

УДК 639.3.06

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.9>

## ТЕОРІЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ АКВАКУЛЬТУРНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ

*Кухарець С.М. – д.т.н., професор,*

*Овдіюк В.М. – аспірант,*

*Овдіюк О.М. – к.е.н., доцент,*

*Поліський національний університет, м. Житомир*

*kikharets@gmail.com, 96534v@gmail.com, 7992750@gmail.com*

Сучасне світове споживання тваринного білка включає до 17% водних гідробіонтів. Найбільшими світовими виробниками об'єктів аквакультури є Китай, Індія, Таїланд, Норвегія та США. До 77,7% продукції марікультури країни Азії, в тому числі Китай та Японія. На сьогодні основними популярними об'єктами марікультури є мідії, устриці, екзотичні перли, морські водорості та різновиди морської риби. Лідерами прісноводної аквакультури є країни Європи, в т.ч. і Україна.

Так, враховуючи, що на сьогодні зростає потреба у продуктах харчування, а сучасний Світовий океан неспроможний сповна забезпечити людство гідробіонтами, розпочала інтенсивно розвиватися аквакультура. А від так, зростає роль промислового вирощування аквакультури із застосування як морського (марікультура) так і прісноводного напрямку.

В результаті проведеного дослідження було доповнено та уточнено сутність та класифікації сучасних понять існуючих систем та технологій аквакультури.

Варто зазначити, що за останні пів століття відбувся швидкий розвиток аквакультури від сімейних ставкових ферм до складних високотехнологічних систем вирощування об'єктів аквакультури в промислових масштабах, орієнтованих на експорт, зокрема в частині застосування установок замкнутого типу. Перевагами застосування УЗВ є зовнішня ізоляція від природних джерел водних систем, відсутність контакту із дикими гідробіонтами, що відповідно сприяє збереженню першопочаткового генотипу об'єкту та забезпечує сталість екології водної екосистеми. З цією метою застосовуються технології індустріальної та пасовищної аквакультури.

Встановлено, що інтенсифікація ставкової аквакультури значно підвищує рибопродуктивність в рази та може сягати до 200 т/га при вирощуванні риб у садках та басейнах та 1500 т/га рециркулярних аквакультурних системах (РАС). Інтенсифікація рибництва в УЗВ досягається за рахунок оптимального балансу води для росту риби та високою щільністю її посадки; та застосування відповідної системи фільтрації води.

Ключові слова: аквакультура, марікультура, УЗВ, РАС, гідробіонти, система фільтрації.

---

**Постановка проблеми.** На сьогодні в Світовому океані та вітчизняних водоймах залишилась досить малі запаси об'єктів аквакультури, в тому числі риби. Як свідчать світові дослідження водних біоресурсів,

сучасний промисел виловив до 30%, та зробив непридатним до використання значні території акваторій. Отже, світовому співтовариству варто невідкладно прийняти ряд заходів щодо боротьби із загрозами, які набули глобальних масштабів в океанах, морях, річках тощо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблематикою вирощування риби у замкнених системах займається ряд зарубіжних та вітчизняних науковців та практиків, таких як С. Спотт [11], Ю. Шарило, Н. Вдовенко, М. Федоренко [12], С. Крепич, О. Сінкевич, І. Співак [9], А. Семенов, Т. Сахно [10] та інші. Зокрема, Якоб Брайнбалле з компанії «AKVA group» в області аквакультури з використанням УЗВ працює більше 30 років [4]. Так, особливостям розробки та аналізу схем установки замкнутого водопостачання для продукції аквакультури, присвячені праці Г. Голуба та С. Кухарця [5]. Зокрема, особливостями рециркуляційних аквакультурних систем були присвячені праці: А. Андрющенко, Н. Вовк [1], Р. Кононенко та П. Шевченка П. [8], І. Дітріха [6] та інші. Таким чином, індустріалізації та інтенсифікація процесів в аквакультурі, потребує постійного удосконалення, зокрема в частині збереження навколишнього середовища та забезпечення продовольчої безпеки, і не втрачає своєї актуальності.

**Формулювання цілей.** Метою дослідження є уточнення сутності та класифікації поняття систем та технологій аквакультури, та визначення особливостей застосування сучасних РАС. До основних завдань можна віднести наступні: визначення структури світових лідерів аквакультури; уточнення сучасних існуючих класифікацій систем та технологій аквакультури.

