



## Урок 2

# Загальні закономірності формування адаптацій. Адаптогенез

# Адаптації є наслідком еволюційних процесів

Яструб-перепелятник має широкі крила, завдяки яким він може надовго зависати, вистежуючи здобич біля землі



Загострений край крил Ластівки дозволяє їй швидко змінювати напрям польоту під час полювання на комах у повітрі.



# Механізм еволюції

Здатність організмів до Необмеженого розмноження

Обмеженість ресурсів середовища

Спадкова мінливість ( мутації)

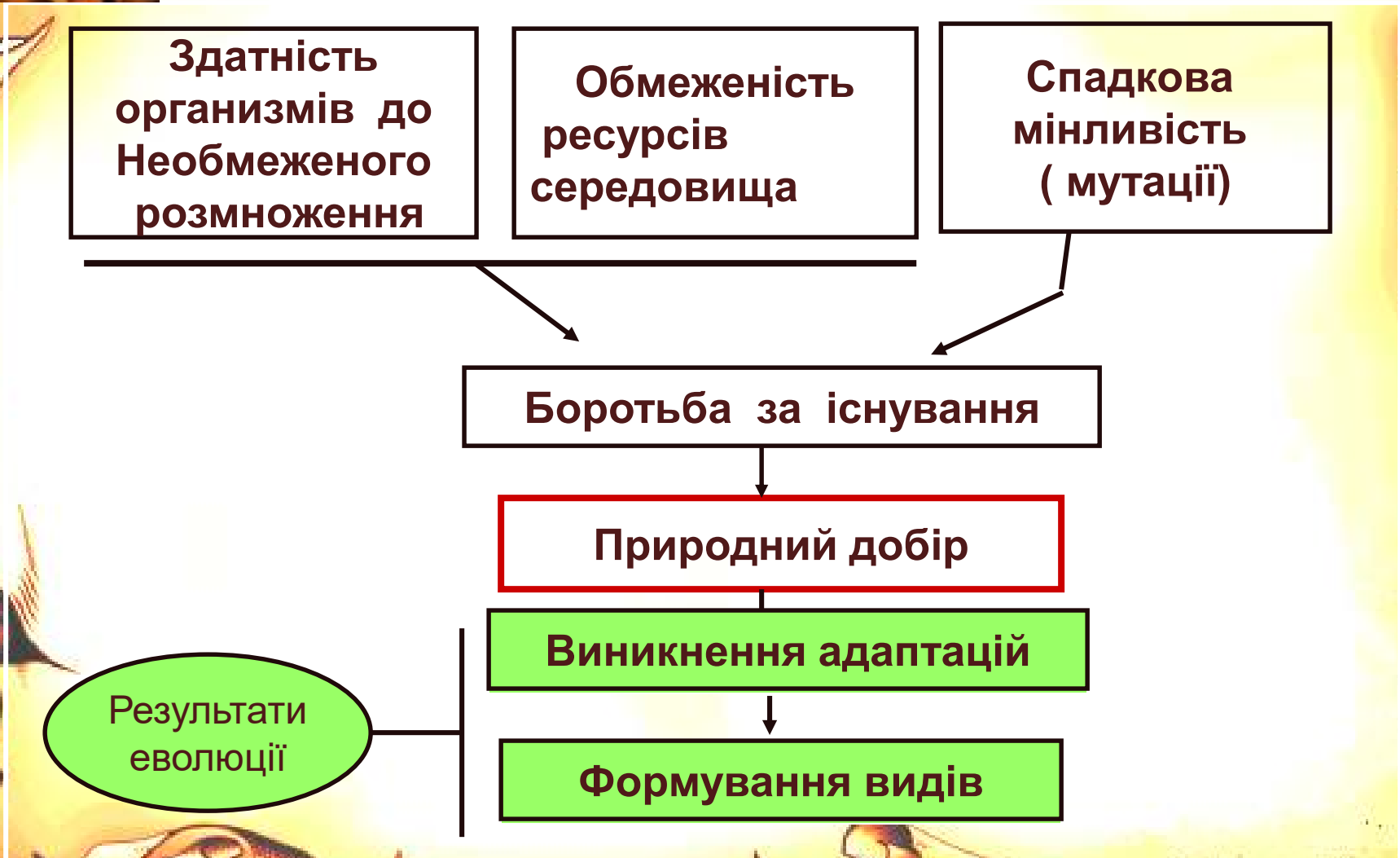
Боротьба за існування

Природний добір

Виникнення адаптацій

Формування видів

Результати еволюції



# Боротьба за існування

**Межвидова**



**Внутривидова**



**З умовами  
середовища**



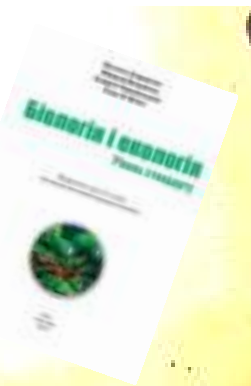
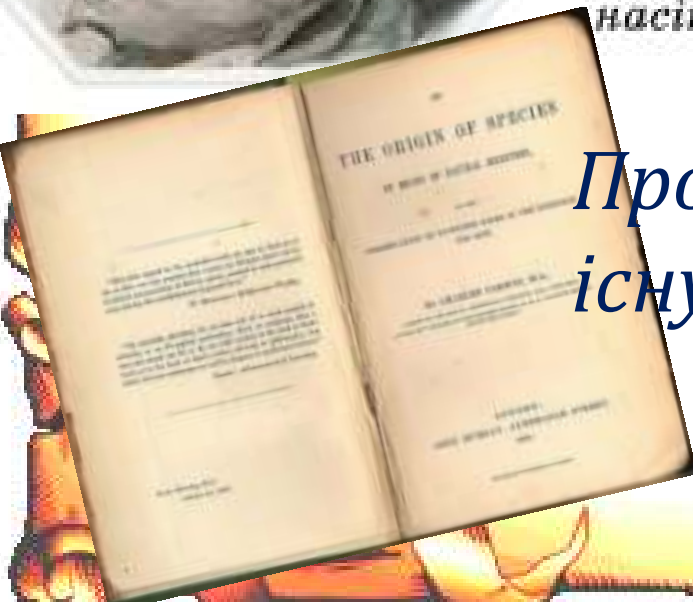
# Перевірте себе

