

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра водних біоресурсів та
аквакультури

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТИБІОТИКІВ НА СТАН ЯКОСТІ
РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Виконала студентка групи ВБ-19
спеціальності 207 Водні біоресурси та
аквакультура
Гречанюк Наталя Василівна

Керівник к.г.н., доцент
Соборова Ольга Михайлівна

Рецензент Рудей Ольга Миколаївна

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Природоохоронний

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

(шифр і назва)

Освітня програма Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри Бургаз М.І.

“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Гречанюк Наталі Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка впливу антибіотиків на стан якості рибної продукції

керівник роботи Соборова Ольга Михайлівна, к.г.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08”_05_2023 року № 61-С

2. Строк подання студентом роботи 19.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Робота присвячена вивченню стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків, аналізу стійкості до антибіотиків у водному середовищі, дослідженню використання антибіотиків і їх залишків у аквакультурі та водних екосистемах, відновлення стійкості до антибіотиків у рибній продукції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз наявної в літературі інформації щодо оцінки впливу антибіотиків на стан якості рибної продукції, методик відбору матеріалу та методик проведення досліджень.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Обов'язковими рисунками є ті що ілюструють види досліджень та таблиці, які характеризують ті чи інші показники, що використовуються для розрахунків та прогнозів необхідних для вирішення поставлених задач.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15.05.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Аналіз наукової літератури з досліджуваної теми, та написання вступу, та першого розділу	15.05.2023-20.05.2023р	95,0	відмінно
2	Антибіотики в об'єктах аквакультури та їх вплив на стан якості рибної продукції. Написання другого розділу.	21.05.2023-28.05.2023р	95,0	відмінно
3	Рубіжна атестація	29.05.2023-03.06.2023р	95,0	відмінно
4	Оцінка стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків. Написання третього розділу.	04.06.2023-07.06.2023р	95,0	відмінно
6	Написання висновків бакалаврської кваліфікаційної роботи	08.06.2023-09.06.2023р	95,0	відмінно
7	Оформлення роботи згідно ДОСТу. Написання доповіді. Підготовка презентації.	10.06.2023-12.06.2023р	95,0	відмінно
8	Перевірка роботи науковим керівником, надання відгуку Перевірка роботи зав. кафедрою Отримання рецензії Попередній захист роботи на кафедрі Надання роботи до деканату	13.06.2023-19.06.2023		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95,0	відмінно

Студент _____

(підпис)

Гречанюк Н.В. _____

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Соборова О.М. _____

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ
ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТИБІОТИКІВ НА СТАН ЯКОСТІ РИБНОЇ
ПРОДУКЦІЇ

Гречанюк Н.В., бакалавр кафедри Водних біоресурсів та аквакультури
Одеський державний екологічний університет

У багатьох країнах світу найважливішим об'єктом прісноводної і морської аквакультури традиційно є риба. У м'ясному балансі нашої країни рибна продукція становить 25%, її використовують більш ніж в 50 галузях народного господарства.

Рибна галузь, як продуцент білковмістних продуктів, яка набуває особливу соціально-економічну значимість. Це один з доступних продуктів харчування і в той же час, продукт з високою харчовою цінністю. Для зниження втрат при відтворенні водних об'єктів практично повсюдно проводяться профілактичні або лікувальні заходи з використанням антибіотиків, які додають найчастіше у корм.

Мета роботи полягала у аналізі стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків. На сьогоднішній день відсутня ефективна система управління ризиками, що виникають під час виробництва рибних продуктів з використанням антибіотиків.

Проте методи контролю за якістю рибної продукції розроблені для обмеженого списку цих речовин. Застосування антибіотиків у виробництві рибних продуктів має виражену несприятливу дію на бактеріальну флору навколишнього середовища. При цьому посилюється ризик розвитку стійкості до цих препаратів і, як наслідок, до виникнення ризиків у аквакультурі.

Робота виконана на 73 сторінках, містить 7 рисунків, 13 таблиць та 45 літературних джерела.

Ключові слова: антибіотики, рибна продукція, аквакультура, риба, антибіотикостійкість.

SUMMARY
ASSESSMENT OF THE ANTIBIOTICS IMPACT ON THE QUALITY
OF FISH PRODUCTS

Hrechaniuk N.V., bachelor's degree of the department of water Bioresources
and Aquaculture

Odessa State Environmental University

In many countries of the world, the most important object of freshwater and marine aquaculture is traditionally fish. In the meat balance of our country, fish products make up 25%, they are used in more than 50 branches of the national economy.

The fishing industry, as a producer of protein-rich products, is gaining special socio-economic significance. It is one of the affordable food products and at the same time, a product with high nutritional value. To reduce losses during the reproduction of water bodies, preventive or curative measures are carried out almost everywhere with the use of antibiotics, which are added most often to feed.

The purpose of the work was to analyze the quality of fish products when antibiotics are used. To date, there is no effective system for managing risks arising during the production of fish products with the use of antibiotics. Several thousand different natural and synthetic substances used as antibiotics are known. However, methods for controlling the quality of fish products are developed for a limited list of these substances.

The use of antibiotics in the production of fish products has a pronounced adverse effect on the bacterial flora of the environment. At the same time, the risk of developing resistance to these drugs and, as a result, of risks in aquaculture increases.

The work is completed on 73 pages, contains 7 figures, 13 tables and 45 literary sources.

Key words: antibiotics, fish products, aquaculture, fish, antibiotic resistance.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ АНТИБІОТИКІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ІМУННО - ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН РИБ.....	9
1.1 Вплив антибіотиків на імунно-фізіологічний стан райдужної форелі.....	17
1.2 Оцінка смакової привабливості антибіотиків.....	20
1.3 Вплив ін'єкцій антибіотиків на імунно-фізіологічний стан форелі.....	25
1.4 Оцінка смакової привабливості антибіотиків для райдужної форелі.....	29
2 АНТИБІОТИКИ В ОБ'ЄКТАХ АКВАКУЛЬТУРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТАН ЯКОСТІ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	35
2.1 Використання антибіотиків в аквакультурі.....	39
2.2 Характеристика ризиків використання рибної продукції з додаванням антибіотиків.....	52
3 ОЦІНКА СТАНУ ЯКОСТІ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АНТИБІОТИКІВ.....	60
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	69

ВСТУП

Активне промислове розведення риб та безхребетних, як правило, супроводжується поширенням бактеріальних інфекцій. Для зниження втрат при відтворенні водних об'єктів практично повсюдно проводяться профілактичні або лікувальні заходи з використанням антибіотиків, які додають найчастіше у корм.

При цьому в харчовій сировині та продукції з об'єктів аквакультури відзначається залишковий вміст антибіотиків, що застосовуються в терапії та профілактиці бактеріальних інфекцій, тому присутність значних обсягів імпортової продукції аквакультури на ринку призводить до надходження в організм споживача та довкілля різних антибіотиків, що використовуються в різних країнах при товарному вирощуванні рибної продукції.

Відсутність у нашій країні високочутливих методів ідентифікації антибіотиків, а також низька ефективність існуючого лабораторного контролю продукції аквакультури не дозволяють своєчасно встановити присутність та залишковий вміст у ній численних препаратів, що застосовуються у різних країнах-виробниках, оцінити ступінь небезпеки для населення та природи, що зумовлює особливу медико-екологічну проблему, пов'язану з формуванням множинної стійкості до антибіотиків у патогенів та мікроорганізмів зовнішнього середовища.

Для зниження втрат в аквакультурі, обумовлених масовими бактеріальними хворобами, практично у всіх країнах використовуються антибіотики.

Застосування антибіотиків у виробництві рибних продуктів має виражену несприятливу дію на бактеріальну флору навколишнього середовища. При цьому посилюється ризик розвитку стійкості до цих препаратів і, як наслідок, до виникнення ризиків у аквакультурі.

Розвиток стійкості збудників багатьох інфекційних захворювань до антибіотиків суттєво ускладнює лікування населення. Найбільшу небезпеку становлять полірезистентні збудники, які виявляють стійкість до кількох груп антибіотиків.

В даний час стійкість до антибіотиків представляє серйозну міжнародну проблему суспільної охорони здоров'я. Через стійкість до антибіотиків виникли інфекції, які неможливо усунути. Це призводить до невдач у лікуванні та збільшує захворюваність, смертність та економічні втрати суспільства. Стійкість до різних класів антибіотиків стабільно зростає у різних типів бактерій у різних екологічних системах.

Мета роботи полягала у аналізі оцінки стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків.

В ході роботи було розкрито та проаналізовано наступні питання:

- аналіз стійкості до антибіотиків у водному середовищі;
- проаналізовано використання антибіотиків і їх залишків у аквакультурі та водних екосистемах;
- проаналізовано відновлення стійкості до антибіотиків у рибній продукції.

1 АНАЛІЗ СТАНУ АНТИБІОТИКІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ІМУННО - ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН РИБ

Антибіотики є потужними медикаментозними засобами, які використовуються для боротьби з бактеріальними інфекціями у риб, зображено на (рис.1.1). Вони можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на імунно-фізіологічний стан риб [3,15].

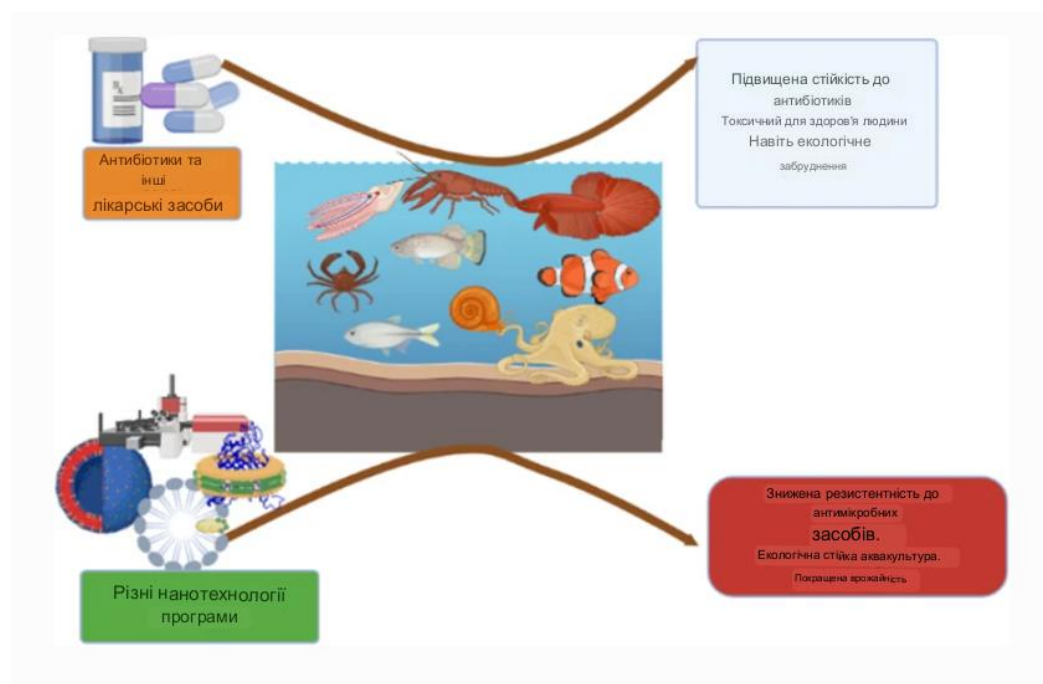


Рис. 1.1 – Вплив на імунно-фізіологічний стан риб

Позитивний вплив. Лікування інфекцій: Антибіотики допомагають знищувати або стримувати рост бактерій, що викликають хвороби у риб. Вони можуть бути ефективними при лікуванні бактеріальних захворювань, таких як виразки, розриви плавців, септицемія тощо. У прісноводних водах широко використовують антибіотики (табл.1.1) [3].

Негативний вплив. Резистентність до антибіотиків: Використання антибіотиків може сприяти розвитку резистентності бактерій до цих препаратів. Це означає, що деякі штами бактерій можуть стати нездатними

до знищення або контролю за допомогою використовуваних антибіотиків. Резистентні бактерії можуть стати серйозною загрозою для рибних популяцій та навколишнього середовища [3].

Дисбіоз та порушення мікрофлори: Антибіотики можуть впливати на мікробіом риб, що представляє собою сукупність мікроорганізмів, що населяють їхнє тіло. Вони можуть призвести до порушення балансу між корисними та шкідливими мікроорганізмами (табл.1.2), що може послабити імунну систему риби та зробити її більш вразливою до інших інфекцій [3].

Токсичність: Деякі антибіотики можуть бути токсичними для риби, особливо при надмірному використанні або неправильному дозуванні [3].

Важливо вибрати правильні антибіотики для лікування інфекцій у риб. Для цього необхідно враховувати вид і тип інфекції, а також враховувати ризик розвитку резистентності. Застосування широкого спектра антибіотиків може призвести до неконтрольованого вибору резистентних штамів [3].

Таблиця 1.1 - Широко використовувані антибіотики в прісноводній аквакультурі

Хімікати	Кількість (n = 50)	%
Оксісентин 20%	17	34
Ренамокс	6	18
Ренаміцин	14	38
Оргаміцин 15%	11	32

Деякі антибіотики можуть мати побічні ефекти на риб. Наприклад, вони можуть призводити до зміни нормального функціонування шлунково-кишкового тракту, що може викликати розлади травлення та зниження апетиту. Деякі антибіотики також можуть мати токсичний вплив на нирки та печінку риби [3,16].

Зважаючи на те, що риба є важливим джерелом харчування для людей та тварин, використання антибіотиків в аквакультури може впливати на здоров'я людей, які споживають рибу та інші морські продукти [3].

Таблиця 1.2 – Захворювання об'єктів аквакультури

	Інфекційне захворювання	Уражені види	Збудник	Розповсюдження
І ти п	Епізоотичний виразковий синдром	Лососеві, сигові, коропові, вугри	Бактерії р. <i>Aeromonas</i> (<i>A. hydrophila</i> , <i>A. salmonicida</i> , <i>A. punctata</i>)	Всюди
	Аероманози	Лососеві, коропові	(<i>A. hydrophila</i> , <i>A. salmonicida</i>)	Всюди
	Запалення плавального міхура	Коропові	Бактерії р. <i>Aeromonas</i>	Всюди
	Бактеріальна ниркова хвороба	Лососеві	Бактерії р. <i>Corynebacterium</i>	Канада, Північна Америка, Шотландія
	Міксобактеріоз	Лососеві, осетрові	Бактерії р. <i>Flexibacter</i> , <i>Cytophaga</i> , <i>Sporocytophaga</i>	Китай, Північна Америка
	II ти п	Псевдомоноз коропів (краснухоподібне захворювання)	Коропові	Бактерії р. (<i>P. Cyprinisepticum</i> , <i>P. Capsulate</i>)
Псевдомоноз		Рослиноїдні	Бактерії р. (<i>P.</i>	Китай

Інфекційне захворювання	Уражені види	Збудник	Розповсюдження
(геіорагічна септицемія)	риби Далекосхідного регіону	<i>fluorescens</i> , <i>P. dermoalba</i>)	
Вібриоз	Риби солоних і солонувати водойм	<i>Vibrio anguillarum</i>	Аргентина, Європа, Канада, Північна Америка, Японія
Гемофілоз	Лососеві	<i>Haemophilus piscium</i>	Північна Америка

Деякі антибіотики можуть накопичуватися в тілі риби після їх використання або внаслідок забруднення навколишнього середовища. Основні антибіотики, які можуть накопичуватися в рибі, включають:

Тетрацикліни: Ці антибіотики широкого спектра дії, такі як окситетрациклін, хлортетрациклін та інші, можуть накопичуватися в тканинах риби. Вони використовуються для лікування різних бактеріальних інфекцій у риб [3].

