

# Гідробіосфера: Єдність живого та неживого

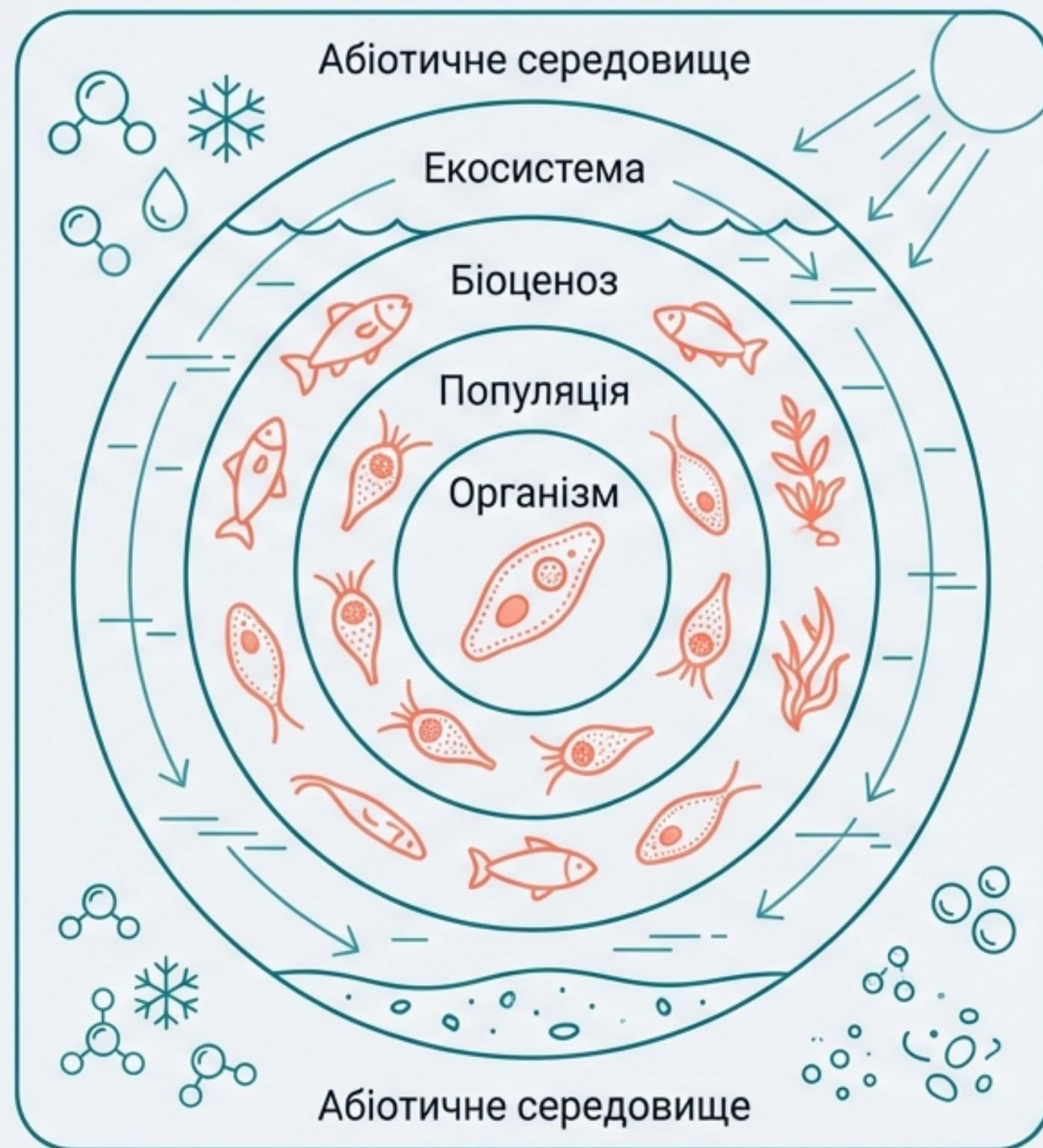
Гідробіологія вивчає не просто організми у воді, а надорганізмні системи (популяції, біоценози, екосистеми) у їх взаємодії з абіотичним середовищем.



- **Гідросфера** вкриває >70,5% поверхні Землі (362 млн км<sup>2</sup>).