Приклади форм боротьби за існування:

1. «Але й про рослину на окраїні пустині також говорять, що вона бореться з посухою...».
2. «Про рослину, що кожного року утворює тисячу насінин, з яких в середньому тільки одна виростає в стиглу рослину, справді можна сказати, що вона бореться з такими ж, як вона, та іншими рослинами, які вже еквивалентують ту ж ділянку землі».
3. «Оскільки омела розсіюється птахами, то її існування залежить від них, і, можна сказати, що вона бореться з іншими рослинами, які дають плоди, тим, що спокушає птахів пожирати її плоди і таким способом розносити її насіння».



Про які форми боротьби за існування писав Ч. Дарвін?



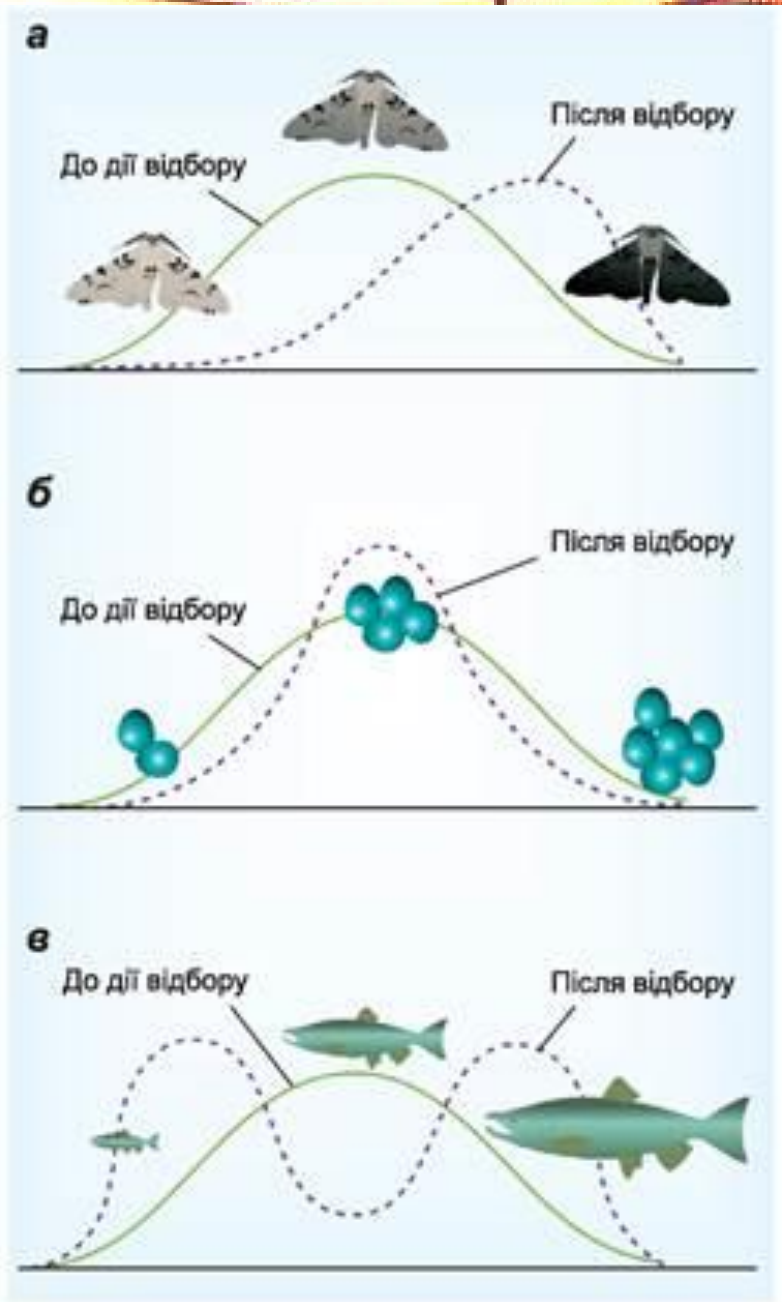
# Природний добір

## Рушійний

## Стабілізуючий

## Дизруптивний

Ч. Дарвін у своїй книзі наголошував: «Природний добір діє тільки шляхом збереження і нагромадження малих спадкових змін, кожна з яких вигідна для істоти, що зберігається».



**Їжак звичайний  
(європейський)  
Ряд Їжакоподібні  
Надряд Комахоїдні**

**Поміркуйте!**



**Голки:  
Кількість - близько 16 тис.  
довжина - 2-3 см,  
діаметр - 1 мм.**

***Для чого і як сформувалася ця адаптація?***

# Механізм виникнення адаптації

*за сучасними поглядами на еволюцію (Синтетична теорія еволюції)*

- В окремій популяції
- ↓
- Виникає мутація будови волосся тварин ( голки)
- ↓
- Особини з цією ознакою виживають у боротьбі за існування і дають чисельне потомство
- ↓
- Здійснюється природний добір саме цієї будови волосся
- ↓
- Кількість особин з алелем голковидного волосся збільшується
- ↓
- **Результат: стійка зміна генетичної структури популяції (елементарне еволюційне явище)**





# Перевірте себе

## Встановіть послідовність етапів адаптогенезу

- А. Внаслідок природного добору переважно виживають і залишають чисельне потомство особини зі змінами, які відповідають вимогам середовища мешкання
- Б. Поява мутацій.
- В. Збереження у декількох поколіннях особин з корисними в конкретних умовах особливостями будови, фізіології, або поведінки
- Г. Боротьба за існування з несприятливими умовами середовища
- Д. Пристосування (адаптації) - результат добору спадкових змін, що покращують життєздатність організмів в конкретних умовах середовища мешкання.