**Матеріали та методи дослідження.** Методологічною основою дослідження є загальнотеоретичні методи проведення наукових досліджень, завдяки яким стає можливим вирішення проблемних наукових задач та завдань.

**Виклад основного матеріалу.** З метою приведення до певного балансу сучасну морську екологію та відповідно економіку, необхідно кардинально змінити підходи щодо водного промислу, змінити споживацьку концепцію людства по відношенню до Світового океану та об'єктів аквакультури.

Варто зазначити, що в середньому 17% світового споживання білка тваринного походження надходить із сектора рибного господарства та аквакультури. Із зростанням чисельності населення на планеті, згідно прогнозів, попит на рибний білок подвоїться протягом наступних 20 років. Проте, в той же час зміна клімату загрожує біорізноманіттю, призводить до зміни середовища існування та зниження продуктивності рибних господарств в природних умовах (без застосування хімічних стимуляторів росту) [8]. Отже, один із ймовірних шляхів нарощування необхідних об'ємів виробництва об'єктів аквакультури, можлива за рахунок штучного вирощування гідробионтів.

Проведемо аналіз світового ринку об'єктів аквакультури. На сьогодні в першу п'ятірку виробників входить Китай, Індія, Таїланд, Норвегія та США. Китай за рахунок аквакультури виробляє до 70% рибної продукції для світового ринку. В Індії, Таїланді та В'єтнамі акваферми допомогли вирішити проблему дефіциту тваринного білка для власного населення. В Норвегії для промислового розведення риби використовують фіорди. Так, якщо в Китаї основна ціль була наситити місцеві ринки дешевими харчами, то в Норвегії вирощують дорогі та делікатесні види – сьомга, форель, осетер на експорт. Варто зазначити, що в США аквакультура – це одна з галузей виробництва продуктів харчування, яка найбільш швидко розвивається [7].

Проаналізуємо світову структуру об'єктів аквакультури за країнами (табл. 1).

Таблиця 1. Структура лідерів світової аквакультури

Країни	Аквакультура		% в загальній світовій структурі
	морська	прісноводна	
США, Канада	Двостулкові моллюски (устриці, моллюски та мідії), гребінці, лосось, сталюго-ловий лосось, креветки	Короп, лосось	1,1
Країни Азії в т.ч. Китай, Японія	Мідія, устриця, перли, морські водорості, різноманітна морська риба, жовтий горбиль, <i>Ribbonfish</i> , кальмари, тріска, камбала, скумбрія	Короп, прісноводна креветка	77,7
Європа в т.ч. Франція, Італія, Іспанія, Чехія, Англія, Норвегія	Восьминоги, мідії, устриця, форель, атлантичний лосось, дорадо, райдужна форель, сібаса, Європейський тюрбо	58 видів коропів	13,2
Країни Африки вт.ч. Єгипет, Нігерія, Гана і Мадагаскар	Ракоподібні, морські водорості, моллюски, різноманітна морська риба	–	8,0
Україна*	двостулкові моллюски (гребінці, мідії, устриця, анадари, спізула), голкошкірі (морські їжаки і голотурії), ракоподібні (промислові краби, краб'їди, шрімси, чилім, рак-богомол) і макрофіти	2 види коропів, кларієві соми	–

\*Україна увійшла в структуру до країн Європи.

Джерело: уточнено та доповнено [2].

Так, як свідчать дані таблиці 1, можемо спостерігати наступний розподіл світового ринку за лідерськими позиціями. Найбільша частка

в структурі припадає на країни Азії до 77,7%, де левову частку вносять Китай та Японія в частині марикультури. Вони мають досить широкий асортимент марикультури, а саме мідії, устриці, екзотичних перлів, морських водоростей, різноманітної морської риби (жовтий горбиль, *Ribbonfish*, кальмари, тріска, камбала, скумбрія) тощо. На другому місці, включаючи прісноводну аквакультуру, є країни Європи, які відзначаються розведенням більше 58 видів прісноводних коропів. США та Канада також є безумовними лідерами у вирощуванні, як марикультури, так і прісноводної аквакультури. Їх стратегічним напрямком на сьогодні є збереження навколишнього середовища та відновлення вимираючих морських видів об'єктів аквакультури. Наша країна на сьогодні також почала нарощувати та розвивати аквакультуру. До найбільш популярних в Україні об'єктів аквакультури можна віднести, а саме марикультури: двостулкові молюски (гребінці, мідії, устриці), голкошкіри (морські їжаки і голотурії), ракоподібні (промислові краби, крабоїди, шрімси, рак-богомол) і макрофіти; та прісноводні об'єкти аквакультури (2 види коропів, кларієві соми). Отже, можемо спостерігати активне зростання та розвиток аквакультури у світі.

