

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

**КУЛЬТИВУВАННЯ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ ЯК ОБ'ЄКТІВ З МЕДИЧНИМ
ТА ХАРЧОВИМ ПОТЕНЦІАЛОМ
CULTIVATION OF SEA CUCUMBERS AS OBJECTS WITH MEDICAL
AND FOOD POTENTIAL**

Виконала: здобувачка денної форми навчання
спеціальності 207 «Водні біоресурси та
аквакультура»

Освітньо-професійна програма

«Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»

Женкова Єлизавета Олегівна

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник Сидорак Р.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант к.б.н., доц. Бургаз М.І.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент д.с-г.н., доц. Лобойко Ю.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
агromетеорології та агроєкології
№ ____ від ____ . ____ . 2025 р.
Завідувачка кафедри

БУРГАЗ Марина

(підпис)

(прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 7
протокол № ____ від ____ . ____ . 2025 р.
Оцінка ____ / ____ / ____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

Гайдашенко Ірина

(підпис)

(прізвище, ім'я)

Одеса 2025

Анотація
**КУЛЬТИВУВАННЯ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ ЯК ОБ'ЄКТІВ З МЕДИЧНИМ
ТА ХАРЧОВИМ ПОТЕНЦІАЛОМ**

Женкова Є. О., бакалавр кафедри водних біоресурсів та аквакультури

Сучасні тенденції у розвитку аквакультури все більше орієнтовані не лише на вирощування традиційних рибних об'єктів, а й на залучення альтернативних біологічних ресурсів, які поєднують харчову, екологічну та фармакологічну цінність. Особливу увагу в цьому контексті привертають морські безхребетні, зокрема голотурії — або морські огірки (клас *Holothuroidea*), які здавна використовуються у країнах Азії як делікатес і лікарський засіб.

Морські огірки — це донні детритофаги, які відіграють ключову роль у біоочищенні морських екосистем, беручи участь у переробці органічних речовин і збагаченні донного середовища. Разом із цим, численні наукові дослідження останніх десятиліть виявили широкий спектр біологічно активних сполук у тканинах голотурій, що відкриває перспективи для їх використання у фармацевтичній, косметичній та харчовій промисловості.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є аналіз біологічних та екологічних властивостей морських огірок, зокрема *Holothuria tubulosa*, оцінка їхнього потенціалу як об'єктів аквакультури з медичним та харчовим застосуванням, а також розробка пропозицій щодо технологій їх культивування в Україні.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розкриті та проаналізовані питання різноманітності видів та їх біологічні особливості, розповсюдження в Чорному морі та перспективи їх вирощування для харчових та медичних потреб.

Особливу увагу приділено хімічному складу морських огірок, аналізу промислу у світі та використання їх в медичній та харчовій галузях.

Кваліфікаційна робота бакалавра представлена на 67 сторінках і включає в себе 15 таблиць, 15 рисунків, 47 літературних джерел посилань.

Ключові слова: морські огірки, культивування, медичний потенціал, харчовий потенціал, аквакультура, біологічні властивості, економічна ефективність, технології вирощування, інвестиції, промисел.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ.....	5
1.1 Морфологічні та фізіологічні характеристики морських огірків....	5
1.2 Різноманіття видів морських огірків.....	9
1.3 Середовище існування та екологічні потреби морських огірків.....	19
2 ХАРЧОВА ТА МЕДИЧНА ЦІННІСТЬ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ.....	22
2.1 Географія промислу та поширення споживання.....	22
2.2 Хімічний склад морських огірків і його харчова цінність.....	31
2.3 Використання морських огірків в традиційній і сучасній медицині.....	36
3 ТЕХНОЛОГІЇ КУЛЬТИВУВАННЯ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ	40
3.1 Умови та методи вирощування морських огірків у природних умовах.....	40
3.2 Інноваційні технології аквакультури морських огірків.....	44
3.3 Проблеми та перспективи розвитку культивування морських огірків для медичних і харчових потреб.....	48
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	63

ВСТУП

Сучасні тенденції у розвитку аквакультури все більше орієнтовані не лише на вирощування традиційних рибних об'єктів, а й на залучення альтернативних біологічних ресурсів, які поєднують харчову, екологічну та фармакологічну цінність. Особливу увагу в цьому контексті привертають морські безхребетні, зокрема голотурії — або морські огірки (клас *Holothuroidea*), які здавна використовуються у країнах Азії як делікатес і лікарський засіб.

Морські огірки — це донні детритофаги, які відіграють ключову роль у біоочищенні морських екосистем, беручи участь у переробці органічних речовин і збагаченні донного середовища. Разом із цим, численні наукові дослідження останніх десятиліть виявили широкий спектр біологічно активних сполук у тканинах голотурій: сапоніни, мукополісахариди, вітаміни, мінерали та поліненасичені жирні кислоти, що відкриває перспективи для їх використання у фармацевтичній, косметичній та харчовій промисловості.

На фоні глобального зростання попиту на морські біоресурси та виснаження традиційних промислових видів, культивування морських огірків розглядається як перспективний напрям марикультури, що поєднує відновлення морських екосистем з отриманням високовартісної продукції. В умовах України, зокрема в акваторії Чорного моря, де зареєстровано кілька аборигенних видів голотурій, ще не реалізовано потенціал розвитку їх індустріального вирощування, що зумовлює актуальність наукових досліджень у цьому напрямі.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є аналіз біологічних та екологічних властивостей морських огірків, зокрема *Holothuria tubulosa*, оцінка їхнього потенціалу як об'єктів аквакультури з медичним та харчовим застосуванням, а також розробка пропозицій щодо технологій їх культивування в Україні.

Для досягнення поставленої мети поставлені наступні завдання:

1. охарактеризувати таксономічне різноманіття морських огірків та їх біологічні особливості;

2. проаналізувати розповсюдження видів у Чорному морі та визначити найбільш перспективні для культивування;
3. оцінити хімічний склад і фармакологічний потенціал морських огірків;
4. дослідити умови та методи вирощування в природних і штучних середовищах.

Об'єктом дослідження є морські огірки (*Holothuroidea*) — донні морські безхребетні тварини, які мають екологічну, харчову та медичну цінність і розглядаються як перспективні об'єкти для марикультури.

Предметом дослідження виступають біологічні особливості, умови життєдіяльності, хімічний склад та можливості культивування морських огірків (зокрема виду *Holothuria tubulosa*) в акваторії Чорного моря з метою їх подальшого використання у харчовій та фармацевтичній галузях.

1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ

1.1 Морфологічні та фізіологічні характеристики морських огірків

Трепанги— назва кількох видів безхребетних тварин типу голкошкірих, класу голотурій, родів *Holothuria*. Його, як і подібних істот, називають морськими огірками (рис.1.1), голотуріями або морськими скарбничками через здатність тіла різко стискатися при дотику, набуваючи форми, схожої на огірок[1].

На сьогоднішній день налічується 1150 видів, які відрізняються своєю будовою, формою щупалець, кольором та зовнішнім виглядом. Найближчі родичі — морські зірки та морські їжаки. Найпопулярнішими з яких є кукумарія (японський морський огірок) і далекосхідний трепанг: з них готують корисні та смачні страви. Морський огірок досягає розміру до півметра, а його найбільша вага, відома на сьогоднішній день становить 1500 гр.[1].



Рис. 1.1 – Морський огірок (*Holothuriidae*)

Морські огірки зустрічаються практично у всіх морських середовищах світу, від мілководдя до глибоководдя. Морські огірки є бентосними, тобто живуть на дні океану. Однак їхні личинки є планктонними, вони плавають в океані за течіями.

Голотурія - унікальний житель підводного світу, схожий одночасно на величезного хробака і велику гусеницю. М'яке тіло молюска може бути як абсолютно гладким або шорстким (залежно від різновиду) і покрито короткими або довгими виростами. Забарвлення - червоне, сіре, зелене, коричневе або чорне. [1].

Трепанг відомий своїми лікувальними властивостями і здавна використовується в кулінарії.

Також морські огірки відрізняються розмірами. Тварини можуть бути як зовсім крихітними (від 0,5 см), так і неймовірно величезними (до п'яти метрів!), чим викликають інтерес з боку морських мисливців.

Морський огірок – це донний безхребетний, що має велику харчову та комерційну цінність. Їхня здатність до біотурбації — механічного перемішування донних відкладень — сприяє аерації ґрунтів, перерозподілу органічних речовин та підвищенню мікробіологічної активності у придонних шарах. Як детритофаги, морські огірки відіграють ключову роль у мінералізації органіки, будучи своєрідними "санітарами дна", особливо у районах із високим антропогенним навантаженням[2].

Морські огірки — це падальщики, які живляться дрібними харчовими продуктами в бентосній зоні (морському дні), а також планктоном, що плаває в товщі води, дрібними тваринами і органічними рештками. Їхній раціон складають водорості, водні безхребетні та частинки відходів. Вони їдять за допомогою трубчастих лапок, що оточують їхній рот.

Рот у голотурії практично позбавлений будь-яких пристосувань для подрібнення та пережовування їжі. Розташований він або на передньому кінці тулуба, або трохи зрушений до черева. Небагато форм цього морського жителя, що мають здатність прикріплюватися до скель або зариватися в мул, мають

склепінчасту, колбоподібну або кулясту форму. Пояснюється це тим, що анальний отвір і рот трепангу трохи зміщені на спину.

У всіх голотурій навколо рота розташовані характерні щупальця, які є видозміненими амбулакральними ніжками. Їхня кількість залежить від виду і може варіюватися від 8 до 30. Форма щупалець також різниться: вони можуть бути короткими, щитоподібними — здебільшого пристосованими для збирання органіки з дна — або мати розгалужену, деревоподібну структуру, що дозволяє охоплювати значну площу водного простору під час живлення[2].

За формою щупальця різняться залежно від того, чим живиться вид голотурії. Вони можуть бути досить короткими і просто влаштованими, схожими на лопатки, або довгими і сильно гілкуються. Першими зручніше рити ґрунт, іншими цідити планктон із води. Голотурія примітна тим, що другий отвір, анальний, служить як виведення відходів, але й дихання. У нього тварина втягує воду, далі вона надходить у такий орган, як водні легені, де з неї фільтрується кисень.

У морських огірків безліч ніжок - вони ростуть по всій довжині тіла. З їхньою допомогою тварини обмацують простір навколо, а деякі й рухаються: ніжки для пересування можуть бути як звичайними, так і сильно подовженими. Але більшість видів для руху ніжки не застосовує або застосовує мало, і в основному рухається за рахунок скорочень м'язів стінки тіла[3].

Попри незвичну форму тіла, у голотурій зазвичай можна відрізнити спинну та черевну сторони. Втім, морфологічно черевце морського огірка не відповідає черевній стороні в інших тварин. Оскільки ці червоподібні істоти переважно пересуваються лежачи на боці, традиційні терміни «спинна» і «черевна» сторона не зовсім точно відображають їхню реальну анатомічну будову.

У більшості морських огірків відсутній чіткий поділ між головною частиною та рештою тіла, хоча в окремих видів можна спостерігати певне відокремлення. Трепанги характеризуються дуже повільним способом пересування — вони неквапливо переміщуються, ритмічно скорочуючи та витягаючи своє тіло. Найчастіше ж вони просто лежать на боці, що значно спрощує процес їх вилову[3].

Більшу частину життя голотурії проводять, повзаючи по морському дну. Зазвичай вони переміщаються в пошуках їжі великими групами.

Розпушуючи дно і руйнуючи нерозкладені частинки тварин і рослин, морські огірки виконують важливу роль в морській екосистемі.

Морські огірки розмножуються статевим та безстатевим шляхом. На відміну від більшості наземних тварин, ікра морського огірка запліднюється зовнішнього — самки випускають яйця у воду, які запліднюються, коли вони контактують зі спермою, випущеною самцями. Для успішного розмноження багато самців і самок повинні бути разом одночасно. Живуть голотурії від 5 до 10 років, до третього року життя стаючи статевозрілими. Більшість видів використовують «метод» зовнішнього запліднення. Серед них є й такі, які відловлюють щупальцями і «садять» собі на спину запліднені яйця, а в інших видів зародки розвиваються прямо в порожнині тіла. Морські огірки мають високу плодючість — за рік одна самка може виметувати близько п'яти десятків мільйонів ікринок. Для морських огірок властивий розвиток з перетворенням — з яєць з'являються вільно плаваючі личинки, які незабаром зазнають дві послідовні стадії метаморфозу. Через два роки, доростаючи приблизно до 10 см, підросла молодь стає схожою на своїх батьків. Середня довжина тіла досягає 30 см. Однак трапляються і великі особини, що виростають до трьох метрів[4].

Біологічні особливості:

- Дихальна система морського огірка вкрай незвична. Через нутрощі тварини проходить вода, кисень з якої поглинається стінками дихальних органів — двох мереж розгалужених трубочок. Кілька глибоководних видів дихає усією поверхнею тіла. У деяких для цього пристосовані навіть ніжки.

- Наявність окремих кісточок замість скелета є причиною того, що ззовні голотурія нагадує огірок. Під електронним мікроскопом видно, що її кісточки мають незвичну форму. Вони схожі на коліщатка, якорі та гачки. Розміщені кісточки у верхніх шарах шкіри, від чого вона доволі тверда. Ці вигадливої форми мініатюрні кристалики карбонату кальцію у кожного виду голотурій різні й допомагають визначати, до якого виду належить морський огірок.

– Морський огірок використовує для руху гідравлічну силу. У нього є сотні порожнистих, трубкоподібних ніжок, оснащених клапанами. По спеціальній «водопровідній системі» вода під тиском надходить через клапани у ніжки. Ті видовжуються чи скорочуються, і так тварина пересувається. Уся ця система діє дуже злагоджено і синхронно.

– Запліднені яйця можуть розвиватися в різних умовах: представники деяких видів їх ловлять і прикріплюють до свого тіла, таким чином забезпечуючи захист. Інші відразу ж втрачають до них будь-який інтерес, тому вони осідають на дно або їх забирає течія. Тривалість розвитку також може дуже відрізнятись для різних видів. Відомо теж, що деякі види розмножуються досить незвичним методом. Вони буквально роздирають себе на дві рівні частини. Тоді голотурії використовують свою незвичну здатність відновлювати, а точніше вирощувати органи, яких їм бракує. Цей метод безстатевого розмноження вимагає значної перебудови тканин тіла кожної новоутвореної голотурії.

Їх ареал надзвичайно широкий і включає всі океани і більшу частину морів Землі. Досить рідкісні моря, де голотурії були виявлено, серед них, наприклад, Балтійське і Каспійське. Найбільше голотурії живуть у теплих водах тропіків, воліють вони селитися біля коралових рифів, а й у холодних морях також живуть.

Зустріти голотурій можна і на мілководді біля самого берега, і на глибині, аж до найглибших западин: звичайно, це зовсім різні види, що сильно відрізняються один від одного. У глибокому місці планети, Маріанської западині, на її дні, також живуть голотурії. Вони становлять значну частину населення дна, іноді воно ними просто кишить. Популяції морських огірків стабільні. У деяких країнах вони вважаються делікатесами[5].

1.2 Різноманіття видів морських огірків

Загалом зараз існує близько 1150 різних видів морських огірків, з них лише близько 40 видів їстівні. Ці види відрізняються розмірами, забарвленням, хімічним складом, умовами існування та ринковою цінністю. Деякі з них, такі як

Apostichopus japonicus (Японія) (рис.1.2), *Stichopus hermanni* (Індонезія)(рис.1.3), *Thelenota ananas* (Індійський океан) (рис.1.4) — є об'єктами високої комерційної вартості через попит на міжнародних ринках сушених морських огірків (трепангів)[6].