*Адаптації є пристосуваннями, що постійно виникають,  
змінюються, вдосконалюються та інколи зникають.  
М. В. Тимофєєв-Ресовський*

## **Адаптогенез**

**процес формування нових  
пристосувань або удосконалення  
існуючих до певних умов існування  
завдяки зміні генетичної структури  
популяції під дією еволюційних  
чинників**

# Складні адаптації виникають завдяки поступовій дії природного добору



# Способи виникнення адаптацій

**Преадаптації** - еволюційні зміни, що забезпечують появу нових пристосувань за участі вже сформованих структур організму

**Постадаптації** - еволюційні зміни, що удосконалюють існуючі пристосування даного виду до вже освоєних ним умов існування, або зміна функції органа в нових умовах існування

# Преадаптації



Черепашка **МОЛЮСКІВ** – з вихідом на суходол окрім функції захисту від хижаків та опори тіла стала виконувати функцію захисту від пересихання

# Преадаптації



Луска акулі, як засіб захисту тіла, стала виконувати функцію зубів.

У білої акулі - 280-300 зубів, які розташовані в 5-6 рядів.  
*Доречі:* зуби і луска акулі – це її єдині кісткові органи...

# Преадаптації



Оперіння птахів виникло для регуляції температури тіла, а вже потім було пристосовано до польоту

# Перевірте себе

## Поясніть, чому наведені явища важають прикладами преадаптацій?

Рис. 5. Приклади преадаптацій

Приклад з праці Ч. Р. Дарвіна «Походження видів шляхом природного добру, або Збереження сприятливих порід у боротьбі за життя»:

*«Черепні шви в молодих ссавців розглядалися як прекрасне пристосування, що полегшує акт пологів, і, без сумніву, вони можуть сприяти або навіть бути необхідними, але оскільки ці шви існують і на черепах птахів і плазунів, яким доводиться тільки вилуплюватися з яйця, – то ми маємо право зробити висновок, що це пристосування впливає з самих законів росту, і тільки пізніше з нього була здобута користь при акті народження для вищих тварин.»*



Поясніть, чому наведені явища вважають прикладами преадаптації?

Тіктаалік – рід вимерлих лопатеперих риб



Відбиток



Череп, вид спереду



Реконструкція



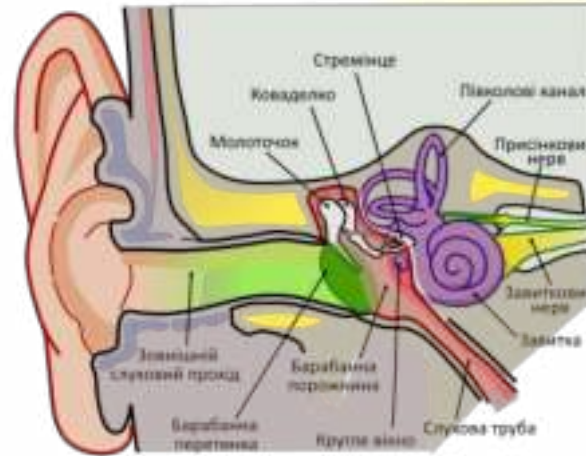
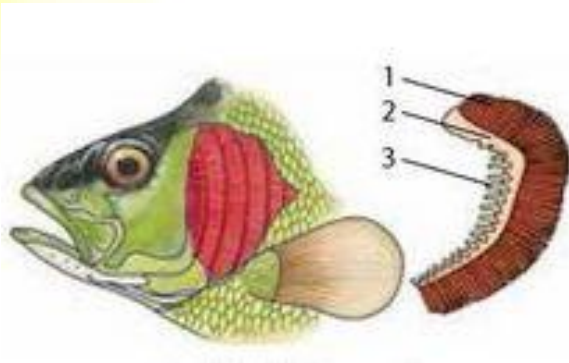
Кінцівка від плеча до плавця

Вимерлі рештки були виявлені 2004 року у відкладеннях пізнього девону (близько 375 млн років тому) на острові Елсмір (північ Канади).

Тіктааліка вважають перехідною формою між рибами й амфібіями: є плечовий пояс, легені