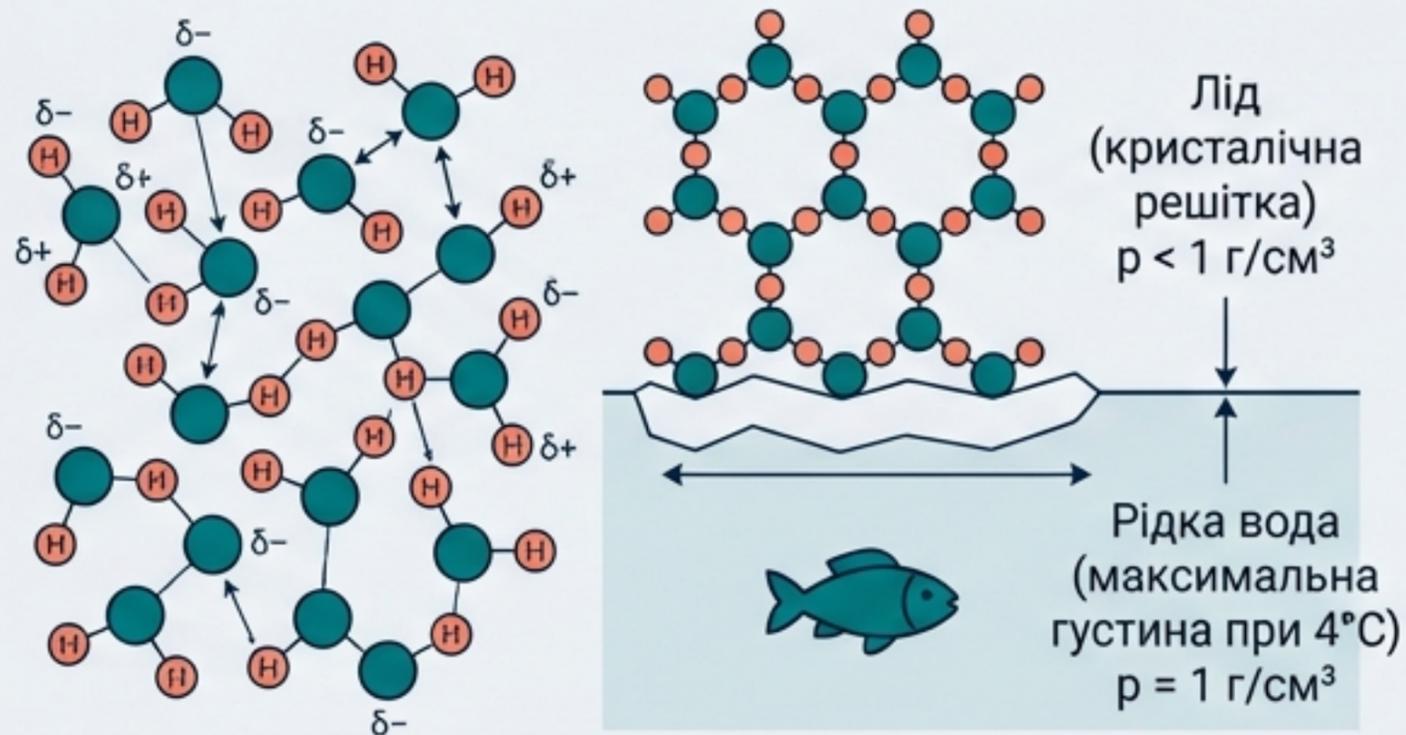
- На відміну від літосфери та атмосфери, гідросфера заселена у всій своїй товщі (**біогідросфера**).



# Аномалії води як фундамент життя

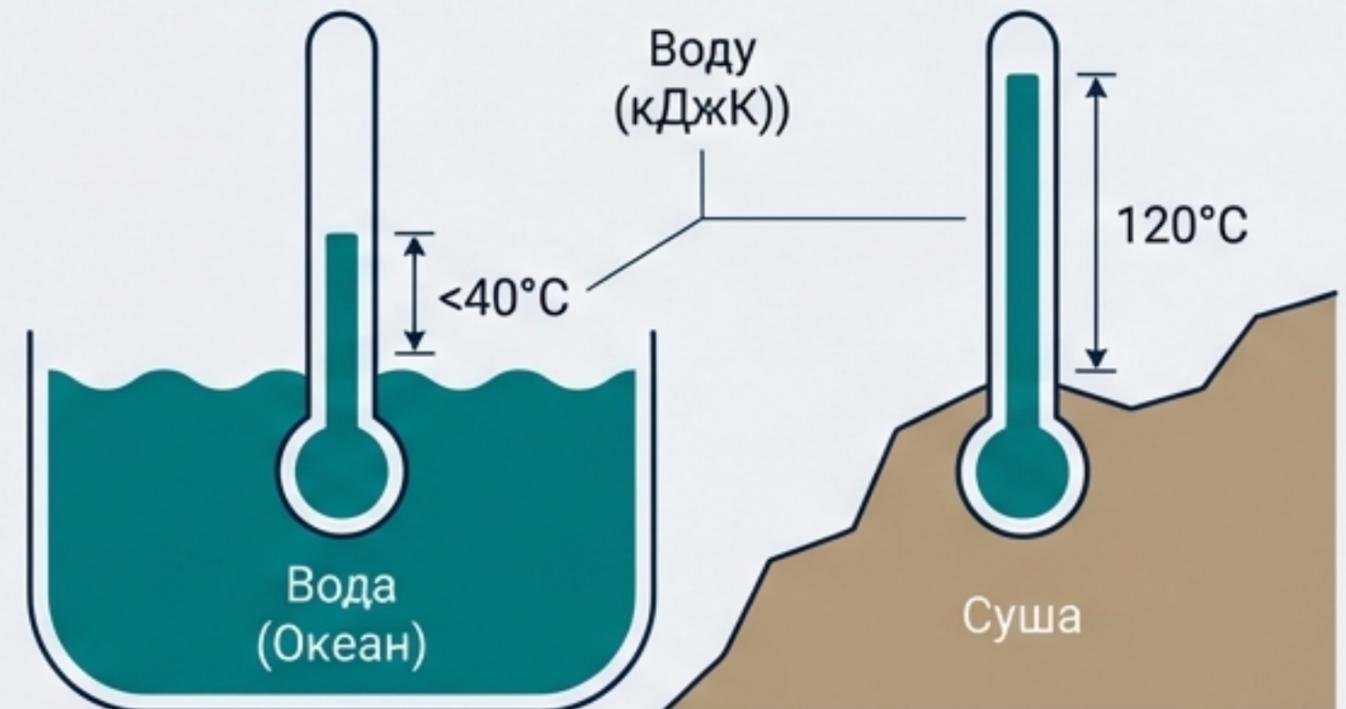
## Парадокс густини (4°C)

При замерзанні вода розширюється (лід плаває), створюючи термоізоляційний шар. Це запобігає промерзанню водойм до дна і зберігає життя взимку.

