

### **Змістовий модуль 3. Принципи та положення факторіальної екології**

- Екологічні елементи та фактори.
- Класифікація екологічних факторів.
- Стисла характеристика екологічних факторів.
- Екологічні закони, правила і принципи.

**Основні поняття:** екологічні елементи, екологічні фактори, лімітуючі фактори, екологічний мінімум, екологічний максимум, оптимум, песимум, життєві форми, екотип, екологічна ніша, межа толерантності; абіотичні фактори, біотичні фактори, антропогенні фактори, кліматичні фактори, гідрологічні фактори, орографічні фактори.

## Слайд 2

Організми не можуть існувати ізольовано від навколишнього середовища з усім різноманіттям його умов.

**Екологічні елементи** – це усі компоненти природного середовища (вода, атмосферне повітря, ґрунти, гірські породи, їжа тощо), природні умови, а також результати діяльності людини (забруднюючі речовини, змінені природні умови та умови створені людською діяльністю).

## Слайд 3

**Екологічні фактори (фактори середовища)** – це сукупність усіх зовнішніх стосовно організму (угруповань організмів) чинників, що впливають на морфологічні, фізіологічні, біохімічні, міграційні, репродуктивні та інші життєво важливі процеси.

Екологічні фактори, які визначають існування організмів (кисень, вода, їжа та інші) відносяться до основних **рівнозначних** і **незамінних**.

Місцеперебування, **подібні за впливом екологічних факторів** на біоценози є **біологічно рівноцінними**.

Не всі екологічні елементи є екологічними факторами для певного організму чи групи організмів.

До факторів відносяться ті елементи середовища, зміна яких викликає відповідну реакцію організму чи групи організмів аж до повного їх зникнення.

Байдужні для одних організмів екологічні елементи можуть бути екологічними факторами для інших.

В будь-якому випадку життя організмів здійснюється в межах мінімального і максимального значення градієнта певного чинника середовища або їх групи.

Найменше значення, при якому може існувати організм, називається **мінімумом**, а найбільше – **максимумом**.

Значення чинника, при якому організм існує, але пригноблений – це **песимум**.

Значення чинника, найбільш сприятливе для життя організму – **оптимум**.

Слід зазначити, що до деяких факторів, наприклад, іонізуюча радіація, поняття оптимуму не існує, тому що при будь-якому значенні вище природного фону вона є несприятливою.

Оптимальне значення факторів визначає високу чисельність організмів, які утворюють популяцію. При песимальному значенні чиннику життєва активність організмів знижується. Екологічний дискомфорт змушує їх уникати місця з несприятливими умовами чи пристосовуватися до них. Якщо зміни градієнту фактору стає нижче мінімуму, чи вище максимуму, настає масова загибель організмів, і популяція виявляється в екологічній зоні смерті.

Для життя й процвітання організму необхідна сукупність екологічних факторів, які забезпечують його життєдіяльність. Будь-який екологічний фактор, що має тенденцію обмежувати життєдіяльність організму чи розвиток екосистеми, називається **лімітуючим**.

Цю закономірність відображено у законі мінімуму Ю. Лібіха: *витривалість організмів визначається найслабшою ланкою в ланцюгу його екологічних вимог, тобто життєві можливості лімітуються екологічними чинниками, кількість і якість яких наближаються до мінімального рівня, необхідного організмові чи екосистемі; подальше їхнє зниження спричиняє загибель організму або деструкцію екосистеми.*

Лімітувати життєдіяльність організму може не тільки нестача, але й надлишок будь-якого чинника, що відображено в **законі максимуму / законі толерантності** В. Шелфорда: *відсутність або неможливість процвітання визначається нестачею (в якісному або кількісному розумінні) або, навпаки, надлишком будь-якого з чинників, рівень яких може виявитися близьким до меж, які є прийнятними для цього організму.*

**Толерантність** – це здатність організму переносити несприятливий вплив того чи іншого чинника.

Здатність організму витримувати певну амплітуду коливання чинника називають **екологічною валентністю**.

Діапазон від мінімуму до максимуму складає **межі толерантності** організму. Для життя організмів важливе значення мають і абсолютна величина чинника, і швидкість його зміни.

До поступових змін довкілля організм / угруповання може адаптуватися, а різкі – можуть спричинити його / їх вимирання.

Адаптації можуть бути **морфологічними** та **екологічними** (наприклад, зміни забарвлення зайця біляка, перерозподіл по території, зміна стацій мешкання тощо).

Закон толерантності пояснює причини поширення організмів.

Види зі значним поширенням утворюють пристосовані до місцевих умов популяції – **екотипи**. Їх оптимум і діапазон толерантності відповідає місцевим умовам.

Для відображення ступеня пристосування організмів до умов мешкання використовують префікси **стено-** (вузький) та **еври-** (широкий), наприклад, за відношенням до температури – стено- / еврители.

Організми, які здатні мешкати в умовах **стійкої сталості будь-якого чинника чи їх групи** називаються **стеноеками / стенобіонтами**, а організми здатні існувати **при широкому діапазоні змін фактора(ів)** – **евриеками / еврибіонтами**.

Здатність до розселення у стенобіонтів значно нижча, ніж у еврибіонтів.