Рис. 1.2 - *Apostichopus japonicus*

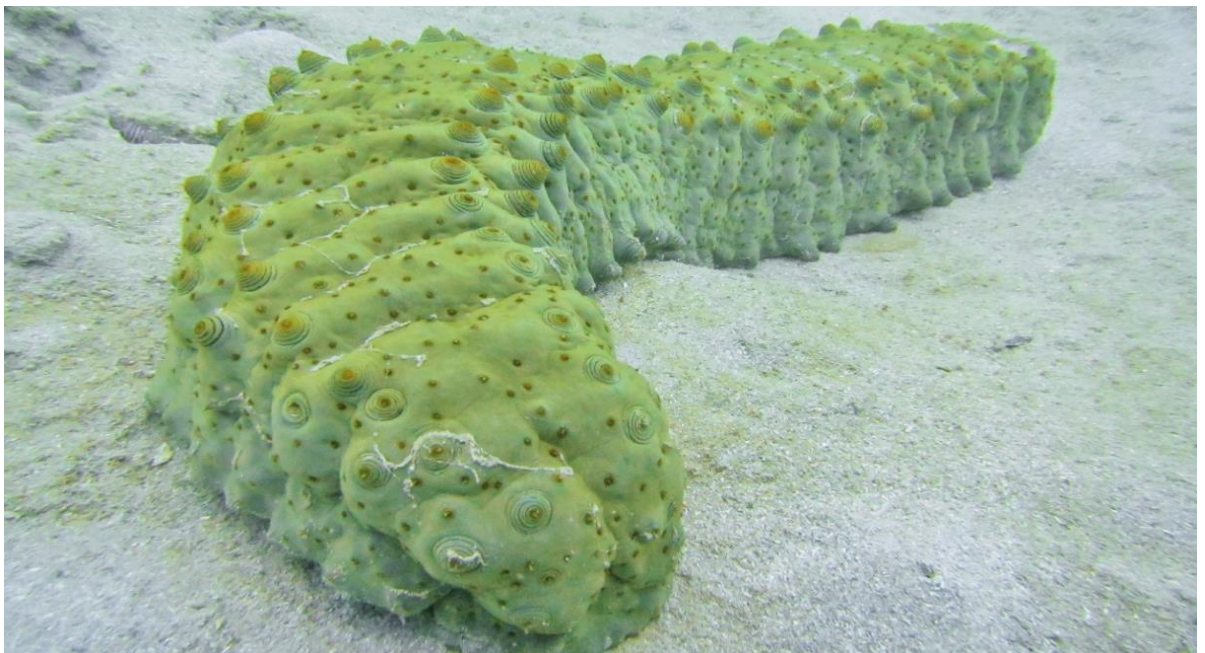


Рис. 1.3 - *Stichopus hermanni*



Рис. 1.4 - *Thelenota ananas*

Це вимагає від споживачів та торгових менеджерів розрізняти види морських огірків на основі своїх знань. Рибальство та торгівля морськими огірками охоплюють понад 70 країн та регіонів світу. Морські огірки експлуатуються та використовуються в полярних, помірних та тропічних регіонах у формі промислово розвинених, напівпромислових та кустарних (дрібномасштабних) рибальств.

У результаті аналізу літературних джерел та фахових баз даних було встановлено, що у Чорному морі на території України трапляється щонайменше вісім видів морських огірків (*Holothuroidea*), зокрема *Holothuria tubulosa*, *Holothuria forskali*, *Cucumaria planci* та *Ocnus planci* (табл.1.1)[7].

Таблиця - 1.1 Основні види морських огірків, зареєстровані в Чорному морі (український сектор)

№	Вид	Родина	Тип живлення	Біотоп	Особливості та значення
1	2	3	4	5	6
1	<i>Holothuria tubulosa</i>	<i>Holothuriidae</i>	Детритофаг	Піщано-мулистий субстрат	Найперспективніший для культивування,

№	Вид	Родина	Тип живлення	Біотоп	Особливості та значення
1	2	3	4	5	6
					регенерація, висока біомаса
2	<i>Holothuria forskali</i>	<i>Holothuriidae</i>	Детритофаг	Прибережна зона, твердий ґрунт	Яскраве забарвлення, глибоководні ділянки
3	<i>Cucumaria planci</i>	<i>Cucumariidae</i>	Фільтратор	Кам'янисто-мулистий субстрат	Стійкість до коливань солоності
4	<i>Ocnus planci</i>	<i>Cucumariidae</i>	Фільтратор	Водоростеві зарості	Менші розміри, часто в заростях <i>Zostera</i>
5	<i>Panningia hyndmani</i>	<i>Cucumariidae</i>	Детритофаг	Глибоководні райони	Слабко вивчений, можливе фармакологічне значення
6	<i>Leptosynapta inhaerens</i>	<i>Synaptidae</i>	Детритофаг	М'які донні осади	Дуже м'яке тіло, чутливий до забруднень
7	<i>Synaptula hydriformis</i>	<i>Synaptidae</i>	Детритофаг	Прибережні мілководдя	Рідкісний, дрібний вид
8	<i>Thyonidium commune</i>	<i>Cucumariidae</i>	Фільтратор	Солонуваті лимани	Висока толерантність до гіпоксії

Найбільш вивченим і перспективним для культивування є *Holothuria tubulosa* (рис.1.5)— донний детритофаг, що має високу біомасу, здатність до

регенерації та пристосованість до змін солоності й температури. Ці види пристосовані до опрісненого середовища, що характерне для українського шельфу Чорного моря. Через свої екологічні особливості чорноморські морські огірки можуть витримувати коливання солоності та температури, що робить їх перспективними об'єктами для культивування у штучних умовах[8].

Holothuria tubulosa в умовах Чорного моря демонструє високі темпи приросту, пластичність до екологічних змін та виживаність у закритих системах культивування. За морфологічними характеристиками вона досягає довжини до 20 см, має циліндричне тіло темно-бурого кольору з вузькими поперечними смугами. Завдяки своїй здатності до аутономії та регенерації, вона може зберігати життєздатність навіть після часткових ушкоджень, що є важливою властивістю для розведення та транспортування.

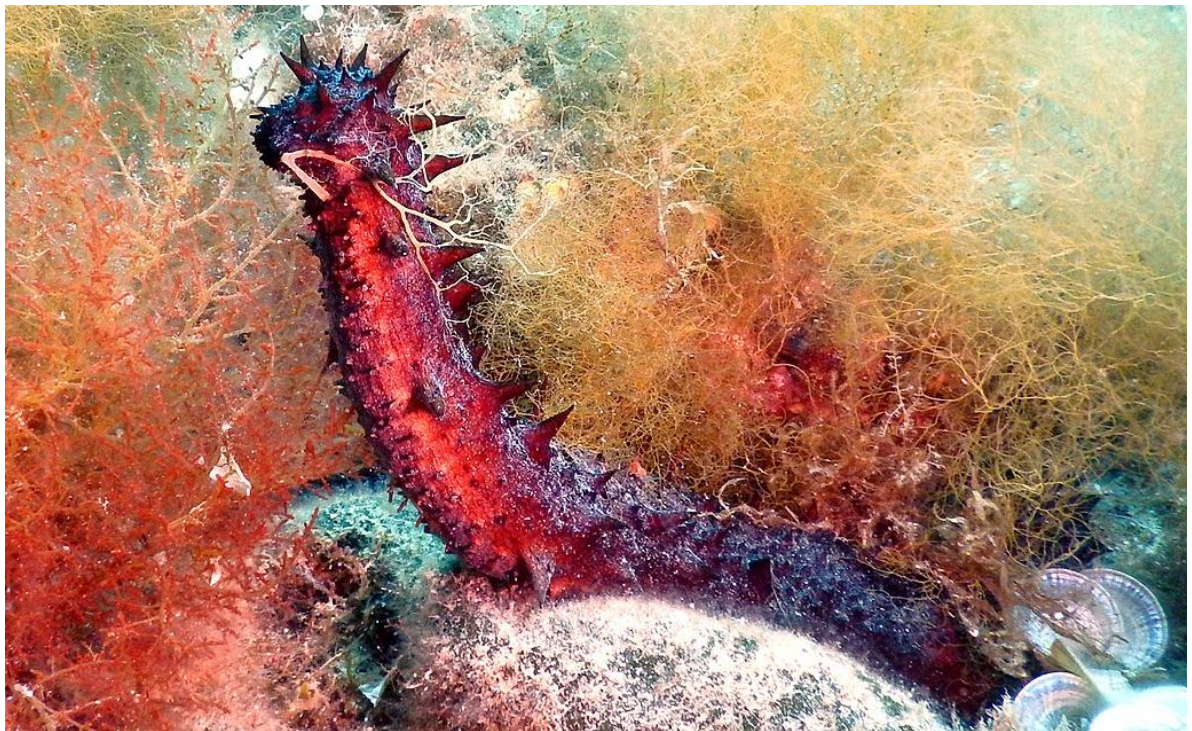


Рис. 1.5 - *Holothuria tubulosa*

Хімічний склад морського огірка *Holothuria tubulosa* на 100 г продукту(рис.1.2). Демонструє переважання води, а також присутність білків, мінералів (Ca, Mg, P, Fe) та інших компонентів.

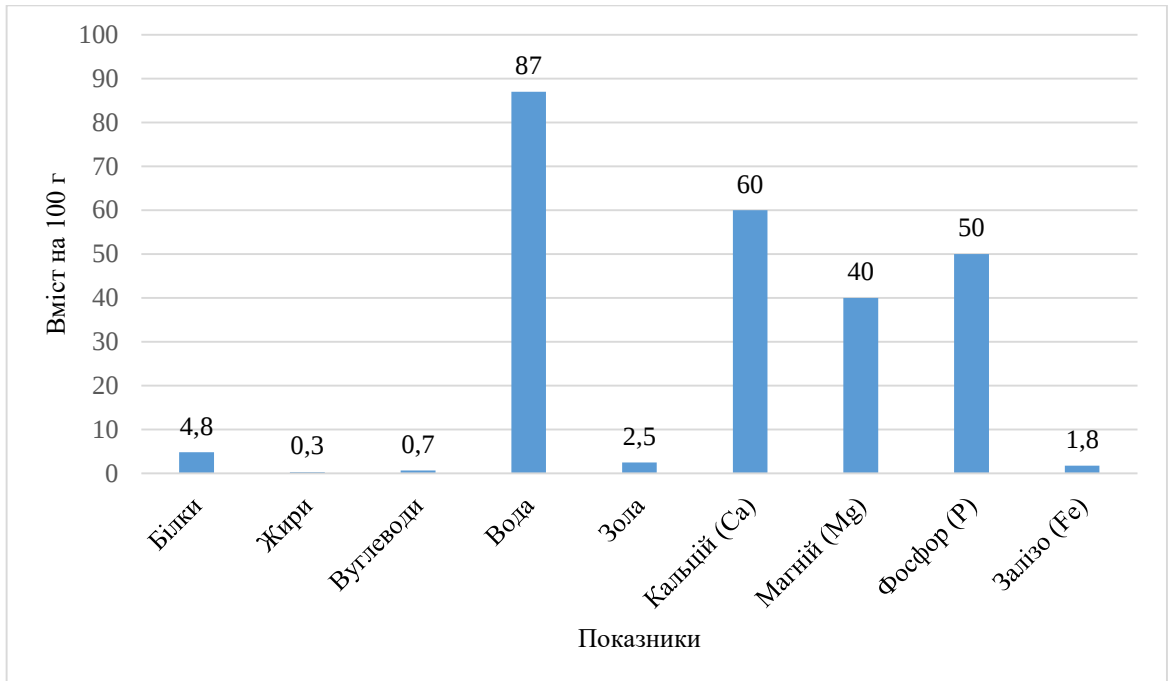


Рис. 1.6 - Хімічний склад *Holothuria tubulosa* (на 100 г продукту)

