на землю з дощем або снігом. Потрапивши, скажімо, у гірське озеро, ртуть конденсується та опускається на дно. Тут її переробляють бактерії, перетворюючи на метильовану ртуть. Вона розчиняється у воді та поглинається рибою; оскільки ртуть не бере участь у метаболізмі, вона накопичується в органах та в м'ясі риби. Риба виловлюється і з'їдається людиною, і отруйна ртуть відкладається у його органах. І так далі.

Простеження екологічних траєкторій — відмінний та ефективний засіб для того, щоб спростувати поширене уявлення про те, що речі, які стали марними, просто «зникають», коли їх викидають. Ніщо не «зникає», та чи інша речовина просто переміщається з місця на місце, переходить з однієї молекулярної форми в іншу, впливаючи на життєві процеси будь-якого організму, частиною якого воно стає на якийсь час. Одна з головних причин нинішньої кризи навколишнього середовища полягає в тому, що величезні кількості речовин вилучені із землі, перетворені на нові сполуки та розпорошені у навколишньому середовищі без урахування того факту, що «все кудись подіється». В результаті згубно великі кількості речовин нерідко накопичуються в тих місцях, де, за природою, їх не повинно бути.



ТРЕТІЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «ПРИРОДА ЗНАЄ КРАЩЕ»

ЦЕЙ ПРИНЦИП ЗУСТРІЧАЄ ЗНАЧНИЙ ОПІР, ОСКІЛЬКИ ВІН СУПЕРЕЧИТЬ ВПЕВНЕНОСТІ, ЩО ГЛИБОКО УКОРІНИЛАСЯ, В ТОМУ, ЩО ЛЮДСЬКІ ІСТОТИ ВОЛОДІЄ УНІКАЛЬНОЮ КОМПЕТЕНТНІСТЮ.

ОДНІЄЮ З НАЙБІЛЬШ ХАРАКТЕРНИХ РИС СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ Є УЯВЛЕННЯ, ЩО ВОНА ПОКЛИКАНА «ПОЛІПШИТИ ПРИРОДУ» — ЗАБЕЗПЕЧИТИ ТАКІ ПРОДУКТИ ХАРЧУВАННЯ, ОДЯГ, ЖИТЛО ТА ЗАСОБИ КОМУНІКАЦІЇ, ЯКІ ПРИРОДА НЕ МОЖЕ НАДАТИ. У ТОЙ ЖЕ ЧАС, БУДУЧИ ПОГАНО СФОРМУЛЬОВАНИМ, ТРЕТІЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ СТВЕРДЖУЄ, ЩО БУДЬ-ЯКА ВЕЛИКА АНТРОПОГЕННА ЗМІНА ПРИРОДНОЇ СИСТЕМИ ШКІДЛИВА ДЛЯ НЕЇ. ЦЕ, МАБУТЬ, КРАЙНЯ ДУМКА, ПРОТЕ, ГАДАЮ, ЩО У ТАКОМУ ТВЕРДЖЕННІ МІСТИТЬСЯ ЧИМАЛА ЧАСТКА ІСТИНИ, ЯКЩО РОЗГЛЯДАТИ ЇХ У ПЕВНОМУ КОНТЕКСТІ. ВІДСУТНІСТЬ ПЕВНОЇ РЕЧОВИНИ У ПРИРОДІ, ЧАСТО ОЗНАЧАЄ, ЩО ЦЯ РЕЧОВИНА НЕ СУМІСНА З ХІМІЄЮ ЖИТТЯ»



ТРЕТІЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «ПРИРОДА ЗНАЄ КРАЩЕ»

