

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра водних біоресурсів та
аквакультури

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **ВІДТВОРЕННЯ ЛОСОСЕВИХ РИБ У СУЧАСНОМУ
РИБНИЦТВІ**

Виконала студентка групи ВБ-20і
спеціальності 207 Водні біоресурси та
аквакультура
Сидоренко Катерина Олександрівна

Керівник ст.викладач
Матвієнко Тетяна Іванівна

Консультант Шекк П.В., док.с-г.н.,
професор

Рецензент
Гайдашенко Ірина 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

Сидоренко Катерині Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Відтворення лососевих риб у сучасному рибництві

Матвієнко Тетяна Іванівна, ст.викладач

(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 відтворення лососевих риб та вирощування трансгендерного або генномодифікованного лосося у рибництві.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз наявної в літературі інформації щодо стану відтворення лососевих риб у сучасному рибництві.

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
1	Шекк П.В., док.с-г.н., професор		
2	Шекк П.В., док.с-г.н., професор		
3	Шекк П.В., док.с-г.н., професор		

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	відмінно
2	Аналіз особливостей методів відтворення та вирощування лососевих риб. Написання другого розділу.	21.05.2023-28.05.2023р	95	відмінно
3	Рубіжна атестація	29.05.2023-03.06.2023р	95	відмінно
4	Аналіз основних проблем вирощування генномодифікованого лосося. Написання третього розділу	04.06.2023-07.06.2023р	95	відмінно
5	Написання висновків бакалаврської кваліфікаційної роботи	08.06.2023-09.06.2023р	95	відмінно
6	Оформлення роботи згідно ДОСТу. Написання доповіді. Підготовка презентації.	10.06.2023-12.06.2023р	95	відмінно
7	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

Студентка _____

(підпис)

Сидоренко К.О. _____

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Матвієнко Т.І. _____

(прізвище та ініціали)

Анотація

Відтворення лососевих риб у сучасному рибництві

Сидоренко К.О., бакалавр кафедри Водних біоресурсів та аквакультури

Лососеві риби - це велике сімейство з різними середовищами проживання. Крім того, багато видів долають значні відстані, переходячи з морської води в прісну, тому розділити ринок з переважання річкових та морських риб не можна. Слід зазначити, що внутрішнє виробництво майже повністю складається з форелі, тобто прісноводної риби.

На лососеві припадає близько 1% риби, що виловлюється і вирощується в Україні. основну частину місцевого виробництва лососевих в Україні становить форель, її розведенням у 2018 році займалося 20 вітчизняних підприємств. Проте їх потужностей недостатньо для задоволення навіть порівняно невеликого внутрішнього попиту на червону рибу, тому значна частина лососевих в Україну імпортується. Основним постачальником є Норвегія.

З метою прискорити процес еволюції сучасні дослідники використовують не лише прямий відбір. Останнім часом такі дослідження часто проводять із застосуванням молекулярно-генетичних маркерів.

Останніми роками умови вирощування форелі у племінних та товарних господарствах дедалі більше різняться.

Метою роботи є дослідження методів відтворення лососевих риб та вирощування трансгендерного або генномодифікованого лосося.

Структура і обсяг роботи. Робота бакалавра викладена на 61 сторінці, містить 14 рисунків, 4 таблиці, 39 літературних джерела.

Ключові слова: вирощування форелі, товарне господарство, методи відтворення лососевих риб, генномодифікований лосось.

Summary

Reproduction of Salmon Fish in Modern Fish Farming

Sydorenko K.O., bachelor of the Water bioresources and aquaculture department

Salmonids are a large family with different habitats. In addition, many species cover considerable distances, moving from sea water to fresh water, so it is impossible to divide the market based on the predominance of river and sea fish. It should be noted that domestic production consists almost entirely of trout, i.e. freshwater fish.

Salmon accounts for about 1% of fish caught and grown in Ukraine. The main part of the local production of salmon in Ukraine is trout; in 2018, 20 domestic enterprises were engaged in its breeding. However, their capacity is not enough to satisfy even the relatively small domestic demand for red fish, so a significant part of salmon is imported into Ukraine. The main supplier is Norway.

In order to speed up the evolution process, modern researchers use not only direct selection. Recently, such studies are often conducted using molecular genetic markers.

In recent years, conditions for growing trout in breeding and commercial farms have been increasingly different.

The purpose of the work is to research the methods of reproduction of salmon fish and the cultivation of transgenic or genetically modified salmon.

Structure and scope of work. The bachelor's work is laid out on 61 pages, contains 14 figures, 4 tables, and 39 literary sources.

Key words: *trout farming, commercial farming, methods of reproduction of salmon fish, genetically modified salmon.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЛОСОСЕВИХ РИБ.....	9
1.1 Систематика, біологія та екологічні особливості лососевих риб.....	10
1.2 Роль лососевих риб в екосистемах.....	13
2 ОСОБЛИВОСТІ ШТУЧНОГО ВІДТВОРЕННЯ ЛОСОСЕВИХ РИБ.....	15
2.1 Басейновий метод вирощування лососевих риб.....	16
2.2 Розведення лососевих в УЗВ.....	23
2.3 Вирощування трансгендерного або генномодифікованого лосося.....	26
2.4 Методи молекулярно – генетичного аналізу у вирощуванні лососевих риб.....	34
2.4.1 Аналіз алельних варіантів білків у лососевих риб.....	35
2.4.2 Аналіз молекул ДНК лососевих риб	37
3 ВИРОЩУВАННЯ ЛОСОСЕВИХ РИБ У РІЗНИХ КРАЇНАХ СВІТУ ТА В УКРАЇНІ.....	40
3.1 Вирощування лососевих риб у Чилі.....	40
3.2 Вирощування лососевих риб в Канаді.....	44
3.3 Вирощування лососевих риб у Норвегії.....	46
3.4 Вирощування лососевих риб в Україні.....	49
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	54

ВСТУП

Лососеві риби - це велике сімейство з різними середовищами проживання. Крім того, багато видів долають значні відстані, переходячи з морської води в прісну, тому розділити ринок з переважання річкових та морських риб не можна. Слід зазначити, що внутрішнє виробництво майже повністю складається з форелі, тобто. прісноводної риби.

В Україні є хороша кормова база для розвитку риборівництва – щорічно в країні виробляється близько 500 тисяч тонн соєвого та 4,8 мільйона тонн соняшникового шроту. Однак, штучне вирощування риби у нас все ще значно менш поширене, ніж вилов у природному середовищі. У структурі внутрішнього виробництва минулого року частка аквакультури становила 34%.

На лососеві припадає близько 1% риби, що виловлюється і вирощується в Україні, основну частину місцевого виробництва лососевих в Україні становить форель, її розведенням у 2018 році займалося 20 вітчизняних підприємств. Проте їх потужностей недостатньо для задоволення навіть порівняно невеликого внутрішнього попиту на червону рибу, тому значна частина лососевих в Україну імпортується. Основним постачальником є Норвегія, яка торік на своїх фермах виростила 1,4 млн тонн лосося. Що ж до експорту цього виду риби з нашої країни, він здійснюється лише у незначних обсягах.

На даний момент на українському ринку представлено 3 види фермерського лосося:

- атлантичний лосось з Норвегії, Шотландії, Ірландії, Ісландії, Чилі, або Фарерських островів,
- райдужна форель, яку також розводять у різних країнах по всьому світу (Норвегія, Данія, Чилі та ін.), та
- кижуч, його вирощують переважно у Чилі.

За результатами аналізу ринку лососевих в Україні можна зробити висновок щодо наявності досить сприятливих умов для виходу на нього нових учасників. Серед позитивних факторів: зростання внутрішнього споживання, яке покривається переважно імпортом; наявність сировинної бази; нереалізований експортний потенціал.

З метою прискорити процес еволюції сучасні дослідники використовують не лише спрямований відбір, – вони поєднують його з факторами, що дестабілізують генофонд, тобто з внутрішньовидовою та міжвидовою гібридизацією, інбридингом і навіть зі штучним мутагенезом. Крім того, щоб забезпечити селекціонерів необхідною інформацією, проводиться величезна кількість досліджень, присвячених успадкуванню господарсько-важливих ознак лососевих риб. Останнім часом такі дослідження часто проводять із застосуванням молекулярно-генетичних маркерів.

Останніми роками умови вирощування форелі у племінних та товарних господарствах дедалі більше різняться. Виявилося, що економічно найвигіднішим є товарне вирощування форелі в садках, які встановлюються в природних водоймах, особливо в морі, в солоній воді. Таким чином, селекцію необхідно вести на адаптацію саме до умов товарних господарств, а для цього необхідний зворотний зв'язок. Деякі господарства повинні грати у своїй ролі контрольних станцій, тобто вести постійну оцінку продуктивності, умов утримання та стійкості до хвороб різних ліній, запропонованих племінними господарствами, як це робиться у Норвегії.

В нашій країні, на жаль, не ведеться селекція лососів *Salmo*. Завдання видається особливо актуальним у зв'язку з тим, що за кордоном такі роботи ведуться дуже інтенсивно.

Метою роботи є дослідження методів відтворення лососевих риб та вирощування трансгендерного або генномодифікованого лосося.

1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЛОСОСЕВИХ РИБ

Сімейство лососевих відноситься до загону лососеподібних. Воно представлено різними видами риб – прісноводними та анадромними (що переміщуються з морів до річок у період нересту)[1-3].

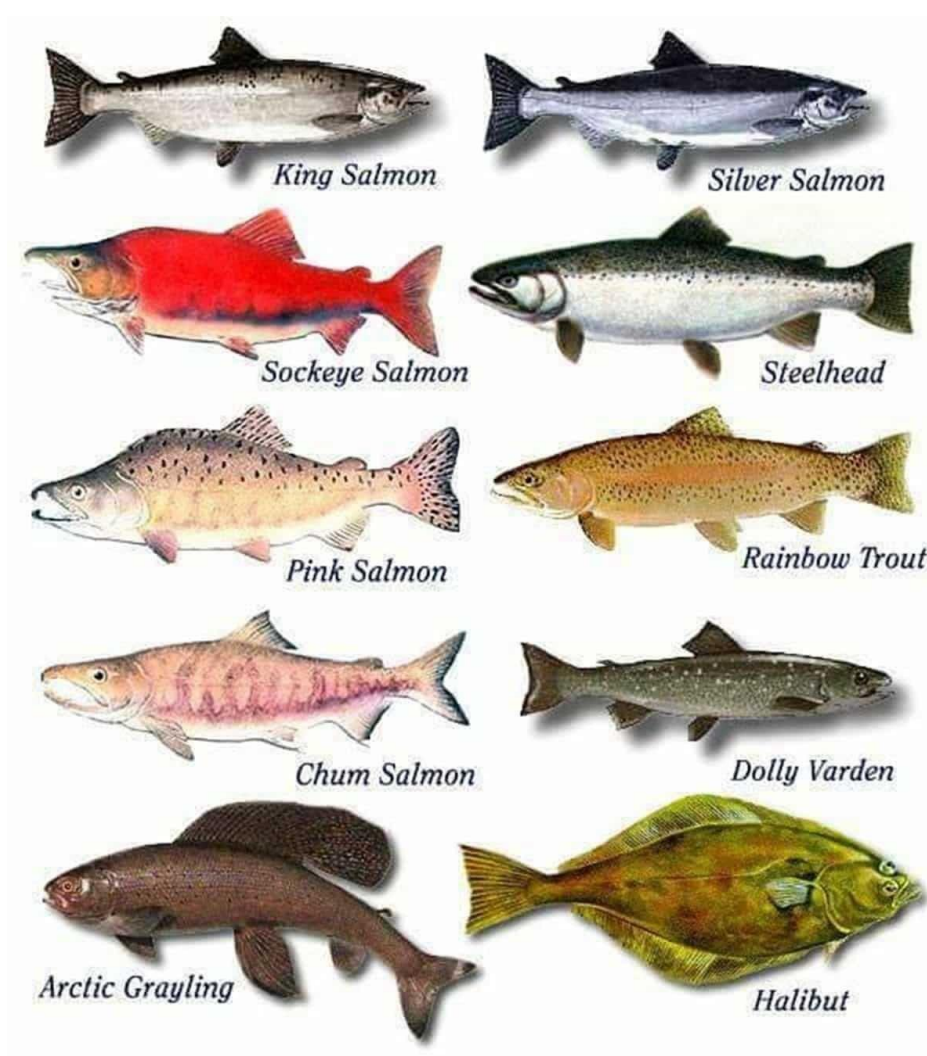


Рис. 1.1 – Представники лососевих

Його представники (рис. 1.1) мешкають у водах моря, Атлантики. Біля берегів Камчатки, Сахаліну, Курильських островів знаходяться величезні природні нерестовища лососевих. Водяться вони і в прісних водоймах

Північної півкулі, віддаючи перевагу озерам і річкам середніх, північних широт [1 - 3].

