



# Модуль 1. Вплив глобального потепління на якість води та вплив на аквакультуру

Вчимося з реального життя  
Тематичні дослідження про DiBluCa



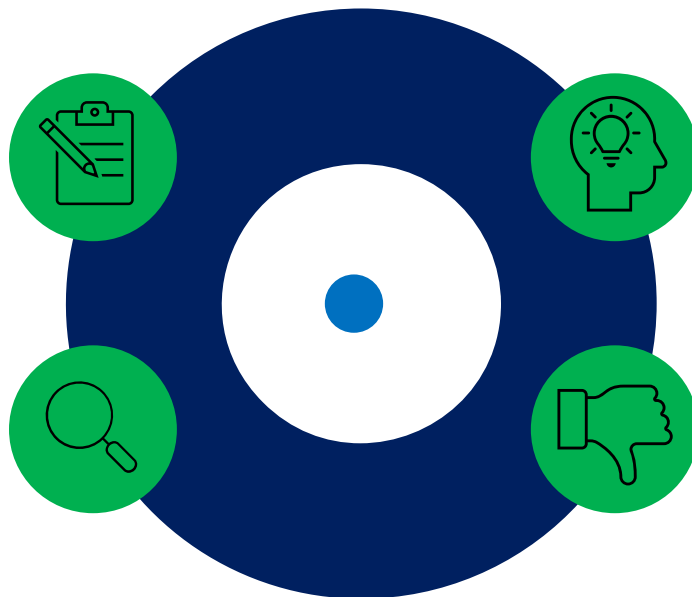
Приклад з Норвегії, взятий з дослідження Університету Вітаутаса  
Магнуса з Литви (University of Vitautas Magnus, Литва).

# **АДАПТАЦІЯ АКВАКУЛЬТУРИ ЛОСОСЯ ДО ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В НОРВЕГІЇ**



# Огляд тематичного дослідження

**Опис**  
**Визначені  
(конкретні для  
модуля практики))**



**Переваги**

**Недоліки**



## Опис

- Норвезька лососева аквакультура стикається зі значними проблемами через глобальне потепління, що призводить до підвищення температури моря.
- Підвищення температури води посилює метаболізм лосося, збільшує його потребу в кисні та вразливість до хвороб. Для вирішення цих проблем Норвегія впровадила передові технологічні та управлінські стратегії для підтримки виробництва та збереження здоров'я риби.
- Одним з успішних прикладів є *Еволюція лосося*, компанія з вирощування лосося в Норвегії, яка використовує інноваційні технології та адаптивне управління для підвищення стійкості та продуктивності в мінливих кліматичних умовах.



# Ідентифіковано

## Рециркуляційні системи аквакультури (RAS):

- Гібридні системи, що поєднують глибоководний видобуток і рециркуляцію води для стабілізації температури та рівня кисню.

## Передові технології оксигенації:

- Такі технології, як впорскування кисню та аерація для підтримання рівня розчиненого кисню, підтримують метаболізм лосося в теплих водах.

## Селекційні програми розведення:

- Генетична розробка штамів лосося, стійких до високих температур і хвороб.

## Системи моніторингу в реальному часі:

- Використання сенсорних технологій та предиктивної аналітики для проактивного управління аквакультурою.

## Співпраця з науково-дослідними установами:

- Партнерство з науковими колами та урядом для посилення заходів з адаптації через дослідження та фінансування.

## Інтеграція відновлюваної енергетики:

- Використання сонячних та гідроенергетичних рішень для зменшення вуглецевого сліду на об'єктах аквакультури.

## Інновації в галузі стійких кормів:

- Впровадження джерел Омега-3 на основі водоростей та підходів циркулярної економіки для мінімізації впливу на навколишнє середовище.

## Фільтрація води та управління відходами:

- Імплементация біоремедіаційних практик для зниження екологічного сліду аквакультури.



# Переваги

Покращення  
показників виживання,  
незважаючи на  
підвищення  
температури води.