Флорфенікол: Це антибіотик, який використовується для лікування інфекцій шкіри та вух у риб. Він може накопичуватися в тканинах риб та мати довготривалий ефект [3,17].

Сульфонаміди: Деякі сульфонаміди, наприклад сульфадіазин та сульфаметазин, можуть накопичуватися в тканинах риби. Вони використовуються для лікування бактеріальних інфекцій у риб [3].

Загальною проблемою використання антибіотиків в аквакультурі є ризик поширення резистентних штамів бактерій в навколишнє середовище. Резистентність бактерій до антибіотиків може зростати внаслідок мутацій або передачі генів, що кодують резистентність, між різними штамми бактерій [3].

У багатьох країнах, включаючи країни Європейського Союзу та США, існують регуляторні стандарти, які обмежують використання антибіотиків у промисловому рибництві та аквакультури. Наприклад, в ЄС заборонено використання антибіотиків як промислових засобів росту, і їх можна використовувати лише для лікування захворювань під контролем ветеринарів [3]. Антибіотики є важливими медикаментами для лікування і профілактики інфекційних захворювань у тваринництві, включаючи рибництво та аквакультуру. Проте, їх використання може мати негативний вплив на імунно-фізіологічний стан риб [3,18].

Довготривала експозиція до антибіотиків може спричинити дисбіоз кишкової мікрофлори у риби, що може зменшити імунну відповідь та збільшити її вразливість до інфекцій. Використання антибіотиків також може зменшити загальний імунітет риби, що може зробити її більш вразливою до захворювань та шкідливих впливів навколишнього середовища [3].

Крім того, використання антибіотиків у рибництві може мати екологічні наслідки, які можуть впливати на інші види тварин та навколишнє середовище. Наприклад, антибіотики можуть потрапляти в водні екосистеми та спричиняти зміни у складі мікробіоцинозу водних тварин, що може впливати на екосистемні функції та послуги екосистем [3].

Отже, використання антибіотиків у рибництві має бути обмеженим та регульованим, щоб зменшити їх негативний вплив на здоров'я риб та екосистему в цілому. Для цього необхідно використовувати антибіотики згідно з рекомендаціями ветеринарів, дотримуватися правил дозування та тривалості лікування та шукати альтернативні методи лікування та профілактики інфекцій у риб [3,19].

Водні об'єкти постійно перебувають у оточенні мікроорганізмів, які можуть проникати у яких, асоціюватися чи перебувати деякий час у тканинах і органах, не завдаючи шкоди. Вони постійно присутні у шлунково-кишковому тракті, звідки за певних умов можуть швидко проникати у внутрішні тканини та органи, що активно розмножуватимуться. Постійна

присутність у водному середовищі патогенної та умовно-патогенної мікрофлори представляє приховане вогнище бактеріальних інфекцій, яке здатне швидко реалізуватися у вигляді спалахів масових захворювань серед об'єктів, що культивуються, так і аборигенних представників природних водойм [3,19].

Спалахи бактеріальних захворювань нерідко призводять до смертності риб і безхребетних, що культивуються, важко піддаються локалізації при проведенні лікувально-профілактичних заходів, тому є найбільш економічно значущою перешкодою для розвитку аквакультури [3].

Антибіотики вважаються новими забруднювачами у водному середовищі, що створює серйозну проблему, оскільки більшість очисних споруд не були добре обладнані для усунення цих нових забруднень. Нещодавні дослідження показали, що зараз багато антибіотиків потрапляють у водне середовище, а відомостей про їх взаємодію з водними організмами мало [3].

Стійкість до антибіотиків у будь-якому середовищі вважається серйозною проблемою для громадського здоров'я. Тривале накопичення антибіотиків у водному середовищі призвело до зростання антимікробних резистентних генів (АРГ) у цьому середовищі. Було відмічено, що тип АРГ, що циркулює в певному регіоні, суттєво різниться залежно від часового та просторового розподілу.

Можливі механізми, за допомогою яких АРГ можуть взаємодіяти з водними організмами, підсумовано на (рис. 1.2). Незважаючи на ці засоби правового захисту, також важливо відзначити, що можлива доля наноматеріалів у водному середовищі ще повністю не встановлена, і її необхідно вивчити перед використанням, оскільки безперервне використання може виявитися токсичним у водному середовищі, якщо його не перевірити [3].

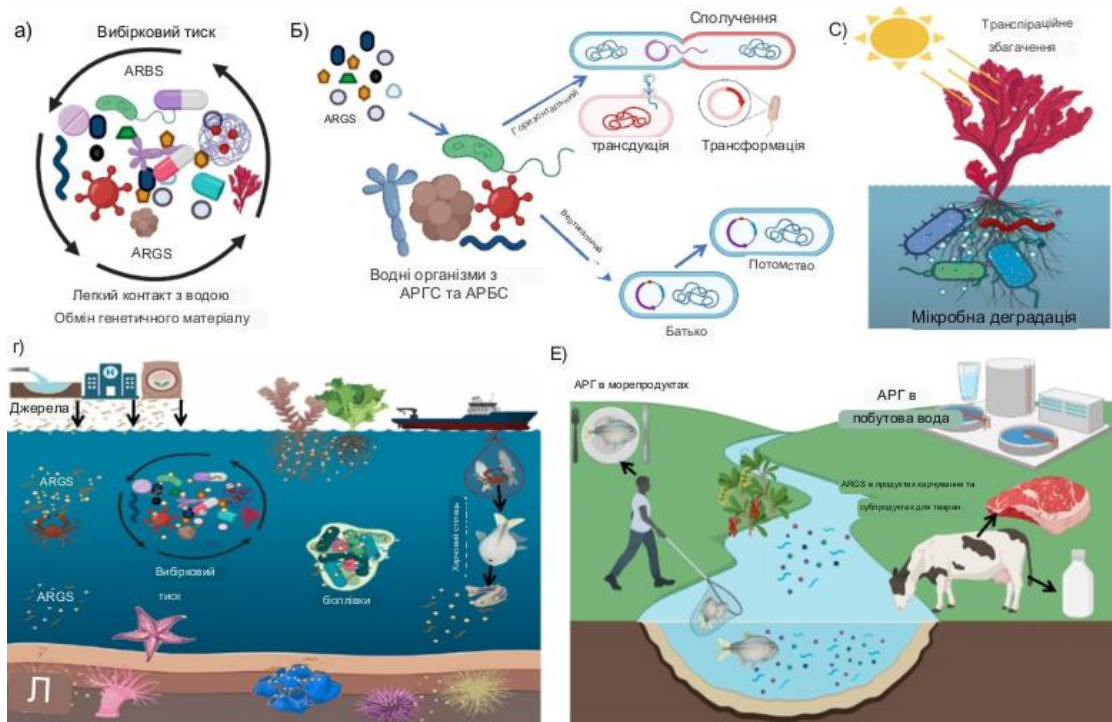


Рис. 1.2 - Стійкість до антимікробних препаратів у водних організмів

Присутність антибіотиків у водному середовищі добре задокументовано, і з часом водні мікроорганізми піддаються впливу цих антибіотиків, набуваючи АРГ, які вони передають іншим організмам. Наприклад, селективний тиск антибіотиків, який чиниться у водному середовищі, сприяє легкому контакту між мікроорганізмами та АРГ, що додатково сприяє легкому обміну та рекомбінації генетичного матеріалу [3,20].

Окрім селективного тиску або в поєднанні з ним, водні мікроорганізми можуть накопичуватися, утворюючи складні мікробні спільноти (наприклад, біоплівки), де відбувається обмін генетичним матеріалом.

Ці складні мікробні спільноти важче усунути через їх складну природу. У таких місцях генетичний матеріал передається від одного мікроорганізму до іншого через різні канали, такі як горизонтальна передача (наприклад, кон'югація, трансдукція та трансформація) або до наступних поколінь через вертикальну передачу.

Під час передачі генетичних матеріалів існує можливий ризик мутацій, що призводять до розвитку нових АРГ [3].

Постійне біонакопичення АРГ у водному середовищі призводить до їх присутності на різних трофічних рівнях. У водних харчових ланцюгах антибіотики були виявлені в рибі [3]. Концентрація антибіотиків у водних організмах може змінюватися в залежності від харчових звичок, місця в харчовому ланцюгу та розташування у водному середовищі. Водні рослини можуть накопичувати антибіотики у своїх коренях, і антибіотики будуть далі розкладатися іншими мікроорганізмами, які збагачують коріння, сприяючи поглинанню антибіотиків цими рослинами [3].

Хронічний вплив АРГ на рибу, рослини та інші водні організми робить їх токсичними та становить потенційний ризик для здоров'я людей і тварин, які їх споживають. Окрім прямого споживання морепродуктів людиною, люди також піддаються ризику впливу АРГ, коли споживають м'ясо або субпродукти тварин, які зазнали впливу АРГ [3,21].

Одним із способів зменшення ризиків є усунення за допомогою нанотехнологічних підходів. Однак необхідно визначити довгостроковий ефект нанотехнологій при обробці риби та інших водних організмів, оскільки вони можуть бути токсичними. Зростання нових АРГ може виявитися важко усунути звичайними процедурами дезінфекції відходів, створюючи додаткові ризики у воді, яка використовується в домашніх умовах [3].

Таким чином, безперервний моніторинг накопичення антибіотиків, АРГ способів передачі буде корисним для боротьби зі зростанням антимікробної резистентності у водному середовищі [3].

Вже існують нанотехнологічні підходи до очищення водних систем, а знання типів АРГ у водному середовищі можуть допомогти у розробці кращих нанотехнологічних процедур очищення води, щоб зменшити або повністю виключити їхню присутність як у домашніх, так і в домашніх умовах. дика вода [3].

1.1 Вплив антибіотиків на імунно-фізіологічний стан райдужної форелі

Райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*) – це один із найпоширеніших об'єктів аквакультури, зображена на (рис.1.3), тому вплив антибіотиків на її імунно-фізіологічний стан є важливим питанням для виробників риби та наукових дослідників [4,22].



Рис. 1.3 – Райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*)

Існує багато досліджень, присвячених впливу антибіотиків на імунно-фізіологічний стан райдужної форелі. Деякі з них показують, що використання антибіотиків може призводити до порушення деяких показників імунної системи риби, таких як кількість лейкоцитів, здатність до фагоцитозу та виробництва імуноглобулінів [4,23].

При тривалому та повторному застосуванні антибіотиків у райдужної форелі може спостерігатися зниження кількості лейкоцитів, що може призвести до порушення імунного захисту. Крім того, використання антибіотиків може впливати на функцію гранулоцитів – важливих клітин, що беруть участь у імунному захисті [4].

Використання антибіотиків може впливати на здатність райдужної форелі до фагоцитозу – процесу, коли фагоцитичні клітини поглинають і знищують інфекційні агенти. Це може спричинити погіршення захисту від бактеріальних інфекцій (рис.1.4) [4].

Крім того, використання антибіотиків може впливати на метаболічні процеси та нарощування тіла райдужної форелі. Деякі дослідження показали, що використання антибіотиків може знижувати швидкість росту та погіршувати якість риби [4].

Загалом використання антибіотиків в аквакультурі має бути обмежене і здійснюватися тільки за необхідності. При цьому важливо дотримуватися правильного дозування та режиму застосування, а також стежити за станом риби після застосування антибіотиків [4].

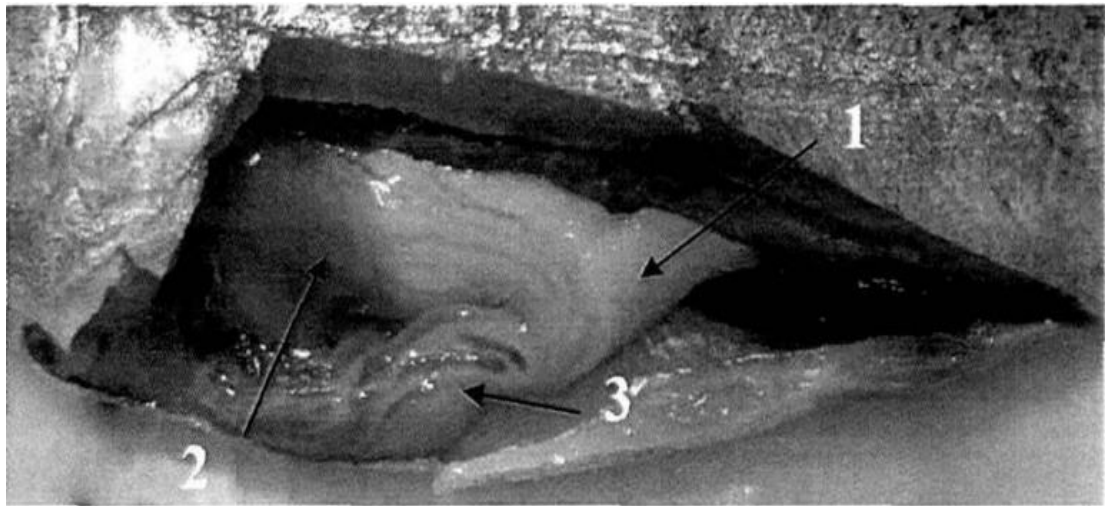


Рис. 1.4 - Патології внутрішніх органів райдужної форелі після 5 ін'єкцій антибіотиків.

1 - ліпоїдні скупчення; 2 – гіперемія печінки; 3 - гіперемія та в'ялість пілоричних придатків

Антибіотики можуть впливати на імунно-фізіологічний стан райдужної форелі, яка є одним з найбільш поширених видів промислових риб у світі[5].

По-перше, антибіотики можуть впливати на мікробіоту шлунково-кишкового тракту райдужної форелі. Як і інші тварини, риби мають мікробіоту, яка відіграє важливу роль у травленні, імунному захисті та інших аспектах здоров'я [5].

Використання антибіотиків може вбити не тільки патогенні бактерії, але й корисні мікроорганізми, що може порушити рівновагу мікробіоти та призвести до різних проблем зі здоров'ям форелі [5].

По-друге, використання антибіотиків може знижувати імунний захист райдужної форелі. Антибіотики вбивають не тільки патогенні бактерії, але й впливають на багато інших мікроорганізмів, включаючи ті, що відіграють важливу роль в імунному захисті. Це може призвести до зниження ефективності імунної системи та підвищити ризик виникнення інфекційних захворювань у райдужної форелі [5,24].

Крім того, використання антибіотиків може впливати на зростання та розвиток райдужної форелі. Деякі дослідження показали, що використання антибіотиків може знижувати швидкість росту та погіршувати якість риби. Це з тим, що антибіотики можуть проводити метаболічні процеси в організмі райдужної форелі і порушувати травлення [5].

Також слід зазначити, що деякі антибіотики можуть чинити токсичну дію на риби, що може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям і навіть загибелі. Тому використання антибіотиків має здійснюватися лише за необхідності та під контролем фахівців [5,25].

Використання антибіотиків може призвести до розвитку резистентності до них у бактерій, які можуть спричинити інфекційні захворювання у риб. Це означає, що при повторному використанні антибіотиків ефективність їх може знижуватися, що призводить до необхідності використання сильніших та токсичніших антибіотиків, що збільшує ризик для здоров'я риб та людей[5].

Крім того, використання антибіотиків може призвести до порушення екосистеми водойми, в якій містяться форелі. Антибіотики можуть токсично впливати на багато інших видів риб, мікроорганізми та рослини, які є важливими компонентами екосистеми. Це може призвести до зниження біорізноманіття та порушення екологічної рівноваги [5].