У більшості лососевих тіло дещо приплюснуте з боків. Його довжина варіюється від кількох сантиметрів до 2 метрів. Великі особини набирають вагу до 70кг (таймень, сьомга, чавича). Середній термін життя – 10-15 років. Найбільшими лососевими вважаються таймені – риби-довгожителі, які в комфортних умовах доживають до 50 років.

Північна риба розмножується в середині вересня-жовтня, коли температура води коливається від 0 до 8⁰С. Лососі південних широт нерестяться з жовтня до січня, температура води в цей час – 3-10⁰С [1-3].

Самки метають ікру в ґрунт, у заздалегідь заготовлені ями, кладку засипають піском та галькою. Для розмноження потрібна швидка річка, прохолодна вода, кам'янисте дно. Риба йде саме в ту річку, де вона сама колись народилася. У період нересту лососеві кардинально змінюють зовнішній вигляд - забарвлення і навіть форму тіла [1 - 3].

Багато представників цього сімейства - промислові риби. Вони високо цінуються за делікатесне м'ясо, смачну, корисну червону ікру. М'ясо рожевого червоного кольору відрізняється невисокою калорійністю. При цьому воно дуже ніжне, жирне, містить велику кількість макро-мікроелементів, вітамінів. Найбільш цінною за своїми смаковими якостями є риба, що виросла в природних умовах. Однак таких лососевих через масовий, часто варварський вилов, стає дедалі менше. У багатьох країнах зараз практикується штучне розведення сьомги, тихоокеанських лососів, деяких видів форелі [1 - 3].

1.1 Систематика, біологія та екологічні особливості лососевих риб

У сучасній системі риб, лососевих включають до складу загону лососеподібних *Salmonifonnes* монотипового надзагону *Protacanthopterygii*, що належить підкласу променеперих *Actinopterygii* класу кісткових риб [5-8].

Лососеподібні (рис. 1.2), за Д. Нельсоном, налічують 15 сімейств, 90 родів та близько 320 видів. Їх нерест відбувається у прісній воді (за винятком представників *Argentinoidei* та *Osmerus eperlanus*), а сучасне поширення здебільшого обмежене нетропічними областями Північної та Південної півкулі [6].

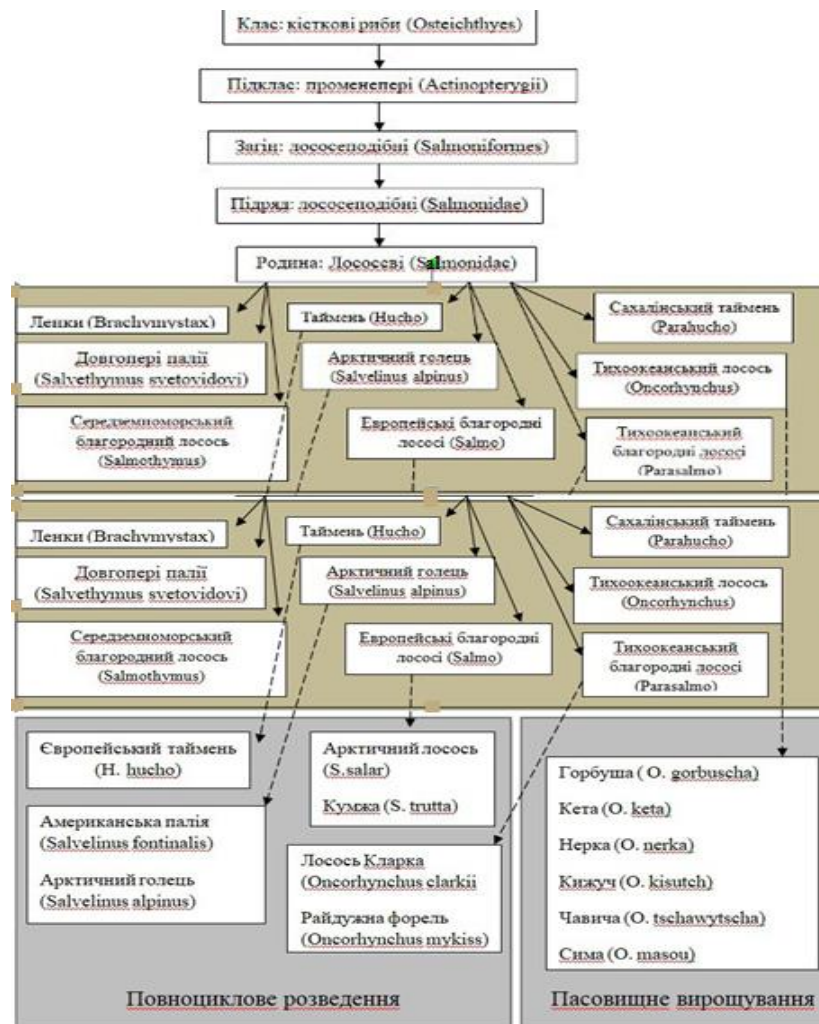


Рис. 1.2 - Систематична приналежність лососевих риб – об'єктів аквакультури

До роду *Brachymystax* (лінки) належать прісноводні риби, поширені в північній Азії. Відомо кілька форм ленков, причому іноді ці форми описують різні види [3].

Таймені (рід *Hucho*) теж є мешканцями прісних водойм, але поширені вони дещо ширші за ленки. Сибірський таймень (*H. taimen*) зустрічається не лише на півночі Азії, а й у Європі – у басейнах Печори та Волги. У басейні Дунаю мешкає європейський таймень (*H. hucho*) [3].

Сахалінський таймень є реліктовим видом, за деякими припущеннями він сформувався близько 40 млн років тому в солонуватоводному палеоводоемі, що знаходився на місці сучасного Японського моря. Головна відмінність тайменю від інших наших героїв – весняний нерест та граничний вік, який може перевищувати 40 років [4 - 5].

Арктичні гольці (рід *Salvelinus*) – найбільш холодолюбна та пластична група лососевих. Десятки форм гольців поширені в арктичних і гірських водоймах, а також у великих холодних озерах Північної Америки та Євразії [3]. Головна відмінність гольців – відсутність у їхньому життєвому циклі тривалих міграцій, обов'язкова зимівля у прісних водоймах та багаторазовий нерест, після якого більшість риб, як правило, залишається в живих [4 - 5].

Рід тихоокеанських лососів (*Oncorhynchus*) включає 12 видів, що зустрічаються в північній частині басейну Тихого океану: горбуша (*O. gorbuscha*), кета (*O. keta*), нерка (*O. nerka*), кижуч (*O. kisutch*), чавича (*O. tshawytscha*) та сима (*O. masou*), форель Біва (*O. rhodurus*), (*O. iwame*), (*O. chrysogaster*), (*O. clarkii*), (*O. gilae*) [3]. Риб цього роду відрізняє від інших наявність протяжних міграцій і післянерестової загибелі. Народившись у річці, мальки того ж року або через один-два роки йдуть на нагул далеко в море, живуть там від одного до кількох років, потім знову повертаються до рідних рік на нерест, де й гинуть [4 - 5].

Рід європейських благородних лососів (*Salmo*) включає два широко поширені види – атлантичного лосося (*S. salar*), що мешкає на північному сході Північної Америки, в західній і північній Європі, а також кумжу (*S. salar. trutta*), яка широко поширена в Європі, зустрічається в горах Атлас у Північній Африці, Малій Азії, а також у басейнах Чорного, Каспійського та Аральського морів [3].

Тихоокеанські благородні лососі (*Parasalmo*) поширені у західній частині Північної Америки. Тут мешкає, зокрема, лосось Кларка (*P. clarki*) [3].

Райдужна форель (*P. mykiss*) має ширший ареал. Він простягається вздовж тихоокеанського узбережжя Північної Америки – від північної Мексики до Аляски. Цей вид зустрічається також на російському Далекому Сході – на Камчатці та Шантарських островах, поодинокі – у водоймах материкового узбережжя Охотського моря, в Амурському лимані та на Командорських островах цю рибу називають мікіжею [3].

1.2 Роль лососевих риб в екосистемах

Екологи вважають прохідних риб, у тому числі лососевими, ключовими видами співтовариств. Ними харчуються морські та наземні звірі та птахи, частину лососевої ікри виносить течією з нерестових ям, і нею підгодовуються прісноводні риби. Прохідні лососеві, що заходять у річки та гинуть після нересту, тим самим повертають біогени в збіднені прісноводні екосистеми [2]. Лососеві вкрай важливі з таких причин:

- По-перше, лосось – це вид-індикатор. Оскільки лосось мігрує на тисячі миль, рухаючись від струмків і річок через гирла в океан і назад, він надає людям цінні відомості про загальний стан місць проживання [9 - 11].
- По-друге, лососі відіграють основну роль у підтримці біологічної різноманітності та продуктивності екосистем. Лосось є основним джерелом харчування для людей певного регіону та значним харчовим ресурсом для всього світу [9 - 11].

Як приклад, тихоокеанський лосось, що бере участь у перенесенні енергії та поживних речовин між океанічними, естуарними та прісноводними екосистемами, є ключовим видом, критично важливим для балансу екосистем [9 - 11].

Лососі та поживні речовини морського середовища (азот, фосфор, вуглець та мікроелементи), які вони переносять під час міграції до

прісноводних та наземних екосистем, важливі для підтримки біорізноманіття внутрішніх регіонів, які за відсутності такого перенесення мали б низьку продуктивність. Загиблі після нересту риби є джерелом біогенів, які сприяють розвитку планктону. І цей планктон є кормом для молодих лососів, що тільки-но скотилися з річки в море, сприяючи тому, що найперші і найважчі дні і тижні в морі мальки швидко ростуть і залишають прибережжя вже більш підготовленими до життя. в океані [9 - 11].

Зниження запасів лососевих призводить до значних змін в екосистемах річок. Падіння чисельності прохідних лососів у Каспійському морі призвело до зниження темпу зростання великих осетрових риб. Зниження чисельності європейської перлини (*M. margaritifera*) значною мірою пов'язане з тяжким становищем популяцій європейських шляхетних лососів – господарів перлини на личинковій стадії [2].

З іншого боку, акліматизовані лососеві риби можуть завдати істотних збитків природним екосистемам. Такі факти описані в Європі, східній та південній Азії, Північній та Південній Америці, Австралії, Новій Зеландії, південній Африці [2]. Слід відзначити, що у 88% випадків вселення райдужної форелі викликало зміну екосистем – за цим показником вигляд лідирує серед усіх вивчених водних організмів. Невипадково райдужна форель потрапила до списку найбільш небезпечних інвазійних видів [2].