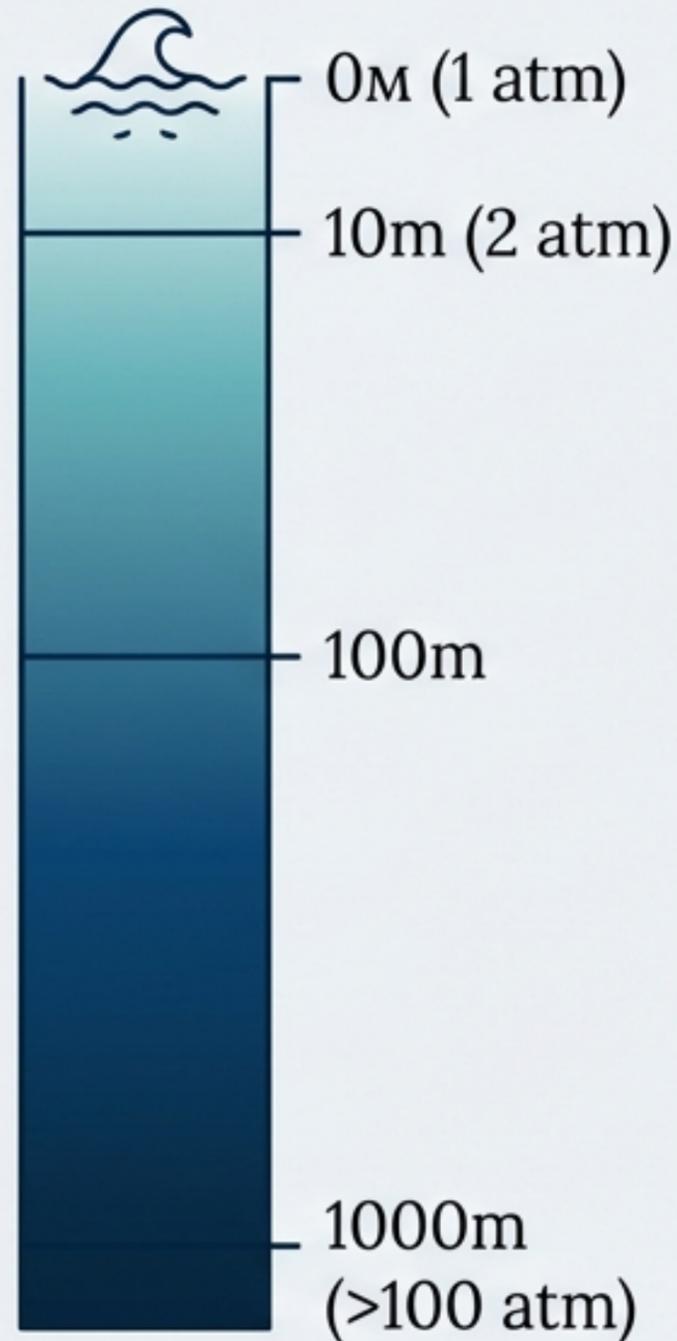


## Термічний буфер

Висока теплоємність (4,19 кДж/(кг·К)) робить воду термостабільною. Коливання температури в океані (<40°C) значно менші, ніж на суші (120°C).



# Тягар глибини: Гідростатичний тиск

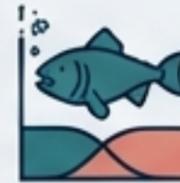


Тиск впливає на швидкість ферментативних реакцій та структуру білків. Зі збільшенням тиску рівновага хімічних реакцій зміщується у бік зменшення об'єму системи.



## Еврибатні організми

Витримують широкий діапазон тиску (наприклад, голотурії *Euphyas*: 100–9000 м).



## Стенобатні організми

Прив'язані до вузьких зон глибин.

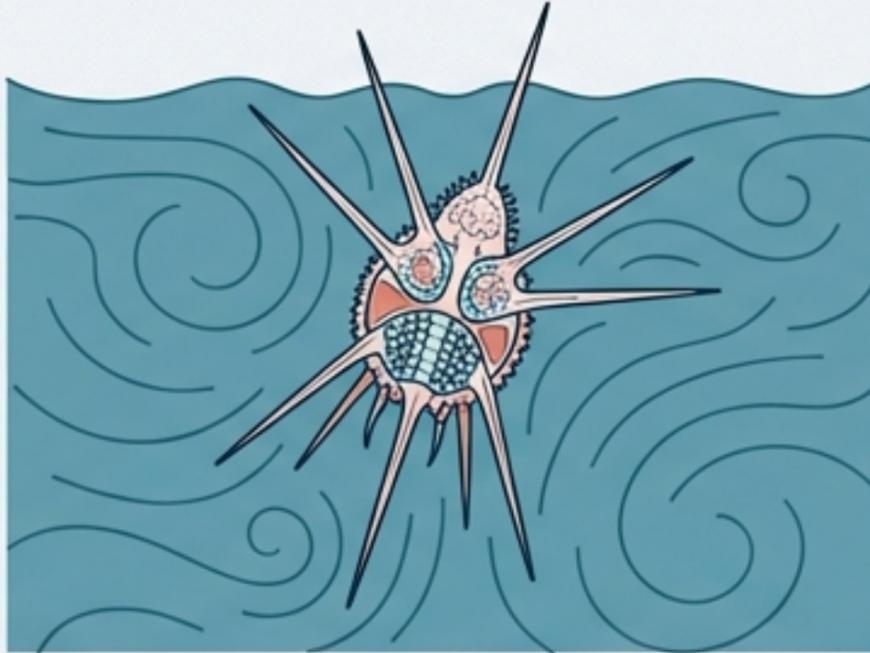


Гідробіонти сприймають тиск через газові камери, які слугують індикаторами глибини.

# Життя у «сиропі»: В'язкість та рух

В'язкість води (внутрішнє тертя) визначає енергетичні витрати на рух. Для мікроорганізмів вода відчувається як в'язкий сироп.

Число Рейнольдса  $< 2 \cdot 10^7$   
(Планктон)



Сили тертя домінують. Плавання неефективне, організми використовують «парашутний ефект».

Число Рейнольдса  $> 2 \cdot 10^7$   
(Нектон)



Сили інерції домінують. Потрібна обтічна форма тіла для ковзання.