# Постадаптації

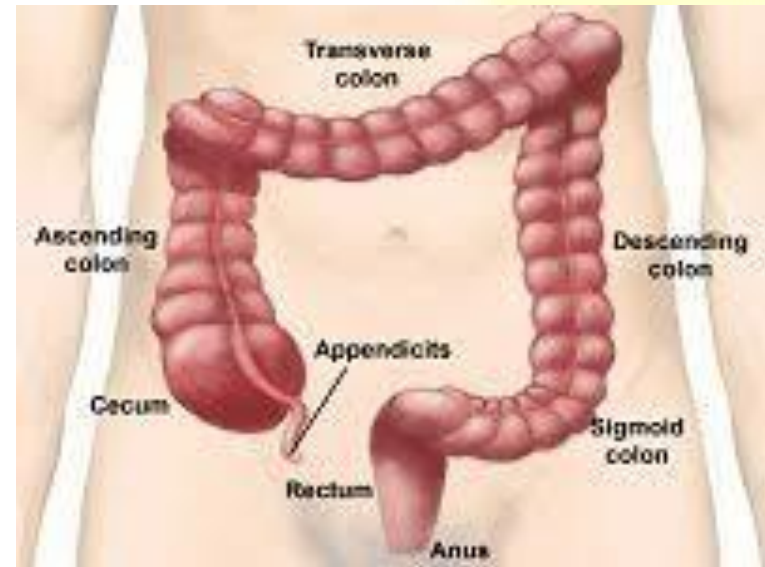
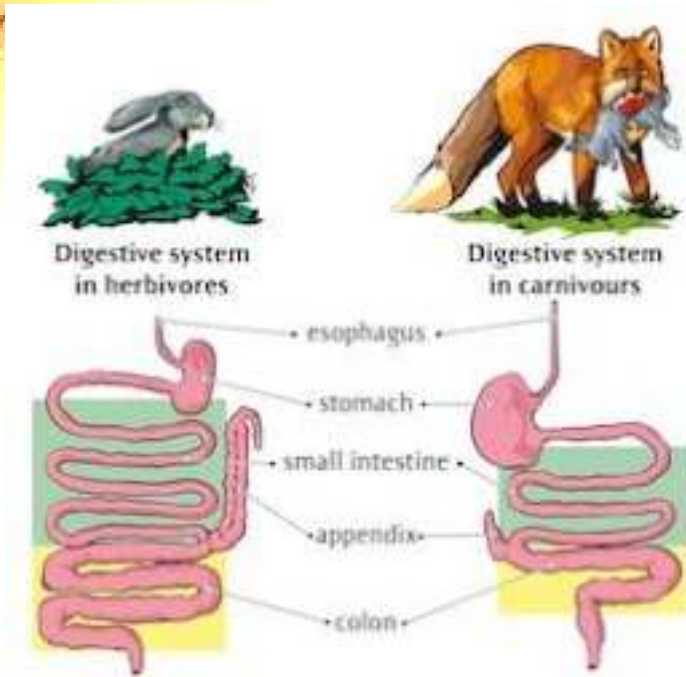


Зяброві дуги риб

у наземних тварин стали виконувати функцію  
слухових кісточок середнього вуха

*(пристосування до передачі та посилення звукових  
коливань у розрідженому атмосферному  
середовищі)*

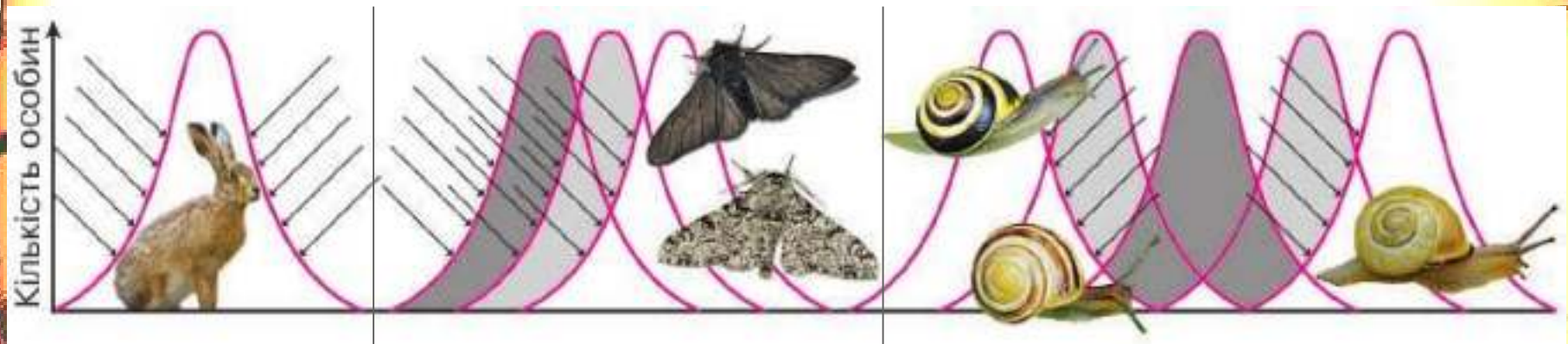
# Постадаптації



Апендикс, як орган травлення у рослиноїдних тварин, у людини стає органом імунної системи