Стабільне та  
прогнозоване  
виробництво протягом  
року.

Зменшення спалахів  
захворювань завдяки  
вдосконаленому  
управлінню якістю  
води.

Підвищення  
економічної стійкості  
завдяки оптимізації  
ефективності  
виробництва.

Екологічна стійкість  
завдяки ефективному  
управлінню відходами  
та зменшенню впливу  
на навколишнє  
середовище.



# Недоліки

Високі початкові інвестиції та операційні витрати на передові технології (наприклад, RAS).

Енергоємні системи потребують інтеграції з відновлюваними джерелами енергії для зменшення вуглецевого сліду.

Регуляторні виклики, пов'язані з впровадженням нових технологій аквакультури.

### **Приклад з практики: Лососева ферма «Еволюція лосося»**

Лососева ферма Salmon Evolution на острові Індре Харой використовує найсучаснішу гібридну рециркуляційну систему аквакультури.

Вона видобуває холодну, багату на кисень морську воду з глибини від 30 до 100 метрів, підтримуючи стабільну температуру (8-14°C) цілий рік..

Передові технології фільтрації та оксигенації значно зменшують поширені проблеми аквакультури, такі як зараження морськими вошами та шкідливе цвітіння водоростей.

Ця система дозволила досягти швидких темпів зростання лосося, покращити здоров'я рибних популяцій та підвищити прибутковість, мінімізувавши при цьому вплив на навколишнє середовище.

Об'єкт інтегрує кліматично-стійку інфраструктуру, зокрема: Integrated oxygenation technology to reduce stress-related mortality and improve fish welfare.

- Інтеграція циркулярної економіки, наприклад, вирощування ламінарії для покращення якості води та поглинання надлишкових поживних речовин.
- Використання відновлюваної енергії, перехід на сонячну та гідроенергетику для сталого розвитку.

## **ВИЗНАЧЕНО ДЕТАЛЬНІ ПРАКТИКИ ДЛЯ КОНКРЕТНИХ МОДУЛІВ**





Цей кейс ілюструє принципи DiBluCá шляхом інтеграції інновацій, сталих технологій та стратегій адаптивного управління.

Він слугує моделлю проактивної адаптації та обміну знаннями між галуззю, науковими колами та політиками для вирішення кліматичних викликів в аквакультурі.

## ЩО РОБИТЬ ПРОСУВАННЯ DiBluCá ВИГІДНИМ?



# Освітній, екологічний та кліматичний ВПЛИВ



## Економічна стійкість

**Зміцнює економічну  
стабільність  
аквакультурних  
операцій в мінливих  
кліматичних умовах.**



## Освітній вплив

**Забезпечує практичне  
застосування  
технологій  
аквакультури та  
стратегій адаптації до  
зміни клімату,  
служуючи навчальною  
моделлю для майбутніх  
фахівців-практиків.**



## Вплив на навколишнє середовище

**Зменшує навантаження  
на місцеві екосистеми,  
підтримуючи якість  
води та мінімізуючи  
спалахи захворювань.**



## Вплив на клімат

**Демонструє  
пом'якшення  
наслідків зміни  
клімату через  
дослідження та  
впровадження  
енергоефективних та  
сталих практик  
аквакультури.**

### Література:

1. Mesbah, M., Rahman, M., Samsun Naber, Zabid Hasan Shabed, Mir Mohammad Ali, & Abu. (2024). Oxygen declination in the coastal ocean over the twenty-first century: Driving forces, trends, and impacts. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100621–100621. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2024.100621>
2. Burke, M., Grant, J., Filgueira, R., & Swanson, A. (2022). Oxygenation effects on temperature and dissolved oxygen at a commercial Atlantic salmon farm. *Aquacultural Engineering*, 99, 102287. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102287>
3. Okon, E. M., Oyesiji, A. A., Okeleye, E. D., Kanonubwa, M., Khalifa, N. E., Eissa, E.-S. H., Mathew, R. T., Eissa, M. E. H., Alqabtani, M. A., & Abdelnour, S. A. (2024). The Escalating threat of climate change-driven diseases in fish: Evidence from a global perspective – A literature review. *Environmental Research*, 263, 120184. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120184>
4. Harish, & Shanmugam, P. (2024). Estimates of the global ocean surface dissolved oxygen and macronutrients from satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 311, 114243–114243. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114243>