Екологічні фактори поділяються на:

- **абіотичні**: кліматичні (світло, тепло, повітря) і гідрологічні (вода, вологість), їх інтенсивність і тривалість; едафічні (фізико-хімічні властивості ґрунту та снігового покриву); орографічні (сукупність форм рельєфу, висота над рівнем моря, експозиція схилів); променисті (випромінювання інфрачервоне, ультрафіолетове, іонізуюче);
- **біотичні** – живі організми, які здійснюють на певний організм прямий чи опосередкований вплив в результаті своєї життєдіяльності. Біотичними факторами є чисельність, плодючість, тривалість життя, щільність популяції, етологічний фактор, груповий ефект, біоценотичні зв'язки (симбіоз (мутуалізм, протокооперація, коменсалізм), нейтралізм, антибіоз (алелопатія, конкуренція, паразитизм, хижацтво));
- **антропогенні**: зміна структури екосистем – зміна чисельності видів, інтродукція, селекція, зміна середовища тощо. За минулі тисячоріччя вирубано й спалено дві третини лісів планети; на пустелі перетворилися понад півмільярди гектарів земель; зникли близько 130 видів тварин, що існували ще 400 років тому; на грані зникнення до 1000 видів. Окремі види тварин були винищені надзвичайно швидко, так стелерова корова була відкрита у 1741 році, і вже у 1768 була цілком знищена.  
На сьогодні тварини страждають здебільшого від антропогенної трансформації ландшафтів, яка зменшує придатні території для мешкання більшості видів.

Кліматичні фактори середовища.

**Клімат** – багаторічний режим погоди, характерний для певної території. Загальна система клімату визначається двома групами факторів:

- *внутрішніми* (атмосфера, гідросфера (океани, моря, озера, ріки), кріосфера (сніжні й крижані покриви), літосфера й біосфера)
- *зовнішніми* (сонячне випромінювання, вулканічні виверження й антропогенне втручання).

Головними кліматичними перемінними факторами в екосистемі є:

- світло (сонячне випромінювання),
- температура / тепло,
- вода
- повітря та вітер.

**Сонячне випромінювання (світло)** має велике значення для живих організмів, є основним джерелом існування інших кліматичних чинників, зокрема тепла.

Сонячне світло є первинним джерелом енергії.

Світло складається з променів різної довжини і різного кольору.

Для процесу фотосинтезу найважливіше значення мають оранжево-червоні (0,65–0,68 мкм) та синьо-фіолетові промені (0,40–0,50 мкм).

**Фізіологічно-активна радіація** – це увесь спектр променів (0,4–0,71 мкм), який поглинається рослиною.

Не менш важливе значення для життя рослин має інтенсивність освітлення у різні періоди вегетації та широта місцевості, від якої залежить ця інтенсивність.

За пристосуванням до світла рослин поділяють на такі види:

- **геліофіти** – світлолюбні зростають у добре освітлених місцях (на слайді дуб, береза, сосна звичайна, іван-чай, латаття біле, злакові); (Слайд 9)
- **сциофіти** – тінелюби зростають у затінених місцях, зокрема під покривом темнохвойних і широколистяних лісів (на слайді веснівка дволиста, копитняк європейський, папороть, мохи); (Слайд 10)
- **гемісциофіти** – тіневитривалі рослини, які зазвичай, є світлолюбними, але завдяки своїй толерантності можуть зростати і в затінених місцях (граб, ялина європейська, тонконіг лучний, кислиця звичайна). (Слайд 11)

Для життя і плодоношення рослин важливе значення має співвідношення світлої й темної частин доби.

Здатність організмів реагувати на добовий ритм освітленості, тривалість світлового дня та співвідношення між темним та світлим часом доби – це **фотоперіодизм / фотоперіодична реакція**.

Пристосованість організмів до визначеної тривалості світлового дня – це **фотоперіодична адаптація**.

За типом фотоперіодичної реакції вирізняють декілька груп рослин:

- рослини **короткого дня**, яким для нормального розвитку достатньо  $\geq 12$  годин світла на добу (коноплі, тютюн, просо посівне);
- рослини **довгого дня**, яким потрібно  $\leq 12$  год на добу (картопля, пшениця, апельсин, лимон);
- рослини **середнього дня**, тобто ті, що розцвітають у дні з 12-годинною тривалістю (гречка їстівна);
- рослини **нейтральні**, що цвітуть за будь-якої тривалості дня (помідор, кульбаба).

У процесі росту окремі органи рослин (квітка, листок) можуть повертатися до джерела світла – це **позитивний / додатний**, якщо органи рослин повертаються у протилежний від світла бік – це **негативний / від'ємний**, а коли розташовуються перпендикулярно до світлових променів, – **трансверсальний фототропізм**.

Фототропізм найбільшою мірою властивий листкам, які в одних випадках розташовуються так, щоб максимально використати сонячні промені, а в інших повертаються до них ребром, щоб запобігти перегріванню і зекономити вологу.

## Слайд 13

Світло для тварин як екологічний фактор має менше значення, ніж для рослин. Важливе екологічне значення відіграє *довжина хвилі* світла, яка сприймається органами зору тварин. Бджоли та деякі птахи здатні сприймати *площину поляризації* світла, що дозволяє їм орієнтуватися на місцевості, коли сонце цілком закрите хмарами. *Фотоперіодична реакція* характерна і тваринам (линяння, міграції птахів).

За активністю впродовж доби розрізняють тварин, які ведуть *денний, нічний і сутінковий* спосіб життя.

## Слайд 14

Наступний абіотичний фактор – це **температура / тепло**, яка безпосередньо впливає на перебіг життєвоважливих процесів – асиміляції і дисиміляції, дихання й транспірації, росту і розмноження. Основою широтної зональності й висотної поясності є диференціація тепла на Землі. Від діапазону температур залежить поширення видів. Наприклад, в умовах помірного і помірно-континентального клімату лімітуючою температурою поширення бука лісового і ялиці білої є температура нижчі -35°C, оливкового дерева – середньорічною ізотермою 12°C, а фінікової пальми – 18°C.