# Перевірте себе

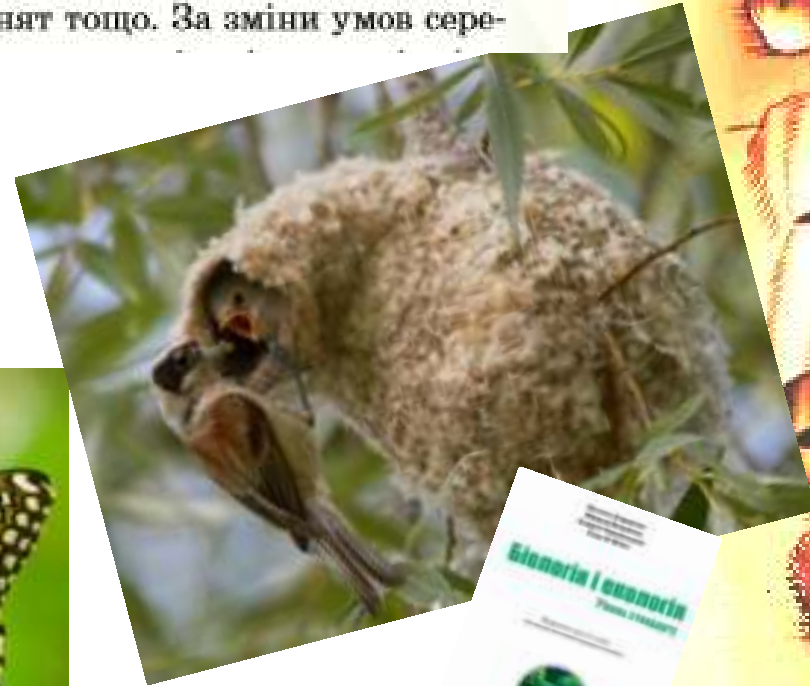
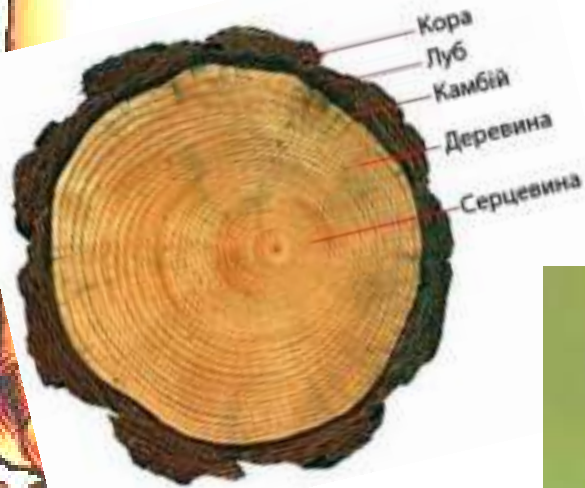
Завдяки яким формам природного добору виникають преадаптації і постадаптації?



# Постадаптація

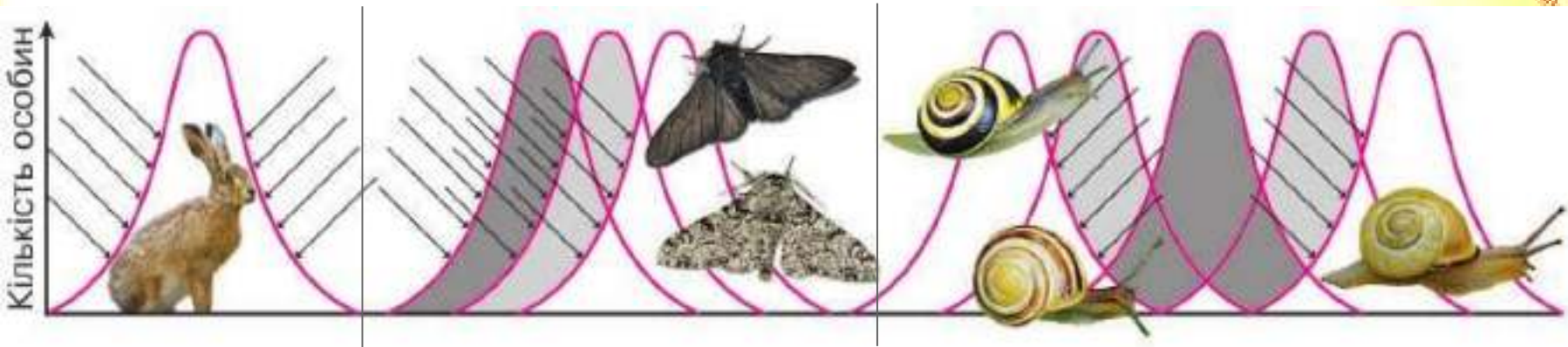
## Постадаптація робить адаптацію кращою

му до вимог довкілля. Зазвичай постадаптації мають прояв у незначних змінах уже виробленої адаптації: у потовщенні захисного шару корку в корі, у збільшенні виділення феромонів<sup>3</sup> для приваблення статевих партнерів, у зміцненні стінки гнізда для кращого захисту пташенят тощо. За зміни умов сере-



# Перевірте себе

**Завдяки яким формам природного добору виникають постадаптації, які призводять до покращення адаптації?**



# Закономірності (правила) адаптогенезу

**Правило екологічної індивідуальності:** кожен вид специфічний за екологічними можливостями адаптації, двох ідентичних видів не існує. Кожен вид



**Правило відносної незалежності адаптацій:** висока адаптивність до одного з екологічних чинників не дає такого самого ступеня пристосовуваності до інших умов життя (навпаки,

**Правило двох рівнів адаптації:** біосистеми адаптуються до умов існування двома способами: шляхом функціональних адаптацій у межах сталого рівня стабілізації системи та шляхом зміни цього загального рівня стабілізації. Так,

# Перевірте себе



- 1. Унаслідок дії природного добору збільшується кількість тих організмів, які
  - А** мають більше мутацій
  - Б** не мають мутацій
  - В** переважно виживають
  - Г** розмножуються нестатево
- 2. Увігнута форма світлосприймального шару ока є прикладом
  - А** преадаптації
  - Б** постадаптації
  - В** дрейфу генів
  - Г** природного добору
- 3. Сергій та Олена висловили свої думки щодо походження пір'я птахів. Сергій вважає, що пір'я птахів розвинулося з волосся динозаврів. Олена впевнена, що пір'я сучасних птахів виникло завдяки природному добору. Хто з них має рацію?
  - А** лише Сергій
  - Б** лише Олена
  - В** обидвоє
  - Г** жоден
- 4. Який процес ілюструє наведене зображення?
  - А** природний добір
  - Б** адаптацію
  - В** потік генів
  - Г** дрейф генів
- 5. Який із наведених прикладів є преадаптацією?
  - А** потові залози ссавців (з них виникли молочні залози)
  - Б** очі рептилій (з них розвинулись очі ссавців)
  - В** двокамерне серце риб (стало основою трикамерного серця амфібій)
  - Г** оплодень (його структура різниться в соковитих і сухих плодів)
- 6. У відповідність компонент ока людини та його функцію
  - 1** зіниця
  - 2** кришталик
  - 3** райдужка
  - 4** сітківка
  - А** фокусування світла
  - Б** живлення передньої частини ока
  - В** регулювання кількості світла в оці
  - Г** захист світлочутливого шару
  - Д** світлосприйняття