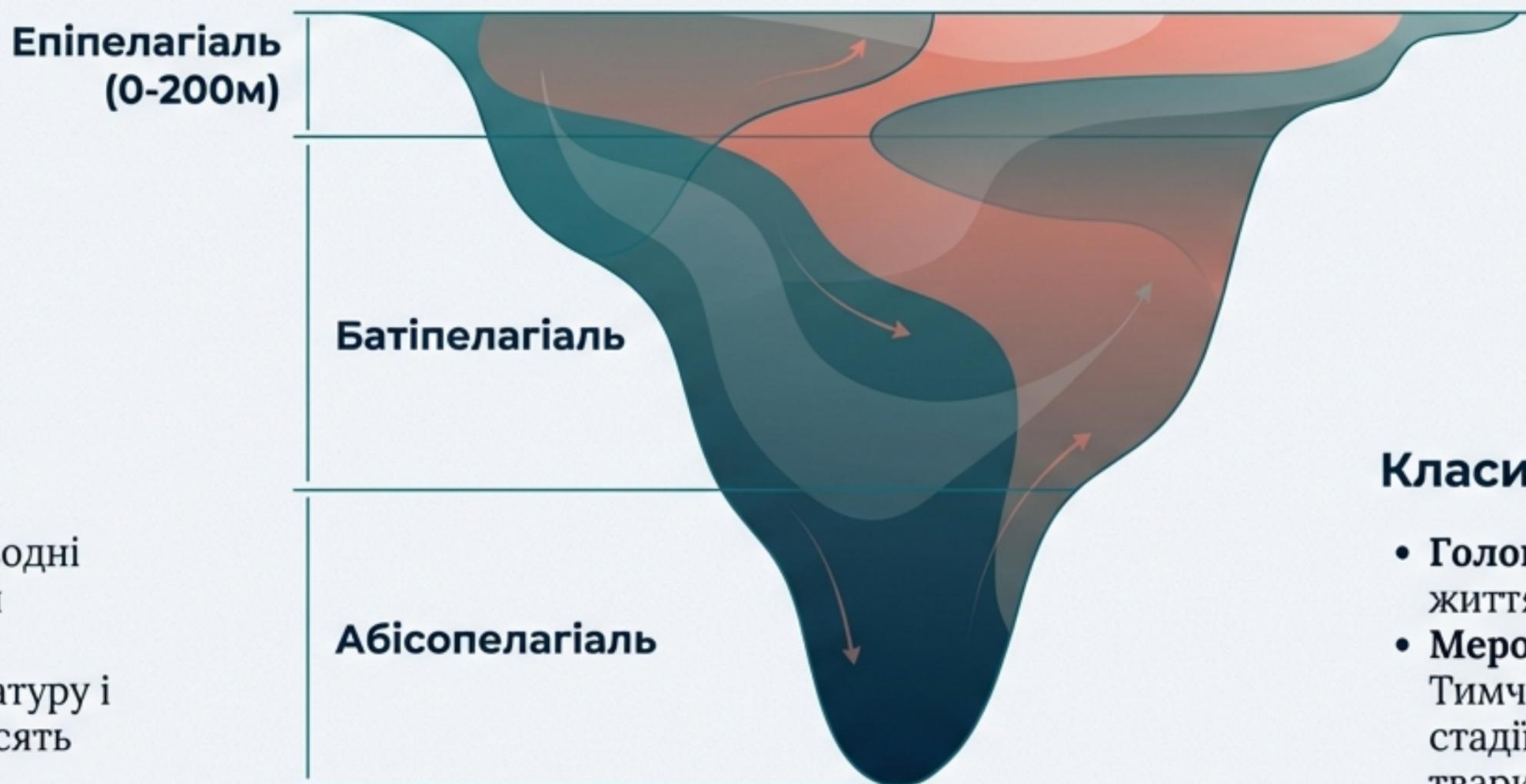
В'язкість зменшується з підвищенням температури. Влітку дрібним організмам важче «спиратися» на воду.

# Закони екологічної толерантності



- **Стенобіонти:** Вузкий діапазон (наприклад, корали — тільки тепла, солоня вода).
- **Еврибіонти:** Широкий діапазон (наприклад, корененіжка *Cyphoderia*).
- **Лімітуючі фактори:** Закон мінімуму (Лібих) — розвиток обмежується ресурсом у нестачі. Закон толерантності (Шелфорд) — лімітувати може і надлишок.