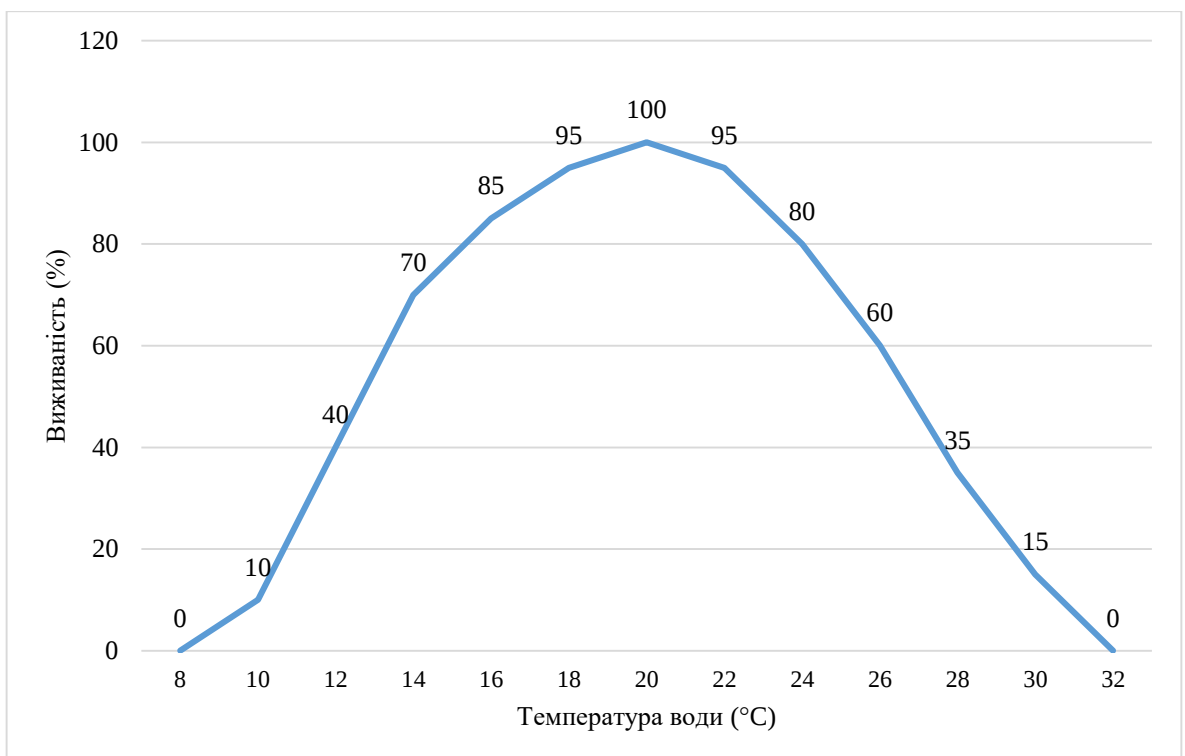


Рис. 1.7 –Толерантність до температури *Holothuria tubulosa*

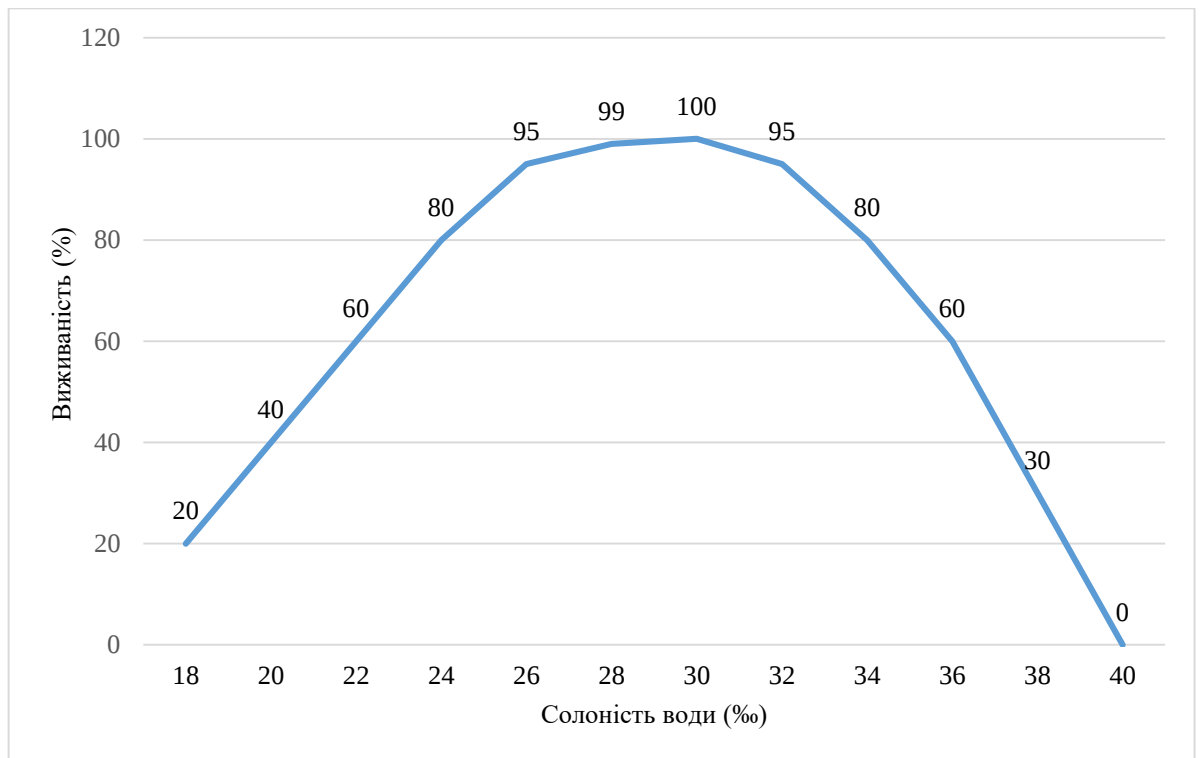


Рис. 1.8 – Толерантність до солоності *Holothuria tubulosa*

На графіках представлено криві виживаності морського огірка *Holothuria tubulosa* залежно від:

1. Температури води — оптимальний діапазон знаходиться між 18–26 °С, де виживаність наближається до 100%. Нижче 12 °С і вище 30 °С виживаність значно знижується.

2. Солоності води — найкращі умови спостерігаються в межах 28–34 ‰, де виживаність стабільно висока. При солоності нижче 22 ‰ або вище 38 ‰ організм зазнає значного стресу.

Ці дані можна використати для оптимізації умов культивування в УЗВ або відкритих морських фермах.

З екологічної точки зору, *Holothuria tubulosa* демонструє високу екологічну пластичність, що дозволяє їй виживати у широкому діапазоні температур і солоності води. Це підтверджується літературними даними, які свідчать про здатність організму адаптуватися до умов, характерних для північно-західного шельфу Чорного моря[9].

За результатами аналізу умов виживання, оптимальний температурний діапазон для *H. tubulosa* становить 18–26 °С. У цьому інтервалі спостерігається найвища виживаність, що наближається до 100%. При температурах нижче 12 °С метаболічна активність істотно знижується, що обмежує здатність до росту й розмноження. Водночас, температури вище 30 °С можуть викликати тепловий стрес, зменшення споживання їжі та підвищення смертності.

Щодо солоності води, *H. tubulosa* характеризується високою толерантністю, що дозволяє їй існувати у діапазоні 22–38 ‰. Найвища виживаність спостерігається при солоності 28–34 ‰, що відповідає умовам відкритого Чорного моря. Завдяки такій адаптивності, *H. tubulosa* придатна як для вирощування в умовах природних акваторій (затоки, лимани), так і в умовах контрольованої аквакультури, включно з інтегрованими системами УЗВ.

У практичному аспекті, температурно-солоні межі толерантності слід враховувати при плануванні сезонного зариблення, виборі ділянок культивування, підборі технологій фільтрації та регуляції гідрохімічного режиму. Це особливо актуально у зв'язку зі змінами клімату, що супроводжуються аномальними температурними коливаннями та зниженням солоності у прибережних районах[10].

Окрему увагу було приділено біохімічному складу морських огірків, який вказує на високу цінність їх як сировини для медичної, фармацевтичної та харчової промисловості (рис. 1.9).

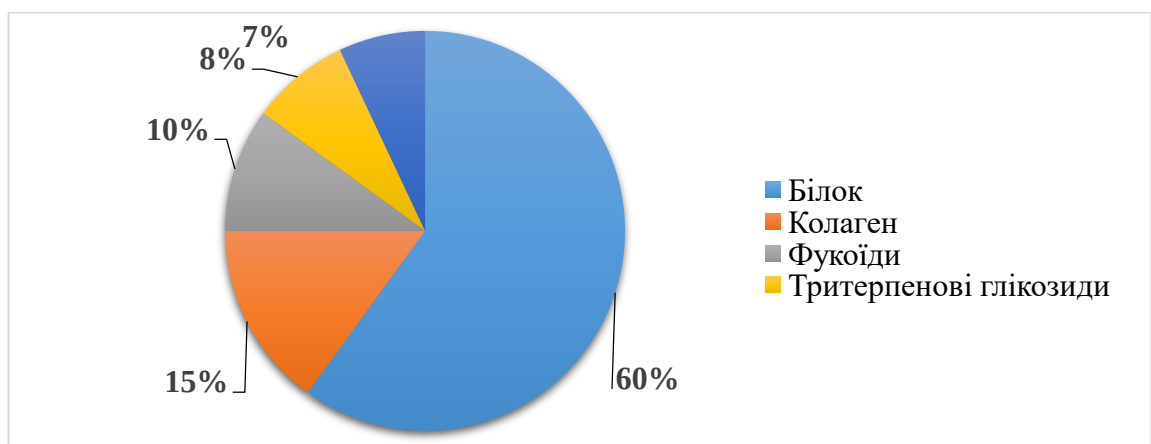


Рис. 1.9 - Біохімічний склад *Holothuria tubulosa*

Ці компоненти, вміст (% у сухій речовині), мають виражену антимікробну, протизапальну, імуномодулювальну та омолоджувальну дію. Водночас, за результатами моніторингу українського ринку, вітчизняна продукція на основі морських огірків відсутня, що свідчить про наявність вільної ніші для інноваційних рішень у цій сфері[10].

Таким чином, *Holothuria tubulosa* є не лише екологічно пластичним видом, а й перспективним видом для розвитку марикультури на північно-західному шельфі Чорного моря. Її використання може сприяти відновленню донних екосистем, зниженню біогенних навантажень та диверсифікації продуктів аквакультури в Україні.

Оцінка можливостей індустріального вирощування морських огірків у Чорному морі вимагає подальших досліджень екологічної пластичності місцевих видів, вивчення їх кормової бази, репродуктивного циклу, темпів росту та імунологічних властивостей. Також необхідно враховувати біобезпеку при імпорті екзотичних видів для культивування, щоб уникнути ризиків біоінвазій.

На сьогодні в Україні відсутнє промислове виробництво продукції з морських огірків (голотурій), як у харчовій, так і в медичній чи косметичній галузях. Проте є окремі приклади імпорту та використання цих морських безхребетних у приватних цілях:

1. В Україні доступні імпортні дієтичні добавки, що містять екстракти морських огірків. Наприклад, на платформі iHerb можна придбати капсули з морським огірком Swanson Sea Cucumber 500 мг, які позиціонуються як засіб для підтримки здоров'я суглобів і сполучної тканини (рис.1.10).

2. Деякі українські компанії пропонують морських огірків для акваріумного утримання. Наприклад, на сайті AquaSmile можна знайти морського огірка виду *Pentacta sp*, імпортованого з Індії-Пацифіки. Ці тварини використовуються в морських акваріумах як фільтратори, що сприяють очищенню води (рис. 1.11).



Рис. 1.10 - Капсули з морським огірком Swanson Sea Cucumber 500 мг



Рис. 1.11 - Морський огірок виду *Pentacta sp*

Результати дослідження демонструють як високий біологічний потенціал місцевих видів морських огірків, так і економічну доцільність їхнього культивування в Україні. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку біотехнологічних регламентів вирощування, оптимізацію умов інкубації личинок та створення дослідно-промислових установок з культивування голотурій [11].

1.3 Середовище існування та екологічні потреби морських огірків

Морські огірки, або голотурії (*Holothuroidea*), — це донні безхребетні тварини, які поширені в морських екосистемах у всіх широтах, від тропіків до полярних регіонів. Вони є важливою складовою бентосу — організмів, що мешкають на дні водойм — і відіграють ключову роль у мінералізації органічних речовин та самоочищенні дна. Їхня присутність свідчить про екологічну стабільність морського середовища[12].

Морські огірки заселяють здебільшого мулисті, піщано-детритні або змішані типи ґрунтів. Це середовище забезпечує їм необхідні умови для живлення, оскільки голотурії живляться органічними залишками, що накопичуються в осаді. Більшість видів веде малорухливий або повільно рухливий спосіб життя, збираючи органічні частинки щупальцями або заковтуючи осад разом з детритом. Через свою анатомічну будову та спосіб живлення ці організми найкраще почуваються в стабільних умовах із незначною течією та помірним рівнем забруднення органікою.

Екологічні потреби голотурій включають низку важливих факторів. Основним є наявність достатньої кількості органічних речовин у донному осаді, які слугують джерелом їжі. Морські огірки не переносять сильного забруднення важкими металами, пестицидами чи нафтохімічними продуктами, хоча можуть виживати в умовах незначного органічного забруднення. Вони здатні існувати в різних температурних діапазонах — від 4 °C у холодних морях до 30 °C у тропіках — однак кожен вид має свої оптимальні межі. Солоність також є критичним фактором: більшість голотурій потребує морської або опрісненої води, хоча в Чорному морі трапляються види, адаптовані до нижчої солоності[13].

Кисневий режим дна впливає на виживаність голотурій, адже попри здатність деяких видів витримувати знижений вміст кисню, дефіцит аерації дна значно ускладнює їх існування. Ці тварини здебільшого ведуть нічний спосіб життя та не залежать від освітлення. Вони можуть бути чутливими до змін

екологічних умов, особливо у фазі планктонної личинки, коли необхідна стабільність середовища для повноцінного розвитку.

Таким чином, для успішного існування морські огірки потребують стабільного донного середовища, багатого на органіку, з відповідним кисневим режимом, сталою температурою та середньою або високою солоністю. Їхня екологічна роль як біофільтрів робить їх перспективними як об'єкти для марикультури й відновлення морських екосистем.

Морські огірки демонструють високу екологічну пластичність, що дозволяє їм пристосовуватися до широкого спектру умов у морському середовищі. Вони зуміряються на мілководдях, у прибережних зонах, а також на великих глибинах, зокрема в абісальних зонах Світового океану. Незважаючи на це, найвищу щільність популяцій зазвичай фіксують у шельфовій зоні, де забезпечено достатнє живлення й відносну стабільність фізико-хімічних параметрів[14].

Більшість голотурій уникає зон з активним перемішуванням води, сильними течіями або штормами, які можуть порушити осідання органічних речовин на дні або викликати ерозію ґрунту. Водночас вони добре себе почувають у закритих або напівзакритих затоках, бухтах, фіордах, естуаріях, де накопичуються органічні частки. Деякі види голотурій навіть здатні виживати поблизу гирл річок, у помірно опрісненій воді.

Голотурії мають особливу здатність до очищення донних відкладів — вони проковтують ґрунт, перетравлюючи органіку, а після проходження крізь травну систему осад виводиться у вигляді очищеного піску. Така біоінженерна діяльність позитивно впливає на структуру осаду, збагачує дно киснем і сприяє розвитку інших бентосних організмів. Завдяки цим властивостям морські огірки часто розглядаються як об'єкти для біоекологічної меліорації донних екосистем.

У природних умовах екологічна рівновага є критично важливою для стабільного існування голотурій. Значні коливання температури або солоності, забруднення, евтрофікація чи зменшення доступу до кисню можуть призвести до масової загибелі популяцій. Особливо це стосується личинок, які є найвразливішими до змін у водному середовищі. У разі порушення гідробалансу

або надмірного вилову ці організми можуть повністю зникати з окремих біотопів[15].

До ключових екологічних потреб голотурій належать:

- наявність м'якого субстрату з високим вмістом органіки;
- стабільні температурні умови;
- достатній рівень кисню у придонних шарах води;
- відсутність токсичних забруднювачів (важкі метали, пестициди, нафтопродукти);
- солоність у межах 25–35 ‰ (для більшості видів).

Голотурії чутливі до зниженого вмісту кисню, хоча деякі представники можуть короткочасно витримувати гіпоксичні умови. У фазі планктонної личинки тварини демонструють особливу вразливість до змін гідрохімічних параметрів, тому стабільність середовища має критичне значення для виживання та успішної метаморфози.

Температурна толерантність голотурій варіює залежно від виду. Наприклад, *Holothuria tubulosa*, поширена у Чорному морі, демонструє оптимум виживаності при температурах 18–26 °C та солоності 28–34 ‰. Виживаність різко знижується за межами цього діапазону, особливо при температурі нижче 12 °C або вище 30 °C, що асоціюється з пригніченням обміну речовин і підвищеним стресом.

Таким чином, морські огірки — це екологічно чутливі, але водночас пластичні організми, які демонструють високий біомеліоративний потенціал. У разі дотримання необхідних параметрів середовища вони можуть бути успішно включені до систем комплексної аквакультури, відіграючи роль природного фільтра та стабілізатора екосистеми[16].

2 ХАРЧОВА ТА МЕДИЧНА ЦІННІСТЬ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ

2.1 Географія промислу та поширення споживання

Промисел і торгівля морськими огірками налічують тисячоліття; проте з 1990-х років попит значно зріс завдяки дедалі багатшим азійським ринкам. Значна частина країн, задіяних у промислі морських огірків, належить до групи таких, що розвиваються, найменш розвинених або малих островних держав. Внаслідок цього вони стикаються з численними соціально-економічними викликами, а значна кількість дрібномасштабних та кустарних рибалок, що проживають у віддалених і малозабезпечених регіонах, істотно залежить від вилову та реалізації морських огірків як основного джерела доходу[17].

Продукція цього промислу проста в обробці і не є швидкопсувною, а торгівля забезпечує грошові надходження безпосередньо в сільські прибережні громади, найчастіше людям, які мають мало альтернативних джерел доходу.

Існує давно визнана нестача надійних даних про торгівлю, а також інші проблеми управління в ланцюжках створення вартості морських огірків для всіх видів - незаконна діяльність тут не є рідкістю. Для представників роду *Thelenota* немає потреби запроваджувати регламент ідентифікації за принципом «схожих видів», оскільки всі три види цього роду мають чітко виражені морфологічні відмінності як у свіжому, так і в сушеному стані, що дає змогу легко їх розрізнити серед інших морських огірків.