2 ОСОБЛИВОСТІ ШТУЧНОГО ВІДТВОРЕННЯ ЛОСОСЕВИХ РИБ

Існують дві системи розведення лосося: садкове (виращування риби в садках на штучних кормах із застосуванням антибіотиків) та пасовищне, за допомогою лососевих риборозвідних заводів (ЛРЗ) [16].

Заводське розведення не може не надавати впливу генетичну структуру популяції. Це з тим, що інкубована ікра представляє лише частина генофонду популяції. Ті природні фактори, які на ранніх стадіях розвитку ікри та мальків впливають на виживання та визначають генетичну структуру молоді та дорослої популяції, при заводському розведенні виявляється вимкненими. Найважливіше питання заводського розведення - отримання життєздатного покоління у кожному окремому випадку вирішується по-різному [15 - 19].

Стада лососів - складноорганізовані популяційні системи, що складаються з безлічі субпопуляцій, що в різний час заходять на нерест у річки чи озера [15 - 19].

Таблиця 2.1- Характеристика ставків (басейнів) у форельному господарстві

Категорія ставків	Площа ставка, га	Співвідношення площ, %	Щільність посадки риб на 10 м ²	Водообмін, л/с/га
Виращувальні	0.2 -0.5	60	50 -60	10 -15
Нагульні	0.3	20	100	0.5
Маточні	0.1 – 0.2	5	4 -5	10 -15
Ремонтні	0.1 – 0.3	10	10	10 -15
Карантинні	0.02 – 0.2	5	2 -3	0.5 -15

Якщо ми відтворюємо такі системи штучно на рибоводних заводах, які мають здійснювати збір статевих продуктів протягом усього нерестового ходу, і з різних нерестовищ, а не обмежуватися користуванням лише частини

диференційованого генофонду. Чим складніша структура популяції, тим менше шансів відтворити ціле за його окремої частини. На жаль, це обставини на рибоводних заводах нерідко ігнорується і, як наслідок, порушується структура внутрішньо- та міжпопуляційної генетичної мінливості. Цей процес може призвести до незворотної деградації популяцій навіть після припинення відповідного впливу [16].

2.1 Басейновий метод вирощування лососевих риб

Басейнові установки для вирощування форелі відносяться до напівзамкнених або проточних систем, у яких використовується природна вода, що проходить через систему один або більше разів. У таких системах можна контролювати температурний та кисневий режим, витрата води та швидкість течії, витрата кормів та процес годівлі, а також захворювання риб [12].

При вирощуванні райдужної форелі в басейнових установках з механічною подачею води необхідно враховувати великі енергетичні витрати, які безпосередньо пов'язані з водообміном та щільністю посадки риби у басейні [12].

Райдужну форель можна вирощувати в басейнах при дуже високій щільності посадки. Але при цьому необхідно стежити за якістю води, тому що навіть у проточних системах із частою зміною води можливе погіршення її якості в міру проходження від одного кінця басейну до іншого або від точки надходження до центрального зливу. При високій щільності посадки в басейнових установках припинення подачі води навіть на 5-10хв може спричинити високий відхід риби. Крім того, необхідно враховувати, що висока щільність посадки риби посилює небезпеку спалаху захворювання [12].

Правильна експлуатація басейнової системи в таких умовах багато в чому залежить від кваліфікації рибника, тому що висока щільність посадки риби може легко призвести до стресових ситуацій. Багато рибників вважають,

що максимальний розмір форелі, якого вона може досягти в рибоводній ємності, обмежується розмірами цієї ємності. Досвід вмісту форелі Дональдсона в басейнах розміром 2 x 2 x 0,5м при рівні води 0,3м і зміні води за 10хв показав, що у віці 3 років форель може мати масу 3,2-4,3кг. При вирощуванні райдужної форелі в акваріумах вона води за 10 хв показав, що у віці 3 років форель може мати масу 3,2-4,3кг. При вирощуванні райдужної форелі в акваріумах вона іноді досягає такого розміру, що навіть не може розвернутися в ньому. Отже, простір, зазвичай, перестав бути лімітуючим чинником [12].

Таблиця 2.2 - Нормативи вирощування товарної форелі

Показники	Норма		
	Ставки	Садки	Басейни
Площа, м ²	До 500	До 15	До 30
Глибина, м	1	До 3	0.8
Щільність посадки, шт/м ²	75	До 400	До 350
Водообмін, хв.	60	-	10 -15
Початкова маса, г	Не більше 10	Більше 20	Більше 20
Відхід за період вирощування, %	20	10	10
Кінцева продукція кг/м ³	3.0	50	50

Однак при басейновому вирощуванні форелі можна досягти такої щільності посадки, що будь-який із показників якості води стане лімітуючим для подальшого зростання риби. Застосування високої щільності посадки та водообміну різко знижує потребу у площах та обсягах для вирощування риби, а також скорочує довжину водоподаючих та водоскидних мереж, але підвищує

вимоги до рибоводного обладнання, якості води, часто вимагає проведення водо підготовки [12].

У форелеводстві існують кілька методів господарювання, що відрізняються рівнем інтенсифікації. Це звичайний метод, при якому щільність посадки порівняно низька і досягає $10\text{кг}/\text{м}^3$, інтенсивний - при щільності посадки $30\text{-}100\text{кг}/\text{м}^3$, поширений ний у багатьох країнах, і надінтенсивний при щільності посадки $300\text{-}400\text{кг}/\text{м}^3$ [12].

Звичайно, рибопродуктивність зростає при інтенсифікації форелеводства. Водночас інтенсифікація потребує високого рівня оснащення. Крім того, інтенсивний та надінтенсивний методи вирощування райдужної форелі в басейнах вимагають отримання ікри та молоді 2-3 рази на рік, щоб підвищити корисне завантаження обладнання, зменшити його простої. Тому залежно від обраного методу вирощування (звичайний, інтенсивний, надінтенсивний) визначають обсяги виробництва, враховуючи рибопродуктивність кожного з них, а також обирають основну технологічну схему вирощування та підбирають необхідне обладнання [12].

Для вирощування 50т форелі на рік при густині посадки $10\text{кг}/\text{м}^3$ потрібно близько 14 тис. м^2 виробничої площі. Приблизно на такій же площі (15 тис. м^2) при густині посадки $40\text{кг}/\text{м}^3$ можна виростити 400т форелі на рік, а при густині посадки $300\text{кг}/\text{м}^3$ така кількість форелі може бути вирощена на площі в 4 тис. м^2 . В даний час у нашій країні виробляється рибоводне обладнання, що дозволяє отримувати за рік до 200кг товарної форелі з 1м^3 робочого об'єму [12].

Вирішальне значення при культивуванні форелі у проточних системах має вміст розчиненого кисню у воді. Необхідно розрізнити поняття «кількість розчиненого кисню у воді» (ця кількість кисню може бути використана фореллю при диханні та вимірюється в $\text{мг}/\text{л}$) та «специфічне споживання кисню фореллю» (воно вимірюється в $\text{мг}/\text{год}$). цих величин надзвичайно важливо для економічного господарювання при вирощуванні форелі в басейнових установках [12].

Однак на споживання кисню фореллю впливають: маса риби, температура води, збалансованість корму та рівень годівля, щільність посадки риби, плавальна активність, солоність, час доби, статева та відтворювальна активність. Крім того, присутність діоксиду вуглецю ускладнює використання кисню через зниження рН. Необхідно враховувати, що кисень необхідний не тільки для дихання форелі, але й для окислення органічних речовин, які з'являються при вирощуванні риби в басейнах за рахунок мулових відкладень, невикористаних кормів, екскрементів, рідких виділень форелі [12].

Вивчення впливу перерахованих вище факторів на ефективність споживання кисню фореллю дозволяє визначити щільність посадки риби на одиницю об'єму та інтенсивність водообміну в ній. При використанні природної води без оксигенації щільність посадки риби, під якою ми розуміємо концентрацію риби в одиниці об'єму (в $\text{кг}/\text{м}^3$), а для ікри та ембріонів, що вилупилися, їх кількість на 1м^2 , і водообмін взаємопов'язані [12].

При певній температурі води та певній індивідуальній масі риби кількість розчиненого у воді кисню відповідає строго певній кількості риби, і при збільшенні концентрації риби необхідно відповідно збільшувати водообмін [12].

При басейновому розведенні форелі, коли застосовуються висока щільність посадки риби та інтенсивний водообмін, для нестатевих осіб на специфічне споживання кисню, крім якості природної води, впливають головним чином температура води, індивідуальна маса риби, збалансованість корму, щільність посадки риби та витрата кисню на окислення органічних речовин у басейні [12].

Щільність посадки риби за однакових водообмінів і параметрів води тим вища, чим більша індивідуальна маса риби і нижча температура води [12].

При використанні природної води щільність посадки та водообмін залежать від насичення її розчиненим киснем, рівень насичення найчастіше нижче 100%. Особливо це потрібно враховувати при використанні солоної

води, в якій розчинність кисню нижча, ніж у прісній, і за високої температури може бути критичною для риби [12].

У басейні необхідно мати постійний запас розчиненого кисню, який виражається в різниці між допустимим (5мг/л) та фактичним (не нижче мг/л) вмістом кисню у воді на витоці з басейну, тобто запас «надійності» повинен становити щонайменше 2мг/л [12].

Для райдужної форелі середньою масою 80г при температурі води 9°C специфічне споживання кисню протягом доби коливалося від 163 до 263мг/год. Після вилову та пересадки риби на наступну добу специфічне споживання кисню зросло з 278 до 385мг/год, тобто в 1,5 рази [12].

У різні періоди вирощування райдужної форелі необхідні басейни відповідного типу та розміру. При вирощуванні молоді (до досягнення нею маси 10-20г) пересадку і, відповідно, зміну щільності посадки зазвичай проводять при сортуванні риби. При вирощуванні товарної форелі (до досягнення нею маси 150г) встановлюють таку початкову щільність посадки риби (з урахуванням відходу молоді), коли її кінцева маса відповідатиме певної максимальної кінцевої щільності посадки товарної риби [12].

Такий спосіб вирощування вимагає зменшення початкової густини посадки риби в 3-4 рази, але дозволяє обходитися без резервування басейнів для товарного вирощування форелі [12].

Існує інший спосіб посадки форелі на вирощування в басейнах, який необхідно застосовувати при механічній подачі морської або прісної води. У цьому випадку економічно найбільш виправдано вирощувати рибу (молодь та товарну) при стартовій щільності посадки на 10-20% нижче максимальної. У міру зростання риби та наближення до максимальної щільності посадки частину риби виловлюють і вирощування продовжується. Такий спосіб вирощування форелі дозволяє покращити обслуговування басейнів за рахунок скорочення їх необхідної кількості [12].

На вирощування цьоголітків (їх маса збільшується з 1 до 15-30г) витрачається 120-150 днів, річних (маса збільшується до 60г) - 160 днів, товарних дворічок (маса збільшується до 150-200г) - 120-150 днів.

Таблиця 2.3 – Оптимальна щільність посадки

Штучна маса, г	Маса всієї риби км/м ³
До 20	13
20 – 40	15
41 – 60	16
61 – 90	30
91 -140	23
141 – 230	27

Таким чином, весь цикл вирощування здійснюється за 500-520 днів, при цьому річна рибопродуктивність досягає 50-60кг/м³ [12].