Варто зазначити, що у зв'язку з недостатнім об'ємом необхідних сировинних ресурсів у Світовому океані для промислу, що продиктовано зростанням потреби у продуктах харчування, людство почало інтенсивно розвивати аквакультуру. За останні десятиліття минулого сторіччя ми можемо спостерігати зростання частки видобутку водних гідробіонтів. Так, видобуток об'єктів аквакультури, в порівнянні з початком 19 століття, збільшилась у декілька разів (приблизно до 50 млн. т. на рік). Таким чином, зростає роль промислового вирощування аквакультури із застосування, як морського (марикультура), так і прісноводного напрямку.

Проаналізуємо сутність поняття «аквакультура». Поняття аквакультура походить від лат. *аква*, що поєднує в собі два такі класи понять, як «вода та культура» та «обробіток, розведення, вирощування». Отже, можемо стверджувати, що це специфічний вид діяльності щодо розведення і вирощування водних організмів, який знаходиться під повним або частковим контролем людини. Метою такої діяльності є отримання товарної продукції, збереження та поповнення запасів гідробіонтів, сприяння покращенню екології водного середовища. Включає також теоретичні знання і наукові дослідження в цій галузі. Термін виник у 1970-х роках у зв'язку з початком промислового виробництва за допомогою аквакультури [8].

Розглянемо історію розвитку та становлення систем та технологій в аквакультурі. Проведемо класифікацію видів та типів систем та технологій аквакультури (табл. 2).

Історія становлення та розвитку систем і технологій вказує на швидкий розвиток типів, видів, напрямів, технологій систем ведення

Таблиця 2. Класифікація систем та технологій аквакультури

№ п/п	Напрямок	Характеристика
1.	За складністю об'єктів	– сімейні (мікросистеми) – прості системи – закриті системи – високотехнологічні системи
2.	Типи аквакультури за видом водойми	– прісноводна – морська (марікультура)
3.	Технології марікультури	– індустриальна – пасовищна
4.	Технології прісноводної аквакультури (товарне рибництво)	–
5.	Системи ведення ставкових господарств	– повносистемні ставкові господарства – повносистемні ставкові господарства – риб-розплідник – повносистемні нагульні ставкові господарства
6.	Методи виробництва ставкової аквакультури	– екстенсивний – інтенсивний

Джерело: адаптовано та узагальнено автором [1–13].

аквакультурного господарства за останні пів століття. Зародження аквакультури починалося із сімейних ставкових ферм в тропічних країнах для власного споживання до складних високотехнологічних систем таких, в яких застосовується методика інтенсифікації вирощування об'єктів аквакультури в промислових масштабах, орієнтованих на експорт.

Варто зазначити, що як правило, технології, які застосовуються в аквакультурі є досить простими і будь-які новації стосуються покращення росту, набирання товарної ваги, створення умов та кращої здатності до виживання цільового об'єкта. Спостерігаються системи відкритого та закритого типу. Основною особливістю систем відкритого типу є вирощування переважно траводічних та фільтруючих кормових видів риби. Проте, даний вид аквакультури займає в світі до 50% всього світового виробництва продукції аквакультури в прісноводних ставках.

Закриті системи застосовують більш високотехнологічні методи вирощування об'єктів аквакультури, зокрема складні проектування резервуарів утримання; наукові підходи до розуміння понять взаємодії між поживними речовинами та бактеріальними процесами, які відбуваються в самому резервуарі утримання. До переваг таких систем аквакультури можна віднести зовнішню ізоляцію від природних джерел водних систем, контактування із дикими гідробіонтів, як результат збереження генотипу; і відповідно сталості екології водної екосистеми.

Варто зазначити, що на сьогодні є усталені механізми методика розведення культивування аквакультури, яка є характерною для двох зазначених напрямів, а саме ставкова, пасовищна та індустриальна культура.

Особливою відмінністю даної методики є те, що використовуються технології індустріальної та пасовищної аквакультури.