# Домашнє завдання

Опрацювати § 2

Виконати завдання:

## Завдання 1

### Біологія + Етологія. Формування адаптацій

Зоологи називають єнотів «геніями адаптації». І не даремно. Ця тварина має низку дивних й цікавих пристосувань. Йдеться про *ракуна звичайного*, або *єнота-полоскуна* (*Procyon lotor*). Єноти чудово лазять по деревах, можуть спускатися з дерева головою вперед, мають виокремлені рухливі пальці, добре плавають. Ці розумні тварини легко пристосовуються до змін середовища існування. Назва «полоскун» пов'язана із цікавою біологічною особливістю звіра, який часто «полоще» свою їжу у воді. Застосуйте знання й поясніть формування цієї адаптації.





## Завдання 2



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Завдання на зіставлення. Адаптаціогенез

Пригадайте матеріал 9 класу з теми «Еволюція органічного світу» й зіставте питання (1 – 9) з відповідями (А – Я). Заповніть табличку відповідей та отримайте назву поняття, яким позначають індивідуальні (фенотипові) адаптації організму до чинників середовища.

1	2	3	4	5	6	7	8	9

1 Що є елементарною одиницею еволюції?	А <sub>1</sub> Популяція
2 Що є елементарним еволюційним матеріалом?	А <sub>2</sub> Дивергенція
3 Що є елементарним чинником еволюції?	І <sub>1</sub> Природний добір
4 Що є рушійною силою еволюції?	І <sub>2</sub> Ароморфози
5 Що є результатом мікроеволюційних змін?	К Мутації
6 Як називається розходження ознак у споріднених організмів?	Л Ізоляція
7 Як називається вільне схрещування особин у популяціях?	М Адаптації
8 Які еволюційні зміни підвищують рівень організації груп?	Ц Панміксія
9 Як називається надвидова еволюція?	Я Макроеволюція

**Повторіть положення синтетичної теорії еволюції (СТЕ)**



# Опрацюйте текст. До завдання 2

## СТЕ. Дрейф генів і потік генів

**Дрейф генів і їхній потік можуть як сприяти, так і протидіяти адаптивній еволюції**

Окрім «класичних» дарвінівських факторів, участь у еволюції беруть й інші. Одним із таких чинників є **дрейф генів** — випадкові зміни частоти зустрічності алелів у популяції. Через непередбачувані зміни середовища, як-от стихійне лихо чи нерівномірне схрещування особин у популяції (не всі квітки на полі запилюються), якісь алелі (а, отже, і фенотипи, зумовлені ними) можуть із часом отримати перевагу, а якісь — зовсім зникати.

Припустімо, що в озері була популяція жаб, які мали різноманітне забарвлення тіла (рис. 2.2). Через посуху частина особин загинула, а вижити змогли лише одиниці, що переховувались у маленьких калюжах. Після сезону дощів озеро наповнилося водою, і популяція жаб відновила свою чисельність. Проте, як виявилось, різноманіття забарвлення шкіри в популяції значно зменшилося! Це було пов'язано зовсім не з тим, що жаби якогось певного кольору краще переносять посуху, а з випадковістю: усі особини, що вижили, виявилися зеленими. У сусідньому озері це могли б бути бурі жаби, а в іншому — жовті. При цьому в одному з озер домінують положення міг посісти алель забарвлення, яке робить жаб менш помітними для хижаків. У такому разі завдяки дрейфу генів жаби набули адаптації за кольором тіла.

Але якщо внаслідок дрейфу генів вимруть організми, що несуть корисний алель захисного забарвлення, то він повністю зникне з генофонду популяції. І адаптація за кольором тіла теж припинить своє існування. Отже, дрейф генів діятиме проти адаптивної еволюції.

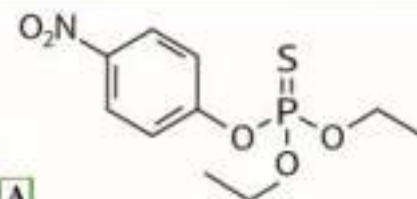
Ще одним схожим фактором є **потік генів** — неспрямоване перенесення алелів з одних популяцій до других. Потік генів відбувався, наприклад, при поширенні стійкості комарів до фосфорорганічних інсектицидів<sup>1</sup>. У 1960-х роках інсектициди ефективно вбивали комарів по усьому світу (рис. 2.3). Але в якихось популяціях Азії чи Африки виникла мутація, що забезпечила комах захистом від цих убивчих речовин. Унаслідок штормів або мандрівок разом із людиною (у кораблях чи літаках) стійкі до інсектицидів комарі поширилися світом. Разом із ними до різних популяцій потрапив і ген стійкості. Оскільки цей ген дозволяв кохам виживати при контакті з фосфорорганічним інсектицидом, то особини, які його мали, переважно продовжували жити і, завдяки схрещуванню, передавали свою стійкість нащадкам. У результаті потоку генів і природного добору більшість комарів світу стала стійкою до цих смертельно отруйних



**Рис. 2.2. Дрейф генів**  
Унаслідок випадкового вивчання зелених жаб під час посухи, вони стали переважати у озерній популяції.