# Пелагіаль: Життя у тривимірному просторі



## Водні маси як біотопи

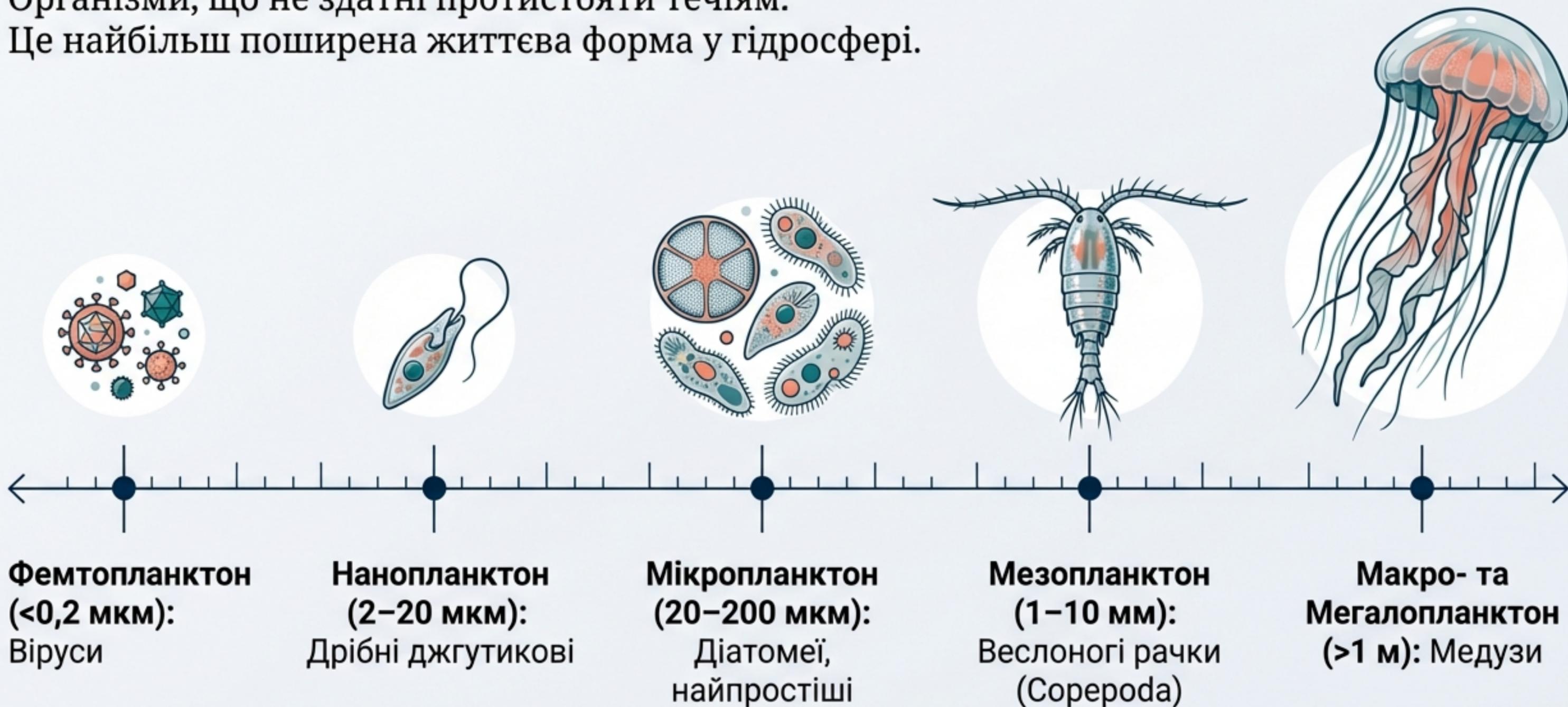
Біотопи пелагіалі (водні маси) рухливі. Вони переміщуються, зберігаючи температуру і солоність, і переносять разом із собою все населення.

## Класифікація

- **Голопланктон:** Все життя у товщі води.
- **Меропланктон:** Тимчасові пелагічні стадії (личинки донних тварин).

# Планктон: Дрейфуючі світи

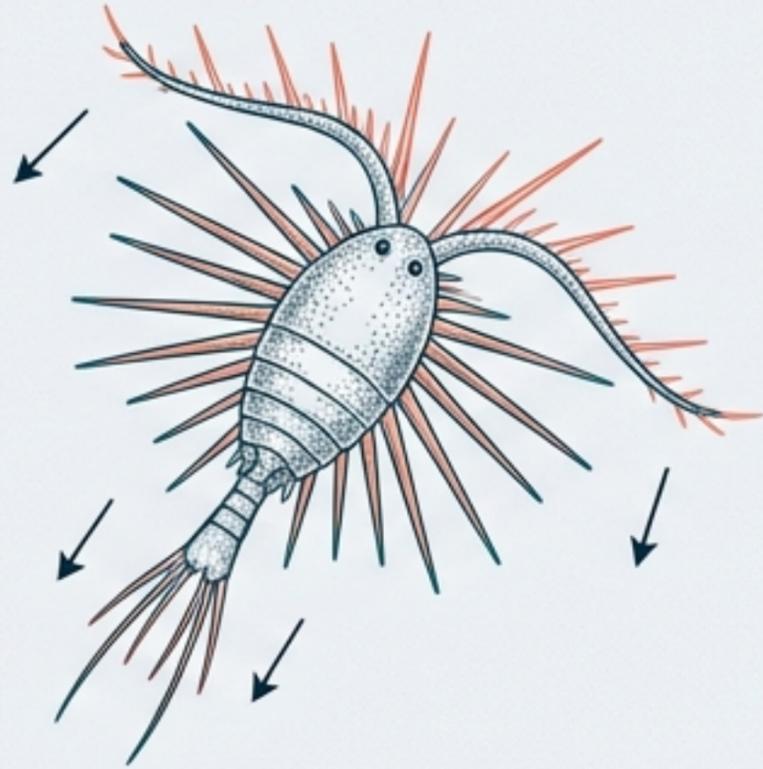
Організми, що не здатні протистояти течіям.  
Це найбільш поширена життєва форма у гідросфері.



# Боротьба з гравітацією: Механізми плавучості

Проблема: Тіло важче за воду. Як не впасти на дно?

## Збільшення тертя



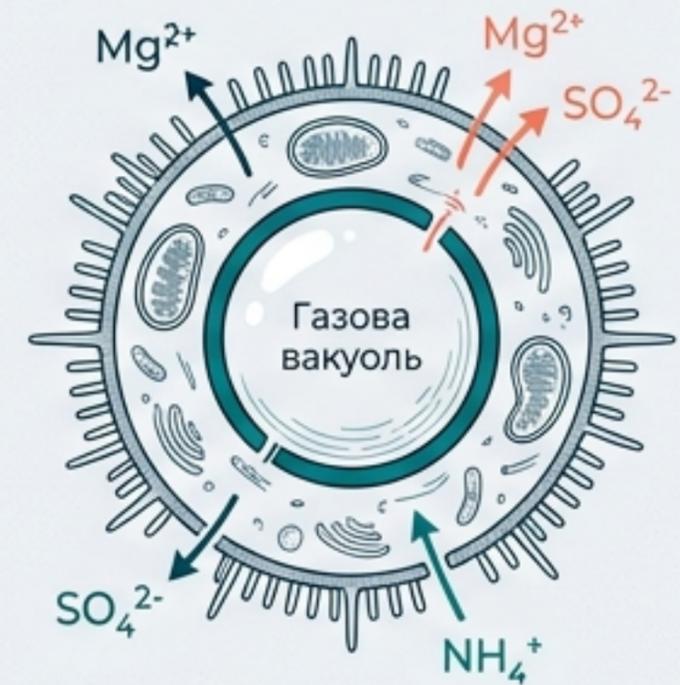
Збільшення питомої поверхні тіла (шипи, вирости) створює «парашутний ефект».