Морські огірки (голотурії) мають широку географію промислу, охоплюючи як тропічні, так і помірні зони Світового океану. Вони є цінним ресурсом для рибальських та прибережних громад і займають важливе місце в системі морського біорізноманіття. Основними регіонами їхнього промислу є Тихий та Індійський океани, а також частково Атлантика[18].

1. Азійсько-Тихоокеанський регіон Це найактивніший центр промислу морських огірків у світі. Країни як Китай, Індонезія, Філіппіни, В'єтнам, Таїланд мають традиції збору та переробки голотурій, що сягають сотень років.

Тут добувають десятки видів, найцінніші з яких — *Apostichopus japonicus*, *Stichopus herrmanni*, *Holothuria scabra* (рис. 2.1) тощо. У деяких регіонах організовано масштабне штучне вирощування[18].



Рис. 2. 1 - *Holothuria scabra*

2. Китай є найбільшим у світі виробником і споживачем морських огірків. Вони вирощуються у прибережних аквакультурних системах (наприклад, у провінціях Шаньдун, Ляонін, Фуцзянь). Китайці традиційно вживають голотурій як делікатес і лікарський засіб, вважаючи їх джерелом життєвої сили, що підтримує енергію "ці".

3. Південна Корея та Японія У цих країнах морські огірки не лише споживають у сирому, сушеному або ферментованому вигляді, але й експортують. У Японії морські огірки вживають як закуски (*namako*) або сушений продукт (*konowata*), який вважається делікатесом. В Кореї їх часто маринують або додають у страви з морепродуктами.

4. Океанія на островах Тихого океану — Фіджі, Самоа, Тонга, Папуа Нова Гвінея — голотурії є одним із небагатьох експортних ресурсів для місцевого

населення. Їх збирають вручну в прибережних водах, сушать і продають, переважно до Китаю.

5. Індія, Шрі-Ланка, Мальдіви ці регіони також активно займаються виловом голотурій. Промисел ведеться переважно вручну, з використанням традиційних методів (прості сітки). Через перевилов у деяких країнах, наприклад на Мальдівах, введено тимчасову заборону на вилов.

6. Африка та Близький Схід На західному узбережжі Індійського океану — в Танзанії, Єгипті, Судані, Ємені — морські огірки добуваються та експортуються до Азії. У деяких регіонах, особливо в Східній Африці, голотурії є важливою частиною дрібного прибережного рибальства.

7. Центральна і Південна Америка у країнах як Гондурас, Мексика, Перу, Еквадор активно розвивається промисел трепанга. Часто він супроводжується проблемами з нелегальним виловом, браконьєрством і надмірною експлуатацією ресурсів. Через високі ціни на зовнішніх ринках голотурії стали об'єктом кримінального вилову[18].

Китай — абсолютний лідер за обсягами споживання. Тут морські огірки є частиною як повсякденного, так і святкового раціону, особливо в сушеному вигляді (трепанг), у супах, тушкованих стравах і лікарських настоянках.

Корея та Японія — тут голотурії також мають високий попит. Особливо популярні сирі та ферментовані форми. У Японії вважається престижним подарунком висушений трепанг, який також використовується в традиційній медицині.

Південно-Східна Азія — в Індонезії, В'єтнамі, Філіппінах голотурії — це і харчовий ресурс, і предмет зовнішньої торгівлі. Часто вони готуються з місцевими спеціями, подаються в супах або тушкованими з овочами.

Європа та США — споживання морських огірків обмежене, але зростає. Їх можна знайти в азійських ресторанах або магазинах азійських продуктів. Поширення споживання пов'язане переважно з азійськими громадами[19].

Україна та Чорноморський регіон — попри наявність кількох аборигенних видів голотурій у Чорному морі (наприклад, *Holothuria tubulosa*, *Holothuria stellati*), комерційного промислу не ведеться.

Потенціал використання цих видів у кулінарії або аквакультури поки що вивчається.

Географія промислу морських огірків охоплює десятки країн тропічної та субтропічної зони, з акцентом на прибережні регіони Азії та Тихого океану. Основним двигуном попиту є східноазійські країни, де голотурії вважаються не лише їжею, а й важливим елементом оздоровчої культури. У багатьох країнах їх збір є частиною традиційного рибальства, що створює можливості для розвитку місцевої економіки, але також вимагає належного управління ресурсами для запобігання виснаженню природних популяцій. У перспективі зростає роль аквакультури, яка може стати основним джерелом голотурій для задоволення глобального попиту.

Морські огірки (*Holothuroidea*), які здавна використовуються у традиційних рибальських господарствах, за останні десятиліття стали об'єктом інтенсивного промислу на глобальному рівні. Їхня харчова, фармакологічна й економічна цінність спричинили зростання попиту, особливо на ринках Східної Азії, що, у свою чергу, сприяло розширенню географії їхнього вилову та експорту. З 1990-х років морські огірки почали масово залучатись до міжнародної торгівлі у вигляді сушених продуктів — трепангів, що легко транспортуються та зберігаються[20].

Промисел морських огірків ведеться у понад 70 країнах світу, охоплюючи як тропічні, так і помірні широти, однак найбільша інтенсивність зафіксована у регіонах Азійсько-Тихоокеанського басейну, Індійського океану, частково в Атлантичному регіоні та на західному узбережжі Америки.

Основними світовими лідерами залишаються Китай, Індонезія, Філіппіни, Японія та Південна Корея.

Видобуток ведеться як промисловими підприємствами, так і кустарними рибалками. У більшості країн, що розвиваються, саме дрібномасштабний прибережний промисел становить основу локального видобутку. Морські огірки в таких регіонах є не лише джерелом білка, а й економічним активом, який забезпечує грошовий прибуток громадам, що часто не мають альтернативних способів заробітку[21].

Таблиця – 2.1 Регіональні особливості промислу

Регіон	Основні країни	Особливості промислу та види
Азійсько-Тихоокеанський	Китай, Індонезія, Філіппіни, В'єтнам, Таїланд	Давні традиції збору; культивування <i>Apostichopus japonicus</i> , <i>Holothuria scabra</i>
Китай	Провінції Шаньдун, Ляонін, Фуцзянь	Найбільший світовий виробник і споживач; аквакультура в УЗВ та морських ферм
Японія та Корея	—	Споживання в сирому, ферментованому та сушеному вигляді; експортна торгівля
Океанія	Фіджі, Самоа, Папуа Нова Гвінея	Збір вручну, сушка та експорт до Азії
Індія, Шрі-Ланка, Мальдіви	—	Традиційний ручний промисел, місцями введена заборона через перевиллов
Східна Африка та Близький Схід	Танзанія, Єгипет, Ємен	Експортно-орієнтований промисел з річним циклом вилову
Центральна та Південна Америка	Мексика, Перу, Еквадор	Проблеми нелегального вилову, зниження запасів у прибережних зонах

Морські огірки вживаються переважно в сушеному або переробленому вигляді.

Найвищий рівень споживання фіксується у країнах Східної Азії, де трепанги вважаються делікатесом та цінним лікарським засобом. Вони входять

до традиційної китайської медицини як засіб для зміцнення імунітету, відновлення життєвих сил та поліпшення функції нирок[22].

Таблиця 2.2 – Форми споживання морських огірків у світі

Ринок	Форми споживання
Китай	Сушені трепанги, супи, настоянки, фармакологічні засоби
Японія	Namako (сирі), konowata (сушені/ферментовані)
Корея	Ферментовані, мариновані, у складі страв із морепродуктами
Південно-Східна Азія	Супи, тушковані страви зі спеціями
США та ЄС	Обмежене споживання через азійські громади

У кулінарії їх додають до супів, тушкують із грибами, морепродуктами, травами.

Орієнтовні обсяги вилову морських огірків по ключових регіонах світу станом на 2023 рік(рис. 2.2):

- Китай беззаперечно лідирує з показником близько 85 тис. тонн, що пояснюється як масштабами внутрішнього споживання, так і розвинутою системою аквакультури.
- Індонезія, Філіппіни та Японія також демонструють значні обсяги вилову, зокрема завдяки традиційній залежності прибережних громад від цього ресурсу.
- Тропічні острови Океанії (наприклад, Папуа Нова Гвінея) і країни Південної Азії (наприклад, Шрі-Ланка) мають менші, але економічно важливі промисли, які часто є головним джерелом прибутку для місцевих жителів.
- Африка та Латинська Америка (наприклад, Танзанія, Мексика, Перу) демонструють зростаючу активність у вилові, хоча часто стикаються з проблемами браконьєрства та відсутності контролю[23].

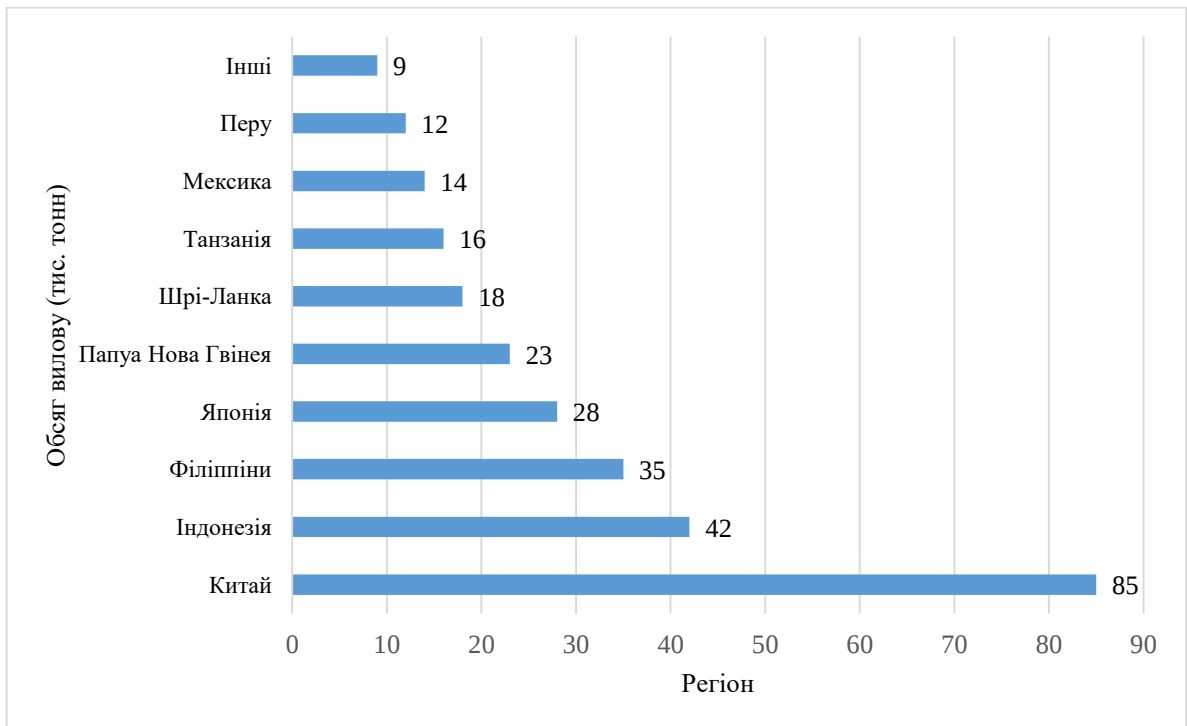


Рис. 2.2 - Оцінка обсягів вилову морських огіrkів по регіонах (2023 р.)

Географічна нерівномірність промислу, яка актуалізує необхідність запровадження сталого управління ресурсами у найбільш навантажених регіонах.

На рисунку (рис. 2.3) представлено динаміку зростання світового попиту на морські огірки протягом 2013–2023 років:

- За останнє десятиліття попит збільшився більш ніж удвічі — з 100 тис. тонн у 2013 році до 210 тис. тонн у 2023-му.
- Основними рушіями цього зростання є розширення азійських ринків, особливо в Китаї, а також популяризація морських огіrkів як суперфуду та натурального лікарського засобу.
- Додатковими факторами є зростання добробуту населення в регіонах Азії, урбанізація, розвиток ресторанного бізнесу та поширення східної медицини у світі.

Така тенденція демонструє потенціал аквакультури як сталого джерела задоволення глобального попиту, адже природні ресурси вже не здатні забезпечити ринок без ризику виснаження[24].

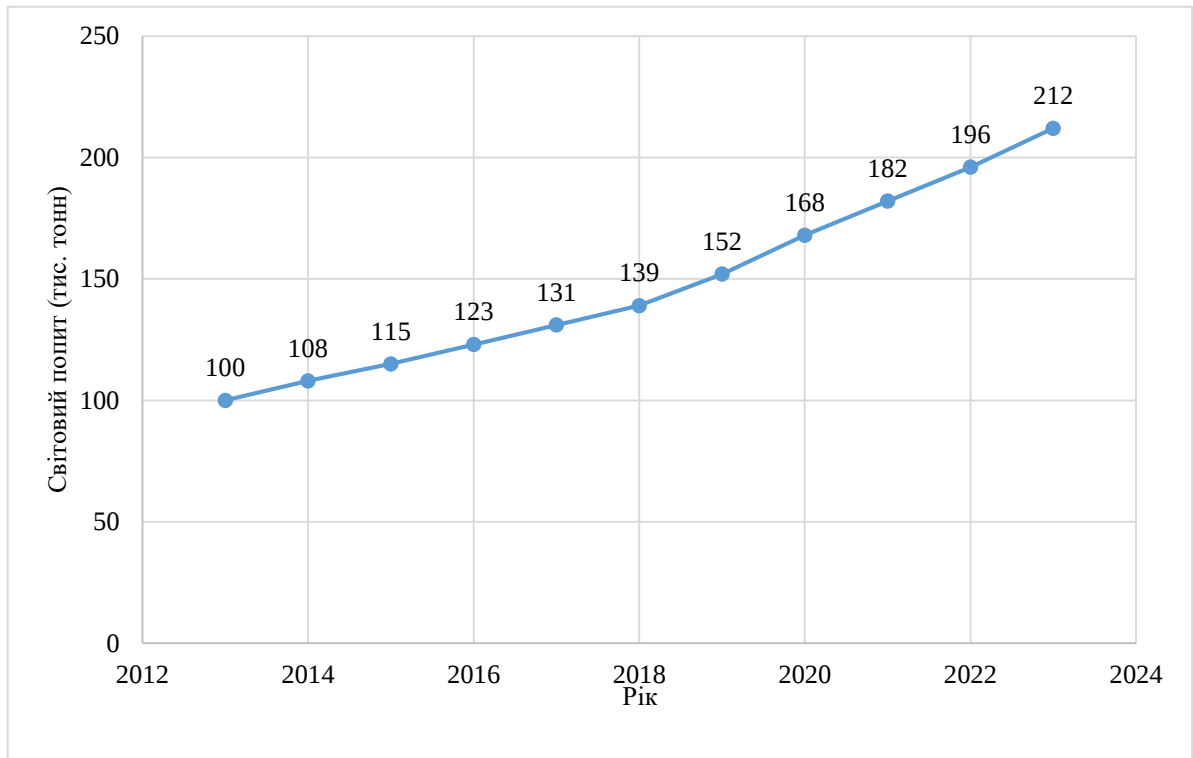


Рис. 2.3 - Динаміка світового попиту на морські огірки (2013–2023 рр.)

Світовий попит на морських огірків демонструє стійку тенденцію до зростання, особливо починаючи з 2013 року. Така динаміка вказує на стабільно зростаючий інтерес до голотурій як стратегічного біоресурсу.