речовин. Фактично потік генів відіграв роль мутагенезу, забезпечивши генофонди популяцій новими алелями, яких у цьому не існувало.

З іншого боку, потік генів може додавати до популяції й алелі, що протидіятимуть чи «викатимуть» корисні, які підвищують пристосованість. Або ж, навпаки, популяція втрачатиме носіїв корисних алелів через потік генів. В обох випадках потік генів протидіятиме адаптивній еволюції. Саме процес природного добору є єдиним еволюційним механізмом, що призводить до появи адаптацій.



**А**



**Б**

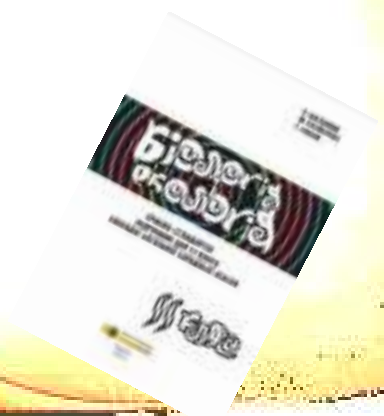
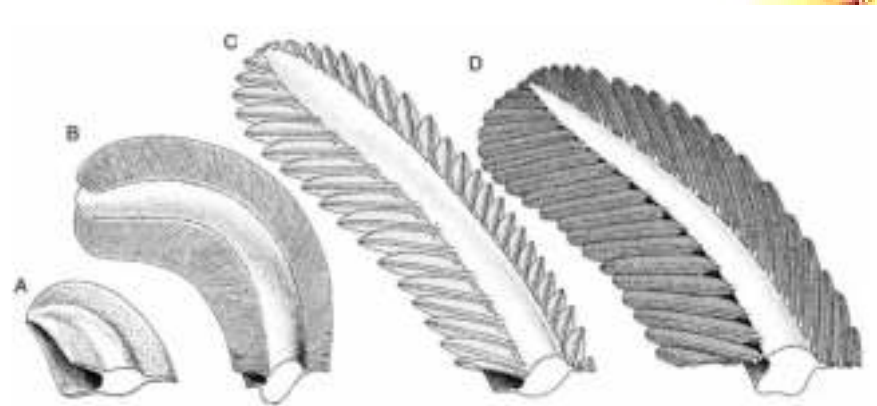
**Рис. 2.3. Фосфорорганічні інсектициди**  
**А.** Parathion — один із перших фосфорорганічних інсектицидів. **Б.** Обробка сільськогосподарського поля інсектицидом.



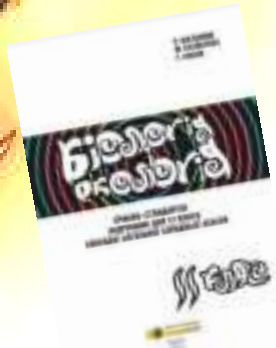
## Завдання 3

# Поміркуйте!

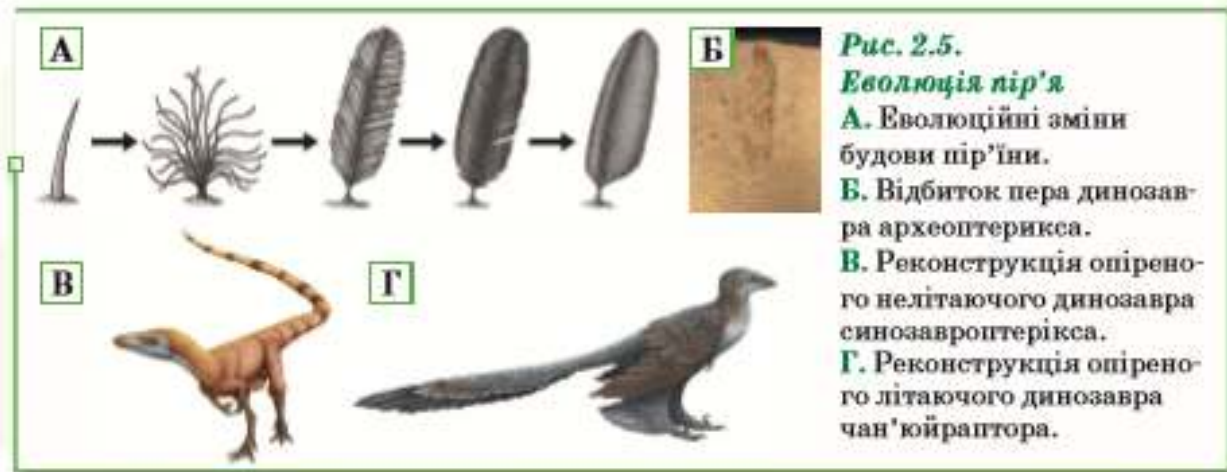
- 7. Скориставшись описом механізму реалізації природного добору, поясність, як у динозаврів сформувалося польотне пір'я.



## Опрацюйте текст. До завдання 3



вання пір'я в птахів. Доведено, що предками сучасних птахів були нелітаючі динозаври. У попередників птахів у шкірі почали формуватися волосиноподібні «пір'їни» (рис. 2.5). Основною функцією яких було збереження тепла, подібно до волосин нашої шкіри. Згодом перо розгалузилося, і в нього з'явився стрижень. Таке пір'я, властиве нелітаючим динозаврам, почало виконувати, ймовірно, також і маскувальну функцію чи відігравати важливу роль у залицянні. У майбутньому будова опахала ускладнилася, а маса пера зменшилася, воно набуло вигідних аеродинамічних властивостей і почало брати участь у польоті. Отже, спочатку пір'я виконувало теплоізоляційну функцію, згодом маскувальну та шлюбну, і лише потім почало використовуватися для польоту. Тобто орган формувався для виконання однієї функції, а згодом почав виконувати іншу<sup>1</sup>.