## Зменшення густини (Жир)



Ліпіди легші за воду (сквален  $0.86 \text{ г/см}^3$ ). Накопичення жирових крапель.

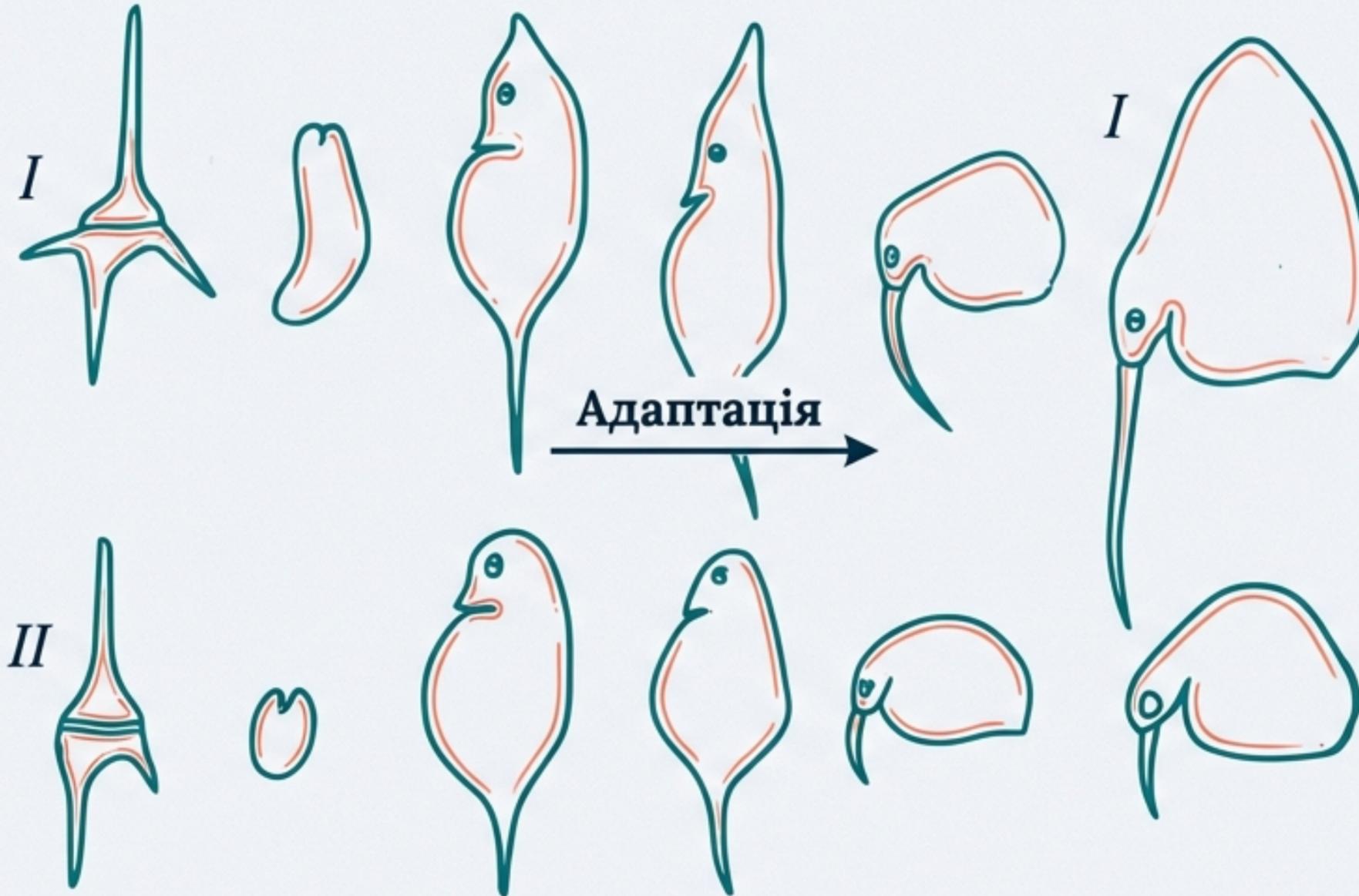
## Газові та іонні механізми



Газові вакуолі або заміна важких іонів ( $\text{Mg}^{2+}$ ) на легкі ( $\text{NH}_4^+$ ) у тканинах.

# Цикломорфоз: Сезонна зміна форми

**Зима**  
(Холодна вода =  
Висока в'язкість).  
Вода «густіша»,  
тому вирости  
редукуються, тіло  
стає  
компактнішим.



**Літо**  
(Тепла вода =  
Низька в'язкість).  
Організми  
відрошують довгі  
шоломи, щоб  
збільшити тертя і  
не тонути.

Форма тіла є динамічною реакцією на фізику середовища.