### Корисна інформація:

#### Норвезький директорат рибальства

Відповідний контент для цього тематичного дослідження було знайдено з публічної інформації, яку публікують власники контенту.

### Відмова від відповідальності:

Підтримка Європейської Комісії у створенні цієї публікації не означає схвалення її змісту, який відображає лише погляди авторів, і Комісія не несе відповідальності за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.



Приклад з Литви, взятий з дослідження (VYTAUTAS MAGNUS UNIVERSITY OF LITHUANIA))

## **ВИРОЩУВАННЯ ЗЕБРОВИХ МІДІЙ У КУРШСЬКІЙ ЗАТОЦІ, ЛИТВА, ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕВТРОФІКАЦІЇ**

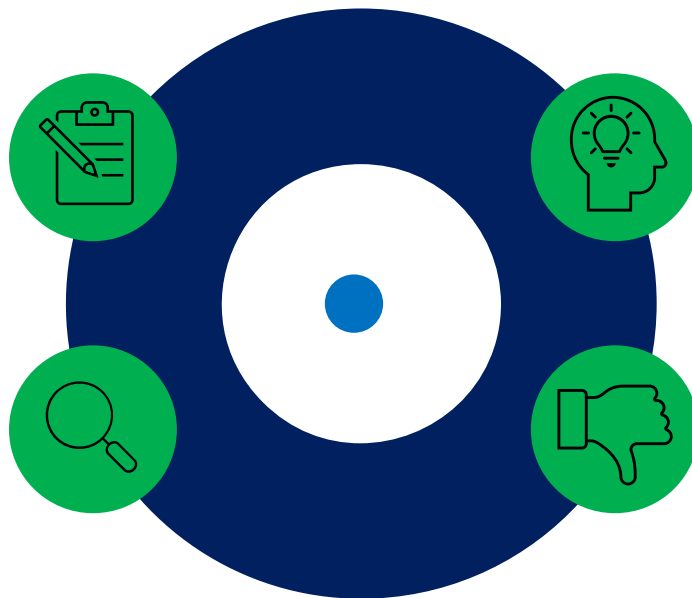
# Огляд тематичного дослідження

## Опис

У цьому тематичному дослідженні оцінюється доцільність вирощування мідій *Dreissena* (зебрових мідій) у Куршській затоці як методу зменшення евтрофікації.

## Визначено (практики, що стосуються конкретних модулів)

- Інтегровані стратегії вирощування та вилучення біомаси для евтрофних водойм
- Безперервний моніторинг параметрів якості води до і після збору біомаси мідій
- Екосистемний підхід до управління, що включає комплексні екологічні оцінки та адаптивні методи управління



## Вигоди

- Ефективно зменшує евтрофікацію шляхом видалення азоту та фосфору
- Підвищує біорізноманіття, підтримуючи водні екосистеми
- Створює додаткові економічні можливості (наприклад, використання біомаси для сільського господарства, біоенергетики)

## Недоліки

- Можливий вплив на навколишнє середовище через зміну динаміки видів
- Операційні та фінансові виклики, пов'язані з широкомасштабним впровадженням



# Опис тематичного дослідження

## Вирощування зебрових мідій у Куршській затоці, Литва, для зменшення евтрофікації

У цьому тематичному дослідженні вивчається потенціал вирощування мідій *Dreissena* (зебрових мідій) у Куршській затоці як інноваційного підходу до вирішення проблеми евтрофікації, що є серйозною екологічною проблемою, з якою стикається регіон Балтійського моря.