Існують альтернативні методи лікування та профілактики захворювань у райдужної форелі, які не вимагають використання антибіотиків. Наприклад,

можна використовувати пробіотики, які містять корисні бактерії, що сприяють зростанню та розвитку мікробіоти кишечника, а також імуномодулятори, які зміцнюють імунну систему риб [5].

Таким чином, використання антибіотиків у райдужної форелі може негативно впливати на її здоров'я, імунно-фізіологічний стан та екологічну ситуацію у водоймі. Тому використання антибіотиків має здійснюватися лише за необхідності та під контролем фахівців, а також повинні розглядатися альтернативні методи лікування та профілактики захворювань [5,26].

1.2 Оцінка смакової привабливості антибіотиків

Смакова привабливість антибіотиків є важливим фактором, який може впливати на їх використання у харчовій промисловості. Однак, ступінь впливу смакових якостей антибіотиків на споживчі переваги може бути різним і залежить від багатьох факторів [6,27].

Деякі дослідження показують, що деякі антибіотики можуть небажано впливати на смакові якості продуктів. Наприклад, антибіотики з класу тетрациклінів можуть призводити до утворення неприємних смакових відтінків у м'ясі та молоці, таких як гіркота або металевий присмак. Це пов'язано з тим, що тетрацикліни можуть зв'язуватися з кальцієм та магнієм, присутніми у м'ясі та молоці, утворюючи комплекси, що впливають на смак продукту [6].

Крім того, деякі антибіотики можуть токсично впливати на людину і викликати алергічні реакції, що також може знижувати смакову привабливість продуктів [6].

Однак не всі антибіотики мають небажаний вплив на смак продуктів. Деякі антибіотики, такі як пеніциліни та цефалоспорини, не мають помітного впливу на смак продуктів [6].

В цілому оцінка смакової привабливості антибіотиків залежить від багатьох факторів, таких як тип антибіотика, дозування, спосіб застосування, стан продукту та індивідуальні уподобання споживачів. Тому, приймаючи рішення про використання антибіотиків у харчовій промисловості, необхідно враховувати не лише їх смакові якості, а й інші аспекти, пов'язані з їхньою безпекою та ефективністю [6].

Для оцінки смакової привабливості антибіотиків у харчових продуктах проводяться різноманітні дослідження. Одним із методів є сенсорна оцінка, при якій спеціально навчені панелісти оцінюють смак та аромат продукту, в якому є антибіотик. При цьому використовуються шкали, які дозволяють оцінити рівень впливу антибіотика на смакові властивості продукту [6,28].

Крім того, для оцінки впливу антибіотиків на смак продуктів можна використати біохімічні методи. Наприклад, для визначення вмісту шкідливих домішок у м'ясі та молоці, таких як тетрацикліни, використовують методи газової та рідинної хроматографії [6].

Одним із викликів при оцінці смакової привабливості антибіотиків є їхня селективність щодо мікроорганізмів. Деякі антибіотики можуть впливати не тільки на патогенні, але і на корисні мікроорганізми, які впливають на якість продукту та його смакові властивості. Тому вибір антибіотика та дозування повинні здійснюватися з урахуванням не тільки його ефективності, але і його впливу на мікрофлору продукту [6].

Загалом оцінка смакової привабливості антибіотиків є важливим аспектом при їх використанні в харчовій промисловості. Однак, необхідно враховувати не лише смакові якості продукту, а й інші аспекти, такі як безпека, ефективність та селективність щодо мікроорганізмів [6].

Для більш точної оцінки впливу антибіотиків на смак продуктів проводяться різні дослідження, які включають не тільки сенсорну оцінку, але й аналіз хімічного складу та структури продуктів. Наприклад, для оцінки смакових властивостей м'ясних продуктів проводяться дослідження, пов'язані

з їхньою текстурою, вмістом жиру та білка, рН, наявністю шкідливих домішок та інших факторів [6].

Також при оцінці смакової привабливості антибіотиків враховуються фактори, пов'язані з їх способом застосування. Наприклад, при використанні антибіотиків у кормах для тварин необхідно враховувати вплив цих речовин на смак м'яса, молока та інших продуктів тваринництва [6].

Важливим аспектом при оцінці смакової привабливості антибіотиків є їхня безпека для споживача. Деякі антибіотики можуть накопичуватися в тканинах тварин та птиці, і якщо їх вміст перевищує допустимі норми, це може бути шкідливим для здоров'я людини. Тому, при використанні антибіотиків у харчовій промисловості необхідно дотримуватись норм і правил, встановлених законодавством, та проводити контроль якості продуктів [6].

Загалом оцінка смакової привабливості антибіотиків є важливим завданням при їх використанні в харчовій промисловості. Вона дозволяє оцінити ефект від застосування антибіотиків на смак та якість продукту, а також визначити оптимальне дозування та спосіб застосування речовини, але є антибіотики, до яких виявляють чутливість збудники основних інфекцій водних об'єктів (табл. 1.3) [6,29].

Іншим фактором, який може впливати на смакову привабливість антибіотиків, є їх тип та хімічна властивість. Наприклад, деякі антибіотики можуть мати гіркий або металевий присмак, що може знижувати їхню привабливість для споживача. Також необхідно враховувати взаємодію антибіотиків з іншими компонентами продуктів, такими як спеції та трави, які можуть покращувати або погіршувати смакові властивості продукту [6].

Одним із методів оцінки смакової привабливості антибіотиків є проведення органолептичних досліджень. Вони можуть включати оцінку зовнішнього вигляду, текстури, смаку, запаху та інших параметрів продукту. Ці дослідження проводяться на спеціально підібраних панелях дегустаторов, які оцінюють продукт за шкалою відмінною до неприйнятної [6].

Також для оцінки смакових властивостей антибіотиків можуть використовуватися різні методи хімічного аналізу. Наприклад, мас-спектрометрія та газова хроматографія можуть використовуватися для аналізу компонентів, що впливають на смак продукту [6].

Деякі дослідження також показують, що антибіотики можуть впливати на стан мікробіома в кишечнику тварин, що може вплинути на їх здоров'я та загальну життєздатність.

Тому оцінка впливу антибіотиків на мікробіом та здоров'я тварин також може бути важливим фактором при оцінці смакової привабливості цих речовин [6].

Зрештою, слід зазначити, що смакова привабливість є важливим фактором для продажу продуктів у харчовій промисловості. Тому оцінка впливу антибіотиків на смак і якість продукту може мати значне економічне значення для виробників [6,30].

Таблиця 1.3 - Список антибіотиків, до яких виявляють чутливість збудники основних інфекцій водних об'єктів

Інфекційні захворювання	Збудники	Антибіотики, до яких чутливі збудники
Аеромонози	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Aeromonas salmonicida</i> , <i>Aeromonas punctata</i>	Хлорамфенікол, левоміцетин, синтоміцин, тетрацикліни (терапіцин, біоміцин)
Псевдомонози	<i>P. cyprinisepticum</i> , <i>P. Capsulata</i>	Тетрацикліни (ауреоміцин), цефалоспорини (цефалексин, цефотаксим)
Псевдомонози	<i>P. fluorescens</i> , <i>P. Dermoalba</i>	Аміноглікозиди (канаміцин), ванкоміцин

Інфекційні захворювання	Збудники	Антибіотики, до яких чутливі збудники
Вібріоз	<i>Vibrio anguillarum</i>	Хлорамфенікол, левоміцетин
Гемофілоз	<i>Haemophilus piscium</i>	Тетрацикліни (терраміцин), хлорамфенікол
Коринобактеріоз	<i>Corynebacterium</i>	Цефалоспорини, макроліди (еритроміцин)
Міксобактеріози	<i>Flexibacter, Cytophaga, Sporocytophaga</i>	Хлорамфенікол (левоміцетин), макроліди. (еритроміцин)

Ще одним фактором, який може впливати на смакову привабливість антибіотиків, є їхнє дозування та тривалість використання. Високі дози антибіотиків можуть залишати залишковий смак продукту, що може знижувати його привабливість.

Крім того, тривале використання антибіотиків може призвести до розвитку резистентності у мікроорганізмів, що може позначитися на якості продукту та його смаку[6].

Також слід враховувати, що вплив антибіотиків на смакову привабливість може залежати від виду та типу продукту. Наприклад, антибіотики можуть мати різний смаковий ефект на свіжі та заморожені продукти, на консервовані продукти або на продукти, що піддаються термічній обробці [6].

І нарешті, слід зазначити, що смакова привабливість може бути індивідуальною та залежати від переваг споживачів. Деякі люди можуть не помічати смаку антибіотиків у продуктах, тоді як для інших це може бути значним фактором. Тому при оцінці смакової привабливості антибіотиків необхідно враховувати переваги та думки споживачів [6].

1.3 Вплив ін'єкцій антибіотиків на імунно-фізіологічний стан форелі

Ін'єкції антибіотиків можуть мати різний вплив на імунно-фізіологічний стан форелі в залежності від дозування, типу антибіотика, тривалості курсу лікування та інших факторів (табл.1.4). Деякі з можливих ефектів:

1. Зниження рівня бактеріальної інфекції: антибіотики можуть допомогти боротися з бактеріальними інфекціями у форелі, що може покращити її фізіологічний стан та підвищити імунітет [7].

2. Негативна дія на мікрофлору кишечника: антибіотики можуть знищити не тільки патогенні, але й корисні бактерії в кишечнику форелі, що може порушити нормальне функціонування травної системи та послабити імунітет[7,31].

3. Розвиток резистентності до антибіотиків: при частому використанні антибіотиків можливий розвиток резистентності бактерій до них, що може призвести до зменшення ефективності лікування та підвищеного ризику поширення інфекцій[7].

4. Токсична дія: високі дози антибіотиків або неправильне застосування можуть призвести до токсичних ефектів на організм форелі, що може негативно вплинути на її імунітет і фізіологічний стан [7].

Таблиця 1.4 - Вплив антибіотиків на імунну систему форелі

Антибіотик	Вплив на імуннофізіологічний стан форелі
Амоксицилін	Може призводити до депресії імунної системи та зниження активності фагоцитів.
Окситетрациклін	Може впливати на імунну систему риби, спричиняючи зниження активності лейкоцитів та зниження імунітету.
Еритроміцин	Може мати депресивний ефект на імунну систему

Антибіотик	Вплив на імунофізіологічний стан форелі
	риби, призводячи до зниження активності фагоцитів та інших клітин імунної системи.
Флорфенікол	Може призводити до зниження активності фагоцитів та інших елементів імунної системи риби.
Терраміцин	Може мати депресивний ефект на імунну систему риби, знижуючи активність фагоцитів та інших елементів імунітету.

Тому, перед застосуванням антибіотиків необхідно звернутися до ветеринару та дотримуватися його рекомендацій щодо дозування та тривалості курсу лікування.

Також важливо дотримуватись заходів профілактики захворювань, такі як хороша якість води, правильне харчування та догляд за рибами [7].

Ін'єкції антибіотиків – це один із методів лікування бактеріальних інфекцій у риб. Вони можуть використовуватись як для лікування захворювань, так і для профілактики виникнення інфекцій в аквакультурі.

Однак, як уже було сказано, використання антибіотиків може мати різний вплив на імунофізіологічний стан риб та навколишнього середовища[7,32].

При лікуванні риб ін'єкціями антибіотиків необхідно враховувати тип інфекції, яку слід лікувати, а також чутливість патогенних бактерій до конкретного антибіотика. Залежно від цього ветеринар може рекомендувати використання різних антибіотиків та дозувань [7].

Вплив антибіотиків на імунітет та фізіологічний стан риб може бути як позитивним, так і негативним. Наприклад, зниження рівня бактеріальної інфекції може зменшити стрес та покращити загальний фізіологічний стан риби.

Однак, як уже згадувалося, використання антибіотиків може негативно впливати на мікрофлору кишечника риби, що може призвести до порушень

травлення та загального зниження імунітету. Також можливий розвиток резистентності бактерій до антибіотиків, що ускладнює лікування захворювань [7].

Тому важливо використовувати антибіотики лише за наявності достатніх медичних показань та під контролем ветеринарного фахівця. Крім того, для підтримки здоров'я риб важливо дотримуватись усіх необхідних заходів профілактики захворювань, таких як правильне харчування, контроль якості води та інші [7].

При використанні антибіотиків в аквакультурі важливо пам'ятати, що вони можуть впливати на мікробіом риби та навколишнє середовище. Мікробіом – це сукупність мікроорганізмів, які населяють кишечник риби та виконують важливі функції для її здоров'я, такі як посилення імунітету, травлення та синтез вітамінів. Використання антибіотиків може змінити склад мікробіома риби, що може призвести до дисбалансу та подальшого погіршення її здоров'я [7,33].

Одним із методів, що допомагають знизити ризики розвитку резистентності бактерій до антибіотиків, є використання пробіотиків. Пробіотики - це живі мікроорганізми, які додаються в корм або воду для риб з метою покращення стану мікробіома та зміцнення імунітету. Їх використання може знизити необхідність застосування антибіотиків і, отже, знизити ризик розвитку резистентності [7].

Крім того, важливо враховувати, що використання антибіотиків може впливати на навколишнє середовище, у тому числі на воду та інші живі організми. Різні дослідження показують, що антибіотики можуть потрапляти у водоймища через відходи рибництва та вносити негативний вплив на водну екосистему та біорізноманіття [7].

В цілому, при використанні антибіотиків в аквакультурі важливо дотримуватись усіх необхідних запобіжних заходів, контролювати дозування та режим використання, а також здійснювати моніторинг стану мікробіома

риб та навколишнього середовища. Тільки так можна досягти найкращих результатів у лікуванні та профілактиці захворювань риб [7].

Застосування антибіотиків може впливати якість продукції рибництва. Наприклад, деякі антибіотики можуть накопичуватись у тканинах риби і залишатися там протягом тривалого часу, що може призвести до небажаних наслідків для споживачів. У деяких країнах встановлюються максимально допустимі рівні залишкових кількостей антибіотиків у рибній продукції, які мають бути дотримані [7].

Резистентність бактерій до антибіотиків є глобальною проблемою і використання антибіотиків в аквакультурі може посилювати цю проблему. Резистентність розвивається внаслідок багаторазового використання антибіотиків, що призводить до появи бактерій, які не піддаються лікуванню стандартними антибіотиками. Це може спричинити погіршення стану здоров'я риб та інших тварин, а також утруднити лікування бактеріальних інфекцій у людей [7].

Альтернативним методом лікування риб є використання біологічних препаратів, таких як бактеріофаги. Бактеріофаги – це віруси, які специфічно атакують та знищують бактерії. Їх використання може бути ефективним у лікуванні бактеріальних інфекцій риб та може знизити необхідність застосування антибіотиків [7,34].

Розвиток нових технологій, таких як генетичний інжиніринг може надати нові можливості для лікування хвороб риб без використання антибіотиків. Наприклад, за допомогою генетичної модифікації можна створювати риб, які мають сильнішу імунну відповідь або можуть виробляти білки, які вбивають бактерії [7].

Загалом використання антибіотиків в аквакультурі має бути обґрунтованим та здійснюватися відповідно до рекомендацій фахівців та нормативних документів [7].

1.4 Оцінка смакової привабливості антибіотиків для райдужної форелі

Як і будь-яка інша риба, райдужна форель може мати індивідуальні уподобання в харчових продуктах. Оцінка смакової привабливості антибіотиків для райдужної форелі (в табл.1.5) може бути виконана шляхом проведення тестів на переваги в їжі[8,35].