Для пояснення цього принципу корисно вдатися до аналогії. Припустимо, ви відкриваєте задню кришку вашого годинника, закриваєте очі і тикаєте олівцем в робочий механізм. Майже неминуче годинник буде пошкоджено. Однак цей результат не є абсолютно неминучим. Існує якась ймовірність, що годинник ходив неправильно і олівець випадково виправив їх. Однак такий результат є надзвичайно мало ймовірним. Виникає питання чому? Відповідь самоочевидна: у годиннику втілюється дуже багато того, що технологи називають «дослідженням і розвитком» (або, більш фамільярно, «R і D» *). Це означає, що за довгі роки ціла армія годинників, кожен з яких навчався у свого попередника, випробувала всілякі вдосконалення, відкинула те, що не сприяло хорошому функціонуванню системи в цілому, і залишила найкраще. В результаті існуючий нині часовий механізм є продуктом ретельного відбору з величезного різноманіття можливих варіантів складових частин, конструктивних схем робочого механізму. Будь-яка спроба навмання змінити щось потрапить, ймовірно, до того класу неспроможних чи шкідливих переробок, які були випробувані та відкинуті в процесі еволюції виробництва годинника. Перефразувавши наш закон у застосуванні до закону годинника, можна сказати: **«годинникар знає краще»**.

Ця аналогія сповнена глибокого сенсу, коли ми розглядаємо біологічні системи. Можна викликати цілу низку випадкових спадкових змін у живих істотах, якщо піддавати їх впливу таких агентів, як рентгенівське випромінювання або гамма-випромінювання, які збільшують частоту мутацій. Взагалі таке опромінення підвищує ймовірність всіх видів мутацій, які в природі



ТРЕТІЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «ПРИРОДА ЗНАЄ КРАЩЕ»

спостерігаються дуже рідко, і тому воно загрожує всілякими змінами. Але для нас дуже істотна та обставина, що майже всі мутації, викликані згаданими випромінюваннями або іншими засобами, є згубними для організму, і в більшості випадків настільки, що організм гине, не встигнувши навіть повністю сформуватися. Іншими словами, подібно годинникам, живий організм, що піддається сліпим випадковим змінам, майже напевно буде не покращений, а зламаний. І в обох випадках пояснення одне - величезне значення "R і D". У кожному живому організмі втілено два чи три мільярди років «R та D». За цей час виникла безліч нових особин, організмів, і в кожному випадку відбувалася перевірка того, наскільки вдалим виявилися випадкові генетичні форми. Якщо зміна знижує життєздатність організму, вона вбиває його перш, ніж ця зміна може бути передана наступним поколінням. Завдяки цьому життя розвело складний комплекс сумісних деталей, а ті можливі конструкції, які виявились несумісними з цілим, були відкинуті за тривалий період еволюції. Таким чином, схоже, що структура організму нинішніх живих істот або організація сучасної природної екосистеми — найкраща, у тому сенсі, що вони були ретельно відібрані з невдалих варіантів» і що будь-який новий варіант швидше за все буде гіршим від існуючого нині.



ТРЕТІЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «ПРИРОДА ЗНАЄ КРАЩЕ»

Цей принцип особливо яскраво поводить у сфері органічної хімії. Живе складається з багатьох тисяч різних органічних сполук, і іноді видається, що принаймні деякі з них можуть бути покращені, якщо замінити їх якимось штучним варіантом природної субстанції. Третій закон екології стверджує, що штучне введення органічних речовин, що не існують у природі, а створених людиною і тим щонайменше беруть участь у живій системі, швидше за все, завдасть шкоди. Для будь-якої органічної субстанції, що виробляється організмами, існує десь у природі фермент, здатний цю субстанцію розкласти. Як наслідок, жодна органічна речовина не буде синтезована, якщо немає засобів для її розкладання; до цього змушує все та ж циклічність. Тому, коли людина синтезує нову органічну речовину, яка за структурою значно відрізняється від природних речовин, є ймовірність, що для неї не існує ферменту, що розкладає, і ця речовина буде накопичуватися. Зважаючи на ці міркування, я думаю, було б розумно звернути особливу увагу на кожну штучну органічну речовину, яка відсутня в природі і має сильний вплив на будь-який вид організмів, оскільки згодом вона може стати небезпечною і для інших форм життя. Практично такий погляд означає, що до всіх штучних органічних речовин, які мають загальну біологічну активність, слід ставитися так само, як до ліків, або, вірніше, так, як ми повинні ставитися до ліків, — завважливо, обережно. Це відноситься в першу чергу до детергентів, інсектицидів та гербіцидів.