Евтрофікація, спричинена насамперед надмірним надходженням поживних речовин - азоту (N) і фосфору (P), викликає шкідливе цвітіння водоростей, що негативно впливає на водні екосистеми та економіку рибного господарства.

Наукові оцінки вказують на значні потенційні вигоди: щорічний збір приблизно 1300 тонн біомаси зебрових мідій з лагуни може ефективно видаляти близько 89 тонн азоту і 15 тонн фосфору.

- Ці цифри підкреслюють значну здатність зебрових мідій до біоаккумуляції поживних речовин і, таким чином, діють як природні очисники води.



# Опис тематичного дослідження

Вирощування зебрових мідій у Курпській затоці, Литва, для зменшення евтрофікації

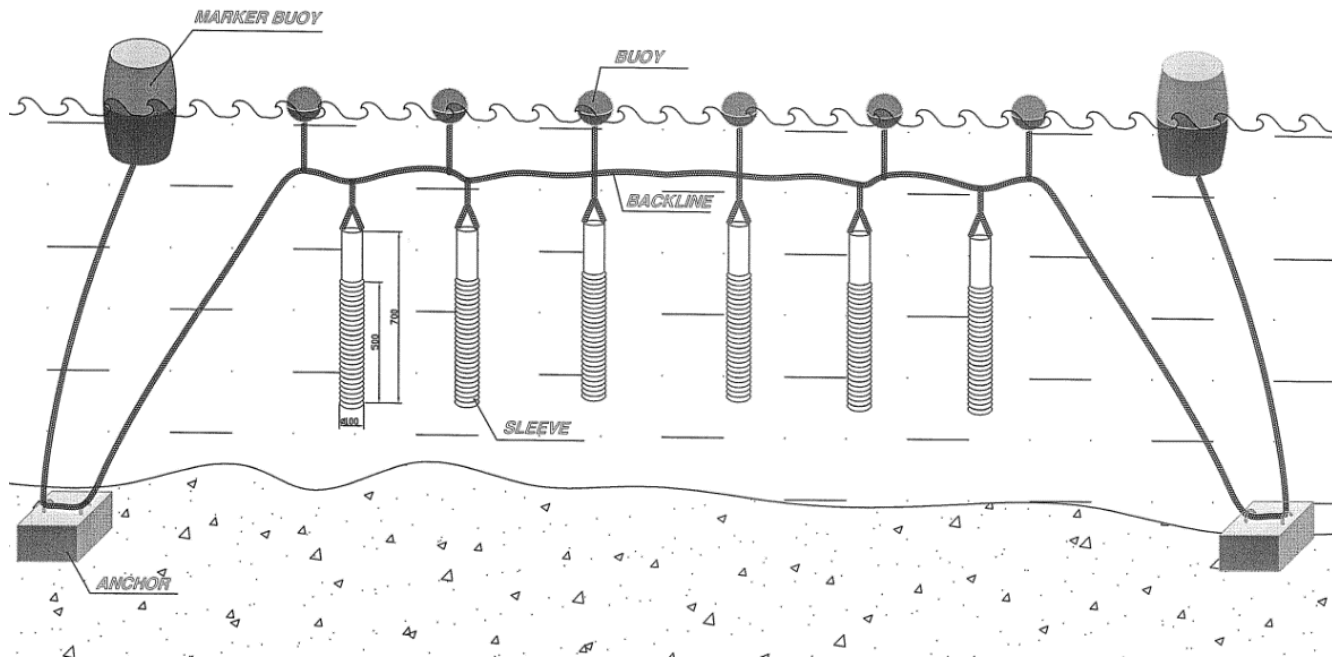


Fig 1. [A prototype long-line system for Zebra Mussels cultivation installed in the littoral of the Curonian Lagoon](#)



# Опис конкретного прикладу

Вирощування зебрових мідій у Куршській затоці, Литва, для зменшення евтрофікації

- Евтрофікація, спричинена антропогенним надходженням поживних речовин, є постійною проблемою для водних екосистем.
  - Надлишок азоту (N) та фосфору (P) від:
    - сільськогосподарських стоків,
    - скидання стічних вод,
    - атмосферних осаджень
  - сприяють надмірному росту фітопланктону, що призводить до
  - виснаження кисню,
  - деградації середовища існування,
  - втрати біорізноманіття.