Таблиця 1.5 - Смакова привабливість антибіотиків для форелі. $M \pm m$ - середнє значення показника та його помилка; відмінності щодо інтактних особин достовірні при p : * - <0.05 , - <0.01 , * - <0.001 .**

Подразник	Концентрація, мг/мл	Споживання гранул, %	Індекс смакової привабливості, %
Бензилпеніцилін	1	45.0 \pm 5.0	0-0.09
	10	53.0 \pm 5.0	0-0.01
	100	24.0 \pm 4.3	-38.46
Окситетрациклін	1	32.0 \pm 4.7	-25.58
	10	73.0 \pm 4.5	-14.96
	100	74.0 \pm 4.4	-15.63
Цефазолін-акос	1	30,0 \pm 4.6	-28.57
	10	46.0 \pm 5.0	0-0.08
	100	34.0 \pm 4.8	-22.73
Неоміцин	1	90.0 \pm 3.0	-25.00
	10	98.0 \pm 1.4	-28.95
	100	98.0 \pm 1.4	-28.95
Екстракт личинок хірономід	175	98.0 \pm 1.4	-28.95

Для проведення таких тестів можна використовувати двокамерну тестову систему, де в одній із камер знаходиться їжа, оброблена антибіотиком, а в іншій – їжа без антибіотика. Райдужні форелі поміщатимуться в центр тестової системи та допускатимуться до обох камер, після чого вимірюються показники споживання їжі з кожної камери [8].

Показники споживання можуть бути використані для оцінки смакової привабливості антибіотиків для форелі. Якщо райдужні форелі споживають більше їжі, обробленої антибіотиком, ніж без антибіотика, це може вказувати на те, що вони воліють їжу, оброблену антибіотиком. Однак, якщо вони споживають менше їжі, обробленої антибіотиком, це може вказувати на те, що вони віддають перевагу їжі без антибіотика [8].

Важливо відзначити, що оцінка смакової привабливості антибіотиків для райдужної форелі може бути лише одним із критеріїв вибору антибіотиків для використання в аквакультури. Крім смакових переваг, також необхідно враховувати безпеку та ефективність антибіотиків для райдужної форелі та їх вплив на довкілля [8,36].

Тести на переваги їжі для райдужної форелі можуть проводитися в різних умовах. Дослідники можуть змінювати концентрацію антибіотика в їжі, щоб визначити, яка концентрація є найбільш привабливою для риби. Також можна використовувати різні види антибіотиків і проводити тести, щоб визначити, який антибіотик більш привабливий для форелі [8].

Однак, при проведенні таких тестів необхідно враховувати, що смакові уподобання можуть змінюватися в залежності від віку, розміру та стану здоров'я риби. Крім того, антибіотики можуть мати різні смакові властивості, які можуть впливати на їхню привабливість для райдужної форелі [8].

Крім проведення тестів на уподобання в їжі, для оцінки смакової привабливості антибіотиків для райдужної форелі можуть використовуватися й інші методи. Наприклад, можна проводити аналізи їжі, щоб визначити, чи містяться в ній антибіотики і як це впливає на її смакові властивості. Також

можна проводити аналізи, щоб визначити, які хімічні сполуки в антибіотиках впливають на їх смакові властивості [8].

У будь-якому випадку, при виборі антибіотиків для використання в аквакультури необхідно враховувати не лише смакові переваги форелі, але і їх безпеку та ефективність. Для цього проводяться різні дослідження, які оцінюють вплив антибіотиків на рибу, а також їх вплив на довкілля. Крім того, враховуються фактори, пов'язані з виробництвом та використанням антибіотиків, такі як вартість та доступність [8].

Крім оцінки смакової привабливості, для вибору антибіотиків для використання в аквакультури також проводяться дослідження їхньої фармакокінетики та фармакодинаміки. Ці дослідження дозволяють визначити, як швидко та ефективно антибіотики всмоктуються з стравоходу риби та розподіляються по тканинах, а також як довго вони залишаються в організмі риби та яка їх ефективність у боротьбі з бактеріальними інфекціями [8,37].

Важливим аспектом вибору антибіотиків для аквакультури є їх здатність до утворення резистентності. Антибіотики можуть прискорювати процес розвитку резистентності у бактерій, що може спричинити зменшення ефективності цих препаратів у майбутньому. Тому при виборі антибіотиків для використання в аквакультури важливо враховувати їхню здатність до викликання резистентності та проводити їх використання з урахуванням запобіжних заходів та регулювання [8].

Загалом вибір антибіотиків для використання в аквакультури є складним і багатогранним процесом, який вимагає врахування безлічі факторів, включаючи їх безпеку та ефективність, смакові властивості для риби, їх фармакокінетику та фармакодинаміку, а також можливість утворення резистентності у бактерій (табл 1.6). У результаті правильний вибір антибіотиків допоможе забезпечити здоров'я риби, підвищити продуктивність аквакультури та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище [8].

Таблиця 1.6 - Параметри смакової відповіді ($M \pm m$) райдужної форелі, які закінчилися споживанням (над межею) або відкиданням (під межею) гранул з антибіотиками. $M \pm m$ – середнє значення показника та його помилка; відмінності щодо інтактних особин достовірні при $p: * - <0.05$

Подразник	Концентрація, мг/мл	Число схоплювань	Тривалість утримання гранули, с	
			Після першого схоплювання	Протягом всього досвіду
Бензилпеніцилін	1	1.3 ± 0.1 1.7 $\pm 0.1^*$	7.4 \pm 0.4 1.5 \pm 0.1***	8.2 \pm 0.3 2.2 \pm 0.2***
	10	1.4 \pm 0.1 1.7 \pm 0.2*	7.1 \pm 0.4 1.5 \pm 0.1***	8.5 \pm 0.3 2.5 \pm 0.3***
	100	1.8 \pm 0.3 1.6 ± 0.1	6.6 \pm 0.7 1.7 ± 0.1 ***	8.3 \pm 0.5 2.3 \pm 0.2***
Окситетрациклін	1	1.3 ± 0.1 1.9 \pm 0.2**	7.0 \pm 0.5 1.3 \pm 0.1***	7.9 \pm 0.4 2.2 \pm 0.2***
	10	1.1 \pm 0.0 1.4 ± 0.1 ***	8.4 \pm 0.3 1.6 \pm 0.2***	8.7 \pm 0.3 2.0 \pm 0.2***
	100	1.0 \pm 0.0 1.5 ± 0.1 ***	8.4 \pm 0.3 1.6 \pm 0.2***	8.6 \pm 0.3 2.0 \pm 0.3***
Цефазолінакос	1	1.6	6.8 \pm 0.6	8.7 \pm 0.4

Подразник	Концентрація, мг/мл	Число схоплювань	Тривалість утримання гранули, с	
			Після першого схоплювання	Протягом всього досвіду
		± 0.2 1.5 ± 0.1	$1.6 \pm 0.1^{***}$	$2.1 \pm 0.2^{***}$
	10	1.6 ± 0.2 1.9 ± 0.2	6.9 ± 0.4 $1.6 \pm 0.1^{***}$	8.2 ± 0.3 $2.6 \pm 0.3^{***}$
	100	1.6 ± 0.2 1.6 ± 0.1	6.9 ± 0.7 $1.9 \pm 0.2^{***}$	9.0 ± 0.4 $2.5 \pm 0.2^{***}$
Сульфат неоміцину	1	1.0 ± 0.0 $1.3 \pm 0.2^{**}$	7.7 ± 0.3 $2.3 \pm 0.9^{***}$	7.9 ± 0.2 $2.6 \pm 0.8^{***}$
	10	1.0 ± 0.0 $1.5 \pm 0.5^{***}$	8.2 ± 0.3 $1.8 \pm 0.2^{***}$	8.4 ± 0.2 $2.4 \pm 0.4^{***}$
	100	1.1 ± 0.0 1.0 ± 0.0	7.5 ± 0.3 $2.6 \pm 1.0^*$	7.8 ± 0.2 $2.6 \pm 0.1^{**}$
Екстракт хірономід	175	1.1 ± 0.0 $4.0 \pm 1.0^{***}$	6.4 ± 0.3 $1.2 \pm 0.0^*$	6.8 ± 0.3 4.0 ± 1.0
Контроль		1.6 ± 0.2 1.9 ± 0.2	6.5 ± 0.4 $1.9 \pm 0.2^{***}$	8.3 ± 0.3 $2.7 \pm 0.3^{***}$

Для вибору антибіотиків в аквакультури також важливо враховувати їхню потенційну дію на людське здоров'я. У деяких випадках антибіотики можуть залишатися в продуктах рибальства та аквакультури, які потім потрапляють на стіл споживача. Тому при виборі антибіотиків для використання в аквакультури необхідно враховувати їх токсикологічні властивості та забезпечувати дотримання нормативів безпеки для продуктів рибальства та аквакультури [8,37].

Крім того, варто зазначити, що використання антибіотиків в аквакультурі може викликати небажані наслідки, включаючи розвиток резистентності у бактерій, викид антибіотиків у навколишнє середовище та можливий негативний вплив на мікробіоми риби та навколишнього середовища. Тому в деяких країнах вживаються заходи щодо регулювання використання антибіотиків в аквакультурі, включаючи обмеження на їх використання та заохочення альтернативних методів профілактики та лікування хвороб риби [8].

Загалом вибір антибіотиків для використання в аквакультурі є складним і відповідальним процесом, який повинен враховувати безліч факторів. Це включає оцінку їх ефективності та безпеки для риби та людини, облік фармакокінетичних та фармакодинамічних властивостей, можливість утворення резистентності у бактерій, а також їх вплив на довкілля. Зрештою, правильний вибір антибіотиків допоможе забезпечити здоров'я риби, захистити довкілля та забезпечити сталий розвиток аквакультури [8].

2 АНТИБІОТИКИ В ОБ'ЄКТАХ АКВАКУЛЬТУРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТАН ЯКОСТІ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Антибіотики використовуються в аквакультурі з метою лікування та контролю бактеріальних інфекцій у рибних популяціях (рис.2.1). Однак їх використання може мати певний вплив на стан якості рибної продукції [9,38].

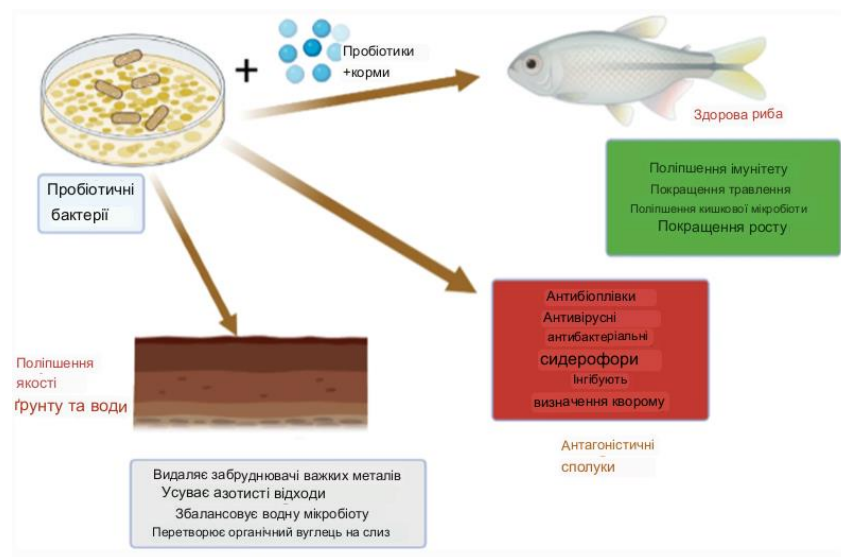


Рис. 2.1 – Корисна дія пробіотиків на гідробіонтів

Залишкові рівні антибіотиків: Використання антибіотиків може призводити до залишкових рівнів цих речовин у тканинах риби. Залишкові рівні антибіотиків мають бути контрольовані та мають відповідати встановленим нормам безпеки харчових продуктів. Важливо, щоб споживачі не відбували негативних наслідків від споживання рибної продукції з високими залишковими рівнями антибіотиків [9,14].

Резистентність до антибіотиків: Використання антибіотиків у аквакультурі може призводити до розвитку резистентності бактерій. Резистентні бактерії можуть потрапляти у рибну продукцію, що може

створювати проблему з попередження і лікування бактеріальних інфекцій у людей, які споживають цю продукцію [9,14].

Взаємодія з іншими організмами: Антибіотики можуть мати вплив на некорисну мікрофлору в рибних системах, такі як акваріуми або водойми, які використовуються в аквакультурі. Це може вплинути на екологічні процеси і взаємодію організмів у цих системах [9,14].

Таблиця 2.1 – Хроматографічні методи визначення антибіотиків у рибній продукції

Антибіотик	Метод	Умови визначення	Межа виявлення	Об'єкт
Окситетрациклін	ВЄЖХ	ФЛ детектор. лізлуч. =335 нм ФЛ детектор.	20 нг/г	Рибне філе
Тетрациклін Окситетрациклін Хлортетрациклін демеклоциклін	Афінна хроматографія	УФ детектир. λвоб. = 350 нм	3-6 мкг/кг	Лосось форель
Флюомехин Налідіксова і оксалінова кислоти, Нофлосацин β- лактамні антибіотики	ВЄЖХ	ФЛ детектир. λвоб. = 318 – 325 нм лізлуч. =365 нм	5 нг/г	Тунець, лосось, креветки

Антибіотик	Метод	Умови визначення	Межа виявлення	Об'єкт
Антибіотики хінолонового ряду	Рідкосна хроматографія	Мас-спектрометричне детектування	20 нг/л	Морська риба

Антибіотики використовуються в аквакультурі для профілактики та лікування захворювань риб. Однак, їх недбале використання може мати негативний вплив на стан якості рибної продукції:

Акумуляція антибіотиків: Деякі антибіотики можуть накопичуватися в тканинах риби, що може призвести до їх токсичної дії на організм споживача.

Розвиток антибіотикорезистентності: Постійне використання антибіотиків у рибництві може сприяти розвитку антибіотикорезистентності в бактеріях, що може ускладнити лікування інфекцій, які можуть передаватися людям через рибну продукцію [9,39].

Забруднення навколишнього середовища: Використання антибіотиків може призвести до забруднення водних ресурсів, що може вплинути на якість води та здоров'я риб [9].

Вплив на рівень поживної цінності: Використання антибіотиків може вплинути на рівень поживної цінності рибної продукції, зменшуючи вміст жирів, вітамінів та інших корисних речовин [9].

Для того, щоб запобігти негативному впливу антибіотиків на стан якості рибної продукції, необхідно дотримуватися рекомендацій з використання антибіотиків, проводити контроль якості води та рибництва, ретельно відслідковувати якість рибної продукції та проводити відповідну санітарну обробку [9,14].

Серед антибіотиків, які використовують у рибництві, можна виділити такі:

- тетрацикліни (наприклад, окситетрациклін, тетрациклін і доксициклін);
- флорфенікол (широкоспектровий антибіотик, який використовують для лікування бактеріальних інфекцій риб);
- оксоліцин (також використовується для боротьби з бактеріальними інфекціями у риб);
- еритроміцин (макролідний антибіотик, що використовують для профілактики і лікування бактеріальних інфекцій у риб);

нітрофурантоїн (антибіотик, який використовують у рибництві для лікування хвороб, спричинених бактеріями роду *Aeromonas* та *Pseudomonas*) [9].