Основними рушійними чинниками є:

- економічне зростання країн Східної та Південно-Східної Азії, зокрема Китаю, де морські огірки традиційно цінуються як делікатес і засіб традиційної медицини;
- розширення середнього класу в країнах Азії, що підвищує купівельну спроможність населення;
- глобалізація гастрономії, яка сприяє інтеграції екзотичних морепродуктів до раціонів у США, країнах ЄС та Близькому Сході;

– зростання популярності "суперфудів" і органічних продуктів серед споживачів, орієнтованих на здоровий спосіб життя.

Усе це створює високий тиск на природні популяції голотурій, які вже зазнають значного антропогенного навантаження. У багатьох регіонах (зокрема на Мальдівах, у Танзанії, Мексиці) фіксується перевилов та зменшення щільності популяцій, що, своєю чергою, веде до зниження продуктивності рибальства та зростання цін на трепанг[25].

У зв'язку з цим, основним викликом сучасного етапу є перехід від промислового вилову до культивування морських огірків. У багатьох країнах активно розвиваються моделі інтегрованої марикультури, де голотурії вирощуються разом з двостулковими молюсками або рибою, що дозволяє не лише задовольнити ринковий попит, а й покращити екологічний стан прибережних зон.

Україна, попри наявність аборигенних видів *Holothuria tubulosa*, *Cucumaria planci* та інших, поки що не представлена на міжнародному ринку. Проте наявність біологічної бази та екологічна адаптивність чорноморських голотурій створюють передумови для запуску локальних проєктів із культивування з перспективою експорту в азійський регіон.

У Чорному морі, зокрема в північно-західному шельфі України, зареєстровано кілька аборигенних видів морських огірків (*Holothuria tubulosa*, *Cucumaria planci*, *Ocnus planci*), які мають потенціал для локального використання. Попри це, промисловий вилов відсутній, а використання голотурій обмежується дослідницькими програмами. На сьогодні ведуться роботи з оцінки можливостей їх культивування в умовах марикультури, зокрема в інтегрованих багатовидових системах з двостулковими молюсками[26].

Через високий попит та обмежені природні ресурси, морські огірки стали вразливими до перевилову, нелегального промислу та деградації середовищ існування. Це створює глобальний виклик щодо сталого управління їх ресурсами. У відповідь на це розвивається:

– морська аквакультура (інтенсивне вирощування на морських фермах і в УЗВ);

- інтегровані моделі культивування з іншими гідробіонтами;
- національні програми з охорони та відновлення популяцій;
- моніторинг ринку та сертифікація продукції (наприклад, CITES для охорони окремих видів).

Розвиток раціональної політики управління у країнах-експортерах, підтримка локальних громад, впровадження технологій аквакультури — усе це критично важливі елементи забезпечення стабільного постачання морських огірків та збереження біорізноманіття[27].

2.2 Хімічний склад морських огірків і його харчова цінність

Морські огірки, або голотурії (*Holothuroidea*), мають унікальний хімічний склад, який зумовлює їхню високу біологічну та харчову цінність. Вони є не лише цінним дієтичним продуктом, а й об'єктом медичного та фармацевтичного інтересу завдяки вмісту численних біологічно активних сполук[28].

Основу хімічного складу морських огірків становлять білки, які можуть досягати 55–70 % у сухій масі. Ці білки є повноцінними, містять усі незамінні амінокислоти, включаючи лізин, треонін, метіонін, валін. Особливо цінним є вміст колагену, що позитивно впливає на шкіру, суглоби та сполучну тканину, а також муциноподібних речовин, які беруть участь у регуляції травлення та мають протизапальні властивості.

Жирів у м'якоті морських огірків небагато – зазвичай менше 2 %. Проте ці жири мають високу біологічну цінність, оскільки містять омега-3 та омега-6 поліненасичені жирні кислоти, а також рідкісні алкілгліцероли, які стимулюють імунну систему й проявляють протизапальні та антибактеріальні властивості.

Вуглеводи представлені переважно полісахаридами – фуканами, хондроїтинсульфатами та іншими мукополісахаридами[29].

Ці речовини беруть участь у регуляції обміну речовин, мають антикоагулянтну, імуномодулюючу та антивірусну активність. Особливо

досліджуваними є фукоїдани та хондроїтинсульфати, які також застосовують у фармацевтиці для підтримки суглобів та зменшення запалень.

Морські огірки багаті на мінеральні речовини, особливо на кальцій, магній, калій, натрій, залізо, цинк, селен та йод. Ці елементи є важливими для підтримки кісткової тканини, функціонування нервової системи, кровотворення та гормонального балансу. Окрім того, присутні вітаміни А, Е, С та групи В (особливо В1, В2 і В12), що надає морським огіркам антиоксидантних, загальнозміцнюючих і регенеративних властивостей.

До складу також входять біологічно активні речовини: сапоніни (зокрема голотурин), які мають протипухлинну та протизапальну дію; ацилгліцероли — з імуностимулювальними ефектами; хондроїтинсульфати — з вираженим хондропротекторним впливом[30].

Таким чином, морські огірки є продуктом з високою харчовою цінністю. Їхня калорійність становить у середньому 60–80 ккал на 100 г. Вміст білків коливається від 12 до 16 г, жирів – 0,5–2 г, вуглеводів – 2–5 г. Високий вміст води (до 90%) робить їх легко засвоюваними та придатними для дієтичного харчування.

Включення морських огірків до раціону сприяє зміцненню імунітету, нормалізації обміну речовин, захисту суглобів і шкіри, профілактиці серцево-судинних захворювань та загальному оздоровленню організму.

Завдяки цим властивостям голотурії широко застосовуються у східній медицині як продукти довголіття.

У таблиці 2.3 подано основні показники хімічного складу морських огірків у перерахунку на 100 грамів продукту.

Ці значення свідчать про високу біологічну цінність голотурій при низькій калорійності, що робить їх ідеальним компонентом для дієтичного та функціонального харчування.

Морські огірки мають низьку енергетичну цінність — лише 14–35 ккал на 100 г, але при цьому є джерелом цінних білків (4–6 г), які легко засвоюються[31]. Вміст жирів та вуглеводів є незначним, що знижує навантаження на травну систему. Значна частка води (80–90%) забезпечує хорошу гідратацію тканин, а

мінеральні компоненти (кальцій, магній, фосфор, залізо, йод) беруть участь у формуванні кісткової тканини, роботі серця, ендокринної та нервової систем.

Особливу цінність має наявність омега-3 жирних кислот, які відіграють важливу роль у профілактиці серцево-судинних захворювань, підтримують когнітивні функції та мають протизапальну дію[32].

Таблиця 2.3 - Харчова цінність морських огірків (на 100 г продукту)

Поживна речовина	Вміст
Калорійність	14-35 ккал
Білки	4-6 г
Жири	0.2-0.4 г
Вуглеводи	0.5-1 г
Вода	80-90%
Зола	2-3 г
Кальцій (Ca)	40-80 мг
Магній (Mg)	20-50 мг
Фосфор (P)	30-60 мг
Залізо (Fe)	0.5-2 мг
Йод (I)	0.02-0.05 мг
Омега-3	0.1-0.2 г

З огляду на багатий мінеральний склад, високу частку білка і наявність омега-3, морські огірки є функціональним продуктом з потенційною користю для здоров'я. Вони можуть використовуватись як елемент раціону при порушеннях обміну речовин, для відновлення після хвороб, у програмах зниження ваги та в харчуванні людей із підвищеними фізичними та розумовими навантаженнями. Їхній унікальний поживний профіль робить голотурій перспективним об'єктом для подальшого використання в медицині та нутриціології.

У таблиці 2.4 наведено основні корисні властивості морських огірків (голотурій), які підтверджуються результатами сучасних біомедичних досліджень. Біологічно активні сполуки, присутні в їхньому складі — зокрема сапоніни, полісахариди, амінокислоти, омега-3 жирні кислоти та мікроелементи — зумовлюють широкий спектр позитивного впливу на організм людини.

Зокрема, імуномодуюча та протизапальна дія пов'язані з активізацією клітин імунної системи та зменшенням рівня запальних медіаторів. Антиоксидантна активність забезпечується вмістом вітамінів і мінералів, які нейтралізують вільні радикали. Присутність сапонінів пояснює протиракову активність морських огірків, а хондроїтинсульфати та колаген сприяють відновленню хрящів і підтримці суглобів. Також важливою є здатність знижувати рівень холестерину, підтримувати здоров'я серцево-судинної системи та регулювати рівень глюкози в крові[33].

Таблиця 2.4 - Медична цінність морських огірків

Корисна властивість	Опис
Імуномодуюча дія	Підвищують захисні сили організму
Протизапальна дія	Знижують рівень запалення в тканинах
Антиоксидантна активність	Захищають клітини від окисного стресу
Покращення роботи серця	Знижують рівень холестерину та тиск
Антибактеріальна дія	Гальмують ріст деяких патогенних бактерій
Протираковий ефект	Містять сапоніни, які пригнічують розвиток пухлин
Покращення стану суглобів	Сприяють відновленню хрящової тканини
Регулювання рівня цукру	Допомагають контролювати рівень глюкози

Таким чином, морські огірки є цінним природним ресурсом із багатогранною лікувальною дією. Їхнє регулярне вживання або застосування у

складі біодобавок може бути корисним при профілактиці та підтримці лікування широкого спектра захворювань: від серцево-судинних і метаболічних порушень до хронічних запалень, імунодефіцитних станів та навіть онкологічних процесів. Висока концентрація активних речовин робить голотурій перспективним об'єктом для подальших наукових досліджень і створення нових фармацевтичних препаратів.

У таблиці 2.5 представлено ключові біологічно активні сполуки, що входять до складу морських огірків, і описано їхні основні функції в організмі людини. Ці речовини зумовлюють високу терапевтичну цінність голотурій і пояснюють їхнє широке застосування у дієтичному харчуванні, народній медицині та сучасній фармакології.

Зокрема, сапоніни проявляють антиоксидантну та протипухлинну активність, що робить їх перспективними у профілактиці онкозахворювань. Колаген і глікозаміноглікани (такі як хондроїтинсульфати) беруть участь у відновленні хрящової тканини, покращують стан шкіри та зменшують запальні процеси у суглобах. Омега-3 жирні кислоти підтримують функціонування серцево-судинної і нервової системи, а також знижують рівень холестерину. Йод необхідний для нормальної роботи щитоподібної залози, вітамін B12 — для підтримки нервової системи та кровотворення, а магній — для нормалізації обміну речовин і зниження нервового збудження[34].

Таблиця 2.5 - Склад біоактивних речовин морських огірків

Речовина	Функція
Сапоніни	Антиоксидантна, протипухлинна дія
Колаген	Покращує стан шкіри, суглобів
Глікозаміноглікани	Підтримка суглобів, протизапальна дія
Омега-3	Покращує роботу серця, мозку
Йод	Підтримка роботи щитоподібної залози
Вітамін B12	Підтримка нервової системи
Магній	Заспокійлива дія, покращення обміну речовин

Морські огірки є джерелом цілого комплексу життєво важливих біоактивних компонентів, які можуть забезпечити комплексну підтримку організму. Їхній склад поєднує протизапальні, антиоксидантні, регенеративні та гормонорегулюючі властивості, що робить голотурій унікальним продуктом з високим потенціалом для функціонального харчування та медичних розробок. Систематичне вивчення таких сполук відкриває нові можливості для створення природних препаратів та нутрицевтиків.

Морські огірки, або голотурії, є надзвичайно цінним біологічним ресурсом, який поєднує властивості функціонального продукту харчування та природного лікувального засобу. Їхні корисні властивості, хімічний склад і харчова цінність роблять їх перспективним об'єктом як для споживання, так і для наукових і медичних досліджень.

Морські огірки — це продукт із багатофункціональною цінністю. Вони мають потенціал не лише як делікатес, а й як інструмент зміцнення здоров'я, профілактики хронічних захворювань і джерело перспективних природних сполук для медицини та біотехнологій[35].

2.3 Використання морських огірків в традиційній і сучасній медицині

Трепанг використовувався у традиційній китайській медицині протягом століть для лікування різних захворювань, включаючи артрит, астму та рак. Сучасні дослідження підтвердили деякі з цих традиційних застосувань, показавши, що трепанг може мати протизапальні, антиоксидантні та протипухлинні властивості. У традиційній китайській медицині (ТКМ) трепанг вважається тонізуючим засобом, що підтримує енергію «ці», покращує функцію нирок, підвищує життєву силу та відновлює організм після хвороб або фізичного виснаження. Його застосовували також для лікування артриту, гіпертонії, туберкульозу, астми, безпліддя та навіть онкологічних захворювань.

Основними формами використання були сухі порошки, настоянки, відвари, а також трепанги, вимочені в рисовому вині. У Японії висушений морський огірок (*konowata*) вважається не лише делікатесом, а й продуктом із

оздоровчими властивостями, здатним нормалізувати роботу шлунково-кишкового тракту.

У сучасній медицині інтерес до трепанга значно зріс у зв'язку з підтвердженням його фармакологічного потенціалу. Біохімічні дослідження показали, що тканини морських огірків містять широкий спектр біологічно активних речовин:

- тритерпеноїди (особливо холотурин і холотуринова кислота);
- мукополісахариди;
- сульфатовані глікозаміноглікани;
- фукоїдани та ламінарини;
- жирні кислоти омега-3, омега-6;
- антиоксиданти та вітаміни групи В, Е, С.

Дослідження свідчать, що екстракти трепанга володіють такими властивостями:

- протизапальні — завдяки пригніченню активності прозапальних цитокінів;
- антибактеріальні — активність проти ряду грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів;
- антиоксидантні — нейтралізація вільних радикалів і захист клітинних мембран;
- імуномодулювальні — стимуляція фагоцитозу та синтезу інтерлейкінів;
- протипухлинні — особливо у дослідженнях на клітинах раку грудей, легенів та простати;
- антикоагулянтні — уповільнення згортання крові, що може бути корисним при тромбозах;
- анальгетичні та регенеративні — прискорення загоєння тканин, у т. ч. при опіках і виразках[36].

На сьогодні екстракти морських огірків входять до складу фармацевтичних препаратів, біодобавок (БАДів), кремів, мазей, а також функціональних продуктів харчування. Компанії у Китаї, Японії, Південній Кореї та США

розробляють продукти на основі трепанга для зміцнення імунітету, боротьби зі старінням, нормалізації обміну речовин і профілактики серцево-судинних захворювань.

Наукові клінічні дослідження, що проводяться останніми роками, активно підтверджують традиційні знання, розширюючи при цьому спектр медичних застосувань морських огірків. Водночас слід відзначити, що попри обнадійливі результати, частина даних досі базується на доклінічних або *in vitro* дослідженнях, що потребують подальших підтверджень у рамках масштабних клінічних випробувань.

Таким чином, морські огірки є перспективним джерелом нових біоактивних сполук, які можуть бути використані для створення сучасних ліків та нутрицевтиків. Поєднання традиційного досвіду та сучасних технологій відкриває нові горизонти для використання трепанга в охороні здоров'я[37].