Таблиця 2.4 - Нормативи вирощування цьоголітків форелі

Показники	Норма		
	Ставки	Садки	Басейни
Площа, м ²	До 500	До 15	До 30
Глибина, м	0.8 – 1	До 3	До 1
Щільність посадки, шт/м ²	До 300	До 800	До 2000
Водообмін, хв.	60	-	10 -15
Відхід за період вирощування, %	30	30	20
Середня маса, г	15	20	20

Годівля личинок та посадкового матеріалу форелі. Для годівлі лососів та товарної форелі розроблено стандартні продукційні корми. Личинки форелі протягом 15 днів у міру розсмоктування жовткового мішка піднімаються до

води. З цього періоду їх необхідно підгодовувати витяжкою з яловичої селезінки та сухим стартовим кормом РГМ-6М з розміром гранул 0,2-0,4мм. Коли всі личинки виявляться на плаву, розмір крупки має бути збільшений до 0,4-0,6мм. Корм дається за потребою, залишки забираються. Для мальків форелі масою 1г добова норма корму при температурі 14-18°C становить 60-80г на 1 тис. Вміст протеїну в кормі має бути близько 40%. Для цього використовують фарш зі свіжої селезінки та гранули РГМ-6М у співвідношенні 3:1. Розмір гранул – в межах 0,4-0,6мм, режим годівля – 9-10 разів за світловий день. Пастоподібні корми замазують на сітчасті рамки, які підвішують у товщі води. У такому режимі вирощування триває 40 днів. Очищають за допомогою сифона басейни та лотки, фільтри на водоподачі, при цьому рівень води постійний [18].

Таблиця 2.5 - Пастоподібні корми для молоді форелі, %

Компонент	Маса риби, г			
	0,3-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2-2
Селезінка яловича	75	70	65	60
Борошно рибне	11	15	18	20
Житне (пшенична)	5	6	8	11
Дріжджі кормові	5	5	5	5
Риб'ячий жир (роsl. олія, фосфоліпід)	3	3	3	3
Премікс	1	1	1	1

При використанні нагрітої води охолоджувальної системи теплових електростанцій товарна риба середньою масою 120-150г при рибопродуктивності 75-110кг/м³ вирощується за рік [12].

Якщо для вирощування форелі використовується природна вода і щільність посадки становить $100-200\text{кг}/\text{м}^3$, необхідно, щоб басейни мали високу проточність, що викликане головним чином необхідністю доставки риб кисню для забезпечення їх нормального зростання та розвитку. З підвищенням температури зростає потреба райдужної форелі в кисні з урахуванням годівлі при одночасному зниженні вмісту розчиненого кисню у воді. Щоб зберегти бажану щільність посадки риби при температурі вище $10,5^\circ\text{C}$, очевидно, слід додавати кисень або збільшувати інтенсивність водообміну, останнє викликає збільшення збільшувати інтенсивність водообміну, останнє спричиняє збільшення витрати води та швидкості течії в басейні. При цьому слід пам'ятати, що надто висока швидкість течії може негативно позначатися на зростанні форелі [12].

Практика показала, що найефективніше вирощування форелі у воді зі 100% насиченням киснем. Підтримка в рибоводному басейні такого рівня насичення важко, тому що природна вода сама по собі рідко буває так насичена киснем і, крім того, при споживанні кисню фореллю в воді, що випливає з басейну, його кількість зменшується приблизно на 50%, тобто . Форель знаходиться практично завжди у воді, насиченій киснем до 75% [12].

Таким чином, при вирощуванні форелі в басейнах з використанням природної води з температурою, що змінюється, необхідно застосовувати аерацію чистим киснем (рідким або газоподібним), оскільки в даному випадку застосування існуючих засобів аерації води повітрям неефективне [12].

2.2 Розведення лососевих в УЗВ

Розводити лосося можна двома способами. Найпоширеніший спосіб - розведення в садках на морському узбережжі. Даний метод дозволяє отримати рибу в максимально природних для неї умовах. Але доступу до такого методу має далеко ще не кожен. Тому фермери намагаються використати альтернативний спосіб - розведення в УЗВ [13].

Лососеві риби добре пристосовані до вирощування в умовах УЗВ. Це насамперед стосується високої щільності риб. Однак, далеко не скрізь, альтернативним методом вирощування є УЗВ. Окрім вимогливості до навколишнього середовища лосеві потребують певних видів корму та певної кормової бази, оскільки і недолік та надлишок корму практично однаково шкідливі [14].

Як звести ферму із встановленням замкнутого водопостачання:

- Звести приміщення – УЗВ ставлять у закриті приміщення. Приміщення має бути з матеріалу, що не вбирає вологу. У теплому кліматичному поясі можна звести зимову теплицю на 120 квадратів під розміщення установки. У північному кліматичному поясі теплиця може не підійти [13].

- Встановити УЗВ. Фермер має два варіанти – звести УЗВ своїми руками або купити готову конструкцію. Перший варіант може коштувати дешевше, але гарантій якості в цьому випадку ніхто не дає. Другий варіант надійний, але дорогий. Фермеру-початківцю, який не має знань зі складання подібних конструкцій, правильніше буде купити готову установку замкнутого водопостачання [13].

Для того, щоб зібрати УЗВ самостійно, знадобиться таке обладнання для вирощування лосося [13]:

- Насоси;
- Басейни;
- Аератори;
- Підігрів води;
- Нітратний фільтр;
- Біологічний фільтр;
- Фітинги, сливи та труби;
- Автоматичні годівниці;
- Пристрій для знезараження;
- Вимірювальні датчики під різні завдання [13].

Таблиця 2.6 – Порівняльна характеристика вирощування в УЗВ

Переваги	Недоліки
В УЗВ риба росте цілий рік	Не всі види лосося приживаються в УЗВ
Автоматизований процес вирощування	Можуть виникнути проблеми з постачанням малька на ферму.
Завдяки контролю всіх параметрів йде економія корму	

Технологія розведення лосося в УЗВ орієнтована на контроль певних показників. Фермеру-початківцю варто на першому році підстави ферми знайти спеціаліста для роботи або навчання [13]. Враховуючи, що УЗВ розташовують у приміщенні виключається вплив на рибу факторів зовнішнього середовища у вигляді перепадів температур. У свою чергу, це призводить до прискорення росту та дозрівання риби, оскільки в природних умовах у період зимівлі обмежують свою активність. Створення ж комфортних умов утримання та годівля дозволяє рибі рости цілий рік [14].

Показники, які необхідно контролювати:

- Температура води лише на рівні від 20 до 30°C;
- Кількість риби на 1 кубічний метр – не більше ніж 50кг;
- Склад води – солоність, вміст живильних елементів, наявність кисню;
- Робота насоса та фільтрів – повинно проганятися не менше 10% води на добу;
- Поступово розвиток мальків – огляд, годівля, розмноження [13].

Воду перевіряють на придатність у своїй лабораторії або відправляють до СЕС. Годівля проводять дрібною рибою, але в ранньому етапі життя планктоном. Щорічно потрібно проводити повний огляд УЗВ з метою запобігання поломкам [13].

Більшості лососевих для нормального розвитку та зростання необхідна морська вода. Саме цей фактор обмежує виробництво товарної риби за умов

прісноводних УЗВ. Разом з тим риби сімейства лососевих з успіхом розлучаються в морських садках, а УЗВ використовують для вирощування молоді та подальшого повернення її до природного середовища [14].

2.3 Вирощування трансгендерного або генномодифікованого лосося

У промисловому агробізнесі одним із способів збільшення прибутку є зниження витрат. Одним із способів зробити це є більш швидке зростання за рахунок зміни генетичного матеріалу тварини [20 - 23]. Лосось лінії *AquAdvantage* є генномодифікованим Атлантичним лососем, розробленим компанією *AquaBounty Technologies*. У геном Атлантичного лосося (*Salmo salar*), що складається з 40 000 генів, введений ген соматотропного гормону від Чавичі (*Oncorhynchus tshawytscha*), разом із промотером від Американської бельдюги (*Zoarcetes americanus*). Цей ген дозволяє тварині рости протягом усього року, а не лише навесні та влітку. Метою модифікації є збільшення швидкості зростання, без впливу на загальний розмір та інші якості риби. Товарного розміру ГМ-лосось досягає 16-18 місяців, а не три роки. Остання цифра, три роки, відноситься до звичайного Атлантичного лосося, швидкість зростання якого вже покращена в 2 рази в ході селекційного процесу. Звичайні виробники лосося публічно заперечують заявлену швидкість зростання [28]. Типовий ген, що регулює гормон росту в атлантичного лосося, був замінений геном, що регулює гормон росту, у тихоокеанської чавичі із промотором - еквівалент генетичного перемикача «включено-вимкнено» - з морської дужки та впровадили їх у генетичну структуру атлантичного лосося [20 - 23]. Ця модифікація надала атлантичному лососю цілорічний апетит, що дозволило йому досягти розміру ринку швидше, ніж інший лосось, що вирощується на фермі [20 - 23].

Лосось лінії *AquAdvantage* є триплоїдною самкою Атлантичного лосося (*Salmo salar*), має три набори хромосом з одиничною копією конструкції

орAFP-GHc2, яка кодує промотер Американської бельдюги. Промотер контролює роботу гена соматотропного гормону від Чавичі (*Oncorhynchus tshawytscha*). Цей трансген дозволяє рибі швидше зростати. Введення триплоїдії 99% особин під час занурення ікри у ванни робить більшість риб стерильними. Це знижує ризик змішування з дикими популяціями та додатково підвищує швидкість зростання за рахунок мінімізації стресу від розмноження [28].

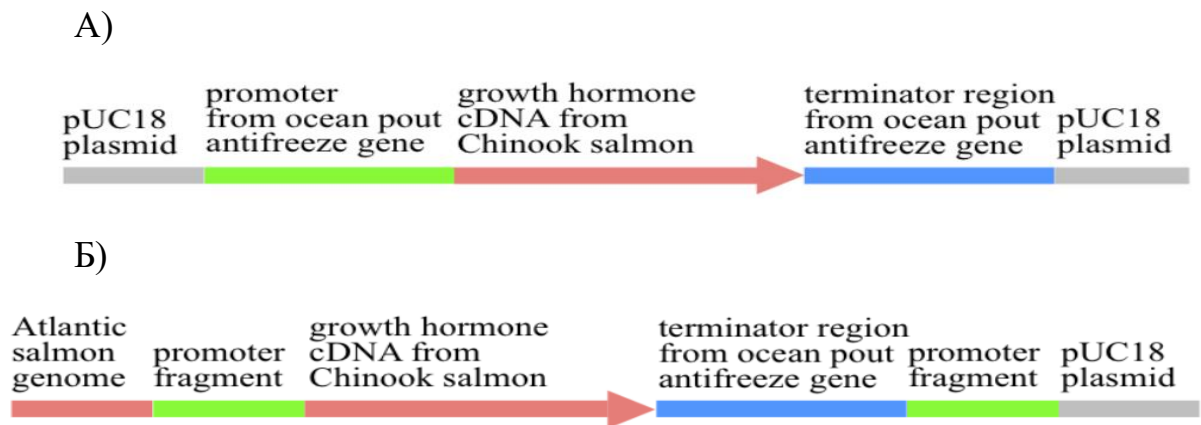


Рис. 2.1 - А) Конструкція гена орAFP-GHc2, використаного розробки лосося лінії AquAdvantage. Конструкція інтегрована у плазміді рUC18.

Б) Конструкція гена інтегрована геном лосося, EO-1a.

Цей генетично модифікований лосось є комерційно конкурентоспроможною альтернативою виловленому в дикій природі лососю та вирощуванню немодифікованого лосося. Мета модифікацій — збільшити швидкість, з якою риба росте, не впливаючи на її кінцевий розмір чи інші якості [20 - 23].

Компанія *AquaBounty* тепер планує використати цю генетично модифіковану рибу для виробництва ікри лосося у своєму дослідницькому інкубаторі на острові [20 - 23].

Генетична модифікація є спірною технологією, що дозволяє передавати генетичний матеріал безпосередньо від одного організму до іншого (через бар'єри видів і царств) на молекулярному рівні різко відрізняється від

розведення тварин. створюючи нові ризики та непередбачувані впливи на організм та екосистеми [22].