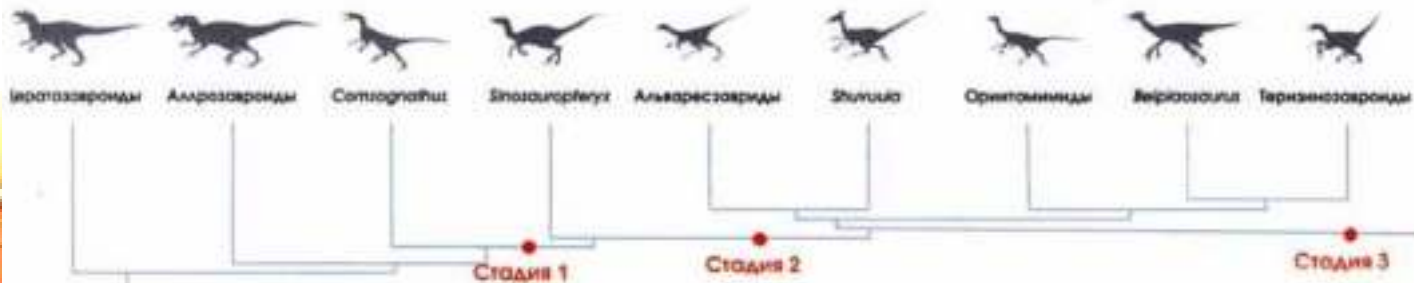
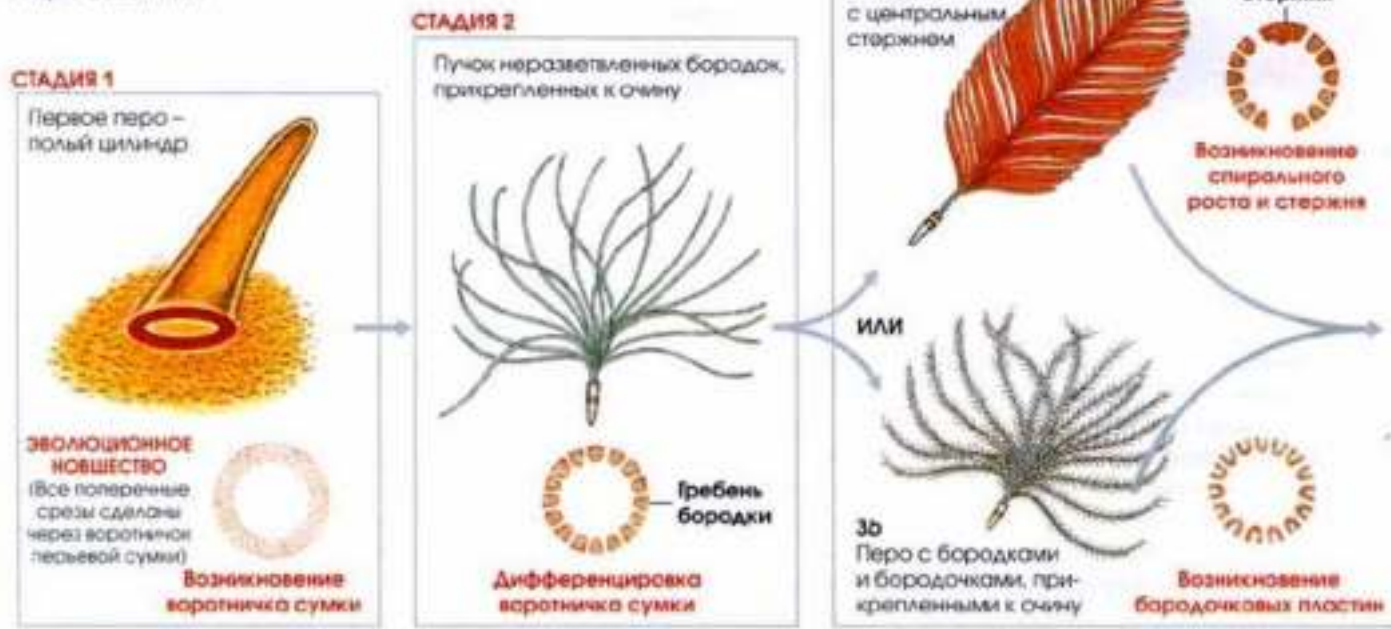


<sup>1</sup> Насправді, функція не змінилася, а додалася, бо й досі пір'я бере участь у теплоізоляції (недарма ж пухові куртки є найтеплішими), маскуванні (наприклад, біле пір'я в полярних сов) і шлюбному процесі (як-от хвостове пір'я в павича).

# Опрацюйте текст. До завдання 3

Создавая теорию происхождения перьев, авторы руководствовались представлениями эволюционной биологии развития, согласно которым эволюцию новых признаков можно лучше понять, зная механизмы их онтогенеза у современных животных. Предполагается, что уникальные характеристики перьев сформировались в результате эволюционных новшеств, каждое из которых имело существенное значение для развития последующей стадии. Таким образом, основу нашей теории составляют сведения об этапах развития перьев у современных птиц, а не спекуляции по поводу исходных функций перьев или групп животных, в которых они впервые возникли.

Недавние ископаемые находки в провинции Люнин (Китай) дают ответ на вопрос, у каких динозавров из группы Theropoda возникли перья той или иной стадии эволюции. На основании сходства между предсказанными моделью примитивными перьями и формой окаменелых отпечатков перьев авторы предположили, что перья каждой эволюционной стадии возникли у определенной группы динозавров.



# Використано матеріали підручників