По відношенню до температури довкілля організми поділяють на евртермні і стенотермні. Певні стенотермні організми мешкають в умовах високих температур – це **термофільні / теплолюбні** організми. Їхніми антиподами є **психрофільні / холодолюбні** організми.

Певний вид здатний мешкати в умовах визначеного температурного діапазону. Оптимум температури довкілля для більшості видів (зокрема, під час розмноження) лежить у діапазоні 15-30°C.

Адаптація видів до мінливої температури середовища виражається по-різному: у окремих температура тіла змінюється разом з температурою середовища (**пойкілотермні** / **холоднокровні** організми), а в інших – зберігається постійною (**гомойотермні** / **теплокровні**). Проміжну ланку становлять гетеротермні тварини, які в активному стані гомойотермні, а під час сплячки (зимової – гібернації, або літньої – естивації) майже не виробляють внутрішнього тепла. Чітких меж між пойкіло- і гомойотермними тваринами немає. Багато холоднокровних тварин у процесі активного руху виробляють тепло, яке значно підвищує температуру їхнього тіла (наприклад, у тунця синього або звичайного під час швидкого плавання температура тіла підвищується на 8-9°C вище за температуру води). Водночас у пташеня набувають здатності до терморегуляції за декілька діб після вилуплення, а до того без захисту батьків температура їх тіла може суттєво знижуватися.

Серед теплокровних тварин прослідковується зв'язок між географічним поширенням і морфологічними пристосуваннями, яке відображене в правилах Бергмана й Алена.

Тепловіддача у тварин здійснюється всією поверхнею тіла, то терморегуляція значною мірою визначається співвідношенням величин поверхні і маси тіла.

Правило Бергмана встановлює закономірність зміни розмірів тварин, які пов'язані зі зміною температури середовища. *Відповідно до нього тварини одного виду чи групи близьких видів у більш холодних областях мають більші розміри.*

Наприклад, довжина черепа кабана, який мешкає в Південній Іспанії 32 см; Польщі – 41 см; Білорусії – 46 см; Сибіру – до 56 см.

Вчені виділили на материках центри, що характеризуються максимальними й мінімальними розмірами. Так, у позатропічній частині Східної півкулі центром найбільших за розмірами тварин є **Чукотка**, дрібних – **Алжир**, у Західній півкулі – відповідно **Аляска** й **Флорида**.

Правило Алена відображає закономірність зміни площі поверхні тіла тварин зі зміною клімату. Відповідно до нього, *у тварин виступаючі частини тіла – вуха, хвосту й лапи – тим коротші, ніж холодніше клімат.*

Наприклад, феньок (найдрібніша лисиця) має самі великі вуха, а найкоротші вуха – у песця.

**Повітря**<sup>1</sup> як екологічний чинник є і довкіллям, у якому живуть організми, і джерелом важливих для життєдіяльності (живлення й дихання) елементів. Зокрема, майже половина сухої маси рослин продукується завдяки вуглецю атмосфери, який вони засвоюють у процесі фотосинтезу.

Рух повітря – **вітер** – також є важливим екологічним фактором. Вітер суттєво впливає на газовий склад повітря, зокрема, на вміст кисню і вуглекислого газу.

Крім газового складу і вітру на живі організми впливає і величина **тиску повітря**. Багато тварин, зокрема вищі хребетні, нормально переносять стабільний і високий, і низький тиск, так деякі зайцеподібні (пищуха) мешкають у Гімалаях на висоті понад 6 тис. м.

Вплив вітру на рослини може бути *прямим* і *опосередкованим*.

**Пряма дія** вітру:

- вітроломи і вітровали, (Слайд 17)
- викривлення стовбурів дерев і стебел рослин (сильні вітри зумовлюють низькорослість і зміну форми крон деревної рослинності), (Слайд 18)
- перенесення біомаси (наприклад, листя), (Слайд 19)
- спор і плодів, що сприяє розселенню рослин. (Слайд 19)

<sup>1</sup> Повітря – це суміш газів: азот (78,08%), кисень (20,95%), аргон (0,93%), вуглекислий газ (0,03%); водяної пари (до 4%). У повітрі завжди наявні спори і пилок рослин, пил і сажа та інші домішки.

**Опосередкована дія** вітру полягає у прискоренні транспірації, випаровування і змін температур ґрунту та водних поверхонь; перенесенні вологого морського повітря в глибину континенту; перерозподілі снігу; видуванні ґрунту тощо.

## Слайд 20, 21, 22

Значення вітру для тварин різноманітне.

Підсилюючи випаровування, тим самим збільшуючи тепловіддачу, вітер впливає на водяний і тепловий режим сухопутних тварин.

Вітер перешкоджає руху тварин, сприяє або перешкоджає польоту. (Слайд 20)

Рух повітря допомагає тваринам розшукувати їжу й рятуватися від ворогів. (Слайд 21)

Для дрібних і малорухливих тварин вітер слугує пасивним засобом розселення. (Слайд 22)

Вітер, посилюючи дію температури й вологості, зумовлює *жорсткість погоди*. Це показник того, як організм у поточний момент сприймає погодні умови, точніше температуру. Спрощено – кожен метр за секунду вітру прирівнюється до двох градусів морозу.

Розглядаючи таблицю вітро-холодового індексу видно, що від 0,0 до +0,1 °C ризик обмороження чи переохолодження відсутній. Ризик обмороження чи переохолодження настає при значенні  $t$  нижче -0,4.