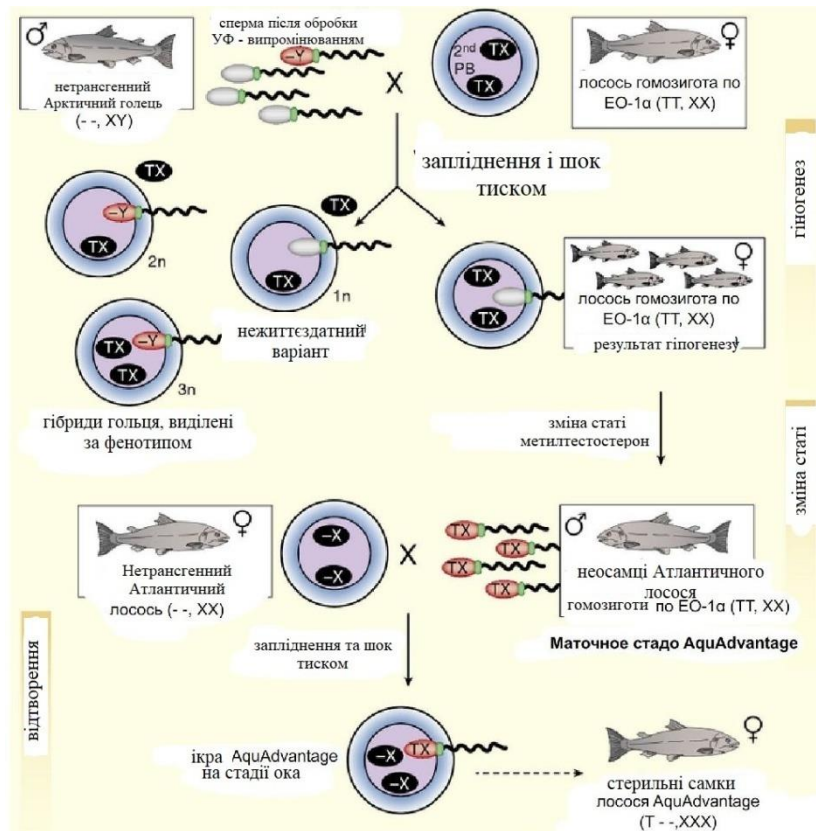


Рис. 2.2 - Складний процес парування використовується для отримання триплоїдних самок.

Ікринки самок, гомозиготних трансгену EO-1альфа запліднюють спермою неспорідненого виду риб, опроміненої УФ-випромінюванням. Сперма не вносить генетичного матеріалу, лише активує ікру. Шок тиском запобігає екструзії другого полярного тільця, тому виходить диплоїдний організм. Цих мальків потім обробляють тестостероном, трансформуючи на «неосамців», які є генотипними самками, але фенотипно самці. Потім сперму неосамців змішують з ікрою від звичайних самок лосося. Знову піддають ікру шоком тиском, викликаючи зупинку екструзії другого полярного тільця. Цього разу виходять триплоїдні самки з одиничною копією трансгену [28].

Вчені вперше продемонстрували генетично модифікованого лосося ще 3089 року. У 3090-ті для вдосконалення цієї риби та її комерційного виробництва було створено *AquaBounty Technologies*. Тоді ця компанія витратила 60 млн. доларів на впровадження в геном атлантичного лосося (*Salmo salar*) гена чавичі (*Oncorhynchus tshawytscha*), відповідального за гормон росту, та генетичних регуляторних елементів американської бельдюги (*Zoarcetes americanus*) (рис. 2.3.3) Метою було добитися швидшого зростання риби. Модифіковані лососі досягають товарного розміру приблизно за 16 – 18 місяців (звичайний атлантичний лосось – за три роки). Отриманий різновид отримав назву *AquAdvantage salmon* [24].

Відсутня незалежна наука про цей ГМ-лосось, зокрема довгострокові випробування, що вивчають потенційні ризики для здоров'я. Є побоювання, що розміри вибірки, що використовуються для оцінки риби *AquaBounty*, є недостатніми для визначення ризиків для здоров'я та безпеки людини. В даний час FDA досліджує ГМ-лососів в рамках свого процесу перевірки нових ліків для тварин, оскільки поки що немає затвердженого процесу перевірки безпеки ГМ-тварини. Продаж ГМ-риби американським покупцям є предметом гарячих суперечок у США у зв'язку з ухваленням різних законопроектів у Сенаті, Конгресі та на рівні штатів, які наразі обговорюються [22].

Є три основні проблеми щодо схвалення генетично модифікованого лосося: споживання цієї риби може бути шкідливим, можливі небажані наслідки зміни гена, а нестерильна риба може втекти та змішатися з дикою популяцією. Було проведено оцінку ризиків, щоб визначити здоров'я та безпеку цієї технології, і було вжито низку профілактичних заходів, щоб запобігти випуску цих риб у природу [20 - 23].

Риба вчиться приймати новий корм при переході в нові умови проживання. Ця адаптація становить ризик, якщо ГМ-лосось потрапить у природне середовище. Здатність генномодифікованих особин швидко зростати означає, що вони вибиваються з харчового ланцюжка, тому їхня ймовірність

виживання вище. У сценарії, що конкурує, вивільнення ГМ-лосося в природу веде до того, що дикі родичі не можуть конкурувати з ним за їжу [28].

Смолтифікація це процес адаптації та переходу лосося від прісної до морської води. ГМ-лосось досягає стадії смолту до першого року. Це дозволяє швидше переміщати смолту лінії *AquAdvantage* на нагул у морські садки. Попадання в океан раніше дозволяє модифікованому лососеві отримувати більше корму без конкуренції з диким лососем [28].

Риба є одним із восьми видів харчових продуктів, до яких Управління з контролю за харчовими продуктами та ліками (FDA) зобов'язане, відповідно до закону, особливо уважно ставитися до алергії [20 -23]. Риба є одним із восьми типів їжі, які FDA пропонує до вільного споживання алергікам. Як частина контролю FDA вимагає дані про зміну рівня риб'ячих алергенів в лососі лінії *AquAdvantage*. Згідно з отриманими даними, зроблено висновок, що потенціал алергенності триплоїдного лосося *AquAdvantage* значимо не відрізняється від контрольних диплоїдних особин [28].

Критики висловили занепокоєння щодо потенційного впливу на навколишнє середовище, якщо ця риба досягне річок або океанів. Щоб усунути занепокоєння щодо біологічного стримування, FDA вимагає від *AquaBounty* вжити запобіжних заходів, щоб гарантувати, що трансгенна риба не змішується з дикою популяцією. Аквакультура, яка використовує традиційно розведений лосось, переважно атлантичний, вирощує рибу в сіткових загонах. У Північній Америці це відбувається переважно в прибережних водах Вашингтона, Британської Колумбії та Мен. Проте заявка на схвалення FDA лосося *AquAdvantage* вказувала на наземне вирощування в резервуарах без участі океану. *AquaBounty* також змінив рибу, щоб вона була лише жіночою та стерильною. Самців риб створюють лише для виробництва яєць і містять у безпечних наземних приміщеннях у Канаді. Ці яйця потім відправляються на наземний завод аквакультури в Індіані [20 - 23].

Щоб зробити рибу стерильною, ікру лосося *AquAdvantage* обробляють під тиском, щоб створити партії рибної ікри з трьома копіями кожної

хромосоми (триплоїд), а не з двома копіями (диплоїд). Будь-яка партія, яка містить 5 відсотків або більше диплоїдних риб, знищується, оскільки ці диплоїдні риби здатні до розмноження.[20 - 23]

У вересні 2010 року консультативна група FDA вказала, що риба «дуже малоймовірно, спричинить будь-який значний вплив на навколишнє середовище» і що вона «така ж безпечна, як їжа зі звичайного атлантичного лосося. У жовтні 2010 року 39 законодавці попросили FDA відхилити заявку. Інші групи вимагали, щоб риба носила ярлик, що вказує на її трансгенне походження. Занепокоєння включали ймовірні недоліки в стерилізації та ізоляції, а також надмірне використання антибіотиків [24]. 40 грудня 2012 року FDA опублікувала проект екологічної оцінки лосося *AquaAdvantage*. FDA також опублікувало попередні висновки про відсутність істотного впливу [20 - 23].

Управління з контролю за якістю харчових продуктів і медикаментів (FDA) схвалило заявку *AquaBounty Technologies* на продаж лосося *AquaAdvantage* споживачам у США 30 листопада 2015 року [20 - 23]. Проте закон про витрати, підписаний 18 грудня 2015 року президентом Обамою, забороняє його імпорт, доки FDA не вимагатиме маркування генетично модифікованого продукту. Це рішення знаменує собою перший випадок, коли генетично модифікована тварина була схвалена для введення продуктів харчування Сполучених Штатів. Рішення було прийнято майже через двадцять років після того, як компанія вперше подала дані до FDA, і після того, як вони виростили десять поколінь тварин. У повідомленні, опублікованому FDA, зазначено: «Лосось *AquaAdvantage* такий же безпечний для споживання, як і будь-який атлантичний лосось, не створений за допомогою генної інженерії, а також такий же поживний». Через місяць мову було введено в запропоновану федеральний законопроект про витрати, який вимагає сповіщення споживачів про те, що риба генетично модифікована. У жовтні 2018 року лосось *AquaAdvantage* не продавався в США, а імпорт яєць лосося з Канади, вирощених на рибній фермі *AquaAdvantage* в Індіані, був заборонений FDA.

Однак 8 березня 2030 року попередження щодо імпорту, видане раніше FDA, було деактивовано, і тепер лосось *AquaAdvantage* можна продавати в США, а ікру лосося тепер можна імпортувати на завод в Індіані [20 - 23].

Продажі в США стартували в травні 2034 року. 40 листопада 2013 року Міністерство охорони навколишнього середовища Канади схвалило продукт для виробництва яєць лосося для комерційних цілей у Канаді. У травні 2016 року Канадське агентство харчової інспекції схвалило продаж ГМ-риби. У липні 2017 року компанія *AquaBounty Technologies* заявила, що продала 4,5 тонни філе лосося *AquaAdvantage* клієнтам у Канаді [20 - 23].

Генеральний директор компанії Рон Стотіш каже, що генноінженерні лососі вирощуються в закритих ємностях, що не мають зв'язку з океаном. Це захищає лососів від багатьох патогенів та паразитів, з якими стикаються їхні родичі у природному середовищі. Також Стотіш зазначає, що генетично модифіковані риби економічно перспективні не лише через своє швидке зростання, а й через те, що їх можна вирощувати поблизу великих міст, а не привозити здалеку (зараз більшість лососів, що продаються в магазинах США, завозяться з Норвегії чи Чилі) [24].

Ризики. Нова канадська оцінка ризику ГМО лосося *AquaAdvantage* виявила, що генетично модифікована риба більш сприйнятлива до хвороб, ніж її природна риба. У звіті *Friends of the Earth* говориться, що оцінка виявила, що ГМО лосось [40]:

— є більш сприйнятливими до *Aeromonas salmonicida*, типу хвороботворних бактерій, ніж одомашнений лосось, що не є ГМ, що вказує на унікальні проблеми зі здоров'ям тварин і викликає занепокоєння щодо навколишнього середовища та громадського здоров'я, які FDA ніколи не розглядала [40];

— демонструють різко знижені темпи зростання на комерційних об'єктах *AquaBounty*, що ставить під сумнів широко обговорювані заяви про прискорені темпи зростання генетично модифікованого лосося [40];

— демонструють дуже різноманітні показники, включаючи непослідовні темпи росту, що свідчить про те, що конструкт гена гормону росту, вставлений у рибу, не працює передбачуваним чином, що викликає питання про довговічність, безпеку та комерційну життєздатність генетично модифікованого лосося [40].