На сьогодні існує досить широка лінійка визначення поняття «морська аквакультура». Іноді, звичайна, але міцна садкова технологія, яка витримує важкі умови називається морською технологією, наприклад, у випадку *Ryan* (2004). Дане визначення досить часто використовується з такими видами діяльності, як розведення лосося в на пів відкритих прибережних районах. З іншої сторони, термін «морська аквакультура» відноситься в окремих випадках до нетрадиційних або ж навіть футуристичним видам морської аквакультури, або діяльності аквакультури у відкритому океані, де подібна система суттєво відрізняється від садкової технології (базується на вирощуванні цінних морських видів риб – кобія, тунець). В багатьох випадках морська технологія використовується в 40 кілометрах від берегу (Мексиканський залив в США), або в відкритих/глибинних ділянках поряд з береговою лінією. Використовувана морська аквакультура може потребувати використання структурних змін і нових технологій на всіх етапах виробництва, включаючи чищення риби.

Розглянемо класичну схему ведення морської аквакультури (рис. 1). Дана технологія передбачає застосування такої технологічної схеми: садки, сітки та причал, система харчування, судна і їх обладнання, обладнання екологічного моніторингу, система раннього попередження та електроенергія.

Так, різноманітність водойм визначило розвиток прісноводної аквакультури. В прісноводній аквакультурі (рибництві) застосовують усі три

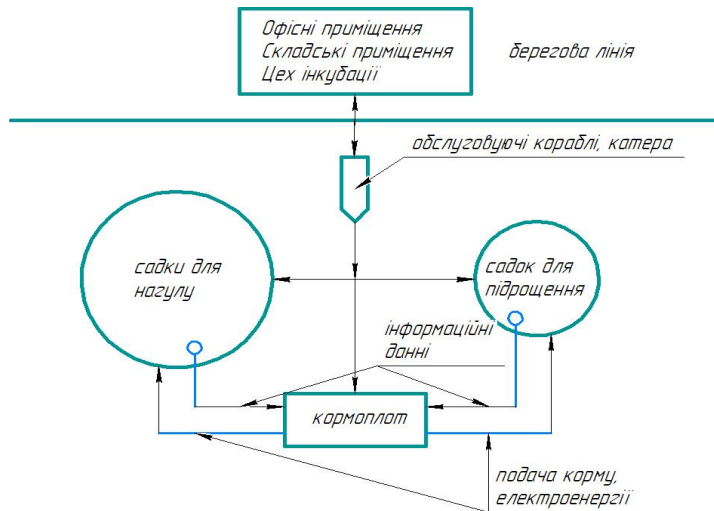


Рис. 1. Класична схема марикультурної ферми

Джерело: уточнено та доповнено автором [4, 5, 11, 12]

види товарної аквакультури (товарне рибництво). За застосовуваною біотехнікою та типами водних об'єктів товарна аквакультура поділяється на ставкову, пасовищну та індустріальну. Залежно від рибо-технічних та організаційно-економічних особливостей, а також від виробничих завдань розрізняють такі основні системи ведення ставкових рибоводних господарств:

1. Повносистемні ставкові господарства
2. Неповносистемні ставкові господарства – риборозплідники
3. Неповносистемні нагульні ставкові господарства.

У ставковій аквакультурі розрізняють господарства, використовують екстенсивний спосіб виробництва, тобто, використовують лише природну кормову базу. Інтенсифікація ставкової аквакультури дозволяє підвищити рибопродуктивність на порядок. Сучасна індустріалізація сфери аквакультури є високо-інтенсивним виробництвом, яке передбачає управління процесом вирощування гідробіонтів. Варто зазначити, що при використанні індустріальних систем, має найвищу продуктивність серед інших видів аквакультури та може сягати до 200 т/га (вирощування у садках та басейнах) та до 1500 т/га в установках замкнутого водопостачання (УЗВ). Подібний рівень досягається за рахунок високих густин посадки (100 і більше кг/м<sup>3</sup> для тиліпії, кларієвих сомів); використання сприятливого для зростання риб температурного режиму вирощування, раціонального годування та застосування високоефективних комбікормів, використання високопродуктивних порід риб.