Пояснення до слайду

- невеликий ризик обмороження
- невеликий ризик обмороження чи переохолодження
- середній ризик переохолодження чи обмороження відкритих частин шкіри впродовж 10-30 хвилин
- значення  $t$  нижчі за -40 °C - високий (5-10 хв) та надвисокий (2-5 хв) ризик переохолодження чи обмороження відкритих частин шкіри
- значення  $t$  нижчі за -55 °C - небезпечно, занадто високий (менше 2 хв) ризик переохолодження чи обмороження відкритих частин шкіри

До гідрологічних факторів середовища відноситься **вода** з усіма її фізичними і хімічними властивостями. Без води неможливі існування живих організмів та колообіг речовин у біосфері. Вода – основне середовище, в якому здійснюється обмін речовин. Обезводнення організмів спричиняє сповільнення, а згодом і припинення життєвого процесу, обезводнення організмів спричиняє сповільнення, а згодом і припинення життєвих процесів. Вода сприяє перерозподілу хімічних елементів між біоценозами та природними зонами.

Кількість вологи (води) у ґрунті чи у повітрі – **вологість**, поступається за своєю роллю тільки температурі та відноситься до найголовніших екологічних факторів.

З водою пов'язане ґрунтове живлення рослин та процес фотосинтезу. Вода – один з найважливіших чинників формування фітомаси рослин.

Режим вологості докiлля на суходолі значно рiзниться вiд повного i постiйного насичення повітря водяною парою – екваторіальні широти і вологотропічні регіони, до майже повної відсутності у повітрі пустель, що зумовлює різноманіття адаптації у рослин і тварин щодо забезпечення водного балансу організму. Наприклад, нижчі рослини поглинають воду із субстрату зануреними частинами талому, а вологу дощу, роси, туману – всією поверхнею. Лишайники, наприклад, у максимально насиченому вологою стані містять у два-три рази води більше, ніж сухої речовини. Мохи поглинають воду ризоїдами, а більшість інших рослин – корінням та іншими спеціальними органами.

По відношенню до вологи рослини поділяють на декілька екологічних груп:

- **гідатофіти** – рослини, тіло яких цілком або майже цілком занурене у воду – це водорості та вторинноводні квіткові (ряска, рдестові, латаття); (Слайд 25)
- **гідрофіти** – наземно-водні рослини, тіло яких частково занурене у воду, ростуть на мілководдях і болотах (очерет, рогіз, осока, калюжниця); (Слайд 26)
- **гігрофіти** – наземні рослини, які поширені в умовах підвищеної вологи повітря і на перезволожених ґрунтах; **тіньові (тінелюбні)** гігрофіти приурочені до нижніх ярусів сирих лісів різних кліматичних зон, в тому числі багато тропічних (на території України наприклад, цирцея альпійська, розрив трава звичайна); **світлові (світлолюбні)** гігрофіти види відкритих просторів, які зростають на перенасичених вологою ґрунтах (образки болотні, лепеха звичайна, росичка круглолиста); (Слайд 27)
- **мезофіти** – рослини, які ростуть в умовах середнього зволоження і можуть переносити нетривалу засуху. До мезофітів належать багато видів рослин різних біомів: верхні яруси тропічних лісів, листопадні дерева саван, деревні породи вологих вічнозелених субтропічних лісів, літньозелені листяні породи лісів помірного поясу, чагарники підліску, трав'янисті рослини дібров, суходільні луки. Своєрідну групу мезофітів становлять **ефемери** (однорічні) і **ефемероїди** (багаторічні) – рослини з дуже коротким вегетаційним періодом та характеризуються різноманітністю форм і відсутністю специфічних ознак; (Слайд 28)

– **ксерофіти** – рослини, які ростуть у посушливих місцях і можуть витримувати тривалу ґрунтову й атмосферну посуху, мають спеціальні пристосування, що запобігають перегріванню і випаровуванню води, можуть запасати її у вологий період і ощадливо використовувати в сухий. Це рослини степів, напівпустинь і пустинь, твердолистих вічнозелених лісів і чагарників, піщаних дюн і сухих схилів південних та південно-західних експозицій помірних широт; (Слайд 29)

За однією з класифікацій ксерофітів поділяють на:

✓ **сукуленти** – багаторічні рослини з добре розвинутою водотривкою тканиною, які здатні накопичувати воду (*стеблові* наприклад родина кактусові і рід молочай; *листяні* алоє і очиток карпатський; *кореневі* рід квасениця і аспарагус); (Слайд 30)

✓ **склерофіти** – рослини, сухі на вигляд із вузькими і жорсткими листками, іноді згорнутими в трубку. Їх поділяють на *евксерофіти* – рослини з розетковими і напіврозетковими, добре опушеними пагонами, напівчагарники та деякі злаки (наприклад, полин гіркий, білотка альпійська (едельвейс), *стіпаксерофіти* – рослини, які швидко і повно використовують вологу короточасних зливових опадів і порівняно легко переносять перегрівання, це вузьколисті дерновидні злаки степів (ковила українська, тонконіг степовий (*Poa stepposa*)). (Слайд 31)

Також виділяють змішані та проміжні екологічні групи рослин.

Тварини можуть витримувати короткочасні витрати води, які необхідно швидко компенсувати. Деякі водні тварини взагалі не придатні для життя поза водоймами.