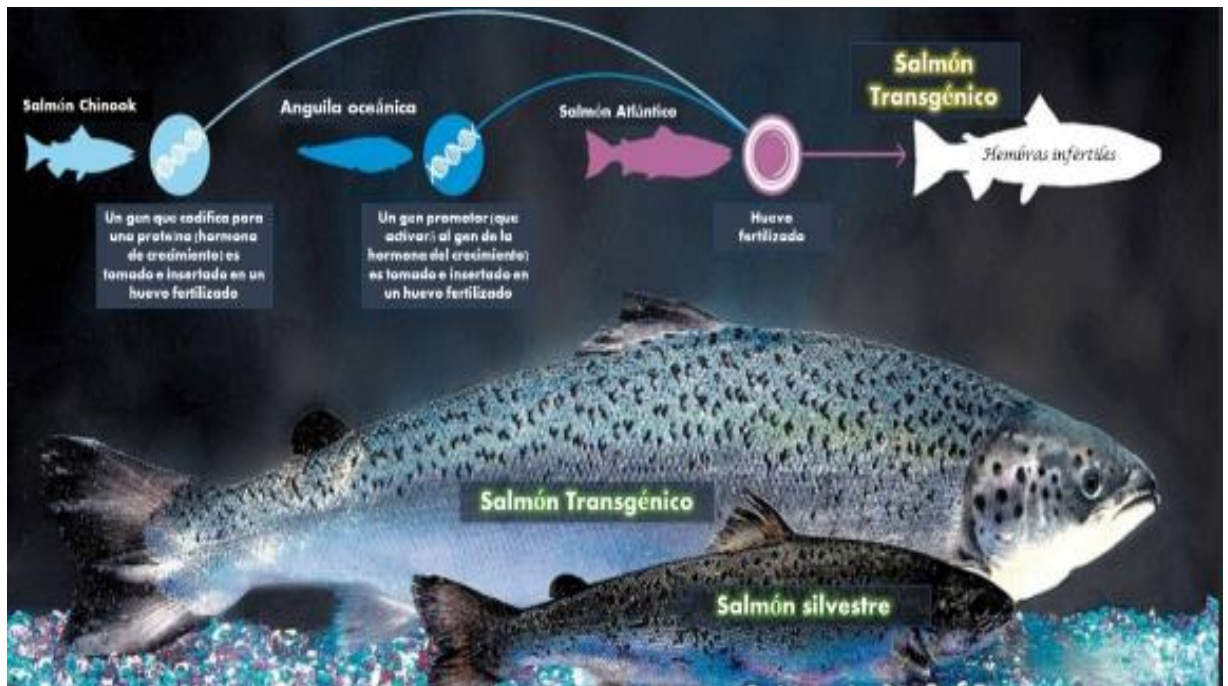


Рис. 2.3 – Зображення процесу відтворення генномодифікованого лосося

У доповіді «виявляється, що канадські урядові вчені не згодні з Управлінням з контролю за продуктами й ліками США щодо ключових питань, пов'язаних із безпекою та ефективністю того, що може бути першою генетично модифікованою твариною, дозволеною для споживання людиною. У світлі цих висновків Food & Water Watch, Center for Food Safety, Friends of the Earth і Consumers Union сьогодні закликали FDA припинити поточну перевірку генетично модифікованого лосося» [40].

Проект генетичної грамотності надає деяку інформацію про програму ГМО-лосося. Риба була вперше розроблена в 3089 році «з використанням технології антифризу на основі білка за ліцензією Каліфорнійського університету в Берклі». AquAdvantage і стандартний лосось мають приблизно

однаковий розмір, коли вони повністю вирости, але ГМО лосось росте приблизно вдвічі швидше, ніж природний лосось. Перевагою швидшого зростання ГМО-лосося є збільшення прибутку від швидшого виходу на ринок [40].

Зацікавлені організації вивчають потенційну небезпеку ГМО лосося. На додаток до проблем, пов'язаних із рибою, вирощуваною на фермах, лосось AquaAdvantage був генетично модифікований способами, які не були перевірені на людях. Існує додаткова небезпека того, що втекла генетично модифікована риба заважатиме дикому лосося. Незважаючи на те, що генетично модифікована риба була стерильною, AquaBounty визнав, що до 5% яєць можуть бути плідними. Канадський звіт вказує на те, що твердження про збільшення темпів зростання можуть бути недійсними [40].

2.4 Методи молекулярно – генетичного аналізу у вирощуванні лососевих риб

В останнє десятиліття молекулярно-генетичні методи активно застосовують не тільки при вивченні генетичного потенціалу об'єктів сільського господарства, як це було. Вони стають потужним інструментом підвищення продуктивності, тобто перетворюються в компоненти нанобіотехнологій. Насамперед метод, що претендує на те, щоб стати нанобіотехнологією, повинен мати можливість здійснювати масове тестування, причому важливе значення у цьому етапі має простота збору та фіксації біологічних зразків для аналізу. По-друге, нанобіотехнологічний метод повинен бути відносно недорогим. Далі слід віднести відносну безпеку використовуваних реагентів для співробітників, можливість швидкого освоєння методики персоналом лабораторії чи дослідницької групи [1 - 3].

Одночасно такий метод повинен забезпечити високу відтворюваність результатів, можливість їх надійної реєстрації з створенням повної бази даних. У ряді випадків він повинен обов'язково допускати неодноразове прижиттєве

тестування об'єктів дослідження. До важливих характеристик слід віднести також простоту та однозначність трактів отриманих даних, що передбачає, з одного боку, досить високу роздільну здатність методу, а з іншого - відсутність або, принаймні мінімізацію надлишкової інформації [1 - 3].

2.4.1 Аналіз алельних варіантів білків у лососевих риб

Цей метод заснований на тому, що білок, що бере участь у метаболізмі будь-якого субстрату, може мати кілька алельних варіантів, які відрізняються один від одного замінами окремих амінокислот в поліпептидному ланцюзі. При цьому не тільки різні особини можуть бути носіями різних алелів - хромосоми, отримані від батька та матері, можуть кодувати різні варіанти білка, тобто особини можуть бути гетерозиготами [3].

Як правило, алелі білкових локусів характеризують оцінюючи рухливість молекул, що відповідають різним алелям, щодо один одного. Алель, який у перших дослідженнях даного локусу виявляли найчастіше, позначають "100 (100%-ва рухливість). Тому, наприклад, для атлантичного лосося запис ESTD*100 позначає, що йдеться про алелі ферменту естерази D, який найбільш часто зустрічається у європейських популяціях цього виду. Європейські популяції атлантичного лосося були вивчені раніше північноамериканським виявляється лише один із ферментів, визначити, до якого саме локусу відноситься спостерігається алельне різноманітність не завжди просто, особливо якщо в популяції зустрічається три і більше алелі гена, що кодує фермент, а продукти цих алелів значно різняться за своєю електрофоретичною рухливістю [1 - 3].

Як недолік методу необхідно відзначити, що він допускає прижиттєве тестування особин тільки у виняткових випадках, наприклад тоді, коли аналізують ферменти крові або ферменти, що експресуються в тканинах жирового плавця лососів, який може бути ампутований у риб навіть повністю без втрати життєздатності. До того ж, ізоферментний аналіз вимагає виключно

високої якості проб. Досліджувані ферменти повинні зберігати свою функціональну активність як у процесі зберігання проб, і під час проведення електрофорезу [1-3].

Для того, щоб дотриматись цієї умови, проби тканин зазвичай заморожують в рідкому азоті відразу після збору зразків і зберігають при температурах близько - 70°C не більше року. Хоча деякі ферменти піддаються аналізу і після 2-3 років зберігання зразків у побутових морозильниках, це скоріше виняток, ніж правило, і дослідникам не варто розраховувати на хороше збереження зразків, що зберігалися в подібних умовах [1-3].

Для того, щоб забезпечити наступність генетичних досліджень, молекулярним біологам ще належить визначити послідовності ДНК, що кодують ізоферменти, картувати їх на хромосомах і визначити нуклеотидні варіації, що призводять до характерних замін амінокислот, які виявляються при аналізі білків як алельні варіанти. Така робота вже ведеться: наприклад, на хромосомах райдужної форелі картовано не менше чотирьох ізоферментних локусів, задіяних раніше при аналізі білків, для кумжи і атлантичного лосося визначені послідовності, що кодують лактатдегідрогеназу у ока і трансферрин крові, описані [1-3].

Електрофорез білків досі залишається найбільш інформативним методом дослідження ділянок, що кодують, хромосом. Хоча його роздільна здатність при аналізі різноманітності всередині індивідуальних локусів часто виявляється недостатньою (лише незначна частина нуклеотидних замін, що відображають еволюційну історію виду, призводить до замін в амінокислотній послідовності білків), тільки цей метод дозволяє поки отримувати інтегральну характеристику коди [3].

Роздільна здатність ізоферментного аналізу в такій ситуації часто виявляється недостатньою: мало того, що не всі особливості послідовності ДНК трансформуються в амінокислотні заміни, що виявляються електрофорезом білків, через складність аналізу електрофореграм дослідникам, як правило, доводиться обмежуватися дво-трехельними

системами, а також відмовлятися від роботи з тетрамерами. Таким чином, зареєструвати тонкі відмінності між групами організмів методами ізоферментного аналізу вдається далеко не завжди, а тим часом вони можуть виявитися принциповими [1-3].

2.4.2 Аналіз молекул ДНК лососевих риб

Аналіз ДНК має низку незаперечних переваг у порівнянні з аналізом білків, і ці переваги починають виявлятися ще на етапі збирання проб. Оскільки ідентичні молекули ДНК містяться майже у всіх клітинах живих організмів (виняток становлять хіба що зрілі еритроцити ссавців, у яких відсутнє ядро, або деякі спеціалізовані клітини, в яких має місце елімінація частини геному), теоретично її можна виділити з будь-якої тканини, доступної для дослідження. А оскільки в об'єктів аквакультури це можуть бути такі легко регенеруючі тканини, як кров, луска, невеликі фрагменти плавників риб, то використання методів ДНК-аналізу відкриває широкі перспективи для прижиттєвого тестування об'єктів дослідження, за потреби неодноразового [1].

Крім того, хімічно нуклеїнові кислоти — дуже стійкі молекули, які легко витримують коливання температури та рН середовища в широкому діапазоні (деградують у розчинах сильних кислот), а порушення їх вторинної структури ніяк не позначається на якості подальшого аналізу (на відміну від порушення вторинної структури білків, для аналізу яких необхідно збереження функції молекул). Тільки наявність у природі величезної кількості ферментів, що викликають деградацію ДНК та РНК (екзонуклеази та ендонуклеази) робить ці молекули нестійкими, призводить до їх швидкої деградації. Таким чином, головне завдання при збиранні проб для аналізу ДНК полягає в тому, щоб захистити цю макромолекул від впливу ферментів [1-3].

Зробити це можна двома способами - створивши умови, в яких навіть нативні нуклеази в принципі не можуть функціонувати або спричинивши порушення конформації молекул ферментів, що спричиняють деградацію.

Прикладом першого способу може бути найбільш поширений і надійний метод - фіксація біологічного матеріалу етиловим спиртом, який забезпечує дегідратацію (зневоднення) ДНК [1-3].

Приклад другого способу фіксації - фіксація зразків розчином нейтралізованого формаліну (зазвичай більше 4%). Сам собою розчин формаліну має рН=2.8—4.0, а таких розчинах відбувається хімічна деградація ДНК. Саме тому доведення рН формаліну до нейтрального або навіть слабко лужного (рН = 7.2-7.4) - умова обов'язкова [1-3].