ЗАКОНИ КОММОНЕРА



- Нема такого поняття як «безкоштовний обід» (англ. *There is no such thing as a free lunch*):
- Експлуатація природи неминуче передбачатиме перетворення ресурсів із корисних на непридатні.

ЧЕТВЕРТИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ «НІЩО НЕ ДАЄТЬСЯ ЗАДАРМА»

- ЦЕЙ ЗАКОН ПОКЛИКАНИЙ НАГОЛОСИТИ, ЩО БУДЬ-ЯКА РІЧ ЧОГОСЬ ВАРТА. ЦЕЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ЗАКОН ПОЄДНУЄ В СОБІ ПОПЕРЕДНІ ТРИ ЗАКОНИ. ТОМУ ЩО ГЛОБАЛЬНА ЕКОСИСТЕМА Є ЄДИНИМ ЦІЛИМ, В РАМКАХ ЯКОЇ НІЧОГО НЕ МОЖЕ БУТИ ВИГРАНО АБО ВТРАЧЕНО І ЯКА НЕ МОЖЕ БУТИ ОБ'ЄКТОМ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛІПШЕННЯ; ВСЕ, ЩО БУЛО ВИТЯГНУТО З НЕЇ ЛЮДСЬКОЮ ПРАЦЕЮ, МАЄ БУТИ ВІДШКОДОВАНО. ПЛАТЕЖУ ЗА ЦИМ ВЕКСЕЛЕМ НЕ МОЖНА УНИКНУТИ; ВІН МОЖЕ ЛИШЕ ВІДСТРОЧЕНИЙ. НИНІШНЯ КРИЗА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ГОВОРИТЬ ПРО ТЕ, ЩО ЦЯ ВІДСТРОЧКА НАДТО ЗАТЯГНУЛАСЯ. ПОПЕРЕДНІ СТОРІНКИ БУЛИ ПРИСВЯЧЕНІ ПРОВЕДЕННЮ ТІЄЇ ДУМКИ, ЩО ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ УТВОРЮЄ СУЦІЛЬНУ ПАВУТИНУ. БУЛА ЗРОБЛЕНА СПРОБА ШЛЯХОМ ЛОГІЧНИХ ПОБУДОВ ПЕРЕЙТИ ВІД ДОСТУПНИХ НАМ ФАКТІВ ДО ШИРОКИХ УЗАГАЛЬНЕНЬ. ТЕПЕРІШНЯ КРИЗА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НАДАЛА ІСТИННОГО, БУКВАЛЬНОГО І НАВІТЬ КІЛЬКІСНОГО СЕНСУ ПОЕТИЧНОМУ ОБРАЗУ «ЛЮДИНА ПОВИННА ЖИТИ В ГАРМОНІЇ З ПРИРОДОЮ».



ЧЕТВЕРТИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ “НІЩО НЕ ДАЄТЬСЯ ЗАДАРМА”

26 квітня 1953 року у місті Трої, штат Нью-Йорк, випав дощ. Під час дощу фізики з найближчої університетської лабораторії, які проводили експерименти з радіоактивними речовинами, наголосили на раптовому збільшенні інтенсивності «фонового» випромінювання. Незабаром вони встановили, що дощ був високорадіоактивним, і висловили здогад, що радіоактивні уламки — не що інше, як продукти ядерних випробувань у Неваді, які були перенесені вітрами через всю країну і випали на поверхню землі з опадами. Багато хто з представників наукової громадськості забив тривогу з приводу небезпеки радіоактивних опадів, і до кінця 1953 року цей неспокій прорвався крізь завісу секретності; проблема радіоактивних опадів стала надбанням громадськості. Виявилось, що випромінювання стронцію-90 є особливо небезпечною формою радіоактивності. Як безпечний, природний стронцій, і його радіоактивний ізотоп, стронцій-90, здійснюють природний кругообіг разом із кальцієм, хімічно спорідненим елементом. Кальцій, що інтенсивно всмоктується рослинами з ґрунту, потрапляє в їжу, а з нею проникає в людський організм. Потрапивши жердині з випаданнями на поверхню землі, стронцій-90 неминуче приєднується до кальцію, коли той рухається харчовим ланцюжком, і зрештою концентрується разом з кальцієм у рослинах, в молоці та в кістках людини. Випромінювання стронцію-90 не може проникнути в живу тканину більш ніж на сантиметр. Однак, потрапивши в тіло людини, ізотоп виявляється у тісному сусідстві із живими кістковими клітинами. Ці клітини легко піддаються впливу випромінювання стронцію-90, і небезпека виникнення в них, наприклад, ракової хвороби набагато більше, ніж при зовнішньому опроміненні тією ж кількістю стронцію-90. Стало зрозуміло, що випробування ядерної зброї волею випадку стали першим в історії людства глобальним експериментом, поставленим у навколишньому середовищі. З радіоактивними опадами стронцій-90 та ряд інших радіоактивних елементів були розсіяні по всій величезній планетарній системі живих організмів; штучна радіоактивність, накопичувалася в кожній рослині, тварині, мікроорганізмі, що живе на Землі.