У багатьох тварин виробилася *ксерофілія* – пристосованість до мешкання у посушливих умовах пустель, напівпустель, сухих степах:

- особливий тип або швидке пересування; (Слайд 32<sup>2</sup>, 33<sup>3</sup>)
- запасання води у формі жиру (метаболічна вода); (Слайд 34)
- естивація – впадіння у сплячку, проводячи несприятливий період у норах (ховрашки);
- міграції на весь сухий період у райони з більш сприятливими за вологістю місцеперебуваннями.

Поєднання тепла й вологи визначає клімат (вологий чи сухий), а отже і поширення живих організмів та їхніх угруповань на суходолі. Кожна природна зона має властивий їй гідротермічний режим.

<sup>2</sup> Рух змії в пустелі (0,11 хв)

<sup>3</sup> Як бігає плащеносна ящірка (0,42 хв)

Також вологість клімату визначає особливості забарвлення тварин. За правилом Глогера, підвиди того самого виду ссавців, які мешкають в умовах теплового і вологого клімату мають інтенсивніше забарвлення хутра порівняно з тими, які мешкають в умовах холодного і сухого клімату. Спирається воно на те, що темні речовини, які визначають забарвлення хутра (меланіни), інтенсивніше відкладаються в більш вологих регіонах.

До **едафічних (грунтових)** факторів середовища відносяться ґрунти та гірські породи з їх фізичними й хімічними властивостями, а також **сніговий покрив**. Ґрунт є субстратом для рослин і базисом для тварин. Формування певного типу ґрунту залежить від багатьох чинників, головними з яких є гірські ґрунтоутворні, або материнські породи, кліматичні й гідрологічні умови та сукупність організмів, які населяють певну місцевість.

Для різних типів ґрунтів характерні певна флора і фауна, а їхній склад і кількість перебувають у відповідності з фізико-хімічною структурою ґрунтів.

**Едафічні чинники** – це цілий комплекс природних умов, які формують ґрунти з *високим (евтрофи)*, *середнім (мезотрофи)* і *низьким (оліготрофи)* вмістом поживних речовин. На кожному з цих ґрунтів проростають певні види рослин.

Едафічні чинники дуже тісно взаємопов'язані зі іншими абіотичними і біотичними чинниками.

Сніговий покрив є і метеорологічним фактором, і субстратом по якому пересуваються одні, і середовищем, в якому мешкають інші тварини.

Для зимуючих у ґрунті чи на його поверхні видів сніговий покрив відіграє теплоізолюючу функцію.

Сніг зменшує доступність кормів тощо.

Тварини, які залишаються активними взимку, поділяються на:

- **хіонофобів (снігоненависники)**, ведуть надсніжний спосіб життя; (Слайд 39)
- **хіонофілів (сніголюбів)**, які частіше ведуть підсніжний спосіб життя; (Слайд 40)
- **хіонофорів (сніговитривалі)**. (Слайд 41)

Зміна глибини снігового покриву по-різному позначається на представниках цих груп.

У малосніжні зими створюються важкі умови для хіонофілів, що може привести до масової загибелі цих видів. Але та ж зима виявляється особливо сприятливою для хіонофобів, наприклад копитних. І навпаки.

Отже зміни чисельності хіонофілів і хіонофобів зазвичай протилежні. Для «надсніжників» особливо згубними є багатосніжні зими, які супроводжуються ожеледицею та завірюхами.

Снігове тло історично визначило зимове забарвлення багатьох тварин – білої куріпки, зайця біляка, горностая та інших. У регіонах де сніговий покрив відносно короточасний і не стійкий забарвлення тварин лише світлішає.

Сніговий покрив для тварин, які пересуваються по його поверхні і збирають корм на землі, є перешкодою при ходьбі та здобуванні їжі. Тому в кожного виду виробилися певні пристосування до мешкання в умовах з різною висотою снігового покриву.

Для кожного виду існує певна глибина сніжного покриву, яка не заважає вільному пересуванню тварини. *Глибина снігового покриву, при якій обмежується пересування особин* – це **критична глибина снігового покриву**. (Слайд 43)

Чим менша тварина і чим коротші в неї лапи, тим менша критична глибина снігового покриву. Наприклад для мишоподібних вона складає 3-5 см, а для лося – 70-80 см.

Пересуванню тварин взимку перешкоджають наст, вітрова дошка та ожеледиця. Вони також утруднюють здобування корму. Вони добре тримають багатьох хижаків, але не придатні для пересування копитних. (Слайд 44)

Інше пристосування для пересування по снігу – збільшення опорної поверхні кінцівок та специфічна хода. Збільшення опорної поверхні лап може досягатися обростанням твердими волосками, щетинками, пір'ям чи роговими щитками. (Слайд 45)

*Навантаження ваги тіла на квадратний сантиметр опорної поверхні – це **вагове навантаження на слід**. У добрих ходоків по снігу, зазвичай, вона не перевищує 10-15 г/см<sup>2</sup>.*

Найменш сніговитривалі – антилопи, козли й барани, з невеликими і вузькими копитами мешкають в районах з неглибоким і нетривалим сніговим покривом, чи в безсніжних місцях.

Серед Оленевих у північного оленя площа кінцівок взимку збільшується за рахунок розростання довгих і пружних щетинок. У копит до зими відростають краї, м'яка п'яткова частина скорочується, вони стають стаканоподібними і набувають значної міцності.

Кабарга, з вузькими, гострими копитами мешкає лише в малосніжних хребтах Східного Сибіру, а її поширення обмежується районами із глибиною снігового покриву до 50 см.

Серед хижаків найменш сніговитривалими є котячі.