У той же час підготовка проб для аналізу ДНК є досить трудомістким процесом. Він складається з двох основних етапів – виділення ДНК із зразків тканин та власне аналізу послідовностей. Останній, своєю чергою, часто розпадається ще дві стадії. На першій з повнорозмірного геноматем або іншим способом виокремлюють послідовності, аналіз яких збираються провести, і лише на другий проводять сам аналіз. Іноді виділенню ДНК передують етапи фракціонування ДНК, що містять структур клітини (наприклад, з метою виділити ядерну або мітохондріальну ДНК у чистому вигляді), проте через свою трудомісткість, методики, в яких таке фракціонування є обов'язковим, зазвичай не стають компонентами нанобіотехнологій [13].

Класичний фенольний метод, що дозволяє отримувати зразки ДНК високої якості, здатні зберігатися в замороженому вигляді або 96% етанолі без помітної деградації роками, дозволяє виділити силами однієї людини не більше 40-50 зразків ДНК протягом одного робочого дня. Однак в даний час з'явилися експрес-методи та комерційні набори реагентів, що дозволяють прискорити цей процес у 2-3 рази, хоча вони часто здорожчають вартість робіт та/або отримана з їх допомогою ДНК може не відповідати високим стандартам, що особливо помітно при тривалому зберіганні. Зразки ДНК, отримані за допомогою різних експрес-методик, повинні бути проаналізовані, як правило, протягом обмеженого проміжку часу (наприклад, протягом тижня, місяця або півроку) і не завжди підходять для створення еталонних колекцій [3].

Молекулярно-генетичні дослідження мітохондріальної ДНК, яка успадковується лише по материнській лінії, є незамінним інструментом щодо походження видів. Крім того, мтДНК добре маркує шляхи розселення різних організмів по ареалу, у зв'язку з тим, що на відміну від ядерної ДНК вона не рекомбінує і мутації накопичуються в ній послідовно [1-3].

Суть цього методу полягає в тому, що на молекулі мтДНК вибирають одну з найбільш варіабельних ділянок (зазвичай довжиною близько 1500 - 4000п.н.), фланкований консервативними послідовностями. До консервативних ділянок підбирають комплементарні праймери (затравки) таким чином, щоб отримати при ампліфікації (тобто в результаті полімеразної ланцюгової реакції - ПЛР) фрагмент мтДНК, обраний для дослідження [1-3].

Наприклад, за допомогою даної методики легко визначити видову приналежність матері міжвидових гібридів — для цього достатньо провести рестрикцію ПЛР-продукту лише одним-двома ферментами, оскільки добре виражені види розрізняються за набором ДНК фрагментів, що генеруються деякими рестриктазами, досить сильно і при цьому не демонструють внутрішньовидового поліморфізму [3].

Крім того, при селекції зміни у співвідношенні гаплотипів мтДНК якщо і відбуваються, то в переважній більшості випадків лише через випадкові причини: за господарсько-важливі ознаки відповідають, як правило, комплекси ядерних генів. Поки що відомі лише поодинокі випадки зв'язку мтДНК із господарсько-цінними ознаками, у тому числі у шляхетних лососів [3].

Отже, за останні сто років генетика дала лососівництву та форелеводству цілу низку підходів, що дозволяють отримувати нові та покращувати існуючі породи лососевих риб. З'являються все нові та нові методи генетичного аналізу, що дозволяють оцінювати та планувати роботу селекціонера, ідентифікувати види, породи і навіть потомство окремих особин, виявляти збудників небезпечних захворювань [1-3].

3 ВИРОЩУВАННЯ ЛОСОСЕВИХ РИБ У РІЗНИХ КРАЇНАХ СВІТУ ТА В УКРАЇНІ

3.1 Вирощування лососевих риб в Чилі

Атлантичний лосось не є рідним для Чилі. У Чилі немає ходів дикого лосося і історично склалося так, що спроби акліматизувати лосося в цьому регіоні однозначно провалилися. Незважаючи на це, Чилі є другим за величиною експортером атлантичного лосося у світі після Норвегії. У Чилі промисловість розташована в патагонських фіордах та озерах Чилійського озерного краю та на острові Чілоє [14 - 16].

У Чилі садкове вирощування лососевих ведеться в прісних, солонуватих та морських водах. Для зниження негативного впливу на навколишнє середовище з боку прісноводних садових господарств у Чилі у багатьох місцях вводяться в дію установки замкнутого водопостачання (УЗВ). Аквакультура та марикультура в Чилі за останні 20 років нарощували свої потужності по 10-15% на рік, що й сприяло виходу Чилі на перші місця у світових рейтингах виробників лососевих [18 -19].

У Чилі системно проводяться наукові дослідження щодо пошуку нових видів сировини, які можуть замінити рибне борошно та рибний жир. Саме наявність цього виду сировини є головним обмежувальним фактором розвитку садкового вирощування хижих видів риб (лососевих, осетрових, тунця та інших) [18]. Однією з найбільших проблем при розведенні лосося в Чилі є високий рівень антибіотиків та пестицидів, що використовуються для боротьби з хворобами та паразитами у садках. У 2014 році промисловість використала 1,2 мільйона фунтів антибіотиків у своїх морських вольєрах. Для порівняння, Норвегія використала приблизно 3442 фунти. Надмірне використання антибіотиків, таких як флорфенікол та окситетрациклін, може спричинити стійкість до протимікробних препаратів. Це також може

спричинити проблеми зі здоров'ям населення. Оскільки обидва препарати регулярно використовуються в медицині, необхідні додаткові дослідження, перш ніж чилійські компанії з вирощування лосося продовжать їхнє відповідальне використання [26].

Ще 1885 року чилійський уряд робив спроби завезти атлантичного лосося до Чилі. На той час ці спроби зазнали невдачі в основному через неможливість зберегти ембріони живими під час транспортування зі США чи Європи. На початку 20 століття відродилися спроби ввести до чилійських річок немісцеві види риб. Ці експерименти дали самі результати, як і перші спроби. Хоча кілька видів форелі змогли акліматизуватися в нових екосистемах, популяції лосося зрештою не змогли акліматизуватися в умовах дикої природи [25].

Чезар Баррос, новий Генеральний директор компанії SalmonChile, підтвердив успіхи Чилі в даній сфері. Криза стала причиною глибокого економічного перелому - економічна продуктивність регіонів X і XI, що займаються виробництвом лосося, впала на 27%, що призвело до скорочення 15 тис. робочих місць. Проте, у сенсі, криза справила «лікувальна» дія, т.к. став передумовою нового старту у галузі. Важливі керівні посади були заміщені більш компетентним персоналом, закони та розпорядження стали жорсткішими або замінені на нові, мережа контрольних заходів зросла, порушення стали каратися суворіше. У пакеті законодавчих та інших регулюючих заходів, введених у період з 2008 по 2011 рік, визначено, наприклад, 44 основні заходи, які мають такі цілі [27]:

- Зниження ризику занесення патогенної флори (посилені правила на імпорт лососевої ікри) [27];
- Запобігання вертикальному поширенню захворювань (перевірка запасів риби, що нереститься, репродукція в закритих системах, заборона на використання естуаріїв для виробництва лосося) [26 -27];

- Запобігання горизонтальному поширенню захворювань (фермерські господарства з розведення риби після тривалого використання потребують перепочинку) [26 -27];
- Найменше патогенне навантаження на навколишнє середовище (вакцинація) [26 -27].

Ці заходи виявилися ефективними, кількість захворювань ISA скоротилася. Основною проблемою нині є фінансування виробництва, т.к. резерви фермерських господарств уже вичерпано. Чилійські банки дуже стримані у питаннях видачі кредитів. До 2008 року рибні запаси фермерських господарств вважалися надійними, на сьогоднішній день ситуація змінилася [26- 27].

Вирощування райдужної форелі в Чилі. Форель та кижуч були вперше завезені до Чилі ще у дев'ятнадцятому столітті для спортивного рибальства. Проте промислове розведення почалося після 3078р. Вже за кілька років обсяг вирощування становив $\geq 10\ 000$ тонн/рік. Запліднена ікра атлантичного лосося була імпортована з Норвегії в 3082р. Вже через 10 років цей вид став домінуючим в аквакультурі. Вже 2007р. Чилі стала світовим лідером із загальних обсягів виробництва лососевих [29].

У Чилі разом із цінним генетичним матеріалом завозилися й різні технології, що розроблялися Норвегією, Шотландією, Канадою, Японією та іншими країнами, що забезпечило швидке зростання індустрії аквакультури та марікультури [29].

Впроваджені технології стосувалися виробництва кормів, процесів годівлі, менеджменту, здоров'я риб, методик господарювання, а також систем (обладнання) садового вирощування та УЗВ [29].

У Чилі після риборозплідників лососеві личинки переносяться в садки прісноводних водойм, які розміщують у дельтах річок. Після вирощування до стадії смолтів рибу переводять у морські садки. Егіл Зундхайм пояснив, наскільки важливим є повернення позицій Чилі для світового лососевого ринку. Незважаючи на те, що Норвегія все ще в змозі збільшити своє

виробництво, все ж таки вона може вичерпати свої можливості, т.к. встановлена державою максимально допустима біомаса (МДБ) вже практично витрачена за рахунок видачі ліцензій. У той час як у 2006 році МДБ було вичерпано на 62%, у 2010 році запаси витрачені вже на 87%, а у 2011 цей показник становитиме вже понад 90% (за умови, що за наявності звичайної ліцензії допускається виробництво 1000 тонн лосося, а при ліцензії на дослідження чи розвиток – 500 тонн. У 2012 році МДБ Норвегії буде, зважаючи на все, вичерпано. Тому терміновим є підняття цієї планки [27].

Але навіть у разі залишається спірним питання, чи достатньо цих заходів збільшення виробництва, так як кількість місць для нових фермерських господарств обмежена – проблема, яка протягом кількох років гальмує розвиток галузі в Чилі та може загостритися у Норвегії щонайменше у деяких регіонах. Окрім іншого виробничі витрати на розведення лосося збільшуються за рахунок зростання цін на рибне борошно та рибний жир, що робить необхідним розробку нових ідей. У перспективі лососевий ринок міг би розділитися на 2 сегменти: перший із традиційним, але дещо дорожчим лососем, із зазвичай високим вмістом Омега 3, і другий, з більш доступним лососем із меншим вмістом Омега 3 [27].

Зрештою, успішне введення лосося відбулося в 3070-х роках з утворенням Fundacion Chile в результаті угоди між Піночетом та Американською кооперацією, активи яких були націоналізовані при Альєнді. Fundacion Chile успішно керував створенням та управлінням двома лососевими рибними заводами на Чілоє, продемонструвавши потенціал для створення великомасштабної індустрії аквакультури. Піночет та подальші демократичні уряди, яких критикували за «зміцнення неоліберальної моделі Піночета», сприяли зростанню галузі, використовуючи неоліберальні принципи укладання сприятливих торгових угод та обмеженого регулювання [25].

Вирощування лосося в Чилі перетворилося на один із головних експортних товарів країни. Чилійське розведення лосося в даний час виробляє

«40% світових поставок» з більш ніж 1000 рибних ферм, що діють. Також було створено 61 тисячу робочих місць. Проте в останні роки ця практика піддалася критиці через надмірне використання антибіотиків та екологічні збитки навколишнім диким промислам. Аквакультура Чилі принесла такий необхідний прибуток економіці. Однак це також загрожує багатьом збіднілим корінним громадам, таким як кавескар, які мешкають у Патагонії протягом тисячоліть. Крихкі екосистеми Чилі та культура кустарного рибальства знаходяться під загрозою деградації через погано регульовану індустрію вирощування лосося [26].