Окситетрациклін: Це широкоспектральний антибіотик з класу тетрациклінів. Використовується для лікування бактеріальних інфекцій у риб, таких як фураколіоз, аеромоноз та хвороби зябер[9,40].

Еритроміцин: Цей антибіотик з класу макролідів використовується для лікування інфекцій у риб, спричинених бактеріями, такими як еризипелоїдні вібріони[9].

Флорфенікол: Це антибіотик з класу хлорамфеніколу, який використовується для лікування грам-негативних та грам-позитивних бактеріальних інфекцій у риб[9].

Сульфонаміди: Це група антибіотиків, які використовуються для лікування інфекцій, спричинених бактеріями, такими як аеромонади та стафілококи[9].

Флороквінолони: Це клас антибіотиків, до якого належить, наприклад, енрофлоксацин. Використовується для лікування грам-негативних бактеріальних інфекцій у риб, таких як вібріоз[9].

Також використовують інші антибіотики, але на їх застосування в рибництві можуть бути обмеження та регулювання через ризик для здоров'я людей та негативний вплив на довкілля [9].

2.1 Використання антибіотиків в аквакультури

Використання антибіотиків у сфері аквакультури має деякі особливості і відбувається відповідно до місцевих законодавчих актів та регуляторних вимог:

Профілактика та лікування захворювань: Антибіотики використовуються для профілактики та лікування бактеріальних захворювань у риб. Вони можуть допомогти знизити ризик поширення інфекцій та підвищити виживаність риб[10].

Специфічність вибору антибіотиків: При виборі антибіотиків враховуються вид риби, тип інфекції, рівень чутливості бактерій до різних антибіотиків та ризик розвитку резистентності. Проводяться лабораторні тести для визначення ефективності антибіотиків перед їх застосуванням[10].

Врахування періоду вилучення: Період вилучення є часом, протягом якого після використання антибіотика в м'ясі риби залишаються лише безпечні рівні резидуалів. Врахування періоду вилучення допомагає гарантувати, що рибна продукція, яка потрапляє на ринок, не містить небезпечних рівнів антибіотиків (табл. 2.1) [10,41].

Таблиця 2.2 - Використання антибіотиків в аквакультури

Тип аквакультури	Поширені антибіотики
Рибництво	Окситетрациклін, еритроміцин, тетра-міцин, флорфенікол, фурамід
Молюсківництво	Окситетрациклін, флорфенікол, хлорамфенікол, тетра-міцин
Раківництво	Окситетрациклін, хлорамфенікол, енрофлоксацин
Морські водорості	Окситетрациклін, флорфенікол, тетрациклін, сульфадіазин

Регуляція використання: Багато країн мають правові норми та регуляції, що обмежують використання антибіотиків у рибництві. Ці норми встановлюють максимально допустимі рівні резидуалів антибіотиків у рибній продукції та встановлюють обмеження щодо використання деяких класів антибіотиків [10].

Використання антибіотиків в аквакультури зазвичай здійснюється для профілактики та лікування інфекційних захворювань у риб та інших водних організмів. Однак, це може мати негативний вплив на якість рибної продукції та довкілля [10].

За використання антибіотиків у рибництві відповідальність несуть як виробники рибної продукції, так і ветеринарні служби країн, які експортують рибу. У деяких країнах існують правила та обмеження на використання антибіотиків у рибництві, що регулюються законодавством [10,42].

Інтенсифікація виробництва та збільшення обсягів продукції аквакультури призводять до погіршення гідрохімічного режиму водойми за рахунок забруднення водного середовища продуктами метаболізму риб та залишками корму, що сприяє активізації зростання чисельності сапрофітної, умовно-патогенної та патогенної мікрофлори, порушення процесів відновлення та самоочищення води, сапробності водойм. Масштабне зростання штучного вирощування риб найчастіше супроводжується деградацією водних екосистем, посиленням дестабілізуючого впливу на риб різних стресових факторів природного та антропогенного походження [10].

Водні об'єкти постійно перебувають у оточенні мікроорганізмів, які можуть проникати у яких, асоціюватися чи перебувати деякий час у тканинах і органах, не завдаючи шкоди. Вони постійно присутні у шлунково-кишковому тракті, звідки за певних умов можуть швидко проникати у внутрішні тканини та органи, що активно розмножуватимуться [10].

Постійна присутність у водному середовищі патогенної та умовно-патогенної мікрофлори представляє приховане вогнище бактеріальних інфекцій, яке здатне швидко реалізуватися у вигляді спалахів масових

захворювань серед об'єктів, що культивуються, так і аборигенних представників природних водойм [10].

Спалахи бактеріальних захворювань нерідко призводять до смертності риб і безхребетних, що культивуються, важко піддаються локалізації при проведенні лікувально-профілактичних заходів, тому є найбільш економічно значущою перешкодою для розвитку аквакультури [10].

Під терміном "інфекція" або "інфекційний процес" мається на увазі вся сукупність явищ, що відбуваються в організмі тварини після проникнення до неї патогенних мікробів. Для виникнення інфекційного процесу потрібні наявність збудника інфекції, що має певну вірулентність і сприйнятливості до даної інфекції тварини (макроорганізму), а також певні умови зовнішнього середовища, необхідні для виникнення та розвитку інфекційного процесу. Вірулентність представляє ступінь чи міру патогенності окремих штамів мікроба, що полягає у здатності розмножуватися в макроорганізмі, пригнічувати його захисні сили та надавати хвороботворну дію на тканини та органи [10,43].

Інфекційний процес, що супроводжується проявом ознак захворювання, називають інфекційною хворобою або просто інфекцією. Збудники бактеріальних хвороб риб у порівнянні з збудниками інфекцій теплокровних тварин мають деякі особливості, тому що в процесі свого розвитку філогенезу вони пристосувалися до біологічних особливостей організму риб як холоднокровних тварин [10].

Температура тіла риб змінюється відповідно до коливань температури води, в якій вони знаходяться. У зв'язку з цим температурний оптимум, при якому збудники інфекційних хвороб мають здатність розмножуватися в тілі риби і чинити на неї патогенну дію, коливається в досить широких межах - від 10 до 25 °C і вище [10].

Збудники інфекційних хвороб теплокровних тварин і людини такої пристосованості до змін температури майже не мають. Вірулентність

збудників зменшується зі зниженням температури води, а разом з цим і температури тіла риб нижче вказаного оптимуму [10].

Інфекційні хвороби у риб можуть виявлятися у вигляді простої, змішаної та вторинної або секундарної інфекції. Проста інфекція викликається одним збудником, а змішана виникає при одночасному захворюванні на риби двома або декількома хворобами. Наприклад, у коропів у ставках іноді спостерігається одночасно розвиток двох захворювань – бронхіомікоз (грибковий) та краснухи. Вторинна, або секундарна, інфекція у риб виникає за наявності основної хвороби і викликається мікробами, звичайними мешканцями шкіри та слизових оболонок травного тракту. Основна інфекція послаблює організм, що сприяє прояву вірулентності збудниками вторинної інфекції [10].

Поширення масових інфекцій в об'єктів аквакультури, причини, що їх викликають, так само як і методи боротьби з ними значно відрізняються від таких у людини та теплокровних тварин. Насамперед це пов'язано з особливостями екології та фізіології риб, а також своєрідністю довкілля їх проживання. Основною характеристикою здорових гідробіонтів є здатність пристосовуватися до умов середовища, що змінюються. При навантаженнях, що перевищують пристосувальні можливості, порушуються нормальні фізіологічні функції та виникає хвороба. Високоінтенсивні технології вирощування гідробіонтів, що використовуються в аквакультурі, передбачають отримання максимальної кількості продукції з одиниці виробничої площі. Високі щільності посадки при вирощуванні гідробіонтів (риби, молюсків, ракоподібних та інших об'єктів розведення) на морських фермах та прісноводних рибоводних підприємствах є основною причиною для розвитку та поширення хвороб [10].

При ущільненій посадці риб у ставках значно знижується обсяг природної ніші, що припадає на кожен особину. Одночасно відбувається накопичення екскрементів, слизу та інших продуктів життєдіяльності риб та безхребетних та залишків концентрованих кормів [10].

В результаті відбувається перенасичення води органічними речовинами, внаслідок чого знижується вміст розчиненого у воді кисню і підвищується кількість вуглекислоти, збільшується вище допустимих меж вміст нітратів і нітритів та інших шкідливих для об'єктів, що розводяться, продуктів розкладання органічних речовин.

Це негативно позначається на життєдіяльності об'єктів, що культивуються, внаслідок чого порушується біологічна рівновага в екологічній системі «паразит-господар» і відбувається послаблення загальної резистентності їх організму до впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища, а також до збудників інфекційних хвороб. Ослаблення захисних механізмів у об'єктів аквакультури сприяє розмноженню асоційованих з ними умовно-патогенних бактерій (збудників вторинних інфекцій), що призводить до нових патологічних процесів у тварин [10,30].

Хвороби в аквакультурі виникають на кожному етапі біотехнічного циклу, спектр їх змінюється в залежності від умов вирощування, видів водних тварин, різних біотичних та абіотичних факторів навколишнього середовища, а також від ареалу поширення збудників хвороб у межах різних регіонів [10,31].

Джерелом збудника інфекції взагалі є той організм водної тварини, який є місцем природного перебування, розмноження та накопичення збудника хвороби і з якого він може потрапляти в інший організм або виділятися у зовнішнє середовище [10,25].

Стосовно риб джерелами збудників інфекції можуть бути хворі на інфекційні хвороби риби та їх виділення, риби - мікробоносія, трупи загиблих від інфекцій риб, м'ясо інфікованих риб. У природних водоймах — річках, морських лиманах, заплавах озер — часто спостерігається захворювання сазанів краснухою. Хворі сазани є природним резервуаром інфекції і під час перевезення у культурні ставкові рибоводні господарства заносять із собою інфекцію. З організму хворих риб збудники інфекційних хвороб можуть виділятися через травний тракт (при краснусі, фурункульозі

та ін.), через нирки з сечею, з ротової та носових порожнин (при сапролегніозі), через нашкірні виразки через зябра (при бронхіомікозі), через статеві органи зі статевими продуктами (при краснусі, фурункульозі, чумі щук та ін.). Трупні риби, які загинули внаслідок інфекційного захворювання, також є джерелом збудника та інфікують довкілля патогенними мікробами.

У водоймищах інфекційні хвороби риби поширюються при міграціях зараженого стада у верхів'ях річок для нересту або під час проходження молоді через інфіковані ділянки річок. При заляганні риби на зимівлю в ямах відбувається прямий контакт здорових риби з хворими, внаслідок чого після зимівлі інфекція може бути занесена до інших водойм [10,15].

Механічним переносником інфекції з одного водоймища в інші, розташовані нижче за течією, може бути вода, будучи гарним середовищем для збереження збудника, вона сприяє поширенню епізоотичних захворювань серед риби. Перебігом води мікроорганізми можуть переноситися в нижчі розташовані ставки і представляти приховане вогнище інфекції водних об'єктів, реалізація якого можлива в будь-який час [10].

У поширенні збудників інфекції важливу роль відіграє ґрунт дна водойми. На дні малопроточних або непроточних водойм є мулові відкладення, в них присутні мінеральні частинки і детрит зі значною кількістю органічних речовин (50-80%), різноманітність яких забезпечує сприятливі умови для розвитку мікробів [10,15].

Важливу роль у поширенні інфекції відіграють заражені корми, використання при згодовуванні непровареного м'яса хворих риби, заражені інвентар та знаряддя лову [10,20].

Нерідко поширення хвороб об'єктів аквакультури між країнами та континентами пов'язане з пересуванням посадкового матеріалу, торгівлею рибою та живою ікрою, які є джерелами збудників таких інфекцій, як ниркова хвороба, фурункульоз, вібріози та ін. [10,12].

Для зниження втрат в аквакультури, обумовлених масовими бактеріальними хворобами, практично у всіх країнах використовуються антибіотики [10,32].

У таблиці 2.3 наведено перелік антибіотиків, дозволених та застосовуваних в аквакультури деяких країн, що входять до складу Міжнародного епізоотичного Бюро [10].

Таблиця 2.3 - Список антибіотиків, що застосовуються в аквакультури деяких країн

Країна-виробник	Застосовувані антибіотики
Великобританія	Окситетрациклін, оксолінова кислота, амоксицилін та котримацин
Норвегія	Бензилпеніцилін + дигідрострептоміцин флорфенікол, флумекін, оксолінова кислота, окситетрациклін + тримацин
США	Сульфадиметоксин + орметоприм, окситетрациклін
Мексика	Енрофлоксацин, окситетрациклін, ципрофлоксацин
Індія	Окситетрациклін, хлортетрациклін, сульфадіазину + триметоприм
Індонезія	Окситетрациклін, хлортетрациклін, еритроміцин, неоміцин, енрофлоксацин, хлорамфенікол, стрептоміцин
Японія	Окситетрациклін, оксолінова кислота, амоксицилін, ампіцилін, еритроміцин, спіраміцин, новобіоцин, флумеквін, лінкоміцин, флорфенікол, тіамфенікол
Китай	Сульфонамід + гістатин, тераміцин, ауреоміцин, стрептоміцин, доксициклін, еритроміцин, хлорамфенікол, оксолінова кислота

Антибіотики є хімічними сполуками як природного, і синтетичного походження, що викликають загибель чи придушення зростання мікроорганізмів. Поява антибіотиків у 1940-ті роки. справило революцію в медицині, оскільки їх застосування дозволило врятувати життя мільйонів хворих з тяжкими інфекціями, зокрема раневими. Основне застосування антибіотики отримали в медичній практиці, але надалі вони активно стали використовуватися в сільському господарстві та аквакультурі, де набули величезної соціально-економічної важливості [10,25].

У зв'язку з бурхливим розвитком світової фармакологічної промисловості арсенал антибіотиків постійно поповнюється безліччю нових препаратів [10,31].

Дія антибіотиків на мікроорганізми проявляється в залежності від порушень регуляції їх фізіологічних механізмів, що зумовлюють синтез клітинної стінки, функцію цитоплазматичної оболонки та внутрішньоклітинні процеси синтезу протеїнів та нуклеїнових кислот, тому за механізмом дії антибіотики поділяються на кілька груп [10,32].

Перша група поєднує речовини, що інгібують синтез клітинної стінки бактерій (муреїну). До них відносять бета-лактамі антибіотики (пеніциліни, цефалоспорини, монобактами та карбопенеми) та глікопептиди (ванкоміцин, кліндаміцин) [10,40].

До другої групи входять антибіотики, що викликають пошкодження цитоплазматичної мембрани, а саме блокування фосфоліпідних або білкових компонентів, порушення проникності клітинних мембран, зміна мембранного потенціалу і т.д. [10,15].

До таких антибіотиків відносяться полієнові та поліпептидні антибіотики. Однак полієнові антибіотики (ністатин, леворин, амфотерицин В, трихоміцин, кандидицин В) мають яскраво виражену протигрибкову активність, змінюючи проникність клітинної мембрани шляхом взаємодії зі стероїдними компонентами, що входять до її складу саме у грибів, а не бактерій [10].

Поліпептидні антибіотики (поліміксин, колистин, бацитрацин) мають високу спорідненість до плазматичної мембрани, тому вони однаково токсичні як для бактерій, так і для еукаріотів, у зв'язку з чим мало застосовуються на практиці, але завдяки своїй здатності вибірково транспортувати іони через мембрану знайшли застосування в дослідних цілях як іонофори. До складу третьої групи входять антибіотики, що пригнічують синтез білка в бактеріальній клітині на всіх рівнях, починаючи з процесу зчитування інформації з ДНК та закінчуючи взаємодією з рибосомами [10,41].