# Нектон: Перемога над опором води

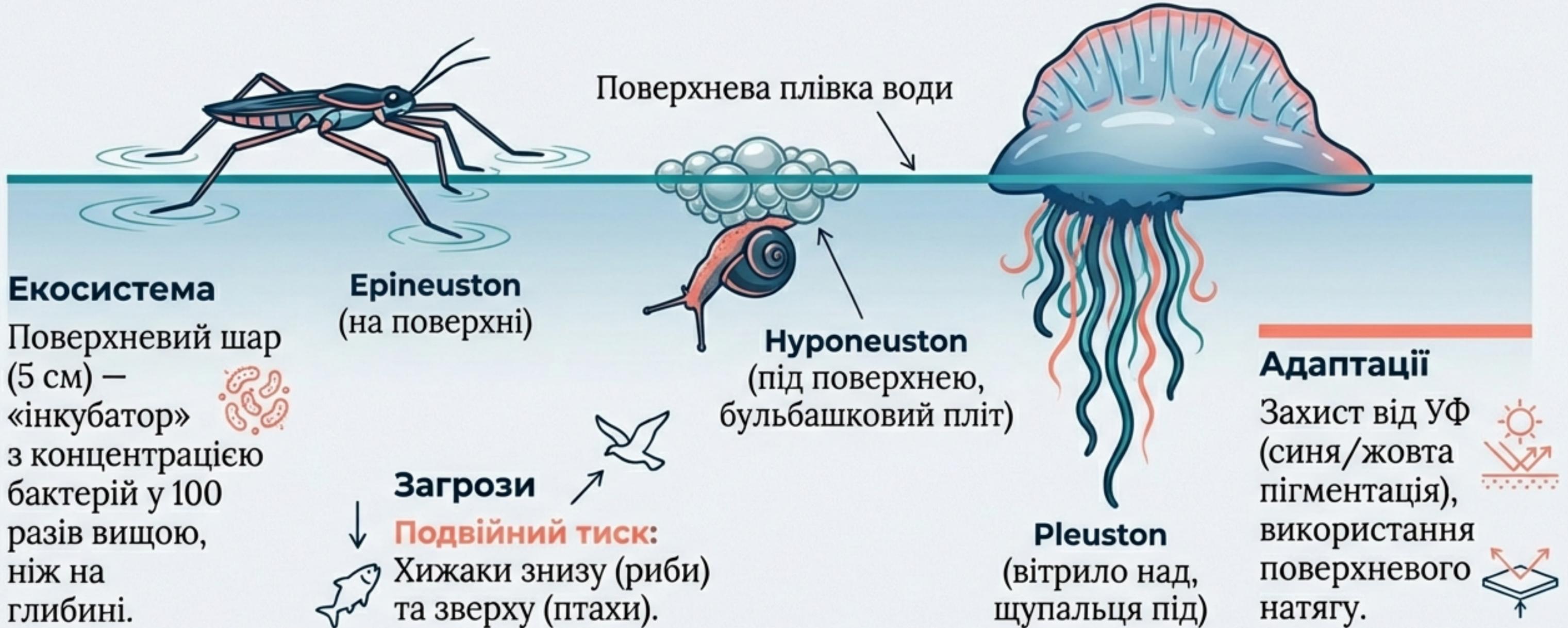
Тварини, здатні долати течії ( $Re > 10^7$ ).



## Біо-політ

Летючі риби та кальмари використовують повітря для втечі від хижаків (до 100 м польоту).

# Нейстон: Життя на поверхневій плівці



# Бенталь: Стратегії прикріплення та риття

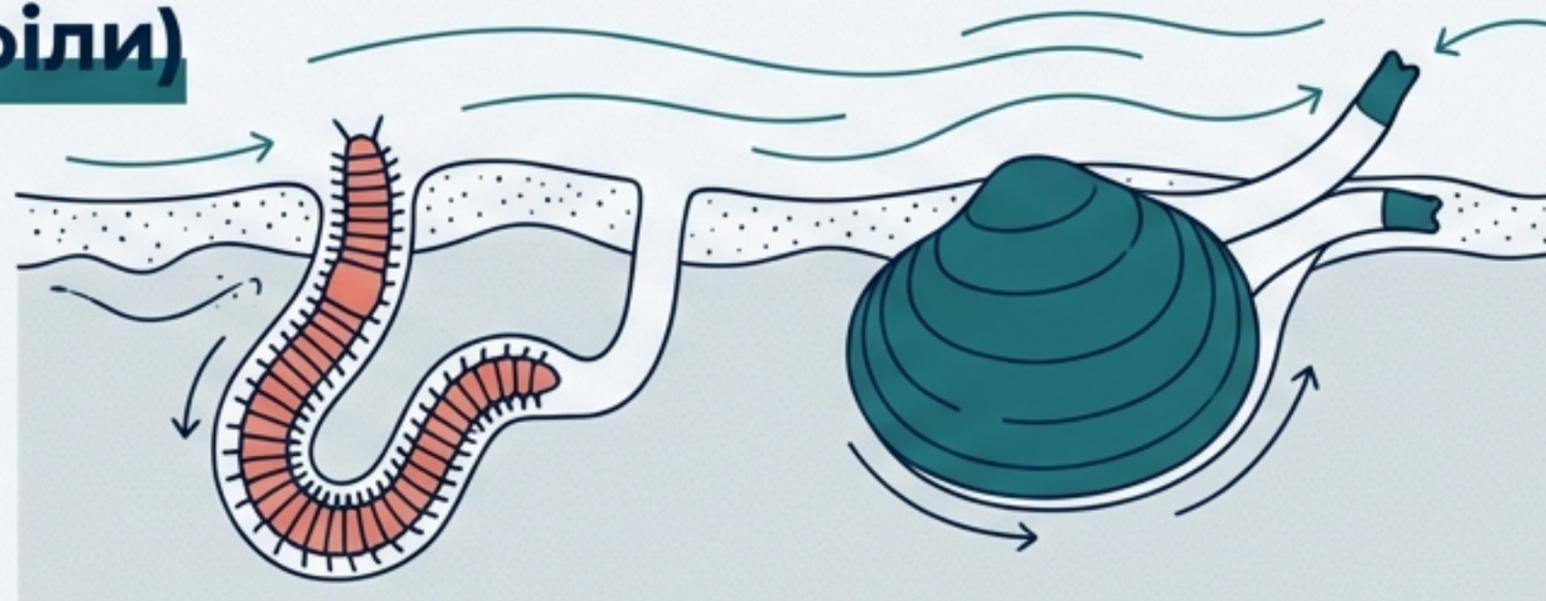
## Тверді ґрунти (Літофіли)

Домінують сесильні форми та організми, що бігають.