Розглянемо приклади класичних технологій культивування аквакультури, зокрема установку замкнутого водозабезпечення (УЗВ). Установки замкнутого водозабезпечення (УЗВ), що передбачають в основі технології, що застосовується, повторне використання води. Це досягається спеціальною водопідготовкою, що включає: процеси механічної та біологічної фільтрації, дегазацію, термостатування, збагачення води киснем, УФ-дезінфекцію або озонування. Підприємства цього типу можуть бути лише закриті, оскільки тепловіддача буде досить значною, а водопідготовка пов'язані з істотними затратами. Враховуючи досить суттєві витрати на попередню водопідготовку, значний ступінь забрудненості поверхневих вододжерел (у т.ч. і з причин не пов'язаних з антропогенним забрудненням – наприклад, підвищена каламутність у період весняної та осінньої паводків), оптимальним джерелом водопостачання для таких підприємств є підземні води. Найважливішим перевагам індустріальних рибоводних систем належить швидше, проти іншими видами аквакультури, отримання продукції, високий рівень керованості її отриманням, незначна залежність від сезонного чинника. Враховуючи певну універсальність самого технологічного обладнання замкнутих систем, рибоводні установки з досить мінімальною адаптацією можуть бути використані і при переході госпо-



дарств на вирощування нових гідробіонтів, і можливості спільного культивуванні декількох видів [13].

Так, інтенсифікація рибництва в УЗВ досягається за рахунок декількох факторів. Основним є підтримка води в замкнутій системі на оптимальному для росту риби рівні. Другим фактором інтенсифікації вирощування риби в УЗВ є висока щільність посадки риби в рибоводних басейнах УЗВ, яка неможлива без примусового насичення киснем. Також варто зазначити, що інтенсивний ріст риби неможливий і без відповідного харчування. Так, за допомогою автоматичних кормороздавачів, спеціальний гранульований корм у відповідності до закладеної програми потрапляє до гідробіонтів. Процес перетворення аміаку та амонійних солей в солі азотної кислоти – нітрати, здійснюється за допомогою біологічного фільтру, який містить спеціальний субстрат, який складається з нітрофіцируючих бактерій.

Система фільтрації УЗВ також передбачає наявність бактерицидної ультрафіолетової лампи; генератор озону, які знижують рівень бактеріального забруднення води, тим самим забезпечуючи здоров'я гідробіонтам (рис. 2).

Основні відмінності системи є в конструкції та числі рибоводних басейнів, тоді як система очищення води у всіх випадках зводиться до схеми: рибоводні басейни – механічна очистка – біологічна очистка – регулювання температури – насичення розчиненим киснем – обеззараження – рибоводні басейни. Варто зазначити, що іноді деякі етапи можуть бути відсутніми, поєднуватися або мінятися місцями. А також, такі установки мають розміщуватися в добре нагрітих місцях.

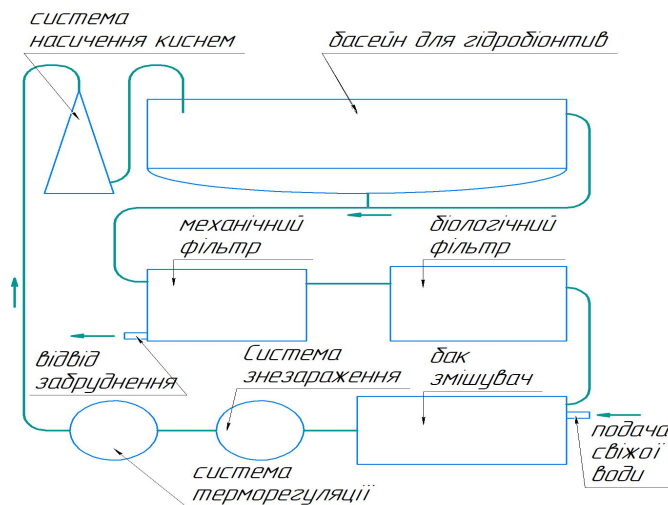


Рис. 2. Схема установки замкнутого водопостачання (УЗВ)

Джерело: уточнено та доповнено [4, 5, 11, 12].



**Висновки.** Отже, було встановлено, що на сьогодні до 17% світового споживання білка тваринного походження, забезпечується підприємствами сфери аквакультури. Враховуючи зростаючу потребу та обмеженість природних водних біоресурсів, набуває актуальності розвиток закритих аквакультурних систем та технологій (RAS) шляхом штучного вирощування гідробіонтів.

**Перспективу подальших досліджень** в даному напрямку, вбачаємо в підвищенні енергоефективності в частині зменшення енергозатрат при виробництві одиниці продукції аквакультури.