Ця група антибіотиків - найчисленніша, вона включає аміноглікозиди, макроліди, тетрацикліни, хлорамфенікол (левоміцетин), що порушує синтез білка мікробною клітиною на стадії перенесення амінокислот на рибосоми. До четвертої групи включені антибіотики (наприклад, рифампіцин), що інгібують у бактерій синтез нуклеїнових кислот (ДНК-залежну, РНК-полімеразу). Ці антибіотики мають не тільки антимікробну, але і цитостатичну активність, тому застосовуються в протипухлинній терапії (табл. 2.4) [10,38].

Протягом тривалого часу антибіотики були практично єдиними засобами боротьби із захворюваннями риб, оскільки дозволяли швидко купірувати спалах, що починається [10,44].

Надалі було зазначено, що введення у малих дозах антибіотиків у раціон тварин із профілактичною метою дозволило збільшити приріст їхньої маси, іноді до 50 % проти контрольними тваринами. Крім стимуляції зростання, вони сприяли підвищенню апетиту та кращому (на 8–12 %) засвоєнню поживних речовин, що дозволяє скоротити витрати корму до 20 % [10,33].

Для підвищення ефективності сільськогосподарських і водних тварин стали практикувати введення в їх корми антибіотиків щодо малих доз протягом тривалого періоду часу [10,40].

Було встановлено, що введення антибіотиків у корм для риб у невеликих кількостях, у сотні разів менше їх лікувальних доз, стимулює зростання та виживання риб, компенсує вітамінну недостатність, сприяє покращенню мінерального та білкового обмінів. Найбільш доцільним виявилось комплексне згодовування антибактеріальних речовин, структурно далеких з хімізму та фармакологічної дії [15,41].

Введення їх у комбікорм дозволило регулювати мікробіологічні процеси у шлунково-кишковому тракті риб, нормалізувати бактерій та виникнення масових захворювань [12,32].

Дослідження механізмів дії низьких концентрацій антибіотиків, що стимулюють зростання та розвиток тварин, показало, що клітини макроорганізму, як і клітини бактерій, чутливі до дії антимікробних речовин. Під дією антибіотиків при високих концентраціях відбувається придушення росту та руйнування клітин, як і у бактерій, а при низьких дозах – його інтенсифікація [9,45].

Поширення інфекцій в аквакультурі здійснюється через різні елементи довкілля — вода, корм, ґрунт ложа водоймища, рибоводний інвентар, знаряддя лову тощо., якими відбувається передача інфекції від хворих здоровим. Збудники хвороб найчастіше проникають з одних рибоводних господарств в інші при перевезеннях інфікованих риб, або мікробоносія потрапляють водними шляхами з неблагополучних господарств у незаражені. Це відбувається за відсутності гідроспоруд, які перешкоджають шлях риб з однієї водойми до іншої [11].

Було встановлено, що малі концентрації антибіотиків (рис 2.2) у раціонах тварин пригнічують зростання мікробів травного тракту, що конкурують з організмом тварини та внесених з їжею, у тому числі патогенних видів. Отже, ростостимулююча дія антибіотиків є результатом впливу на якісний та кількісний склад їхньої кишкової мікрофлори, а не прямого впливу на обмінні процеси тварини [10,21].

Антибіотики можуть впливати на різні аспекти якості рибної продукції, такі як:

Хімічний склад: антибіотики можуть залишатися в м'ясі риби та інших водних організмів, що може впливати на хімічний склад та безпеку рибної продукції [10,35].

Мікробіологічна якість: використання антибіотиків може спричиняти зміни в мікрофлорі рибної продукції, що може призвести до розвитку резистентності до антибіотиків у мікроорганізмів, що збільшує ризик поширення інфекцій [8,32].

Фізична якість: антибіотики можуть мати вплив на фізичну якість рибної продукції, таку як текстура та кольорові властивості [10].

Екологічна стійкість: використання антибіотиків може мати негативний вплив на довкілля, так як вони можуть накопичуватися у воді та ґрунті, що може впливати на здоров'я [10,21].

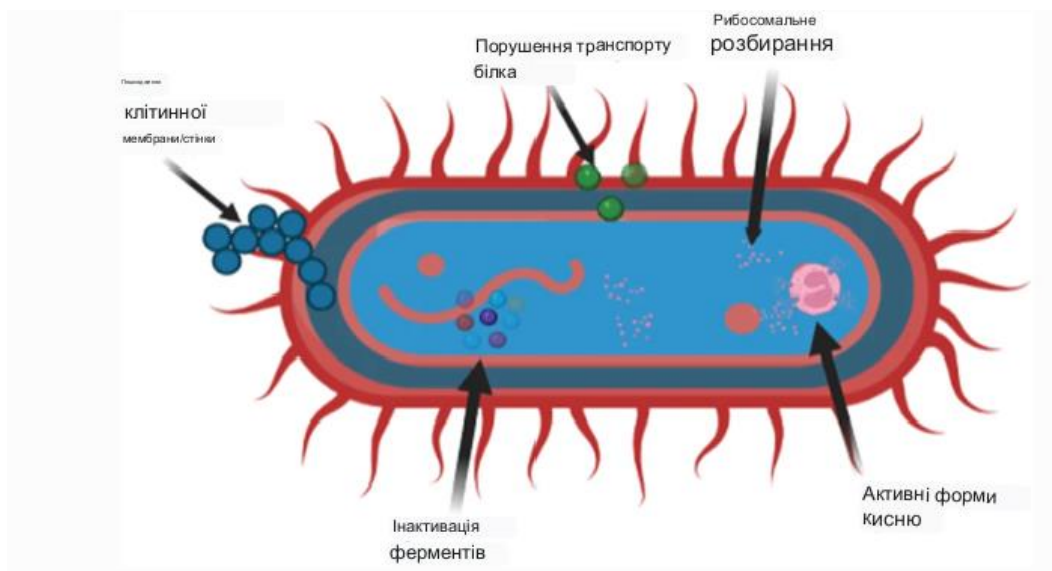


Рис. 2.2 – Використання антибіотиків

Пеніциліни - це група антибіотиків, які вбивають бактерії, руйнуючи їхні клітинні стінки. Вони часто використовуються для лікування інфекцій

дихальних шляхів, сечовивідних шляхів, шкірних інфекцій та інших інфекцій, спричинених бактеріями. Деякі з пеніцилінів включають ампіцилін, амоксицилін, бензилпеніцилін. Пеніциліни є одним із найбільш широко використовуваних класів антибіотиків. Вони мають бактерицидну дію, знищуючи бактерії (табл. 2.4). Пеніциліни перешкоджають утворенню клітинної стінки бактерій, що робить їх уразливими. Цей клас включає ампіцилін, амоксицилін, бензилпеніцилін та інші [12,32].

Таблиця 2.4 - Антибіотики для лікування захворювань

Назва	Активний інгредієнт	Доза
Оксісентин 20%	Окситетрациклін HCl ВР	100-200 г/100 кг корму, 5-7 днів
Хлорстеклін	Хлортетрациклін	200-300 г/100 кг корму (5-7 днів)
Ранамокс	Амоксициліну тригідрат	28-40 г/100 д. риби, 10 днів безперервно
Ренаміцин	Окситетрациклін	28-42 г/100 кг корму, 10 днів
Оргациклін-15%	Хлоротетрациклін	200-300 г/100 кг корму (5-7 днів)
Сульфатрім	сульфадіазин і триметоприм	50 г/кг маси тіла, 5-7 днів
Бактитаб	Окситетрациклін 20%	50 г/кг маси тіла, 5-7 днів

Тетрацикліни- це група антибіотиків, які вбивають бактерії, блокуючи їхню здатність виробляти білок. Вони часто використовуються для лікування інфекцій дихальних шляхів, сечовивідних шляхів, шкірних інфекцій та інших

інфекцій, спричинених бактеріями. Деякі тетрацикліни включають доксициклін, метациклін, тетрациклін. Тетрацикліни перешкоджають зростанню бактерій, інгібуючи їхню здатність виробляти білки. Вони ефективні проти широкого спектру бактерій і використовуються для лікування різних інфекцій, включаючи дихальні, сечостатевої та шкірні інфекції [10,36].

Разом про те багато інфекції, наприклад краснуха коропів, фурункульоз, чума щук та інших., характеризуються загальним поразкою організму чи групи органів прокуратури та тканин залежно від форми захворювання. Збудники цих хвороб розмножуються та виявляються майже у всіх органах[10,41].

Макроліди - це клас антибіотиків, які зупиняють зростання та розмноження бактерій. Вони використовуються для лікування інфекцій верхніх дихальних шляхів, шкірних інфекцій та інших інфекцій, спричинених бактеріями. Деякі макролідів включають азитроміцин, кларитроміцин, еритроміцин [10,31].

Макроліди мають бактеріостатичну дію, тобто вони уповільнюють ріст і розмноження бактерій. Вони застосовуються в лікуванні інфекцій верхніх дихальних шляхів, шкірних інфекцій, інфекцій сечовивідної системи та інших захворювань. Приклади макролідів включають еритроміцин, кларитроміцин та азитроміцин [10,35].

Фторхінолони- це клас антибіотиків, які блокують бактеріальну ДНК, зупиняючи ріст та розмноження бактерій. Вони використовуються для лікування інфекцій сечовивідних шляхів, респіраторних інфекцій, інфекцій шкіри та інших інфекцій, спричинених бактеріями. Деякі з флуорхінолонів включають ципрофлоксацин, левофлоксацин, моксифлоксацин. Фторхінолони мають бактерицидну дію і впливають на фермент, необхідний для реплікації ДНК бактерій [10].

Вони застосовуються для лікування інфекцій сечовивідної системи, дихальних інфекцій, інфекцій шкіри та інших. Приклади фторхінолонів включають ципрофлоксацин, левофлоксацин та моксифлоксацин [10].

2.2 Характеристика ризиків використання рибної продукції з додаванням антибіотиків

Використання антибіотиків у виробництві рибних продуктів може мати ризики як для споживачів, так і для навколишнього середовища:

Резистентність до антибіотиків: Використання антибіотиків у рибному виробництві може призвести до розвитку резистентності бактерій до цих лікарських засобів [11].

Риби, що отримують антибіотики у водоймах, можуть виробляти резистентні штами бактерій, які можуть потім передаватися людям через споживання цих рибних продуктів [11].

Це може зробити лікування інфекцій у людей більш складним і привести до зростання поширення антибіотикорезистентних бактерій [11].

Застосування лікарських антибіотиків (які використовуються для людини) в аквакультурі та в тваринництві породжує ризики, ступінь яких дуже високий. Ризики зумовлені як безпосереднім негативним впливом на людину або тварин при попаданні в організм з їжею або кормом, так і формуванням антибіотикостійких популяцій збудників інфекцій [11].

Ряд антибіотиків має безпосередню токсичну дію. Токсична дія антибіотиків проявляється у вигляді ураження печінки, нирок, слухового нерва та центральної нервової системи, порушення синтезу вітаміну К та прояви кровотеч. Під дією антибіотиків печінка практично позбавляється здатності накопичувати глікоген [11,37].

У вже пошкоджену печінку практично гарантовано заселяються паразити, а організм відчуває млявість, слабкість, невгамовний апетит та інші

нездужання. Високою генотоксичністю та канцерогенністю характеризується хлорамфенікол (левоміцетин) [11,12].

Він зумовлює розвиток апластичної анемії у людей, яка може бути викликана навіть низькими концентраціями антибіотика. Відомо, що апластична анемія є незворотним захворюванням, летальність якого досягає 70 %. У зв'язку з цим хлорамфенікол заборонено для використання при відтворенні різних видів тварин [11,33].

Антибіотики, навіть у незначних кількостях, можуть викликати сенсibiliзацію організму людини та тварин, призводячи до розвитку алергічних реакцій, які проявляються у вигляді висипу, свербіжжю, кропив'янки та інших симптомів [11,20].

Вживання продуктів аквакультури, що містять залишкові кількості антибіотиків, призводить до накопичення цих сполук в організмі, що веде до дисбактеріозу та розвитку антибіотикорезистентності. При використанні антибіотиків, особливо широкого спектра дії, поряд із збудниками захворювання гинуть і деякі представники нормальної мікрофлори, чутливі до цих антибіотиків. При цьому розвиваються дисбактеріози, при яких звільняється місце для антибіотикорезистентних мікроорганізмів, здатних посилено розмножуватися та стати причиною вторинних ендогенних інфекцій, як бактеріальних, так і грибкових. Пригнічення антибіотиками нормальної мікрофлори призводить до порушення її антагоністичної активності по відношенню до патогенних мікроорганізмів, що також може сприяти розвитку різних захворювань [11,30].

Широке застосування антибіотиків в аквакультурі призвело до різкого зниження їх ефективності, порушення екосистем та мікробіоценозів (табл.2.5) [11].

Застосування антибіотиків у виробництві харчових продуктів тваринного походження має виражену несприятливу дію на бактеріальну флору навколишнього середовища. При цьому посилюється ризик розвитку стійкості до цих препаратів і, як наслідок, до виникнення ризиків у

ветеринарії, аквакультури та медицині. Розвиток стійкості збудників багатьох інфекційних захворювань до антибіотиків суттєво ускладнює лікування населення. Найбільшу небезпеку становлять полірезистентні збудники, які виявляють стійкість до кількох груп антибіотиків [11,28].

Таблиця 2.5 - Ризики використання антибіотиків в рибній продукції

Ризики	Пояснення
Ризик розвитку антибіотикорезистентності у людей	Потенційна здатність бактерій розвивати опірність до антибіотиків, що може ускладнити лікування інфекцій у людей
Негативний вплив на мікробіологічну безпеку рибної продукції	Можливість залишків антибіотиків у рибі, що може негативно позначитися на здоров'ї споживачів
Екологічні наслідки від викиду антибіотиків у водоймища	Можливе забруднення водних систем, що може вплинути на екосистему та здоров'я водних організмів
Ризик виникнення алергічних реакцій у споживачів з алергічною схильністю	Потенційна можливість виникнення алергічних реакцій через залишки антибіотиків у рибі
Вплив на стійкість екосистеми та біорізноманіття	Можливі наслідки на різноманіття живого світу та стійкість екосистем у водоймах
Неправильне використання антибіотиків у аквакультурі	Можливе використання недозволених антибіотиків, неправильна дозування та тривалість застосування

В даний час стійкість до антибіотиків представляє серйозну міжнародну проблему суспільної охорони здоров'я, що посилюється. Через стійкість до антибіотиків виникли інфекції, які неможливо усунути. Це призводить до невдач у лікуванні та збільшує захворюваність, смертність та економічні втрати суспільства. Резистентність до антибіотиків - це здатність бактерій або інших мікроорганізмів пережити дію антибіотиків, які зазвичай використовуються для їхнього лікування (рис.2.3). Це означає, що антибіотики втрачають свою ефективність проти цих бактерій, і інфекції, які вони спричиняють, можуть бути важкими або навіть неможливими до контролю [11].