Серед собачих найбільш вузькі лапи мають корсак, який мешкає в напівпустелях і пустелях, та песець, який мешкає в тундрі.

Кунячі мають і значну опорну поверхню, і особливу ходу. Вони частіше пересуваються галопом спираючись на всі чотири лапи. Ласка й горностаї здатні пересуватися в товщі снігового покриву («мінування снігу»). Саме це пояснює їх численність у регіонах лісового рихлосніжжя.

Перешкоджаючи пересуванню, сніговий покрив одночасно утруднює здобування їжі. Копитні успішно розкопують сніг глибиною до 20-30 см.

Різна здатність розкопувати сніг для здобування корму призводить до виникнення між тваринами певного типу симбіозу – коменсалізму (сотрапезництво, нахлібництво). Наприклад, годівля білих куріпок серед стада північних оленів, сірих куріпок на місцях жирувань русаків тощо. Осілі види переходять на їжу іншими кормами. Наприклад у біляків у багатосніжні зими чагарникові корми займають в раціоні близько 85 %, а в малосніжні – 40 %. З випадінням снігу пов'язані міграції багатьох тварин. В горах копитні переміщуються на менш засніжені ділянки.

## Слайд 47, 48

Взимку перешкодою при здобуванні їжі є *кухта* – сніг на гілках (слайд 47) і *джут*, який представляє комбінацію багатосніжності з ожеледдю (слайд 48).

У житті тварин степів і пустель, де зимові опади перевищують опади теплого періоду, кількість снігу має велике значення. Розвиток рослинного покриву і питома вага в ньому особливо цінних в кормовому відношенні рослин здебільшого залежить від величини запасів снігу.

Із кількістю снігу пов'язано наповнення прісною водою хаків (тимчасових водойм) і тривалість збереження їх влітку. Достаток і розміщення хаків визначають розподіл і переміщення тварин по території.

Від запасів снігу і характеру його танення залежить висота повеневої води у річках. Розрізняють два основних типи повені:

- *лісова*, повільна з пізнім максимумом і відносно меншим рівнем; (Слайд 49<sup>4</sup>, 50<sup>5</sup>, 51<sup>6</sup>)
- *степова*, швидка, бурхлива, але короткочасна, з високим максимум, сприяє розмиву берегів, замету глибоких місць піском, нівелюванню профілю дна і обмілінню річок. (Слайд 52<sup>7</sup>, 53<sup>8</sup>)

**Орографічні** фактори середовища – це сукупність форми рельєфу (рівнини, височини, гірські системи, пагорби, котловани тощо). Зміни кліматичних умов обумовлюють зміну біогеоценозів і на рівнинах, і в горах. Закономірні зміни на рівнинах одержали назву **природних зон**, а в горах – **висотних поясів**. Відмінність між ними полягають у тому, що природні зони мають широту, яка вимірюється сотнями кілометрів, а широта висотних поясів дорівнює сотням метрів.

<sup>4</sup> Повінь у лісі (4,15 хв)

<sup>5</sup> Повінь на р. Сіверський Донець (2,57 хв)

<sup>6</sup> Повінь на річці у тайзі (0,39 хв)

<sup>7</sup> Повінь Закарпаття 2017 р. (1,04 хв)

<sup>8</sup> Річка виходить з берегів. Буковель (5,45 хв)

І в горах, і на рівнинах вирізняють:

- **мегарельєф** охоплює планетарні форми – океанічні западини і материкові виступи, а також їхні найбільші структурно-скульптурні форми – гірські системи, рівнинні тощо;
- **макрорельєф** представлений рівнинами і плоскогір'ями, низовинами і гірськими хребтами, яким притаманні певні гідрокліматичні умови і, відповідно, ландшафти з властивими їм біоценозами;
- **мезорельєф** – це ті форми, на які поділяється макрорельєф: річкові долини, зандрово-аккумулятивні рівнини, яри, балки, гірські долини, котловини тощо. Форми рельєфу відрізняються інсоляцією, гідрологічним і температурним режимами, що зумовлює певний видовий склад і структуру біоценозів;
- **мікрорельєф** – це невеликі форми рельєфу, зокрема, карстові лійки, степові пониження (поди), невеликі еолові форми тощо, які створюють своєрідні умови для певних видів рослин і тварин;
- **нанорельєф** – це найдрібніші западини, кротовини, купини тощо, у формуванні яких найактивнішу роль відіграють живі організми.

У формуванні біоценозів рівнинних територій важливу роль відіграє і мезо-, і мікрорельєф. Мезорельєф лежить в основі виділення ландшафтних систем рівня урочище, а мікрорельєф – фаціального рівня. Ці форми рельєфу формують мезо- і мікрокліматичні особливості території.

Отже, рельєф формує сукупність екологічних факторів місць мешкання, які впливають на розвиток біоценозів і перерозподіл тварин.

Відповідно до правила попередження Альохіна, види, які мешкають на півночі на вирівняних ділянках, на півдні переходять на північні схили й в балки, а види, які мешкають на півдні на таких самих ділянках, потрапляючи на північ, розподіляються по південних схилах.

Особливо помітний вплив мікрорельєфу на рівнинних піщаних територіях.

## Слайд 56

**Біотичні чинники.** Живі організми біосфери перебувають у складних, різноманітних зв'язках. Відносини між організмами дуже різноманітні і мають значну кількість переходів. Існують різні класифікації взаємовідносин організмів. У цілому виділяють такі типи взаємовідносин: *позитивний, негативний вплив і відсутність впливу*. Проте коректне визначення «позитивного» чи «негативного» впливу важке, наприклад, вплив популяції хижака на популяцію жертви є і негативним, і позитивним.