Ніхто не мав наміру отруювати землю радіоактивними продуктами чи загрожувати здоров'ю людства. Але тепер вперше в історії людства діти стали виростати зі стронцієм-90 у кістках та йодом-131 у щитовидній залозі.

ЧЕТВЕРТИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ “НІЩО НЕ ДАЄТЬСЯ ЗАДАРМА”

Навколишнє середовище виявилось сполучною ланкою між засекреченими і, здавалося б, ізольованими ядерними вибухами та дітьми. Вітри рознесли уламкові продукти вибухів з району випробувань по всій планеті; дощ та сніг доставили їх на поверхню землі; трави та харчові рослини всмоктали їх із ґрунту; через їжу вони потрапили до організмів дітей; природні біологічні процеси у їхніх кістках і залозах сконцентрували радіоактивні елементи та посилили загрозу для здоров'я дітей. Кожен ядерний вибух вносив нові порції радіоактивних продуктів у довкілля, у складну мережу комунікацій, якими пов'язане живе Землі. Самі того не усвідомлюючи, військові технічні фахівці вторглися зі своїми бомбами в цю мережу, що принесло результати, на які ніхто не очікував і не міг передбачити.

Коли програма випробувань тільки починалася, вважалося, що радіоактивні продукти, занедбані енергією ядерного вибуху в стратосферу, будуть там кілька років, тобто достатньо, щоб у ході свого розпаду радіоактивні продукти стали безпечними для людини. Тільки пізніше стало відомо, що в стратосфері існують повітряні потоки, які протягом декількох місяців виносять радіоактивні продукти до поверхні Землі і які не дають їм поширюватися по всій земній кулі, змушуючи випадати переважну частину в північній помірній зоні. А тим часом близько 80 відсотків населення Землі мешкає саме в організмах мешканців Арктики та Лапландії було виявлено набагато більше радіоактивних продуктів, ніж у населення помірних кліматичних зон планети, хоча в Арктиці радіоактивних опадів випадає майже вдесятеро менше, ніж у північній помірній зоні. Причина цього — особливості арктичного біологічного ланцюжка: лишайник, на відміну трави, захоплює опади безпосередньо з повітря, а чи не з ґрунту, де вони можуть розчинитися. З лишайником вони потрапляють до організму канадського чи північного оленів і далі — до організмів ескімосів та жителів Лапландії, які харчуються м'ясом цих оленів.



ЧЕТВЕРТИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ “НІЩО НЕ ДАЄТЬСЯ ЗАДАРМА”

У що обходяться людству радіоактивні випадання — відомо точно. Але абсолютно точно відомий і повсюдно визнаний той факт, що ціла низка серйозних небезпек для здоров'я людини — рак, генетичні дефекти, зменшення тривалості життя — походить від радіації. Велику частку від загальної кількості випадків ракових захворювань та генетичних дефектів слід віднести на рахунок «природної» (тобто існувала і до початку радіоактивних випадень) радіації, обумовленої радіоактивністю деяких гірських порід та космічними променями. Порівняння даних про кількість генетичних дефектів, викликаних природною радіацією, з даними про дефекти, зумовлені додатковим опроміненням за рахунок радіоактивного випадання, дозволило встановити, що на 1963 з вини радіоактивних опадів у США народилося 5000 неповноцінних дітей, а в усьому світі - приблизно 86000. За оцінкою Наукового комітету ООН з вивчення наслідків атомної радіації, на 1958 рік у світі спостерігалось від 2500 до 100000 випадків серйозних генетичних дефектів, зобов'язаних ядерним випробуванням. З іншого боку, доктор Ернест Стернтлас вважає, що в одних лише США випадання відповідальних за смерть 400 000 дітей, багато з яких загинули ще в утробі матері.



ЧЕТВЕРТИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ “НІЩО НЕ ДАЄТЬСЯ ЗАДАРМА”

Сьогодні існує лише один реальний шлях мирного застосування ядерної енергії – вироблення електроенергії. Хоча атомні електростанції власними силами не дають жодного іншого забруднення, крім радіоактивного, проте забруднення виникає у процесі отримання атомної енергії. Радіоактивні викиди ядерних електростанцій можуть сильно зрости від появи навіть дуже слабкого витoku через металеві оболонки паливних елементів реактора. Виготовлення цих оболонок - дуже складне завдання: на всьому своєму протязі тонкі металеві труби повинні бути виконані таким чином, щоб витримати не тільки механічні навантаження, але і руйнівну дію інтенсивної радіації. Зменшення норм на радіоактивні викиди вимагатиме або вдосконалення цієї вже досить високорозвиненої та трудомісткої технології, або введення пристроїв, які з набагато більшою ефективністю, ніж існуючі нині, могли б уловлювати радіоактивні продукти в рідкому та газоподібному потоках реактора. Всі ці вдосконалення можуть виявитися настільки дорогими, що призведуть до зменшення тієї незначної економічної переваги, яку мають ядерні електростанції перед звичайними джерелами енергії.



Найбільша в історії США аварія 1979 року на атомній станції Три-Майл-Айленд (Трьохмильний острів) у Пенсільванії поклала край будівництву нових реакторів у США, хоча радіація тоді так і не вирвалася в атмосферу. Результати цієї катастрофи значно вплинули на свідомість людей щодо сприйняття сфери діяльності атомних електростанцій та їх розвиток у цілому.

ЧЕТВЕРТИЙ ЗАКОН ЕКОЛОГІЇ “НІЩО НЕ ДАЄТЬСЯ ЗАДАРМА”

Ми повинні навчитися у природи основним уроком: на нашій планеті ніщо не зможе вижити, якщо воно не входить у єдине глобальне ціле як невід'ємна його частина. Саме життя вивчило цей урок на первісній Землі. Тут доречно згадати, що перші живі істоти на Землі, подібно до сучасної людини, витрачали в процесі зростання свою поживну базу, перетворюючи геохімічний запас органічної матерії на покидьки, які вже не могли задовольняти їхні потреби. Життя Землі спочатку пішла лінійним самогубним курсом. Життя врятували від згасання нові форми життя, що з'явилися в ході еволюції, які перетворювали відходи примітивних організмів на свіжу органічну матерію. Перші фотосинтезуючі організми перетворили споживчу лінійність життя на перший великий екологічний цикл Землі. Замкнувши коло. Ці організми досягли того, що сам по собі, поза цим колом, жоден живий організм не може вижити. Людські істоти розімкнули коло життя, і сталося це не задля біологічної необхідності, а з вини соціальної структури, яку вони самі створили, щоб «підкорити» природу; тому, що методи отримання природних багатств диктуються вимогами, суперечать законам, управляючим природою. У результаті це призвело до кризи довкілля, кризи виживання. Щоб вижити, перш за все ми маємо замкнути коло. Ми повинні знайти спосіб повернути природі багатство, яке ми взяли в борг.



ЗАКОНИ ЕКОСИСТЕМОЛОГІЇ



- × Базовим законом екосистемології є **закон природної зональності**, або закон широтної і висотної зональності клімату, ґрунтів, рослинності і тваринного світу, загалом – зонального розподілу екосистем. Його основоположником є **В.В.Докучаєв**.