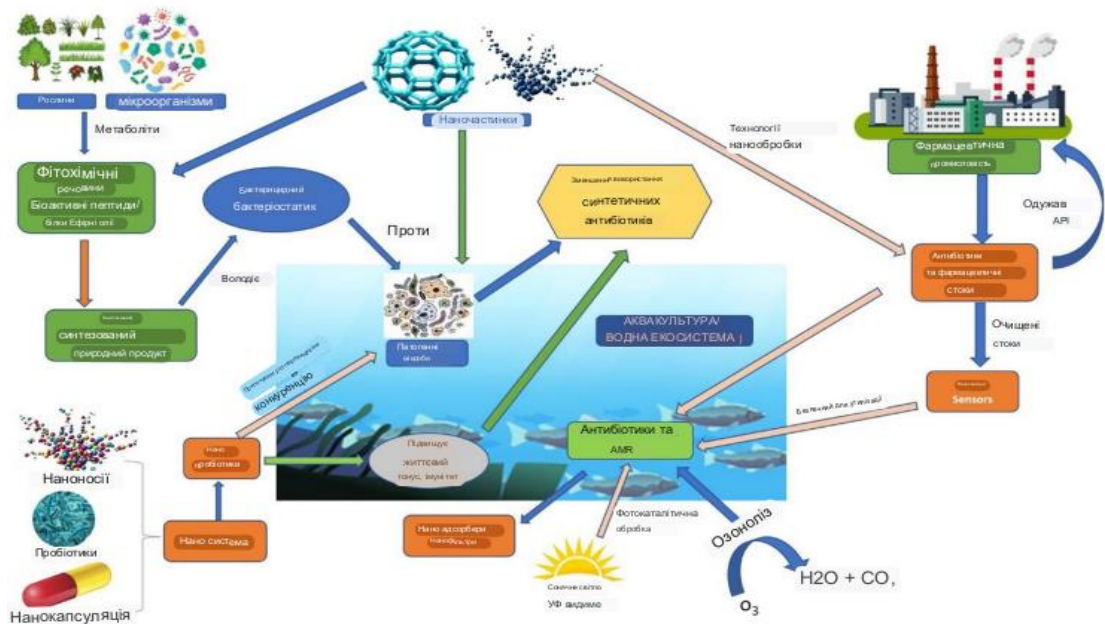


Рис. 2.3 – Схема ризиків використання антибіотиків

Стійкість до різних класів антибіотиків стабільно зростає у різних типів бактерій у різних екологічних системах [11].

Епідеміологія стійкості до антибіотиків ускладнюється здатністю генів до горизонтального поширення між різними типами бактерій з людьми, водними та наземними тваринами, харчовими продуктами та контамінованими об'єктами зовнішнього середовища. Внаслідок цього під

загрозою перебуває значення антибіотиків як ліків, які рятують життя багатьох хворих тварин та людини. Однак у багатьох країнах-виробниках продукції аквакультури досі різні антибіотики продовжують використовуватися для інтенсифікації товарного вирощування об'єктів аквакультури [11,25].

Основні фактори розвитку резистентності до антибіотиків включають:

Мутації генетичного матеріалу: Бактерії можуть набувати мутації в своїх генах, які кодують рецептори або ферменти, що взаємодіють з антибіотиками. Це може призводити до зміни структури цих білків, що зменшує афінітет антибіотика до цільових молекул [11].

Горизонтальний перенос генів резистентності: Бактерії можуть передавати гени, що кодують резистентність до антибіотиків, іншим бактеріям через процеси, такі як кон'югація, трансдукція або перетворення. Це сприяє швидкому поширенню резистентних генетичних елементів у бактерійних популяціях [11,22].

Використання неконтрольованих антибіотиків: Надмірне використання антибіотиків у лікуванні людей та тварин, а також їх неконтрольоване використання в сільському господарстві і аквакультурі, сприяють появі резистентних штамів бактерій. Це створює відбірковий тиск, який сприяє поширенню резистентних генів [11,40].

Недостатня гігієна та неправильне використання антибіотиків: Неправильне використання антибіотиків, таке як недотримання дозування, переривання курсу лікування або використання антибіотиків без рецепту лікаря, може сприяти розвитку резистентності. Недостатня гігієна, зокрема недотримання правил миття рук, також може сприяти поширенню резистентних бактерій [11,40].

Резистентність до антибіотиків є серйозною глобальною проблемою охорони здоров'я, оскільки вона обмежує доступність ефективного лікування інфекцій. Це також підкреслює важливість раціонального використання антибіотиків, контролю за їхнім використанням у ветеринарії та сільському

господарстві, а також впровадження стратегій запобігання і контролю резистентності, таких як гігієнічні заходи, вакцинація і вдосконалення діагностики ізоляції резистентних штамів [11,33].

Ризик алергічних реакцій: Деякі люди можуть бути алергічними до певних антибіотиків. Якщо антибіотики використовуються в аквакультурі і надходять у рибні продукти, споживання таких продуктів може спричинити алергічні реакції у людей, які мають алергію на ці антибіотики [11,25].

Симптоми алергічних реакцій у риб можуть включати:

Пошкодження шкіри: Риби можуть реагувати на антибіотики шкірними висипаннями, відчуттям свербіння та запаленням шкіри[11].

Запалення рота та жабер: Антибіотики можуть спричинити запалення слизової оболонки рота і жабер у риб, що проявляється червоними, набряклими або інфікованими ділянками [11,22].

Дихальні проблеми: Деякі риби можуть виявляти затруднення з диханням, які можуть бути пов'язані з алергічною реакцією на антибіотики.

Екологічний вплив: Антибіотики, використані в аквакультурі, можуть потрапляти у водне середовище і мати негативний вплив на екосистеми водойм. Вони можуть спричинити зміни в біологічному складі водних систем і призводити до розвитку резистентності в бактеріальних популяціях водойм. Це може становити загрозу для природних видів, які залежать від цих водних екосистем [11,15].

Розвиток резистентності бактерій: Використання антибіотиків у аквакультурі сприяє розвитку резистентності у бактерій, які присутні у водних системах. Це стає результатом попереднього контакту бактерій з антибіотиками, що стимулює їхню еволюцію і виживання. Резистентні бактерії можуть передавати свою резистентність іншим бактеріям через генетичні механізми, що призводить до поширення резистентності в природних водоймах [11,18].

Зміна мікробного складу: Використання антибіотиків може змінювати склад мікроорганізмів у водних середовищах. Антибіотики вбивають не

тільки шкідливі бактерії, але й корисні мікроорганізми, що виконують важливі функції в екосистемі. Це може призвести до зміни екологічних процесів, таких як розклад органічних речовин, цикли поживних речовин та біологічний баланс водних середовищ [11,20].

Забруднення водних ресурсів: Введення антибіотиків у водні системи може призвести до забруднення водних ресурсів залишками цих речовин. Це може стати причиною токсичності для водних організмів, таких як риби, водорості та інші водні організми. Більшість антибіотиків не розкладаються швидко в природних умовах, тому вони можуть персистувати у водоймах протягом тривалого часу [11,18].

Ризик передачі резистентності людині: Резистентні бактерії, які розвиваються в аквакультурі через використання антибіотиків, можуть представляти ризик передачі резистентності людині через ланцюжок харчування. Якщо людина споживає рибні продукти, які містять резистентні бактерії, це може призвести до поширення резистентності до антибіотиків в людському організмі. Це ускладнює лікування інфекцій у випадку, коли потрібно застосовувати антибіотики [11,25].
Негативний вплив на інші організми: Антибіотики, що потрапляють у водні системи, можуть мати негативний вплив на інші організми, включаючи безпосередніх сусідів риб, водних комах, водорості та інші водні організми. Це може призвести до зниження різноманітності та порушення екологічної рівноваги у водних екосистемах[11].

Акумуляція в тканинах риб: Антибіотики можуть акумулюватися в тканинах риб та накопичуватися протягом тривалого періоду. Це може становити ризик для споживачів рибних продуктів, оскільки вони можуть виконувати роль джерела введення антибіотиків в організм людини[11].

Негативний вплив на якість продуктів: Використання антибіотиків у рибному виробництві може мати вплив на якість рибних продуктів. Недостатнє відстеження використання антибіотиків або надмірне їх застосування можуть призвести до накопичення залишків антибіотиків у

рибних тканинах. Це може погіршити якість продукту і створити ризик для споживачів, особливо якщо вони мають алергічну реакцію на антибіотик або якщо присутня антибіотикорезистентна бактерія [11,42].

Законодавчі обмеження та стандарти: У різних країнах існують різні законодавчі обмеження та стандарти щодо використання антибіотиків у рибному виробництві. Однак, контроль за використанням антибіотиків може бути неоднаковим, а дотримання стандартів і нагляд за виробництвом можуть бути недостатніми. Це може збільшити ризик споживання рибних продуктів з неприпустимими рівнями антибіотиків [11,22]. З продукцією аквакультури в організм людини, а також у навколишнє середовище з відходами виробництва антибіотики надходять у концентраціях, що викликають порушення фізіологічних процесів у макроорганізмах, мікробний дисбаланс, виникнення, поширення та збереження резистентних бактерій, які спричиняють масові інфекційні захворювання у тварин та людей [11].

Стійкі зоонозні бактерії можуть передаватися людям як через харчові продукти, так і за безпосередніх контактів або через об'єкти навколишнього середовища та викликати у них інфекційні хвороби. Стійкість бактерій до різних класів антибіотиків знижує ефективність лікування інфекцій у людей та тварин, сприяє зростанню захворюваності, смертності та призводить до значних економічних втрат [11,18]. У зв'язку з використанням у багатьох країнах світу лікарських антибіотиків в аквакультурі та великими масштабами міжнародної торгівлі її продукцією стійкість бактерій у світі прогресує, що може призвести до стану, наближеного до доантибіотичного періоду [11]. Загально кажучи, необхідно вживати заходів для мінімізації ризиків, пов'язаних з використанням рибної продукції з додаванням антибіотиків. Це може включати забезпечення правильного відстеження використання антибіотиків, впровадження ефективних систем контролю якості, забезпечення дотримання нормативів та стандартів, а також посилення свідомості щодо ризиків використання антибіотиків у виробництві рибних продуктів [11,42].

3 ОЦІНКА СТАНУ ЯКОСТІ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АНТИБІОТИКІВ

Оцінка стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків (табл. 3.1) є важливою задачею для забезпечення безпеки споживання риби. Існують різні аспекти, що потребують оцінки, коли мова йде про якість рибної продукції у контексті використання антибіотиків. Деякі з них включають:

Залишки антибіотиків: Перш за все, необхідно визначити рівень залишків антибіотиків у рибній продукції. Це включає аналіз відповідних проб, збором зразків риби та визначення кількості антибіотиків, що залишилися після їхнього використання. Оцінка проводиться відповідно до стандартів та нормативних вимог, які встановлені організаціями з контролю якості харчових продуктів [12,13].

Мікробіологічна безпека: Рибна продукція, яка була піддана лікуванню антибіотиками, повинна також бути перевірена на наявність шкідливих мікроорганізмів, таких як патогенні бактерії та паразити. Це включає аналіз на наявність сальмонели, лістерії, вібрію і інших шкідливих мікроорганізмів, які можуть бути присутніми у рибі [12,13].

Фізична якість: Крім хімічних та мікробіологічних аналізів, оцінка стану якості рибної продукції також включає фізичні параметри, такі як свіжість, текстура, колір і запах риби. Риба повинна бути свіжою, без ознак псування, таких як неприємний запах або зміна кольору [12,13].

Імунологічна якість: Антибіотики, які використовуються в аквакультурі, можуть впливати на імунну систему риби. Вони можуть підпорядковувати імунну відповідь та знижувати природну резистентність риб до інфекційних захворювань. Оцінка стану якості рибної продукції повинна включати аналіз імунологічних показників, таких як активність лімфоцитів, рівень антиоксидантів та виявлення запальних маркерів. Це

допоможе визначити, чи впливає використання антибіотиків на стан імунної системи риб [12,13].

Таблиця 3.1 - Оцінку стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків

Аспекти якості	Оцінка стану при використанні антибіотиків
Наявність залишків антибіотиків в м'ясі риби	Ризик залишків антибіотиків, можливість перевищення нормативів
Вплив на мікробіологічну безпеку	Антибіотики можуть знижувати кількість шкідливих бактерій, але можуть виникати опірність і ризик виникнення резистентних штамів
Екологічні наслідки	Викид антибіотиків у водойми та ризик впливу на неживу природу та інші організми
Вплив на довкілля	Забруднення водних ресурсів, зміни в екосистемі та втрата біорізноманіття
Потенційні алергенні реакції	Можливість виникнення алергічних реакцій у споживачів зі схильністю до алергій

Довготривала ефективність: Важливо відстежувати довготривалу ефективність використання антибіотиків у контексті аквакультури. Це означає, що вимірюються результати лікування і контролю захворювань протягом тривалого періоду після використання антибіотиків. Важливо переконатися, що застосування антибіотиків ефективно і не спричиняє рецидивів інфекцій або інших проблем у рибних популяціях [12,24].

Споживча безпека: Нарешті, оцінка стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків має враховувати аспекти споживчої безпеки. Це означає переконання, що риба, яка була піддана лікуванню антибіотиками, не містить шкідливих рівнів залишків антибіотиків, не є джерелом патогенних мікроорганізмів і не становить ризик для здоров'я споживачів. Вимоги до

споживчої безпеки повинні бути відповідними місцевим і міжнародним стандартам та нормативам. Наприклад, в багатьох країнах існують максимально допустимі рівні залишків антибіотиків у рибній продукції, які встановлюються для забезпечення безпеки споживання [12,37].

Оцінка стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків (табл. 3.2) є складним процесом, який вимагає систематичного моніторингу, аналізу та використання відповідних методів дослідження. Вона повинна проводитися регулярно та незалежно для забезпечення надійної інформації про якість рибної продукції та безпеку споживання [12].

Таблиця 3.2 – Використання антибіотиків в рибній продукції

Аспекти	Пояснення
Попередження і лікування захворювань у риб	Антибіотики використовуються для запобігання та лікування інфекційних хвороб у риб інтенсивного вирощування
Зниження смертності	Антибіотики можуть допомогти знизити рівень смертності серед риби внаслідок інфекційних захворювань
Підвищення продуктивності	Використання антибіотиків може сприяти покращенню зростання, приросту ваги та вигодовування риби
Забезпечення стійкості та здоров'я риби	Антибіотики можуть допомогти запобігти поширенню інфекцій серед популяції риби і підтримувати їх загальне здоров'я
Регулювання виробництва	Використання антибіотиків може допомогти управляти популяцією риби в аквакультурі, забезпечуючи більш стабільне виробництво

Додатково, важливо розробляти та впроваджувати альтернативні методи вирощування риб у аквакультурі, які мінімізують потребу у використанні антибіотиків. Це може включати застосування високоякісного

корму, управління водним середовищем та збільшення резистентності риб до захворювань шляхом поліпшення генетичних властивостей [12].

Загалом, оцінка стану якості рибної продукції при використанні антибіотиків має на меті забезпечити безпечність та якість рибної продукції, враховуючи екологічні, імунологічні та споживчі аспекти. Це вимагає постійного моніторингу, дослідження та виконання відповідних регуляторних вимог для забезпечення безпеки та захисту споживачів [12].

Для забезпечення якості рибної продукції при використанні антибіотиків, необхідно приймати наступні кроки:

Розробка і впровадження доброї виробничої практики: Виробники рибної продукції повинні розробити та використовувати добру виробничу практику, яка включає ефективне управління використанням антибіотиків. Це може включати розробку протоколів використання антибіотиків, правильне дозування та тривалість лікування, моніторинг залишків антибіотиків у водному середовищі та рибі, а також використання альтернативних методів лікування та профілактики захворювань [12].

Моніторинг залишків антибіотиків: Важливо систематично моніторити рибну продукцію на наявність залишків антибіотиків. Це може здійснюватися шляхом збору зразків риби та виконання аналізу на лабораторному рівні. Моніторинг дозволяє виявляти випадки порушень та приймати відповідні заходи для забезпечення відповідності стандартам безпеки [12].