## Слайд 57

У сучасному розумінні усі типи взаємозв'язків між організмами різних видів – це **симбіоз** (співжиття)<sup>9</sup>.

**Форезія** є типом, за якого відсутні трофічні зв'язки між організмами, при цьому один організм забезпечує іншому захист, опору або транспортування.

**Коменсалізм** – це непрямі трофічні взаємозв'язки та перенесення енергії між організмами, причому ці зв'язки корисні одному, але байдужі іншому симбіонту.

**Використання** – дві форми взаємовідносини *хижацтво / мікрохижацтво* і *паразитоїдизм / паразитизм*.

**Мутуалізм** – це взаємовідносини, за яких обидва партнери отримують користь, а деякі і за екологічних, і за фізіологічних причин не можуть існувати окремо.

<sup>9</sup> Bush A., Fernandez J., Esch G., Seed J. Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites. Cambridge : Cambridge University Press, 2001. 566 p.

Приклади:

**Форезія** – кліщі на тілі мертвоїдів; риба-клоун і морський анемон. (Слайд 58)

**Коменсалізм** – акула та риба-лоцман (0,24 хв). (Слайд 59)

**Мутуалізм** – 1) терміти та найпростішими *Hypermastigida*, які мешкають у їхньому травному каналі. Терміти цілковито залежать від джгутиконосців у задоволенні потреб живлення, особливо це стосується постачання азоту й вуглеводів, що виділяються при розкладанні деревини. Джгутиконосці також залежать від хазяїна, який створює їм середовище життя і постачає їжу; накипний, листоватий, кустистий лишайники (приклади облігатного мутуалізму); 2) рак-самітник і актинія (1,20 хв, приклад факультативного мутуалізму, або протокооперації). (Слайд 60)

### **Хижацтво**

– **голофагія / справжнє хижацтво** (голофаги – це справжні хижаки, вбивають жертву відразу і з'їдають); (Слайд 61)

– **мерофагія / пасовищне хижацтво** (мерофаги – це пасовищні хижаки, зазвичай з'їдають тільки частину жертви, завдаючи їй при цьому певної, але не смертельної шкоди, за своє життя вони використовують багатьох жертв, з якими не мають особливо тісних зв'язків). (Слайд 62)

За ступенем спеціалізованості на живленні певними видами жертв хижаків розподіляють на:

- *генералістів* (наприклад, лисиця); (Слайд 63)
- *спеціалістів* (морські змії з роду *Microcephalophis*<sup>10</sup>, голова і передня частина тулуба якої дуже вузькі, «відкалібровані» за розмірами нірки донних морських вугрів, якими вони живляться; коали живляться лише молодим листям евкаліптів). (Слайд 64)

До цієї класифікації близьким є поділ хижаків на:

- *монофагів* пристосованих до живлення одним видом жертв;
- *олігофагів* орієнтованих на кілька близьких категорій жертв;
- *поліфагів* здатних житися різноманітними жертвами.

Наведені класифікації не цілком ідентичні, хоча, звичайно, спеціалізовані хижаки зазвичай є оліго- або монофагами, а генералісти – поліфагами.

Наприклад, гігантський мурахоїд високоспеціалізований на живленні мурахами і термітами, нічим іншим він живитися не здатний, проте практично будь-який вид соціальних комах може стати жертвою цього хижака-полігофага.

Спеціалізація хижаків дозволяє частково уникати конкуренції, а поліфагія є пріямим стійкості стану їх популяцій.

<sup>10</sup> *Microcephalophis gracilis*

**Паразитоїдизм** – це симбіотичні організми, які живуть за рахунок хазяїна. Паразитоїди – це переважно комахи з рядів Hymenoptera і Diptera, нематоди Mermithoidea, деякі кліщі.

*Тимчасовий паразитизм* – одно- або багаторазовий пошук хазяїна мікрохижаком для отримання їжі (кровосисні комахи (комарі, блохи, деякі види мух та ін.), деякі п'явки, кажани).

**Паразитизм** – тісний зв'язок між двома видами, один з яких паразит є метаболічно залежним від хазяїна.

**Антропічні чинники.** Залежно від напрямку впливу їх можна поділити на декілька груп:

- зміна кількості організмів (збирання рослин грибів, ягід, мисливство, рибальство); (Слайд 66)
- переселення організмів (спрямована чи випадкова інтродукція); (Слайд 67)
- трансформація ландшафтів; (Слайд 68)
- забруднення; (Слайд 69)
- інші форми антропогенного впливу. (Слайд 70)

## Екологічні закони

Зараз, біологами, екологами, біогеографами на підставі накопиченого фактичного матеріалу щодо взаємозв'язків і взаємодій у «системі природа – суспільство» та впливу техносфери на організми зроблено узагальнення, які знайшли відображення у законах, правилах і принципах.

Розглянемо ті з них, які стосуються біогеографічних взаємодії організмів з їхнім оточенням.

**Закон біогенної міграції атомів.** Міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері загалом відбувається в середовищі, геохімічні особливості якого зумовлені живою речовиною, як тією, яка нині населяє біосферу, так і тією, яка була наявною на Землі впродовж усієї геологічної історії. Впливаючи на живі організми, людська спільнота змінює умови біогенної міграції атомів. Втручаючись у перебіг природних процесів, потрібно прогнозувати їхні глобальні наслідки.