## **THEORY AND METHODOLOGY OF AQUACULTURE SYSTEMS AND TECHNOLOGIES**

*Kukharets S.M. – Doctor of Engineering, Professor,*

*Ovdiyuk V.M. – Postgraduate Student,*

*Ovdiyuk O.M. – Phd of Economic Sciences, Associate Professor,*

*Polis National University, Zhytomyr*

*kikharets@gmail.com, 96534v@gmail.com, 7992750@gmail.com*

Modern fishing in the world has caught up to 30%, and accordingly, large areas of water areas have become unsuitable for use.

The structure of the main world leaders in aquaculture has been determined. Thus, 17% of the global consumption of protein of animal origin is provided by fisheries and aquaculture. The largest global producers of aquaculture facilities are China, India, Thailand, Norway and the USA. The leaders in the field of mariculture are the countries of Asia (77.7%) with a wide range of products – mussels, oysters, exotic pearls, seaweed, various sea fish (yellow humpback, ribbonfish, squid, cod, flounder, mackerel), etc. The second position is occupied by Canada and the USA. In Ukraine, the aquaculture sector is also quite developed – mariculture (bivalves, echinoderms, crustaceans and macrophytes; as well as freshwater aquaculture facilities. However, there is a global trend towards an increase in the need for food products, which has caused intensive development of the aquaculture sector.

The history of the development of aquaculture in the world is studied. Modern existing types of classifications of aquaculture systems and technologies according to their characteristics have been clarified and systematized. Features of the open system type is the cultivation of herbivorous and filter feeding species of fish. Closed systems are characterized by high-tech methods of growing aquaculture objects, and their advantage is external isolation from natural water sources, lack of contact with wild hydrobionts (preservation of the primary genotype), ensuring the sustainability of the ecology of the aquatic ecosystem.

The essence and classification of the concept of aquaculture systems and technologies, and the definition of the features of the application of modern RAS have been clarified.

When using intensification in pond aquaculture, there is an increase in fish productivity up to 200 t/ha, and when growing fish in cages and pools up to 1500 t/ha in

systems with circulating water supply (CWSI). Intensification of fish farming in CWSI is achieved due to optimal water balance for fish growth and high density of its planting; and the use of an appropriate water filtration system.

Keywords: aquaculture, mariculture, CWSI, RAS, hydrobionts, live wells and pools; filtration system.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Андрющенко А. І., Вовк Н. І. Аквакультура штучних водойм : підручник. Ч. II. Індустріальна аквакультура. За заг. ред. А. І. Андрющенко. Київ : Мастер Принт, 2014. 586 с.
2. Арчибісова Д. С., Рижкова Г. С. Концептуальна модель розвитку марікультури в Україні та світі. *Економіка і суспільство*. 2016. Вип. 6. С. 407–413. URL: [https://economyandsociety.in.ua/journals/6\\_ukr/70.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/6_ukr/70.pdf)
3. Инновационные методы и технологии устойчивого развития аквакультуры в регионе Балтийского моря. Под общ. ред. Н. Барулина. Минск : Экоперспектива, 2016. 437 с.
4. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген : ЕВРОФИЩ, 2010. 74 с.
5. Голуб Г. А., Завадська О. А., Кухарець В. В. Розробка блок-схем установки замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури. *Наукові горизонти*. 2019. № 5(78). С. 105–111.
6. Дітріх І. В. Тенденції і перспективи світового ринку риби та морепродуктів. *Глобальні та національні проблеми економіки* : електронне наукове фахове видання. 2014. Вип. 2. С. 62–65. URL: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf>
7. За аквакультурою будуще. URL: <https://openforest.org.ua>(дата звернення: 02.08.2022).
8. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 410 с.
9. Крепич С. Я., Сінкевич О. В., Співак І. Я. Підхід до підвищення ефективності рециркуляційних аквакультурних систем. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/39145/1/27.pdf>
10. Семенов А. О., Сахно Т. В. Метод ультрафіолетового знезараження води при вирощуванні риби в рециркуляційних аквакультурних системах. *The scientific heritage*. Будапешт, 2020. № 50. С. 53–58. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/9194/1/2020-53-58%20VOL%201%2C%20No%2050%20%2850%29%20%282020%29-%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B8-1-2%2C53-58.pdf>