Розвиток альтернативних методів: Дослідження та розвиток альтернативних методів вирощування риби без використання антибіотиків є важливим кроком у зменшенні ризиків. Це можуть бути використання пробіотиків, пребіотиків, імуномодуляторів та інших методів для покращення імунної системи риби та зменшення схильності до захворювань. Розробка таких методів може допомогти знизити залежність від антибіотиків у промисловій аквакультурі [12].

Постійне надання освіти та навчання: Важливо забезпечити, щоб виробники рибної продукції мали належні знання про використання антибіотиків, їхній вплив на рибну продукцію та споживачів, а також про альтернативні методи лікування та профілактики захворювань. Це може включати проведення семінарів, навчальних курсів та надання наочних матеріалів, що роз'яснюють ризики та вимоги щодо використання антибіотиків у виробництві рибної продукції [12].

Співпраця з ветеринарними організаціями та регулюючими органами: Виробники рибної продукції повинні співпрацювати з ветеринарними організаціями та регулюючими органами для забезпечення дотримання нормативів та стандартів. Це може включати розробку та впровадження ветеринарних протоколів, аудити та інспекції виробничих площ, а також спільне вирішення питань щодо використання антибіотиків та їхнього впливу на якість рибної продукції [12,19].

Залучення наукових досліджень: Важливо підтримувати ініціативи наукових досліджень, спрямованих на вивчення впливу антибіотиків на рибну продукцію та розробку нових методів контролю захворювань без використання антибіотиків. Це може включати дослідження щодо виявлення резистентності до антибіотиків у мікроорганізмах, розробку нових препаратів та методів профілактики захворювань [12,42].

Постійне вдосконалення системи контролю якості: Виробники рибної продукції повинні постійно вдосконалювати систему контролю якості для забезпечення безпеки та якості продукції. Це включає регулярний моніторинг залишків антибіотиків, які проводяться на різних етапах виробництва, включаючи водні середовища, корм та рибну продукцію. Крім того, важливо встановлювати прозорі системи ідентифікації та відстежування продукції, щоб виявити можливі ризики і прийняти необхідні заходи [12].

Сприяння сталому розвитку аквакультури: Постійне покращення стандартів та практик у сфері аквакультури може сприяти зменшенню використання антибіотиків та екологічному впливу. Це може включати

використання збалансованого корму, використання ефективних систем управління водним середовищем, раціональне використання ресурсів та використання методів, які зменшують стрес для риби [12,42].

Залучення споживачів: Важливо залучати споживачів до свідомого вибору рибної продукції, яка вирощується без антибіотиків або з мінімальним використанням. Інформаційні кампанії, маркування продукції та надання інформації про методи вирощування риби можуть допомогти споживачам зробити освічений вибір та підтримати сталу аквакультуру [12,35].

Використання антибіотиків у промисловій аквакультурі має свої ризики, але шляхи мінімізації цих ризиків включають розробку та впровадження надійних систем контролю, навчання персоналу, використання альтернативних методів лікування та профілактики захворювань, співпрацю з ветеринарними організаціями та регулюючими органами, а також залучення наукових досліджень та споживачів [12,33].

Всі ці заходи спрямовані на забезпечення якості рибної продукції, зменшення ризику залишків антибіотиків, підвищення стійкості риб до захворювань, збереження екологічного балансу у водних середовищах та сприяння сталому розвитку аквакультури. Важливо пам'ятати, що ефективне впровадження цих заходів вимагає спільних зусиль виробників, наукової спільноти, регулюючих органів та споживачів [12,28].

ВИСНОВКИ

За останні роки аквакультура стала однією з найбільш швидкозростаючих галузей харчової промисловості у світі, сприяючи продовольчій безпеці та підвищуючи світовий економічний статус.

Антибіотики, можуть забруднювати навколишнє середовище, особливо водну екосистему через їх широке використання в аквакультурі, що призводить до різноманітних токсикологічних ефектів на водні організми, а також довготривалої стійкості в навколишньому середовищі. Однак, зараз досліджуються різні форми технологій., щоб допомогти іншим технологіям відновлення для підвищення продуктивності, ефективності та стійкості.

Є декілька екологічно-чистих методів, включаючи антибіотиків, щодо їх антимікробної дії на аквакультуру та водні організми, потенційні ризики для здоров'я населення, пов'язані з цим, та заходи щодо їх пом'якшення для сталого управління.

Антибіотики можуть мати вплив на рибкову продукцію як безпосередньо, так і опосередковано через негативні ефекти на екосистеми водойм.

Безпосередній вплив антибіотиків на рибку продукцію може мати місце, коли вони використовуються у рибництві для лікування і профілактики захворювань риб. Антибіотики використовуються для боротьби з інфекційними захворюваннями, такими як бактеріальні інфекції, що можуть поширюватися серед риб у замкнутих системах рибництва. Використання антибіотиків може допомогти зменшити смертність риб і покращити їх ріст.

Однак, використання антибіотиків у рибництві також може мати негативні наслідки. Якщо антибіотики використовуються неправильно або недостатньо контролюються, вони можуть викликати розвиток резистентності до антибіотиків серед бактерій у рибництві. Це може стати

серйозною загрозою для здоров'я людей, які споживають рибу, оскільки резистентні бактерії можуть передаватися людині через харчовий ланцюг. Резистентність до антибіотиків у бактерій також може ускладнити лікування інфекцій, які можуть виникнути у людей.

Опосередкований вплив антибіотиків на рибкову продукцію пов'язаний з їхнім впливом на екосистеми водойм. Коли антибіотики використовуються у рибництві, вони можуть потрапляти у водойми через відходи рибництва.

Резистентність до антибіотиків у водних мікроорганізмів може виникнути через постійну експозицію низьким концентраціям антибіотиків у водоймах, що створює умови для виживання і розмноження резистентних штамів бактерій. Це може сприяти поширенню резистентності до антибіотиків в природних водних системах.

Резистентні мікроорганізми, що перебувають у водоймах, можуть потрапляти до риби через забруднену воду або через харчовий ланцюг, коли риба споживає рослинну та тваринну біомасу. Це може призводити до збільшення резистентності до антибіотиків у риби, яка вирощується в таких умовах.

Збільшена резистентність до антибіотиків у риби може мати наслідки для споживачів, які споживають рибу продукцію. Якщо риба містить резистентні штами бактерій, то при споживанні такої риби може зростати ризик зараження людей інфекціями, важко лікувати які через резистентність до антибіотиків.

Окрім того, використання антибіотиків у рибництві може мати вплив на екологічну стійкість водних систем. Антибіотики можуть негативно впливати на корисні бактерії і мікроорганізми у водоймах, які відповідають за здоров'я та рівновагу екосистеми. Зниження різноманітності мікроорганізмів може мати наслідки для риб та інших водних організмів у водоймах, а також для водних рослин.

Отже, використання антибіотиків у рибництві потребує обережного підходу і контролю. Деякі кроки, які можуть бути вжиті для зменшення негативного впливу антибіотиків на рибну продукцію, включають:

Використання антибіотиків лише за належними медичними показаннями. Антибіотики повинні використовуватися тільки тоді, коли виявлено конкретні бактеріальні інфекції серед риб або для профілактики, якщо існує висока ймовірність виникнення захворювання.

Дотримання правил використання антибіотиків. Для мінімізації ризику резистентності до антибіотиків серед бактерій необхідно дотримуватися протоколів дозування, тривалості лікування та інтервалів використання антибіотиків.

Системи контролю якості. Рибницькі підприємства повинні мати ефективні системи контролю якості, які включають вимоги до використання антибіотиків, контроль за резидуальними кількостями антибіотиків у рибі і водоймах, а також моніторинг резистентності до антибіотиків серед мікроорганізмів.

Розвиток альтернативних методів. Дослідження проводяться з метою розробки альтернативних методів контролю за захворюваннями риб, що не базуються на використанні антибіотиків. Це можуть бути вакцини, пробіотики, імуностимулятори та інші стратегії.

Збір та обробка відходів. Важливо вживати заходи для збору та обробки відходів від рибництва, які містять антибіотики. Це допоможе запобігти їх неконтрольованому потраплянню до водних систем і зменшити можливий вплив на рибну продукцію та екосистему водойм.

У зв'язку з використанням у багатьох країнах світу лікарських антибіотиків в аквакультурі та великими масштабами міжнародної торгівлі її продукцією стійкість бактерій у світі прогресує, що може призвести до стану, наближеного до доантибіотичного періоду.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Андрющенко А.І., Вовк Н.І. Частина II. Індустріальна аквакультура: Підручник. – К.: Київ, 2015. – 586 с.
2. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі: навч. посіб. К.: «Центр учбової літератури», 2016. – 410 с.
3. Аналіз стану антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-22319-y>
4. Вплив антибіотиків на імунно-фізіологічний стан райдужної форелі [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u375/_druk_rayduzhna_forel.pdf
5. Патології внутрішніх органів райдужної форелі [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/disser/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf>
6. Оцінка смакової привабливості антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://ir-library.ku.ac.ke/bitstream/handle/123456789/19914/Profiles%2C%20Diversity%20and%20Antibiotic%20Response%20Patterns%20of%20Bacterial%20Isolates%20from%20Fish....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Вплив ін'єкцій антибіотиків на імунно-фізіологічний стан форелі [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: file:///C:/Users/Windows10/Downloads/Evaluation_of_the_status_of_use_of_chemicals_and_a.pdf
8. Оцінка смакової привабливості антибіотиків для райдужної форелі антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/disser/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf>

9. Антибіотики в об'єктах аквакультури [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: file:///C:/Users/Windows10/Downloads/Evaluation_of_the_status_of_use_of_chemicals_and_a.pdf
10. Використання антибіотиків в аквакультурі [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/antibiotiki-v-obektah-akvakultury-i-ih-ekologicheskaya-znachimost-obzor>
11. Характеристика ризиків використання рибної продукції з додаванням антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/antibiotiki-v-obektah-akvakultury-i-ih-ekologicheskaya-znachimost-obzor>
12. Оцінка якості рибної продукції [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://old.fishquality.ru/ru/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5-%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8/>
13. Антибіотики в об'єктах аквакультури [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://izvestiya.tinro-center.ru/jour/article/view/40>
14. Антибактеріальні препарати для лікування риб [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://qazpatent.kz/sites/default/files/5.pdf>
15. Антибіотики, які використовують в аквакультурі [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://www.fishnet.ru/news/aquaculture_news/44232.html
16. Антибіотиків для управління здоров'ям риб у прісноводній аквакультурі [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/250212595_Evaluation_of_the_status_of_use_of_chemicals_and_antibiotics_in_freshwater_aquaculture_activities_with_special_emphasis_to_fish_health_management
17. Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів. — Львів : Тріада плюс, 2006. — 360 с.

18. Поява залишків антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/raq.12511>
19. Стійкість до антибіотиків в аквакультури та гідробіонтах [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-22319-y>
20. Профілактика хвороб в УЗВ шляхом підготовки води [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://biblio.arktifikh.com/index.php/ustanovki-zam/2564-profilaktika-boleznej-v-uzv>
21. Шемчук В. Р. Препарат для підвищення імунітету риб, їх лікування та профілактики інфекційних хвороб / В. Р. Шемчук, Р. І. Пірус // Аграрна наука – виробництву. — 2002. — № 1. — С. 23.
22. Антибіотики в об'єктах аквакультури [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://izvestiya.tinro-center.ru/jour/article/view/40>
23. Тонкості рибоводства [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.calameo.com/books/000954041684bc59ae4ce>
24. Антибіотики [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/antibiotiki-v-obektah-akvakultury-i-ih-ekologicheskaya-znachimost-obzor>
25. Пробиотики та антибіотики [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://thefishsite.ru/articles?id=108&page=3>
26. Стійкість до антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://naked-science.ru/article/biology/uchenye-ustoychivost-k>
27. Антибактеріальна терапія антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/6616/1/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8.pdf>
28. Антибіотики і пробиотики в аквакультури [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://akvakultura.ru/articles?id=108>

29. Антибактеріальні перпарати [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48042393>
30. Martínez, J. L. Антибиотики и антибиотикорезистентные гены в естественной среде // Наука. – 2008 – С. 365–367.
31. Все про використання антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://izvestiya.tinro-center.ru/jour/article/view/40>
32. Сучасна аквакультура антибіотиків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://darg.gov.ua/files/6/11_07_suchasna_akvakultura.pdf
33. Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Tomova, A., & Ivanova, L. (2013). Aquaculture as yet another environmental gateway to the development and globalisation of antimicrobial resistance. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(12), 1057-1058.
34. Miranda, C. D., & Zemelman, R. (2002). Antibiotic-resistant bacteria in fish from the Concepción Bay, Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 44(12), 972-979.
35. Cabello, F. C. (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, 8(7), 1137-1144.
36. Smith, P., Hiney, M., Samuelsen, O. B., Topp, E., & Alyokhin, A. (2018). The environmental fate of antibiotics and antibiotic resistance genes: a review. *Journal of Environmental Quality*, 47(3), 429-441.
37. WHO June 2006. Antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance. Report of a joint FAO/OIE/WHO expert consultation on antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance. WHO, Geneva, Switzerland: ftp://ftp.fao.org/ag/agn/food/aquaculture_rep_13_16june2006.pdf
38. Bahniuk, V. M., Krot, Yu. H., & Poiedynok N. L. (1997). Vplyv polifermentnoho bakteriolytychnoho preparatu «Defendyn» na malkiv koropa. Druhyi zizd hidroekolohichnoho tovarystva Ukrainy. (pp. 35—36). (Vol. 2). — Kyiv
39. Bondarenko, O. A. (2006). Vliyanie β -karotina, vklyuchennogo v kombikorma v sostave preparata «Vitaton», na rost, himicheskiiy status i obmen veshhestv u molodi karpa v vosstanovitelnyy period posle zimovki v prudah. Soobshhenie

- Ispytaniya na fone kombikormov s povyshennym soderzhaniem belka. Sbornik nauchnyh trudov VNIIPRH, 81, 88—98
40. Bychkova, L. I., Yuhimenko, L. N., & Hodak, A. G. (2007). Probioticheskiy preparat «Sub-Pro» (Subalin): profilaktika i lechenie bakterialnyh bolezney ryb. *Rybovodstvo*, 2, 33—35
41. Davydov, O. N., Abramov, A. V., & Kurovskaya, L. Ya. et al. (2009). *Biologicheskie preparaty i himicheskie veshhestva v akvakulture*. Kyiv
42. Kutsan, O. I., Malynin, O. O., & Yevtushenko A. V. et al. (2008). Efektyvnist zastosuvannya albendazolu za umov botriotsefaloznoi invazii koropa ta farmakokinytika preparatu v orhanakh i tkanyakh ryb. *Veterynarna medytsyna*, 90, 285—290
43. Lukyanova, N. A., Yuhimenko, L. N., & Bychkova, L. I. (2008). «Zoonorm» – probioticheskiy preparat, ispolzuemyy v prudovom rybovodstve Kalmykii. *Rybnoe hozyaystvo*, 5, 64—68
44. Matvienko, N. N., Vashhenko, A. V., & Sidorov, N. A. (2010). Vliyanie preparatov BIO-MOS i NuPRO na rezultaty vyrashhivaniya lichinok karpa. *Visnyk Sumskogo nacionalnogo agrarnogo universytetu. Seriya: Tvarynnyctvo*, 7, 83—86.
45. Levy SB. The challenge of antibiotic resistance. *Sci Am*. 1998 Mar;278(3):46-53.