Таблиця 2.6 – Біоактивні речовини морських огірків та їх фармакологічна дія

№	Біоактивна речовина	Фармакологічна дія
1	Холотурин	Протизапальна, імуномодулювальна, цитотоксична до пухлинних клітин
2	Сульфатовані глікозаміноглікани	Антикоагулянтна дія, зниження ризику тромбозів
3	Фукоїдан	Антиоксидантна, протівірусна, антикоагулянтна дія
4	Омега-3 жирні кислоти	Кардіопротекторна, протизапальна, зниження рівня холестерину
5	Тритерпеноїди	Антибактеріальна, протипухлинна активність
6	Пептиди з антиоксидантною активністю	Захист від окисного стресу, уповільнення старіння клітин

№	Біоактивна речовина	Фармакологічна дія
7	Полісахариди (мукополісахариди)	Покращення регенерації тканин, зміцнення імунної відповіді
8	Ацетогеніни	Антибактеріальні та цитотоксичні властивості

Морські огірки є багатим джерелом біологічно активних сполук з широким спектром фармакологічної дії. Найбільш перспективними вважаються тритерпеноїди та сульфатовані глікозаміноглікани, які демонструють високу активність у боротьбі з запальними процесами, регуляції імунної відповіді та гальмуванні росту злоякісних клітин.

Значна увага також приділяється фукоїдану — сульфатованому полісахариду, що проявляє імуностимулювальні, антикоагулянтні та антиоксидантні властивості. Його застосування досліджується у профілактиці вірусних інфекцій та захворювань серцево-судинної системи. Не менш важливим є вміст омега-3 жирних кислот, які відіграють ключову роль у метаболізмі, профілактиці атеросклерозу та підтриманні нормального функціонування нервової системи.

Незважаючи на високий потенціал, більшість препаратів на основі екстрактів морських огірків перебувають у стадії доклінічних або клінічних досліджень. Це зумовлює необхідність подальших експериментів на тваринах, вивчення фармакокінетики, токсичності, а також стандартизації біоактивних компонентів для створення надійних та ефективних лікарських форм.

Таким чином, морські огірки мають реальні перспективи стати основою для розробки нових нутрицевтиків, фітопрепаратів, функціональних продуктів харчування та медичних косметичних засобів. Подальше вивчення хімічного складу та механізмів дії їхніх компонентів сприятиме розширенню можливостей сучасної медицини та фармації, особливо у сфері природних протизапальних і онкопротекторних засобів[38].

3 ТЕХНОЛОГІЇ КУЛЬТИВУВАННЯ МОРСЬКИХ ОГІРКІВ

3.1 Умови та методи вирощування морських огірків у природних умовах

Вирощування морських огірків у природному середовищі, або екстенсивна (та напівінтенсивна) форма марикультури, є важливою складовою сталого використання водних біоресурсів. Такий підхід базується на розміщенні молоді в морських акваторіях з природною циркуляцією води, відповідною гідрохімією та наявністю органіки в донному субстраті.

До основних екологічних вимог належать:

- температура води в межах 18–28 °C (залежно від виду);
- солоність — оптимально 28–35 ‰, хоча окремі види витримують знижену солоність до 22–25 ‰;
- м'який, мулистий або піщано-детритний ґрунт з достатнім вмістом органічних речовин;
- глибина від 1 до 20 м, залежно від умов освітлення та стабільності температури;
- відсутність сильної течії або хвиль, які можуть спричинити ерозію дна.

У сучасній практиці використовують кілька основних методів вирощування морських огірків у природних умовах:

1. Випуск вирощеної молоді в природне середовище з метою підвищення чисельності популяцій або формування промислових запасів. Молодь завозиться з інкубаторів і висаджується в екологічно придатні бухти чи лимани.

2. Відгодівля молоді в напівприродних умовах без фізичних обмежень. Ділянки в морі позначаються буями, а збір урожаю відбувається вручну або з використанням сіток. Перевагою є мінімальні витрати, проте ефективність залежить від моніторингу й охорони ділянки[39].

3. Вирощування в огорожених зонах — встановлення сітчастих або твердих конструкцій, що утримують трепангів у певній зоні дна. Це дозволяє контролювати щільність посадки, ріст і виживаність. Метод зручний для введення інтегрованих систем (наприклад, з двостулковими молюсками або водоростями).

4. Садкове вирощування — трепанги утримуються в плаваючих або занурених садках. Метод забезпечує добрий контроль за здоров'ям особин і дає змогу уникнути хижаків, але потребує регулярного очищення сіток та перевірки якості води.

5. Вирощування на лотках — морські огірки розміщуються на лотках або підставках з шаром донного осаду. Цей метод ефективний для дрібних господарств або наукових досліджень, а також для вирощування личинок до певного віку перед випуском у море[39].

Оптимальна щільність посадки в природному середовищі коливається від 5 до 50 екземплярів на квадратний метр. Початкова маса молоді при випуску зазвичай становить 2–5 грамів. Досягнення товарної маси (~200–400 г) можливе протягом 12–24 місяців залежно від виду та температури води.

Серед переваг вирощування у природних умовах можна виокремити низькі енерговитрати, природне живлення, відсутність потреби у дорогому обладнанні, а також позитивний екологічний ефект у вигляді біофільтрації й біомеліорації донних осадів. Окрім того, цей підхід створює можливості для залучення місцевого населення до участі в марикультурі.

Втім, існують і обмеження: значна залежність від сезонних змін гідрологічних параметрів, небезпека хижацтва, ризики браконьєрства, необхідність постійного моніторингу стану середовища. У низці регіонів проблемою є відсутність законодавчо визначених прав на використання морських ділянок для приватної аквакультури[40].

У підсумку, природне вирощування морських огірків є ефективною альтернативою вилову з дикої природи. За умови науково обґрунтованого підходу та правильного вибору місця культивування, цей метод дозволяє отримувати стабільну біомасу високоякісної продукції при одночасному

збереженні морського середовища. Українське узбережжя Чорного моря, зокрема регіони з опрісненими прибережними акваторіями, має потенціал для впровадження такої технології з використанням місцевих видів — *Holothuria tubulosa* та *Cucumaria planci*(рис.2.4).



Рис. 2.4 - *Cucumaria planci*

Культивування морських огірків у штучних умовах набуває дедалі більшого значення у світовій практиці марикультури, особливо в умовах зростаючого попиту на біоактивні морські ресурси. Штучні технології вирощування дозволяють контролювати параметри середовища, оптимізувати продуктивність, зменшити залежність від природних ресурсів і сприяти сталому розвитку прибережних територій. У цьому контексті вирощування трепангів у закритих або напівзакритих системах набуває особливої актуальності[41].

Найбільш поширеними методами вирощування морських огірків у штучних умовах є використання рециркуляційних аквакультурних систем (УЗВ), морських садків (напіввідкриті системи) та інтегрованих багатовидових технологій (ІМТА), де голотурії утримуються разом з іншими гідробіонтами, такими як молюски, риби або водорості. Кожен із цих підходів має свої переваги

та обмеження, що визначаються як біологічними особливостями виду, так і місцевими умовами вирощування.

У рециркуляційних установках повністю контролюються температура, солоність, вміст кисню, органічне навантаження і якість води. Це забезпечує найкращі умови для росту і метаболізму морських огірків, дозволяючи утримувати їх у стабільному середовищі протягом усього виробничого циклу. Такий підхід дає змогу інтенсифікувати вирощування та уникнути сезонних коливань продуктивності. Однак, УЗВ потребує значних енерговитрат, постійного технічного обслуговування і наявності висококваліфікованого персоналу.

В умовах відкритого моря чи прибережних заток більш поширеними є морські садки та сітчасті кошики, які розміщуються на мілководді з помірною течією та доступом до органічного детриту. У таких системах морські огірки утримуються на природному субстраті (піщано-детритному або мулистому дні), що є їх природним середовищем існування. Це дозволяє значно знизити витрати на годування, оскільки голотурії живляться переважно органічними залишками з донного осаду. Проте ефективність таких систем істотно залежить від якості води, температурного режиму та наявності природного корму[42].

Інтегровані багатовидові системи вирощування (ІМТА) передбачають розміщення морських огірків у нижньому трофічному рівні під іншими видами аквакультури. Наприклад, відходи від живлення риб чи виділення молюсків, які в інших умовах спричиняли б забруднення, слугують для голотурій джерелом поживних речовин. Такий підхід дозволяє підвищити екологічну ефективність і рентабельність усього господарства, сприяючи циркуляції речовин у системі та біофільтрації середовища.

Оптимальні умови для вирощування морських огірків включають температуру води у межах 18–26 °С, солоність 28–34‰, вміст розчиненого кисню понад 4 мг/л, м'який субстрат з високим вмістом органіки та захищене середовище з помірною гідродинамікою. У штучних умовах морські огірки демонструють стабільні темпи росту, якщо дотримуються санітарні вимоги,

періодичний моніторинг якості води та забезпечено оптимальну щільність посадки.

Методика вирощування передбачає кілька ключових етапів: стимуляцію нересту (температурними або гормональними методами), вирощування личинок у морській воді, збагаченій фітопланктоном, метаморфоз у донну форму, підрощування молоді та переведення у товарні басейни або садки. Залежно від виду, умов і технології, повний цикл вирощування може тривати від 10 до 14 місяців.

Застосування сучасних методів штучного вирощування морських огірків забезпечує стабільне отримання біомаси з високою екологічною та комерційною цінністю. При правильному підході така форма аквакультури може поєднувати економічну вигоду з відновленням морських екосистем та зменшенням навантаження на природні популяції[43].

3.2 Інноваційні технології аквакультури морських огірків

Сучасна аквакультура дедалі більше орієнтується на впровадження інноваційних технологій, що забезпечують ефективне, екологічно безпечне та економічно доцільне вирощування нових видів гідробіонтів. У цьому контексті морські огірки (*Holothuroidea*) привертають значну увагу як перспективний об'єкт марикультури, що поєднує високу біологічну та комерційну цінність із потенціалом використання у фармацевтичній, харчовій та косметичній промисловості. Водночас вирощування голотурій має суттєвий екологічний ефект — вони беруть участь у біоочищенні донних відкладів, мінералізації органіки й підтриманні якості морського середовища.

Інновації в аквакультурі морських огірків спрямовані на підвищення ефективності вирощування, зниження ризиків на ранніх стадіях розвитку, автоматизацію процесів догляду та годівлі, оптимізацію середовища існування й підвищення якості кінцевого продукту. Основні напрями впровадження інновацій включають[44]:

1. Рециркуляційні аквакультурні системи нового покоління (RAS 2.0). Сучасні УЗВ дозволяють підтримувати стабільні параметри температури, солоності, аерації та фільтрації, що особливо важливо для чутливих видів, таких як *Holothuria tubulosa*. Новітні системи автоматизованого моніторингу (з використанням сенсорів, IoT-технологій та контролерів) забезпечують постійне відстеження стану води, що дозволяє оперативно реагувати на зміни й попереджувати стрес у тварин. Деякі модулі також використовують біофільтри з активною мікрофлорою, що дозволяє підтримувати природну циклічність у водному середовищі без надмірного втручання.

2. Інтегровані багатовидові системи (IMTA – Integrated Multi-Trophic Aquaculture). IMTA-технології передбачають спільне вирощування морських огірків з іншими видами — зокрема, двостулковими молюсками (мідії, устриці), водоростями та рибами. Морські огірки в такій системі функціонують як санітари, споживаючи органіку, що накопичується в осаді від інших організмів. Це дозволяє значно знизити забруднення, мінімізувати втрати кормів і створити екологічно збалансовану виробничу модель. Такі технології активно впроваджуються в Китаї, Кореї, Чилі та починають тестуватися в Європі.

3. Біотехнології індукції нересту та вирощування личинок. Однією з критичних ланок є личинкова стадія, яка потребує особливих умов. Сучасні біотехнології застосовують температурну, фотоперіодичну або гормональну індукцію для стимулювання нересту. Розробляються ефективні методи годівлі мікроводоростями на ранніх етапах (наприклад, *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros muelleri*) з оптимізованим режимом освітлення, аерації та фракціонування. Використання нанотехнологій у мікрокормах дозволяє зменшити смертність у критичні періоди метаморфозу.

4. Використання 3D-друку та штучних субстратів. У вирощуванні на дні або в садках активно застосовуються 3D-друковані модулі — структуровані поверхні, що імітують природні умови проживання голотурій. Такі субстрати мають високу площу осадження, можуть бути виготовлені з біосумісних матеріалів і використовуватись багаторазово. Це покращує укорінення ювенільних форм та сприяє вищій виживаності.

5. Автоматизована система сортування та збору біомаси. Для скорочення ручної праці розробляються модулі селективного збору особин за розміром і масою. У деяких системах встановлено відеоспостереження й машинне розпізнавання об'єктів, що дозволяє в реальному часі відстежувати ріст популяції й проводити контроль без втручання у середовище.

6. Біозахист і екомодельовання систем. Застосування пробіотиків, мікробних біоплівки і корисних бактерій дозволяє запобігати розвитку патогенів у системах вирощування. Розробка математичних моделей динаміки водного середовища в замкнутих системах дає змогу прогнозувати оптимальні режими циркуляції води, розташування модулів і навіть змінювати структуру годівлі.

7. Переробка та додана вартість. Інноваційні технології включають також нові методи переробки: ліофілізація, екстракція біоактивних речовин, створення концентратів і фармацевтичних форм. У країнах Азії активно впроваджується фракціонування тканин морських огірків для виділення колагену, глікозаміногліканів, жирних кислот і ферментів. Це значно розширює ринок і підвищує прибутковість бізнесу[44].

Таблицю 3.1 – Основні проблеми та шляхи вирішення в культивуванні морських огірків

№	Проблема	Потенційне вирішення
1	Недостатня вивченість біології місцевих видів	Проведення наукових досліджень, створення біологічних паспортів
2	Висока смертність на ранніх стадіях розвитку	Розробка ефективних методів інкубації та захисту личинок
3	Вразливість до забруднення, гіпоксії та коливань температури	Моніторинг середовища, впровадження УЗВ або контрольованих прибережних ділянок
4	Відсутність сучасної інфраструктури	Інвестиції у hatchery-комплекси, підтримка з боку держави та міжнародних програм

№	Проблема	Потенційне вирішення
5	Браконьєрство, незаконний вилов	Законодавче регулювання, контроль, створення охоронних зон
6	Відсутність чітких правових рамок для аквакультури	Розробка національних стандартів та процедур ліцензування
7	Проблеми з реалізацією продукції на міжнародному ринку	Сертифікація, гармонізація стандартів якості, розвиток бренду
8	Обмежене споживання в Європі та Україні	Популяризація через кулінарні фестивалі, ресторани, експорт до Азії
9	Відсутність переробки та доданої вартості	Створення цехів для сушки, упаковки, виробництва нутрицевтиків
10	Низька залученість місцевих громад	Освітні програми, створення кооперативів, підтримка малого бізнесу

Незважаючи на вказані труднощі, галузь має низку важливих переваг і перспектив розвитку, які формують основу для подальшого вдосконалення технологій вирощування морських огірків для харчових і фармацевтичних цілей.

Особливу увагу приділено біотехнологіям та генетичним інноваціям. У низці азійських країн активно ведуться дослідження щодо виведення високопродуктивних штамів морських огірків із підвищеною резистентністю до захворювань та скороченим циклом вирощування. Крім того, використовуються кормові біодобавки, пробіотики, ферменти, екстракти з бурих водоростей (наприклад, ламінарії), що стимулюють ріст і підвищують імунну реактивність трепангів.

Іншим інноваційним напрямом є автоматизація та цифровий моніторинг аквакультурних систем. У деяких країнах (Китай, Японія, Південна Корея) розробляються мобільні додатки для управління фермою, прогнозування врожайності та візуального контролю за станом популяції[45].