# Опис тематичного дослідження

Вирощування зебрових мідій у Куршській затоці, Литва, для зменшення евтрофікації

- Різні стратегії управління:
- відновлення водно-болотних угідь,
- зменшення надходження поживних речовин,
- днопоглиблювальні роботи,
- були застосовані для пом'якшення наслідків евтрофікації.
- Ці методи часто вимагають значних фінансових інвестицій та довгострокових зобов'язань.
- Інтродукція організмів-фільтраторів, таких як зеброві мідії, являє собою альтернативний, економічно ефективний підхід до видалення поживних речовин.  
***Dreissena polymorpha** відома своєю здатністю ефективно фільтрувати зважені частинки:*
- фітопланктон,
- детрит,
- органічні речовини,
- тим самим зменшуючи концентрацію поживних речовин і покращуючи прозорість води.



# Механізми зменшення евтрофікації за допомогою зебрових мідій

## Фільтрація та видалення твердих частинок

- Мідії зебри здатні фільтрувати великі об'єми води, видаляючи зважені частинки та засвоюючи поживні речовини у своїх тканинах.
- Кожна доросла мідія може фільтрувати до 1 літра води на день, зменшуючи каламутність і збільшуючи проникнення світла, що підтримує занурену водну рослинність.
- Процес фільтрації видаляє фітопланктон, бактерії та органічні речовини, тим самим зменшуючи біодоступність поживних речовин, які сприяють цвітінню водоростей.

## Секвестрація поживних речовин у біомасі

- Під час росту зебрових мідій вони засвоюють азот і фосфор у своїх тканинах і мушлях.
- Дослідження показують, що біомаса зебрових мідій може містити до 112,1 г азоту і 9,77 г фосфору на кілограм сухої м'якої тканини.
- Вилучення цих мідій з екосистеми ефективно вилучає ці поживні речовини, запобігаючи їх повторному потраплянню у товщу води після розкладання...

# Механізми зменшення евтрофікації за допомогою зебрових мідій

## Посилення зв'язку між бентосом і пелагією

- Зеброві мідії сприяють перенесенню поживних речовин з пелагічного (товщі води) у бентосне (донні відкладення) середовище.
- Відфільтровуючи зважені частинки, вони підвищують швидкість седиментації, затримуючи органічні речовини на дні озера чи лагуни.
- Цей процес не лише очищує воду, але й сприяє утворенню стабільних, багатих на поживні речовини шарів осаду, зменшуючи безпосередню біодоступність надлишкових поживних речовин.
- .

## Денітрифікація та біогеохімічний кругообіг

- Сприяючи відкладенню органічних речовин, зеброві мідії опосередковано стимулюють мікробні процеси денітрифікації в осаді.
- Денітрифікація перетворює біологічно доступні форми азоту (такі як нітрати) на газоподібний азот, який вивільняється в атмосферу, назавжди видаляючи його з водної системи.
- Цей мікробний процес є ключовим шляхом видалення азоту, що сприяє подальшому зменшенню евтрофікації.