11. Спотт С. Содержание рыбы в замкнутых системах: пер. с англ. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 192 с.
12. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Практичний посібник. Ю. Є. Шарило, Н. М. Вдовенко, М. О. Федоренко, В. В. Герасимчук, Г. І. Небога, Л. А. Гайдамака, О. Б. Олійник, Н. М. Матвієнко, О. О. Деренько, І. Л. Жакун. К.: «Простобук», 2016. 149 с.
13. Технології аквакультури. URL:<http://aquacultura.org/technology/>

#### REFERENCES

1. Andriushchenko A. I., Vovk N. I. (2014). *Akvakultura shtuchnykh vodoim : pidruchnyk. Part II. Industrialna akvakultura* [Aquaculture of artificial ponds: a textbook. Part II. Industrial aquaculture]. Kyiv : Master Prynt. [in Ukrainian].
2. Archybisova D. S., Ryzhkova H. S. (2016). *Kontseptualna model rozvytku marykultury v Ukraini ta sviti* [Conceptual model of mariculture development in Ukraine and the world]. *Ekonomika i suspilstvo*, iss. 6, 407–413. [in Ukrainian].
3. Barulin N. (Ed.). (2016). *Innovacionnye metody i tehnologii ustojchivogo razvitiya akvakultury v regione Baltijskogo morya* [Innovative methods and technologies for the sustainable development of aquaculture in the Baltic Sea Region]. Minsk: Jekoperspektiva. [in Russian].
4. Brajnalle YA. (2010). *Rukovodstvo po akvakulture v ustanovkah zamknutogo vodospobzheniya. Vvedenie v novye jekologicheskie i vysokoproduktivnye zamknutyje rybovodnye sistemy* [Guidelines for aquaculture in recirculating aquaculture systems. Introduction to new ecological and high-yielding closed fish-breeding systems]. Kopenhagen: EVROFISH. [in Russian].
5. Holub H. A., Zavadzka O. A., Kukharets V. V. (2019). *Rozrobka blok-skhem ustanovky zamknutoho vodopostachannia dlja vyrobnytstva produkt-sii akvakultury* [Development of block diagrams of a closed water supply installation for the production of aquaculture products]. *Naukovi horyzonty*, no. 5(78), 105–111. [in Ukrainian].
6. Ditrih I. V. (2014). *Tendentsii i perspektyvy svitovoho rynku ryby ta moreproduktiv* [Trends and prospects of the world market of fish and seafood]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky* (electronic journal), Iss. 2, 62–65. URL: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf>. [in Ukrainian].
7. *Za akvakulturoj budushhee* [Aquaculture is the future]. URL: <https://openforest.org.ua> [in Russian].
8. Kononenko R. V., Shevchenko P. H., Kondratiuk V. M., Kononenko I. S. (2016). *Intensyvni tekhnolohii v akvakulturi: navch. posibnyk* [Intensive

- technologies in aquaculture: teaching. manual]. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury. [in Ukrainian].
9. Krepych S. Ya., Sinkevych O. V., Spivak I. Ya. *Pidkhid do pidvyshchennia efektyvnosti retsyrkuliatsiinykh akvakulturnykh system* [An approach to increasing the efficiency of recirculating aquaculture systems]. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/39145/1/27.pdf> [in Ukrainian].
  10. Semenov A. O., Sakhno T. V. (2020). *Metod ultrafioletovoho znezarazhennia vody pry vyroshchuvanni ryby v retsyrkuliatsiinykh akvakulturnykh systemakh* [The method of ultraviolet disinfection of water during fish cultivation in recirculating aquaculture systems]. *The scientific heritage*, no. 50, 53–58. [in Ukrainian].
  11. Spott S. (1983). *Soderzhanie ryby v zamknutyh sistemah* : per. s angl. [Keeping fish in closed systems]. Moscow : Legkaya i pishhevaya promyshlennost. [in Russian].
  12. Sharylo Yu. Ie., Vdovenko N. M., Fedorenko M. O., Herasymchuk V. V., Neboha H. I., Haidamaka L. A., Oliinyk O. B., Matviienko N. M., Derenko O. O., Zhakun I. L. (2016). *Suchasna akvakultura: vid teorii do praktyky* : prakt. posibnyk [Modern aquaculture: from theory to practice: practice. Manual]. Kyiv : Prostobuk. [in Ukrainian].
  13. *Tekhnolohii akvakultury* [Technologies of aquaculture]. URL: <http://aquacultura.org/technology/> [in Ukrainian].