Також перспективним напрямом є впровадження екологічно чистих матеріалів та нанотехнологій у конструкції культиваційних систем. Застосування антифолінгових покриттів (що перешкоджають обростанню), біосумісних сіток і біорозкладних матеріалів дозволяє підвищити довговічність установок і мінімізувати негативний вплив на середовище.

Усі ці інновації спрямовані на формування високопродуктивної, екологічно сталеної та економічно вигідної системи культивування морських огірків, що здатна не лише компенсувати зниження природних запасів, а й забезпечити стабільне постачання продукції на глобальний ринок. Ураховуючи зростаючий попит, особливо з боку країн Східної Азії, розвиток інноваційної марикультури трепанга є пріоритетним завданням для країн, які мають вихід до морських акваторій, зокрема й України.

Таким чином, сучасні інноваційні підходи до аквакультури морських огірків відкривають широкі можливості як для комерційного вирощування, так і для екологічного оздоровлення морських територій. Впровадження таких технологій в Україні потребує адаптації до місцевих умов, створення експериментальних ферм, розвитку нормативної бази та залучення інвестицій у біоорієнтоване виробництво. *Holothuria tubulosa* як аборигенний вид має всі передумови стати об'єктом інноваційної марикультури в Чорному морі[45].

3.3 Проблеми та перспективи розвитку культивування морських огірків для медичних і харчових потреб

Культивування морських огірків набуває все більшого значення в умовах зростання попиту на продукти з високою біологічною цінністю та природні джерела біоактивних речовин. Завдяки своєму унікальному хімічному складу, трепанги (морські огірки) розглядаються не лише як делікатесний харчовий продукт, а й як потенційна сировина для створення нутрицевтиків і фармацевтичних препаратів. Однак впровадження повноцінного культивування

морських огірків на промисловому рівні супроводжується низкою проблем, які потребують комплексного вирішення[46].

Серед основних проблем слід виділити:

1. Обмежені наукові дослідження місцевих видів. У багатьох регіонах, зокрема у Чорноморському басейні, біологія аборигенних видів (*Holothuria tubulosa*, *Cucumaria planci*) досліджена недостатньо. Відсутність базових даних про ріст, репродукцію та витривалість до умов аквакультури ускладнює їх впровадження у виробництво.

2. Високий ризик біологічних втрат. Морські огірки є чутливими до температурних коливань, гіпоксії, забруднення та стресу. На ранніх стадіях розвитку (личинка, метаморфоз) виживаність особин є критично низькою без ретельного контролю умов.

3. Недостатня інфраструктура та обладнання. У більшості країн, де немає марикультури, відсутні сучасні інкубаційні комплекси, системи моніторингу та персонал з відповідною кваліфікацією.

4. Нелегальний промисел та тиск на природні популяції. У регіонах з високим попитом на трепанг часто фіксується перевиллов і браконьєрство, що призводить до виснаження природних ресурсів та втрати генетичного різноманіття.

5. Невизначеність у законодавстві. В багатьох країнах юридичний статус морських огірків як об'єкта культивування є нечітким. Відсутність процедур ліцензування, зонування та охорони ферм гальмує розвиток галузі.

6. Складність стандартизації продукції. Через розмаїття видів і способів обробки виникають труднощі з гармонізацією стандартів якості, що ускладнює вихід на міжнародні ринки фармацевтичної й харчової продукції.

Водночас розвиток цієї галузі має перспективи, серед яких:

1. Розширення аквакультурних досліджень. Необхідне створення наукових програм з вивчення біології місцевих видів, їх відтворення, живлення, адаптації до штучних умов. Особливу увагу слід приділяти розробці ефективних методів личинкового вирощування та зменшенню смертності на ранніх стадіях.

2. Інтеграція з іншими об'єктами марікультури. Включення морських огірків до систем інтегрованої багатовидової аквакультури (ІМТА) дозволяє не лише підвищити рентабельність, але й покращити екологічний баланс ферми.

3. Використання в медицині та фармації. У контексті глобального тренду на використання природних біологічно активних речовин морські огірки можуть стати сировиною для виготовлення препаратів і нутрицевтиків. Це відкриває нові ринки збуту, особливо в Азії та Європі.

4. Екологічні переваги. Морські огірки покращують стан донних екосистем, знижують рівень органічного забруднення, сприяють біомеліорації. Таким чином, їх культивування може бути частиною програм екологічного відновлення прибережних зон.

5. Підвищення соціальної значущості. У регіонах зі зниженим рівнем доходів вирощування трепангів може стати джерелом стабільного прибутку, розвитку місцевої переробки й створення нових робочих місць.

6. Міжнародна кооперація. Україна, зокрема, має потенціал для залучення інвестицій у дослідження і створення пілотних ферм у Чорному морі. Участь у міжнародних проектах дозволить інтегрувати європейські стандарти безпеки продукції та експортувати її на глобальний ринок[46].

Таблиця 3.2 – Основні проблеми та шляхи вирішення в культивуванні морських огірків

№	Проблема	Потенційне вирішення
1	Недостатня вивченість біології місцевих видів	Проведення наукових досліджень, створення біологічних паспортів
2	Висока смертність на ранніх стадіях розвитку	Розробка ефективних методів інкубації та захисту личинок

№	Проблема	Потенційне вирішення
3	Вразливість до забруднення, гіпоксії та коливань температури	Моніторинг середовища, впровадження УЗВ або контрольованих прибережних ділянок
4	Відсутність сучасної інфраструктури	Інвестиції у hatchery-комплекси, підтримка з боку держави та міжнародних програм
5	Браконьєрство, незаконний вилов	Законодавче регулювання, контроль, створення охоронних зон
6	Відсутність чітких правових рамок для аквакультури	Розробка національних стандартів та процедур ліцензування
7	Проблеми з реалізацією продукції на міжнародному ринку	Сертифікація, гармонізація стандартів якості, розвиток бренду
8	Обмежене споживання в Європі та Україні	Популяризація через кулінарні фестивалі, ресторани, експорт до Азії
9	Відсутність переробки та доданої вартості	Створення цехів для сушки, упаковки, виробництва нутрицевтиків
10	Низька залученість місцевих громад	Освітні програми, створення кооперативів, підтримка малого бізнесу

Таким чином, хоч культивування морських огірків наразі стикається з низкою труднощів, воно має значний потенціал для розвитку як у харчовому, так і в медичному напрямі. За умови інтеграції наукових досліджень, технологічних інновацій і належної законодавчої підтримки ця галузь може стати важливою складовою сталого розвитку аквакультури в Україні та світі.

Рекомендації щодо розвитку культивування морських огірків в Україні

1. Науково-дослідні ініціативи:

- Провести моніторинг біорізноманіття голотурій у Чорному морі з визначенням найбільш перспективних видів для культивування (наприклад, *Holothuria tubulosa*).

- Створити дослідно-експериментальні установки з вирощування на базі морських станцій або закладів аквакультурного профілю.

2. Нормативне регулювання:

- Розробити нормативно-правову базу для вирощування нерибних морських організмів, включаючи ліцензування, сертифікацію та санітарні вимоги.

- Включити культивування морських огірків у національні програми розвитку аквакультури.

3. Інфраструктурний розвиток:

- Створити інкубаторні модулі (hatchery) для масового вирощування личинок і молоді.

- Підтримати створення УЗВ-систем для вирощування в контрольованих умовах у регіонах із доступом до морської води.

4. Підвищення обізнаності і просування продукту:

- Популяризувати морські огірки як дієтичний та оздоровчий продукт через виставки, ЗМІ, партнерство з ресторанами здорового харчування.

- Запровадити бренд регіонального походження – наприклад, «Чорноморський трепанг».

5. Міжнародна співпраця:

- Налагодити партнерство з дослідницькими центрами Китаю, Південної Кореї, Туреччини для обміну технологіями.

- Залучити кошти європейських інноваційних програм для реалізації пілотних проєктів[46].

Таблиця 3.3 - SWOT-аналіз та стратегічні перспективи розвитку культивування морських огірків в Україні

Компонент	Опис	Деталізація прикладів
S – Сильні сторони (Strengths)	Природні та біологічні переваги морських огірків	– Проста система живлення (детритофаги)
– Високий вміст біоактивних речовин (сапоніни, хондроїтин, омега-3)		
– Відносна простота догляду на дорослих стадіях		
– Здатність до самоочищення донного субстрату (біоінженерна роль)		
– Стійкість до опріснених умов (особливо <i>Holothuria tubulosa</i>)		
W – Слабкі сторони (Weaknesses)	Обмеженість технологій, ризику вирощування	– Відсутність інфраструктури для штучного розведення (hatchery)
– Чутливість до мікробного забруднення на ранніх стадіях		
– Висока смертність у планктонної личинки		
– Відсутність внутрішнього ринку споживання		

Компонент	Опис	Деталізація прикладів
– Незнання споживачів про харчові переваги трепанга		
О – Можливості (Opportunities)	Експортний потенціал і підтримка ЄС	– Попит на сушений трепанг у Китаї, Японії, Кореї
– Участь в екологічних та інноваційних програмах (FAO, Horizon Europe, Green Deal)		
– Створення нових біотехнологічних продуктів (мазі, БАДи, косметика)		
– Активізація в межах стратегії "Блакитної економіки" для Чорного моря		
– Кооперація з науково-освітніми закладами України (ОНУ, НУБіП)		
Т – Загрози (Threats)	Зовнішні виклики та ризики	– Перевиллов диких популяцій та деградація шельфу
– Конкуренція з імпортними дешевими видами з Азії		
– Ризики кліматичних змін (зміна температури, дефіцит кисню в дні)		
– Відсутність державної програми підтримки марикультури		

Компонент	Опис	Деталізація прикладів
– Браконьєрство і незареєстрований збір у прибережних водах		

Ключові стратегічні напрями для України

1. Наукова база та біоінвентаризація:

- Провести інвентаризацію видового складу морських огірків у Чорному морі з урахуванням екологічної стійкості.
- Сформувати банк генетичних ресурсів для подальшої селекції найбільш продуктивних форм.

2. Пілотні проєкти та демонстраційні ферми:

- Запустити маломасштабні проєкти в Одеській та Миколаївській областях на базі вже наявної берегової інфраструктури.
- Забезпечити участь студентів та аспірантів у практичних дослідженнях вирощування.

3. Розробка національного технічного регламенту:

- Включити культивування голотурій до офіційного переліку дозволених об'єктів аквакультури.
- Розробити вимоги до вирощування, сертифікації, екологічного контролю.

4. Економічні стимули:

- Надати пільгове оподаткування на стартових етапах для нових виробників.
- Забезпечити доступ до програм мікрокредитування або міжнародного грантового фінансування.

5. Формування внутрішнього попиту:

- Створити маркетингову кампанію для популяризації трепанга як суперфуду.

– Співпраця з ресторанами, виробниками БАДів, фармацевтичними компаніями.

6. Екологічна реабілітація морських екосистем:

– Використання морських огірків у якості біофільтрів у зонах аквакультури, особливо поруч з фермерськими господарствами двостулкових молюсків.

– Розробка програм штучного підселення в деградовані ділянки дна.

Таблиця 3.4 - Параметри водного середовища

Показник	Оптимум для вирощування
Температура	18–24 °C
Солоність	20–35‰
Вміст кисню	> 4 мг/л
Осад	М'який, органіка 3–10%
Прозорість води	0,5–2 м
Амоній/нітрати	< 0,1 мг/л

Морські огірки — це стратегічний ресурс майбутнього, який здатен поєднати екологічну відновлюваність, медичний потенціал і економічну вигоду.

Для України, з її доступом до Чорного моря, наявністю біорізноманіття та освітньо-наукової бази, існують усі передумови для впровадження повноцінного сектору культивування морських огірків у межах «блакитної економіки».

За умови комплексного підходу — від законодавства до маркетингу — цей напрям може стати новою точкою зростання у сфері марикультури.

Детальний технічний план вирощування трепанга (*Holothuria tubulosa*) в умовах Чорного моря — адаптований до кліматичних, гідрологічних та інфраструктурних реалій півдня України (Одеська, Миколаївська області):

Таблиця 3.5 - Вибір виду для вирощування

Параметр	Характеристика
Вид	<i>Holothuria tubulosa</i>
Тип живлення	Детритофаг, донний фільтратор
Солоність	Оптимум 18–38‰; толерантний до опріснення
Температура	Оптимум 16–26 °С; зупинка активності <12 °С
Глибина	1–30 м, найкраще — 3–10 м
Субстрат	Піщано-детритний або мулистий, без каменів
Режим життя	Донний, малорухливий

Оптимальні місця для проведення робіт з культивування морських огірків
 Тузлівські лимани, Сухий лиман, Каркінитська затока, побережжя Шабо.

Параметри ділянки:

- Мінімальна площа: 0,5–1 га
- Глибина: 3–6 м
- Відсутність сильних течій, штормозахист
- Доступ до берега (для обслуговування)
- Вміст органіки в осаді $\geq 3\%$

Таблиця 3.6 - Інфраструктура та обладнання

№	Сектор	Опис
1	2	3
1.	Інкубаторій (hatchery)	Для вирощування личинок з ферментованих ікринок. Температура води підтримується на рівні 22–24 °С. Використовується фітопланктон (<i>Isochrysis</i> , <i>Chaetoceros</i>) для першого годування.
2.	Морські садки/кошки	Сітчасті ємності діаметром 1–2 м, розташовані на піщаному дні. Зроблені з полімерного матеріалу,

№	Сектор	Опис
1	2	3
		прикріплені до якорів. Встановлюються на відстані 2–3 м один від одного.
3.	Транспортна система	Понтон, човен, кран-балка, система насосів для забору води, компресор для аерації, міні-лабораторія для моніторингу.
4.	УЗВ	Для зимівлі або додаткового підрощування. Об'єм кожного басейну – від 5 м³. Температура: 18–22 °С. Система фільтрації та циркуляції.

Біотехнологія вирощування:

1. Збір ікри з диких особин (шляхом стимуляції нересту температурними змінами або гормонально).
2. Личинкова стадія (1–3 тижні) – годівля планктоном, контроль рН, температури, кисню.
3. Метаморфоз у ювенільні особини – посадка на сітки/кошики.
4. Вирощування на дні – 10–12 місяців до досягнення маси 120–200 г.

Таблиця 3.7 - Параметри водного середовища

Показник	Оптимум для вирощування
Температура	18–24 °С
Солоність	20–35‰
Вміст кисню	> 4 мг/л
Осад	М'який, органіка 3–10%
Прозорість води	0,5–2 м
Амоній/нітрати	< 0,1 мг/л

У природних умовах: не потрібно годувати — трепанги споживають органіку з ґрунту. В УЗВ або при штучному збагаченні: додають ферментований рибний осад, мікробіодорості, детрит з очищених фільтрів.

Таблиця 3.8 - Економічні показники (орієнтовно для 1 га)

Показник	Значення (1-й рік)
Початкові інвестиції	20 000–35 000 \$
Урожайність	1–1,5 тонни/га
Собівартість 1 кг	5–7 \$
Ціна реалізації (сушений)	60–120 \$/кг
Термін до окупності	2–3 роки

Щотижневий контроль води: рН, кисень, солоність, бактеріальне забруднення. Регулярне очищення сіток/садків. Дезінфекція при переведенні в інші резервуари. Основна загроза — паразити (мікроспоридії), плісняві гриби. Збір вручну або сачками, найкраще — в нічний час, коли вони активні. Первинна обробка: випотрошення, промивання, бланшування (60–70 °C), сушка або замороження. Можлива ліофілізація або консервація в солоному розчині.