# Експериментальне та реальне застосування. Тематичні дослідження з вирощування зебрових мідій

Кілька експериментальних і пілотних проектів з вирощування зебрових мідій продемонстрували їхній потенціал для вилучення поживних речовин:

- Озеро Екольн, Швеція: Для оцінки поглинання поживних речовин було створено пілотну ферму зебрових мідій з використанням підвісних довголанцюгових систем.
- За 28-місячний період вирощування мідій видалило приблизно 92,7 кг азоту і 6,1 кг фосфору на гектар.
- Озеро Узедом, Німеччина: Дослідження показало, що аквакультура зебрових мідій значно покращила прозорість води та сприяла видаленню фосфору. Пізніше біомасу мідій перепрофілювали на корм для тварин, продемонструвавши додаткову економічну вигоду.
- Озеро Плателю, Литва: Невелике дослідження показало, що мідії зебри ефективно знижують концентрацію хлорофілу-а та підвищують стійкість осаду, що вказує на їхню потенційну роль у відновленні екосистеми.

# Екологічні міркування та потенційні ризики

## Інвазивний потенціал:

- Мідії зебри класифікуються як інвазивний вид у багатьох регіонах.
- Неконтрольована експансія може порушити місцеві бентичні спільноти та конкурувати з місцевими популяціями двостулкових молюсків.

## Біологічне забруднення:

- Великі скупчення зебрових мідій можуть забивати водозабірні системи і забруднювати підводну інфраструктуру, збільшуючи витрати на обслуговування.

## Змінена динаміка поживних речовин:

- Хоча зеброві мідії видаляють зважені поживні речовини, вони також можуть сприяти локальному вивільненню поживних речовин з осаду, потенційно посилюючи евтрофікацію за певних умов.

# Економічна доцільність та утилізація зібраної біомаси

- Аналіз витрат на вирощування зебрових мідій
- Налагодження аквакультури зебрових мідій вимагає початкових інвестицій:
- Інфраструктура (системи довгих ліній або підвісних сіток)
- Моніторинг та технічне обслуговування
- Обладнання для збору біомаси
- Економічні моделі показують, що вартість вирощування мідій зебри на гектарі є нижчою, ніж традиційні методи вилучення поживних речовин, такі як днопоглиблювальні роботи або поглиблене очищення стічних вод.
- Можливість отримувати дохід від зібраної біомаси мідій ще більше підвищує економічну доцільність.



Це тематичне дослідження ілюструє ключові принципи DiBluCá, демонструючи ефективні екосистемні стратегії, які одночасно вирішують питання управління навколишнім середовищем, сприяють збереженню біорізноманіття та пропонують потенційні економічні вигоди.

Він демонструє інтеграцію наукових досліджень з практичними управлінськими заходами, слугуючи прикладом сталого використання водних ресурсів.

## ЩО РОБИТЬ ПРОСУВАННЯ DiBluCá ВИГІДНИМ?

# Освітній, екологічний та кліматичний ВПЛИВ



## Економічна стійкість

Сприяє регіональній  
та міжнародній  
співпраці для  
ініціатив зі  
збереження  
довкілля



## Освітній вплив

Створює освітні  
можливості для  
підвищення обізнаності  
та розбудови потенціалу  
серед зацікавлених  
сторін щодо практик  
сталого управління  
водними екосистемами



## Вплив на навколишнє середовище

Зменшує  
евтрофікацію,  
безпосередньо  
покращуючи якість і  
прозорість води



## Вплив на клімат

Позитивний внесок  
у боротьбу зі зміною  
клімату завдяки  
поглинанню вуглецю  
та поживних  
речовин у зібраній  
біомасі





## Посилання:

*Розробка методики культивування та збору фільтруючих двостулкових молюсків для вилучення біогенних речовин з Куршського лиману. (2021). Клайпеда. (n.d.).*

## Корисна інформація:

Веб-сайт: Проект «Оновлення програми заходів та реалізація заходів для досягнення доброго екологічного стану литовської частини Балтійського моря

Відповідний контент для цього тематичного дослідження було ідентифіковано з публічної інформації, яку публікують власники контенту.

Відмова від відповідальності:

Підтримка Європейської Комісії у створенні цієї публікації не означає схвалення її змісту, який відображає лише погляди авторів, і Комісія не несе відповідальності за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.