**Закон фізико-хімічної єдності живої речовини.** Вся жива речовина Землі – фізико-хімічна єдність (цілісність). З цього закону випливає важливий наслідок: негативна дія на одну частину живої речовини не може бути позитивною для іншої. Отже, будь-які фізико-хімічні препарати, смертельні для одних організмів (наприклад, пестициди), є шкідливі для всіх інших.

**Закон контактності живої речовини.** Кількість живої речовини в біосфері – величина постійна.

**Закон максимуму біогенної енергії.** Будь-яка біологічна система або система за участю живої речовини, що перебуває в стані «стійкої нерівноваги», тобто динамічної рухомої рівноваги з довкіллям, й еволюційно розвивається, збільшує свій вплив на довкілля. Закон сформульовано на

підставі біогеохімічних принципів В. Вернадського і доповнений принципом Е. Бауера про «стійку нерівновагу біологічних систем».

**Закон максимізації енергії** (Г. і Е. Одумів). У разі наявності суперництва з іншими системами виживає (зберігається) та з них, яка найліпше сприяє надходженню енергії та використовує максимальну її кількість найефективніше.

**Закон піраміди енергій** (Р. Ліндемана). З одного трофічного рівня екологічної (трофічної) піраміди переходить на інший рівень у середньому не більше 10% енергії.

**Закон внутрішньої динамічної рівноваги.** Речовина, енергія, інформація, динамічні властивості окремих природних систем та їхня ієрархія пов'язані настільки, що будь-яка зміна одного з цих показників зумовлює супутні функціонально-структурні кількісні та якісні зміни, які зберігають загальну суму речовинно-енергетичних, інформаційних і динамічних властивостей систем, де ці зміни відбуваються, або в їхній ієрархії.

Емпіричний висновок з цього закону такий: будь-яка зміна природного довкілля спричинить розвиток ланцюгових реакцій, які відбуватимуться до нейтралізації цієї зміни або формування нових природних систем, утворення яких у разі значних змін довкілля може набути незворотного характеру. М. Реймерс (1981) сформулював цей закон таким афоризмом: «Чим більше пустель ми перетворимо на квітучі сади, тим більше квітучих садів перетворимо на пустелі».

**Закон зниження енергетичної ефективності природокористування** (С. Подолинського). З плином часу на видобуток корисної продукції з природних систем на її одиницю в середньому

витрачається щораз більше енергії. Збільшуються й енергетичні витрати на одну людину.

**Закон обмеженості природних ресурсів.** Природні ресурси планети Земля не є невичерпними; планета є природно обмеженим цілим і природні ресурси на ній обмежені.

**Закон незамінності біосфери.** Біосферу не можна замінити штучним доквіллям, як не можна створити нових видів життя. Людина не може створити вічний двигун, а біосфера практично є «вічним двигуном».

**Закон збіднення різноманітної живої речовини в островних її згустках** (Г. Хільмі). Індивідуальна система, яка «працює» в доквіллі з нижчим рівнем організації, ніж рівень самої системи, приречена. Постійно втрачаючи свою структуру, система через деякий час розчиниться в доквіллі. Це означає, що для охорони рідкісних і тих видів, які зникають (як частин живої речовини), необхідна достатньо велика територія серед навколишніх (змінених людиною) ландшафтних систем.

## Екологічні правила і принципи

**Правило Дарлінгтона:** зменшення площі острова в 10 разів зменшує кількість видів, що живуть на ньому, удвічі. Це варто брати до уваги у процесі при організації природно-заповідних об'єктів.

**Правило обов'язковості заповнення екологічних ніш:** вакантна екологічна ніша завжди буває природно заповненою. Це правило слід брати до уваги у процесі акліматизації, знищення шкідливих видів організмів, боротьби з небезпечними захворюваннями тощо.

**Правило більших шансів на вимирання вужче спеціалізованих форм** (О. Марш): швидше вимирають вужче спеціалізовані форми, генетичні резерви яких для подальшої адаптації знижені. Значну роль у вимирінні таких форм може відіграти антропічний чинник.

**Правило біологічного підсилення:** під час переходу на вищий рівень екологічної піраміди нагромадження речовини, зокрема токсичної, збільшується приблизно в такій же пропорції.

**Правило взаємного пристосування** (К. Мьобіус): види в біоценозі настільки пристосовані один до одного, що їхня спільнота становить внутрішньо суперечливе, проте єдине та взаємозумовлене ціле.

**Правило Джордано:** ареали близьких родинних форм тварин (видів або підвидів) здебільшого займають суміжні території та суттєво не перекриваються. Його ще називають правилом вікаріату – одним із головних положень географічного видоутворення (М. Вагнер).

**Правило географічного оптимуму:** в центрі видового ареалу зазвичай є оптимальні для цього виду умови існування, які погіршуються у процесі наближення до периферії існування виду.

**Принцип винятковості Гаузе** (теорема Гаузе): два види не можуть існувати в одній місцевості, якщо їхні екологічні потреби ідентичні, тобто якщо вони займають одну екологічну нішу.

З огляду на це два види з ідентичними екологічними вимогами розчленовані в просторі або в часі, займають різні біотопи, яруси в лісі, ведуть нічний або денний спосіб життя.

**Принцип катастрофічного поштовху:** глобальна природна або природно-антропічна катастрофа завжди приводить до значних еволюційних змін, які є відносно прогресивними для природи, але не обов'язково корисними для виду тої чи іншої систематичної категорії, зокрема і людини.

**Принцип Ле-Шательє Брауна:** за наявності зовнішнього впливу, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, ця рівновага зміщується в напрямі послаблення ефекту зовнішнього впливу.

Дякую за увагу!