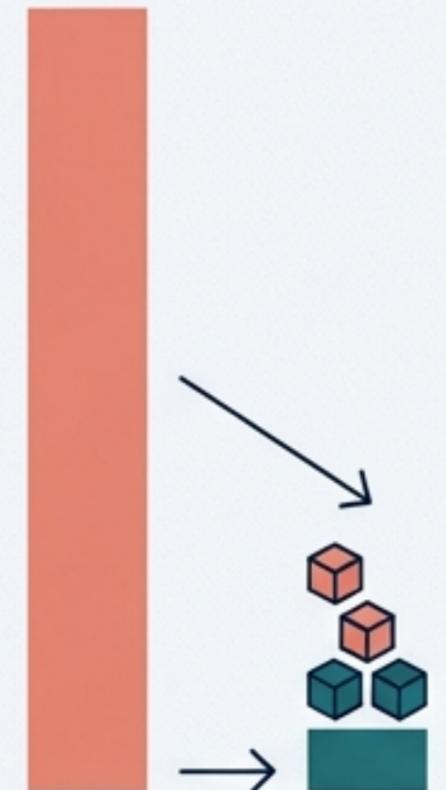


## М'які ґрунти (Пелофіли)

Розвинена Інфауна (життя всередині ґрунту) та Інтерстиціальна фауна.



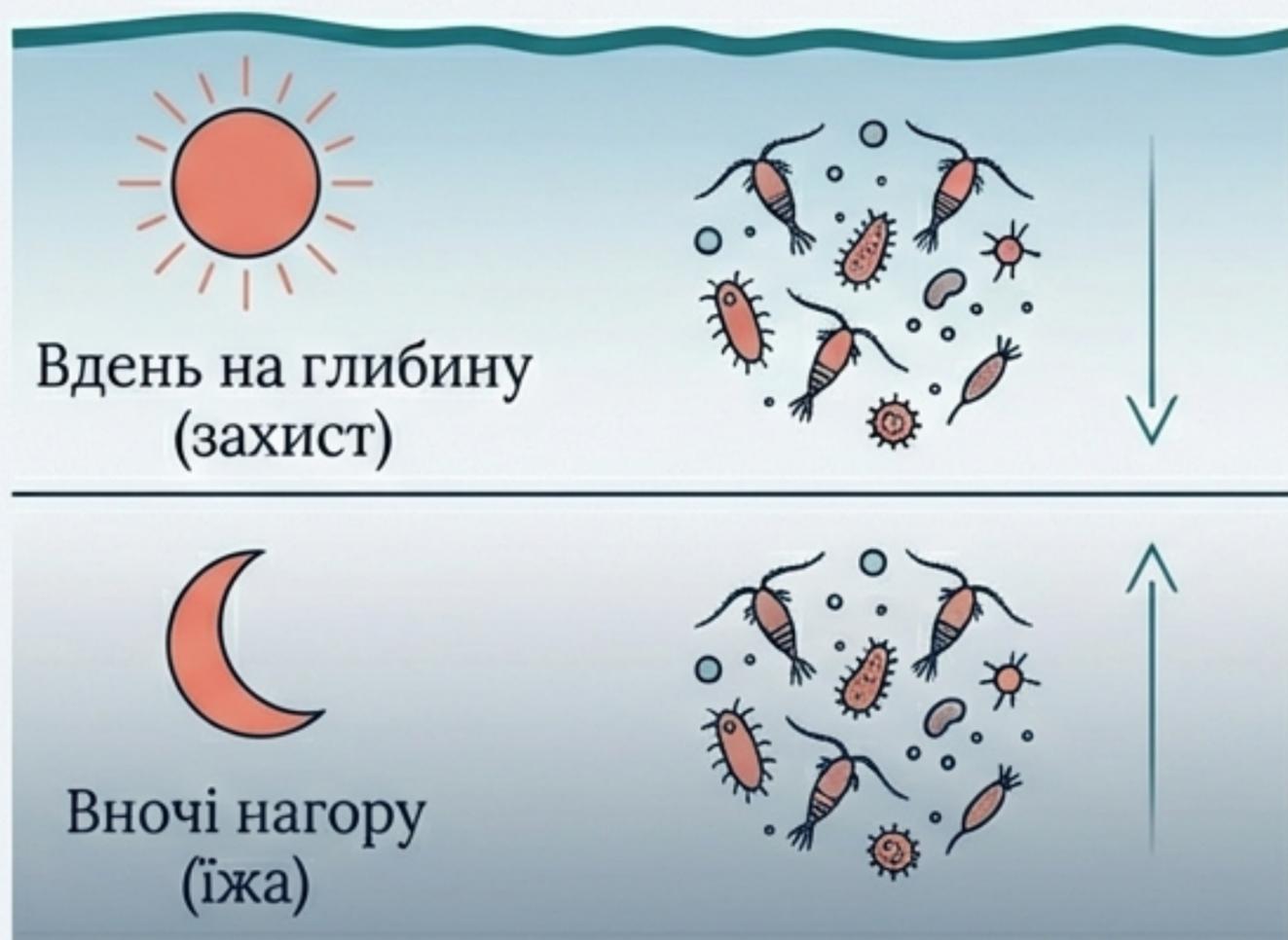
Біомаса різко падає з глибиною



від  $\text{кг}/\text{м}^2$  на шельфі до  $\text{г}/\text{м}^2$  в абісалі.

# Великі міграції: Ритми океану

## Вертикальна міграція (DVM)



Найбільша міграція тварин на планеті.  
Вдень на глибину (захист), вночі нагору (їжа).

## Горизонтальна міграція



# Гідробіосфера: Адаптивна стійкість

Від молекулярної структури води до глобальних течій — фізичні закони формують біологічне різноманіття.



## Takeaway

Вода — це активне середовище, що вимагає від життя спеціалізації («суперздібностей»). Розуміння цих адаптацій є ключем до збереження водних ресурсів.