Реалізація культивування морських огірків в Україні є стратегічно важливим кроком для розвитку інноваційної та екологічно орієнтованої аквакультури. Представлений поетапний план доводить, що впровадження цього напрямку можливе лише за умови комплексного підходу: від наукових досліджень і біоінвентаризації місцевих видів до створення сучасної інфраструктури, правового регулювання, освітніх програм і маркетингового просування кінцевої продукції.

Україна має всі передумови для успішного старту: доступ до шельфової зони Чорного моря, наявність природних аборигенних видів (*Holothuria tubulosa*), науковий потенціал та зростаючий міжнародний інтерес до продуктів морського походження з біоактивними властивостями. За умови ефективної

співпраці між державою, наукою та бізнесом, культивування морських огірків може стати не лише джерелом нових робочих місць та експортної продукції, а й важливою складовою стратегії сталого використання водних біоресурсів.

Більше того, впровадження марикультури голотурій сприятиме не лише економічному розвитку прибережних громад, а й покращенню екологічного стану донних екосистем.

Завдяки здатності до біоочищення, морські огірки можуть бути використані в інтегрованих системах аквакультури, поєднаних з вирощуванням риб або молюсків, що підвищить ефективність та екологічну безпеку господарств.

Розвиток даного напрямку має всі шанси стати успішним прикладом поєднання наукового підходу, природного потенціалу і сталого менеджменту у сфері використання морських біоресурсів України[47].

ВИСНОВОК

У межах виконаної кваліфікаційної роботи проведено дослідження морських огірків (*Holothuroidea*) як перспективного об'єкта для культивування в аквакультурі України з акцентом на їхні харчові та медико-біологічні властивості. Отримані результати дозволили не лише виявити потенціал використання морських огірків як функціонального біоресурсу, але й обґрунтувати можливість розвитку інноваційного напрямку вітчизняної марикультури.

1. Проведено аналіз таксономічного різноманіття класу *Holothuroidea* (морських огірків). Встановлено, що у світовому масштабі описано близько 1150 видів, з яких лише близько 40 мають харчову або фармакологічну цінність. Ці організми відзначаються високою екологічною пластичністю, здатністю до регенерації та активною участю в процесах мінералізації органічної речовини.

2. На основі аналізу літературних джерел та баз екологічного моніторингу визначено вісім видів морських огірків, що трапляються в українському секторі Чорного моря. Найбільш перспективним для культивування визнано *Holothuria tubulosa*, яка характеризується високою біомасою, адаптацією до зміни температури й солоності, добрим темпом росту та потенціалом для використання в марикультурі.

3. Оцінено хімічний склад морських огірків, зокрема *Holothuria tubulosa*, який вказує на високий вміст білків, мінералів, біоактивних сполук та низьку калорійність. Виявлено наявність сапонінів, мукополісахаридів, жирних кислот і антиоксидантів, що свідчить про виражений фармакологічний потенціал. Це обґрунтовує доцільність використання морських огірків у медичній, фармацевтичній та дієтичній галузях.

4. Розглянуто умови та методи вирощування морських огірків у природному середовищі та в штучних умовах. Узагальнено досвід з марикультури в Азії та адаптовано вимоги до вирощування в умовах Чорного моря. Показано доцільність інтеграції морських огірків у багатотрофічні

аквакультурні системи, де вони можуть слугувати як засіб біоочищення та одночасно як цінний комерційний продукт.

5. Розроблено поетапний план впровадження культивування морських огірків в Україні: від біоінвентаризації та наукових досліджень до створення демонстраційних ферм, формування нормативної бази, проведення маркетингових досліджень і запуску повноцінного виробничого циклу. Сформовано SWOT-аналіз галузі, який підтвердив наявність сильних сторін (біорізноманіття, екологічна користь, високий попит на продукцію), а також загроз і викликів, що мають бути враховані на етапі планування.

Таким чином, результати роботи підтверджують перспективність розвитку культивування морських огірків в Україні як напрямку, що поєднує біоресурсний потенціал, екологічну стійкість і комерційну вигоду. Практична реалізація цього напрямку дозволить не лише посилити продовольчу безпеку та диверсифікувати ринок водних ресурсів, а й започаткувати новий сектор у сфері медико-оздоровчої продукції морського походження. Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні репродуктивної біології аборигенних видів, оптимізації систем годівлі та розробці технологій переробки й сертифікації готової продукції.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Морський огірок чи голотурія. Опис, спосіб життя, фото морських огірків. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.li/aetlcq>
2. Laguerre H, Noël C, Jégou C, Fleury Y, Le Chevalier P. The Cœlomic Microbiota Among Three Echinoderms: The Black Sea Cucumber *Holothuria forskali*, the Sea Star *Marthasterias glacialis*, and the Sea Urchin *Sphaerechinus granularis*. *Biology (Basel)*. 2025 Apr 16;14(4):430. doi: 10.3390/biology14040430
3. Pasquini V, Addis P, Giglioli AA, Moccia D and Pusceddu A Outcomes of feeding activity of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* on quantity, biochemical composition, and nutritional quality of sedimentary organic matter. *Front. Mar. Sci.* 9. 2023. doi: 10.3389/fmars.2022.1010014
4. Аквакультура морських огірків: розкриття потенціалу для блакитної економіки, пом'якшення наслідків глобального потепління та збереження диких популяцій. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.li/idghwp>
5. Zmemlia, N., S. Bejaoui, I. Khemiri, N. Bouriga, I. Louiz, S. El-Bok, M. Ben-Attia, and A. Souli. 2020. "Biochemical Composition and Antioxidant Potential of the Edible Mediterranean Sea Cucumber *Holothuria Tubulosa*". *Grasas Y Aceites* 71 (3):e364. <https://doi.org/10.3989/gya.0452191>
6. Стартап, який планує створити «найбільшу у світі» ферму з вирощування морських огірків. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.li/ezctub>
7. Сорти голкошкірих - дуже рідкісний і смачний морепродукт, пропонуємо розібратися в ньому перед покупкою. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://xn--80apgy.od.ua/iglokojie>
8. Морські огірки. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surli.cc/imjxzf>
9. Голотурія. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surli.cc/dylwku>
10. *Holothuria tubulosa*. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.li/luzgvb>

11. Alexia Omont, Milton Spanopoulos-Zarco, Juan Manuel Pacheco-Vega, Alberto Peña-Rodríguez. Evolving challenges and innovations in sea cucumber aquaculture *Aquaculture International* (2025) 33:326
<https://doi.org/10.1007/s10499-025-01988-9>
12. Абделаті М., Аль-Саламі Л., Аль-Харбі М., Абу Ель-Регал М. (2021) Використання різних видів мікроводоростей для поліпшення виробництва морського огірка *Holothuria scabra* Jaeger, 1833 в інкубаторах у Червоному морі. Єгипет. Єгипетський журнал водної біології та рибальства 25:193–204.
<https://doi.org/10.21608/ejabf.2021.161824>
13. Абідін Н.А., Шалех С.Р.М., Чінг Ф.Ф., Отман Р., Манджаджі-Мацумото М., Мустафа С., Сеноо С. (2019) Ларви морського огірка *Holothuria scabra* (Jaeger, 1883) в Омані. Аквакультура, рибальство та рибне господарство 3, 1–6.
<https://doi.org/10.24966/AAF-5523/100014pro-Appropriate>
14. Раціон та щільність посадки для вирощування личинок морського огірка (*Holothuria scabra*). *J Phys: Conf Ser* 1358:012015.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1358/1/012015>
15. Business Research Analysis (2023): Size, Share, Growth and Analysis of the Sea Cucumber Market by Type (Sandfish, Spiny Sea Cucumber, Japanese Sea Cucumber and Others), by Application (Food, Food Processing, Medical Application and Others), and Regional Forecast to 2027.
16. Maharashtra, India Campo CJ, Cabacaba N, Cosmiano Jr D (2022) Sea cucumber cultivation in *Holothuria scabra* tank nurseries under different seaweed feeding regimes. *Philipp J Fish* 36–52. <https://doi.org/10.31398/tpjf/29.1.2021A0003>
17. Chen K., Wu F., Ren K., Jiang H., Zhang H., Li H., Luo P., Hu K., Chen T. (2021) Shah M.D., Ransangan J., Venmathi Maran B.A. (eds.) *Marine Biotechnology: Applications in Food, Medicine and Energy*. Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-99-0624-6_6
18. Ciriminna L, Signa G, Cilluffo G, Rakaj A, Vizzini S (2024) Aquaculture of new species in the North-East Atlantic and Mediterranean Sea: a systematic review of sea cucumber farming and its potential development. *Front Mar Sci* 11:1381836.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1381836>

19. Марикультура: підручник. / П. В. Шекк, В. Ю. Шевченко, А. М. Орленко. Стереотип. вид. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. С. 328
20. Дерелі Х., Айдин М. (2021). Рибальство морського огірка в Туреччині: правила управління та їх ефективність. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 41, 101551. doi: 10.1016/j.rsma.2020.101551
21. Хамел Дж., Екгаут І., Конанд К., Сан Дж., Каулі Г., Мерсьє А. (2022). Глобальні знання про промисловий морський огірок *Holothuria scabra*. *Adv. Mar. Biol.* 91, 1–286. doi: 10.1016/bs.amb.2022.04.001
22. Хамел Дж., Екгаут І., Конанд К., Сан Дж., Каулі Г., Мерсьє А. (2022). Глобальні знання про промисловий морський огірок *Holothuria scabra*. *Adv. Mar. Biol.* 91, 1–286. doi: 10.1016/bs.amb.2022.04.001
23. Pasquini V, Porcu C, Marongiu MF, Follesa MC, Giglioli AA та Addis P (2022) Нове уявлення про репродуктивну біологію морського огірка *Holothuria tubulosa* (Echinodermata, Holothuroidea) у Середземномор'ї: наслідки для управління та одомашнення. *Фронт. мар. наук.* 9: 1029147. doi: 10.3389/fmars.2022.1029147
24. Ru R, Guo Y, Mao J, Yu Z, Huang W, Cao X, Hu H, Meng M, Yuan L. Білок морського огірка (*Holothuria leucospilota*), що інгібує ракові клітини, як новий протираковий препарат. *Поживні речовини.* 2022; 14(4):786. <https://doi.org/10.3390/nu14040786>
25. Hiba Abyaba, Viviana Pasquini, Claudia Ennas, Pierantonio Addis, Antonio Pusceddu, Organic matter ingestion and assimilation rates by the sea cucumber *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa* (Gmelin, 1788) at different temperatures and potential effects on benthic trophic status. *Marine Environmental Research.* Volume 203. 2025. 106830. ISSN 0141-1136. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106830>.
26. Mohammad Magdy, Massimo Rampacci, Davide Pensa, Luca Grosso, Giulia Papini, Daniele Ventura, Laura Ciriminna, Alessandra Fianchini, Salvatrice Vizzini, Arnold Rakaj. Evaluating the feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) for the sea cucumber *Holothuria sanctori* with finfish and shellfish.

Aquaculture. Volume 604. 2025. 742450. ISSN 0044-8486.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742450>.

27. Fabio Bulleri, Chiara Ravaglioli, Serena Anselmi, Monia Renzi. The sea cucumber *Holothuria tubulosa* does not reduce the size of microplastics but enhances their resuspension in the water column. *Science of The Total Environment*. Volume 781. 2021. 146650. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146650>.

28. Arnold Rakaj, Lorenzo Morroni, Luca Grosso, Alessandra Fianchini, Davide Pensa, David Pellegrini, Francesco Regoli. Towards sea cucumbers as a new model in embryo-larval bioassays: *Holothuria tubulosa* as test species for the assessment of marine pollution. *Science of The Total Environment*. Volume 787. 2021. 147593. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147593>.

29. Лек, А., Özgül, А., Şensurat Genç, Т. Kurtay, Е., & Лек, А. (2022). Порівняння щільності населення Голотурія трубчаста (Гмелін, 1790) та Голотурія полії (Делле К'яхе, 1823) між експлуатованими та неексплуатованими-експлуатованих територій у той/та/те Узбережжя Егейського моря Тюркія. *Журнал рибальства та водних наук* 39(4), 267-274. DOI: 10.12714/egejfas.39.4.01

30. Хижняк, С. В., Кирилюк, Ю. М. (2021). Сучасні підходи до оцінки біотехнічного потенціалу морських безхребетних. *Наукові праці Одеського державного екологічного університету*, 32(1), 74–81.

31. Ачкасов, Г. О. (2020). Потенціал аквакультури голотурій у Чорному морі. *Гідробиологічний журнал*, 56(3), 58–65.

32. Zheng, Y., Tian, F., Wang, W., Zhang, W. (2021). Cultivation and processing of *Apostichopus japonicus*: A review. *Aquaculture*, 530, 735–752. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735752>

33. Чорноморський біосферний заповідник НАН України (2022). Звіти з моніторингу бентосних організмів. Архів заповідника.

34. Коваленко Т. Л., Іваненко П. І. (2019). Біотехнології у марикультури: перспективи для України. *Агроекологічний вісник*, 2(50), 45–50.

35. Мазур, О. І., Яковенко, І. В. (2022). Використання біоінженерних властивостей морських безхребетних у технологіях екологічної меліорації. *Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія*, 83(1), 114–120.

36. Ткаченко І. О., Гриневич М. В. (2023). Потенціал біологічних ресурсів Чорного моря: сучасний стан і шляхи використання. *Екологічні перспективи акваторій України*, 2(10), 28–35.
37. Виноградов К. А., Сидоренко В. В. (2020). Марикультура в Чорному морі: сучасний стан і перспективи. *Гідробіологічний журнал*, 56(4), 32–40.
38. Хоменко Ю. М., Іващенко О. С. (2021). Біотехнологічні аспекти культивування морських безхребетних. *Наукові праці Одеського національного університету. Біологія*, 26(86), 123–129.
39. FAO (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: FAO. <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>
40. Ткаченко, А. А., Коваль, Т. С. (2023). Аквакультура в Україні: сучасні тренди та інноваційні підходи. *Екологія і природокористування*, 1(25), 54–61.
41. Liu, X., Sun, Z., Zhang, L., Liu, H. (2020). Nutritional and bioactive properties of sea cucumbers (*Holothuroidea*): Recent advances and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 104, 97–111. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.021>
42. Чорна, Н. О. (2021). Технології вирощування безхребетних гідробіонтів у морських УЗВ. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 3(113), 89–94.
43. Мінагрополітики України. (2023). *Національна стратегія розвитку аквакультури України до 2030 року*. — <https://minagro.gov.ua>
44. Власова Н. І. (2022). Стан та перспективи розвитку нетрадиційних об'єктів аквакультури в Україні. *Наукові праці ТДАТУ*, 5(2), 31–35.
45. Васильєв О. П., Чайка В. М. (2020). Оцінка придатності прибережних акваторій Чорного моря для марикультури. *Екологічні науки*, 3(30), 24–30.
46. Чорнобай Ю. В. (2023). Технології інтегрованого вирощування морських безхребетних у прибережних зонах. *Гідробіологічний журнал*, 59(4), 89–95.
47. Imelda Stevy, Dewi Eko, RiyadiPutut, Pringgenies Delianis. (2024). Potential of Sea Cucumbers as Fuctional Foods. *Jurnal Kelautan Tropis* November 2024 Vol. 27(3) 515-524.