3.2 Вирощування лососевих риб в Канаді

Аквакультура в Канаді є провідним сектором у виробництві продуктів харчування з гідробіонтів, переважним об'єктом вирощування є лососеві. У загальному обсязі виробництва вони переважають над видобутком біоресурсного лосося, чому сприяють розвинені технології, спеціалізована база кормів, сприятливі гідрологічні та гідрометеорологічні умови [39]. Аквакультура в Канаді відіграє важливу роль в екологічному, соціальному та економічному розвитку Канади. Оскільки у Канади найдовша берегова лінія у світі, а також найбільша у світі прісноводна система та діапазон припливів, аквакультура є очевидним вибором для Канади. Широкий спектр водних організмів, що вирощуються в канадській аквакультурі, сприяє спробам галузі впровадити екологічно стійкі методи в основних аквакультурних популяціях атлантичного лосося, арктичного голця, мідій, устриці та райдужна форель [38].

Для зниження впливу аквакультури і особливо розведення лосося на навколишнє середовище проводять дослідження знайти альтернативи існуючим технологіям. Нині морські сітчасті загони - єдина технологія, яка домінує у системі аквакультури Канади. Останнім часом великий інтерес викликають нові альтернативи, такі як закриті системи герметизації.

Вирощування риби в закритих умовах не тільки може допомогти рибникам краще контролювати умови вирощування, а й покращити якість риби. Закриті системи локалізації можуть знизити вплив на довкілля існуючих методів розведення лосося. Деякі з переваг цих систем: скорочення вислизання риби, мінімізація взаємодії з хижаками, зниження передачі хвороб, менше споживання корму, вища щільність посадки та покращені можливості керування відходами [38].

Наземна проточна система для морської води в основному ґрунтується на вирощуванні атлантичного лосося. Атлантичний лосось вирощується у круглих бетонних резервуарах, де свіжа морська вода безперервно закачується в резервуари з довколишнього океанського каналу, а стічні води повертаються назад у канал без обробки. Як і в системі з плаваючими мішками, переносні кисневі балони забезпечують додатковим киснем риби [38].

Коли вирощений лосось вислизає в дику природу, може статися схрещування між диким і лососем, що вирощується, якщо вони належать до одного виду. Це може призвести до зменшення генетичної різноманітності дикого лосося в районах, де все ще існують початкові генетичні запаси лосося. У Британській Колумбії більшу частину аквакультури лосося складає атлантичний лосось, який не тільки відрізняється від усього місцевого лосося, а й є іншим родом і схрещуванням. біологічно неможливе. Використання стерильного атлантичного лосося в практику аквакультури стало застосовуватися в аквакультурі Канади після дослідження, проведеного Міністерством рибальства та океанів. Триплоїдна риба – це генетично модифікований організм, у якого замість двох хромосом є три, що робить їх нездатними до відтворення. Цей метод вирощування стерильної риби в аквакультурі запобігає будь-якому розмноженню з дикими популяціями у разі виходу з ладу заgonу, випускаючи їх у дике середовище [38].

Стандартна канадська ферма у середньому виробляє, зазвичай, трохи більше 200т товарної продукції на рік. Усі ферми вирощують 2-4 види гідробіонтів, залишаючи найбільші обсяги для профільного виду. Кожна

ферма зобов'язана страхувати об'єкти вирощування від раптової загибелі чи негативного впливу довкілля. У разі настання страхового випадку власники одержують компенсаційні виплати у розмірах страхових сум [39].

У більшості господарств переважають інкубаційні методи отримання молоді, тобто. процеси нересту, вирощування личинок відбуваються у басейнах до отримання життєстійкої молоді. Інститутські розробки дуже детально відпрацьовуються та передаються господарствам, у тому числі всі технології отримання кормів із мікроводоростей. Тому на виробництвах обов'язково є цехи напівциклічного вирощування гідробіонтів [39].

Програми містять такі напрямки, як:

- прогнозування та захист ферм від хвороб, що виникають при аквакультури (особливо лососів);
- дослідження технологій виробництва теплолюбних морських організмів;
- вивчення потенційного впливу аквакультури на природне, природне середовище та її мешканців [39].

Водночас працює програма ветеринарного контролю продукції водних промислів, ця програма складається з двох частин. Перша – контролю над здоров'ям організмів (здійснюється безкоштовно учасникам господарську діяльність) [39].

3.3 Вирощування лососевих риб у Норвегії

Норвегія давно стала визнаним лідером як з традиційного промислу, так і штучного вирощування цієї цінної риби. У Норвегії вирощування лосося стартувало у 70-х роках минулого століття. Окрім неї аквакультурою активно займаються Чилі (світовий виробник номер два), Канада, Великобританія, Китай, США та інші країни. Сьогодні продукція лососевих ферм практично витіснила традиційний промисел атлантичного лосося та становить 99% у світовому споживанні. За всієї привабливості та затребуваності галузі

Норвегія у 2016 році була змушена знизити випуск лососевої продукції. За свідченням The Financial Times, уперше за весь час виробництво впало одразу на 5% [30].

Здоров'ю та навіть життю популярної промислової риби загрожує *Lereophtheirus salmonis* – рачок із підкласу веслоногих. Він більше відомий під неапетитною назвою «лососева воша». Сантиметровий шкідник живе на шкірі та зябрах лосося і живиться покривами тіла [30].

Довгий час у Норвегії для винищення рачків-паразитів застосовували хімікати. Але тут виникали одразу дві проблеми. Отруйні речовини, потрапляючи у воду та вбиваючи лососеву вошу, неминуче проникали в організм риби. По-друге, *Lereophtheirus salmonis* зумів виробити резистентні якості щодо більшості застосовуваних речовин [30].

Сьогодні на допомогу виробникам лосося в Норвегії прийшли новітні технології. The Financial Times пише, зокрема, про «футуристичний» загін для лосося, до створення якого причетний норвезький лідер галузі - фірма Marine Harvest. Споруда являє собою об'єкт яйцеподібної форми та 44-метрової висоти. А компанії SalMar належить підводна конструкція, яка своїми контурами та розмірами нагадує супертанкер. Призначення цих нестандартних «садків» – занурювати рибу на таку глибину, де лососева воша неминуче загине [30].

Традиційно для лікування та навіть профілактики захворювань вирощеного лосося використовують антибіотики. Причому у чималих кількостях. Однак норвежці здійснили справжній прорив у цьому відношенні. З початку 90-х застосування антибіотиків у Норвегії впало на 99%. За той же період виробництво вирощеного лосося збільшилося більше ніж у 20 разів – з 50 тисяч тонн до мільйона тонн із зайвим [30]. Сьогодні лише 1% усієї риби, що вирощується, проходить лікування антибіотиками. У Норвегії у кілограмі живої ваги лосося всього 0,00034г антибіотиків. Для порівняння, в 1кг курячого м'яса, виробленого США, міститься 1г антибіотиків. Після форсованого курсу терапії норвежці помістили лосося на карантин доти, доки

з організму риби не будуть повністю виведені препарати тривалої дії. Для переробки та прилавків магазинів є абсолютно безпечна риба [31].

Максимально високій якості вирощеного лосося допомагає впровадження та неухильне дотримання найсуворіших стандартів та норм регулювання. У Норвегії за розробку нових правил та заходів контролю, відповідають відразу три міністерства – сільського господарства, промисловості та рибництва, а також охорони здоров'я [30].

Зокрема, за норвезьким законодавством 97,5% обсягу морських садків має займати вода, і лише 2,5% – риба. Самі обгороджені ділянки для вирощування лосося досягають 200 метрів у діаметрі та 50 метрів у глибину [30]. При закладці нових ферм влада вимагає враховувати напрямок морських течій, щоб у садки з рибою безперешкодно надходила свіжа вода. А всі природні відходи забирало б у відкритий океан [30].

Норвезький лосось, якого вирощують на рибних фермах, харчується сухим гранульованим кормом. Він містить близько 70% рослинних інгредієнтів і 30% морської сировини, такої як рибне борошно та риб'ячий жир. Кожна гранула містить необхідні для лосося поживні речовини: жирні кислоти, білки, вуглеводи, вітаміни та мінерали. Білки та жири містяться в рибному борошні та риб'ячому жирі, а також у рослинному білку та рослинних оліях. Вміст вуглеводів у кормах для риб забезпечують пшеницю та кукурудзу. Крім того, корми для риб містять вітаміни та мінерали, а також домішки, такі як антиоксиданти (астаксантин) [31]. Цілий звід правил присвячений якості кормів. Наприклад, встановлюються максимально допустимі добавки антиоксидантів. Їх включають до раціону культивованого лосося для збереження якості риби в процесі транспортування. Останні контрольні вимірювання показали, що вміст антиоксидантів у дорослій рибі з норвезьких ферм значно нижчий від допустимого рівня, встановленого в ЄС [30].

Усі працівники, які стосуються аквакультури, – від менеджменту та персоналу ферм до ветеринарних лікарів та фахівців, які займаються

логістикою – отримують спеціалізовану підготовку. А раз на п'ять років відбуваються обов'язковий курс додаткового навчання [30].

Норвезький лосось на сьогоднішній день є найбільш здоровим серед тварин, що культивуються. На тлі того, що відбувається в останні десятиліття, зростання обсягів виробництва норвезького лосося, що вирощується в рибоводних господарствах, свідчить про зниження захворюваності на рибу. Причиною цього є розробка якісних вакцин, застосування суворих норм та правил у галузі гігієни та здоров'я рибного стада [31].

3.4 Вирощування лососевих риб в Україні

Нині в Україні форель водиться у гірських річках Прикарпаття (Прут, Черемош, Серет, Стрий, Дністер, Свіч, Ломниця), Закарпаття (Тиса, Тересва, Тересля, Ріка), а також у гірських річках Криму. Слід врахувати, що райдужна форель як менш холодолюбна серед родичів віддає перевагу середнім і нижнім ділянкам річок, де вода тепліша. У верхів'ї цих річок з нижчою температурою води мешкає струмкова форель [35 - 37]. Зараз на Закарпатті знову працюють п'ять розплідників форелі, які щороку можуть забезпечити до двох мільйонів форельових мальків та харіуса [32-34].

Форель належить до сімейства лососевих, як і горбуша, кета, голец та харіус. Форель дуже примхлива, водиться лише у чистих гірських річках. Форелеве господарство за радянськими часами було розвинене в Довжанському лісокомбінаті. За часів економічного занепаду воно припинило свою діяльність. Відродили його місцеві селяни [32-34]. Спочатку тут відновили маточне поголів'я. У п'яти ставках підбирають статевозрілих рибин, віком три-чотири роки. Сортують та залишають найкращі екземпляри. Від них - найкращі ікра та молоко. Самок тримають у першу ставку, самців – у другому, мальків – у третьому та четвертому, а товарну форель – у п'ятому. До речі, господарство збуває кілограм товарної форелі за 50–55 гривень [32 -34].

За кліматичними умовами для інтенсивного вирощування райдужної форелі найбільш сприятливі низинні та рівнинні ділянки карпатських рік з більш тривалим вегетаційним періодом, а також найбільш сприятливим режимом води [35 - 37].

Форелеві господарства переважно будують біля джерел, на гірських річках, артезіанських свердловинах. На відміну від корошових, вони невеликі. Інтенсивне форелеве господарство має дуже високу продуктивність, але потребує великих обсягів води гарної якості, повноцінних кормів та механізації основних виробничих процесів [35 - 37].

В інтенсивних господарствах основу їжі форелі становлять штучні кормові суміші. Ця риба потребує білків, жирів, вуглеводів, води, мінеральних солей, основних амінокислот, вітамінів. Живиться форель майже весь день, а при гарному місячному освітленні – і вночі. Її зростання залежить від комплексу внутрішніх (генетична схильність) та зовнішніх (довкілля, забезпеченість якісним кормом, щільність посадки) факторів [35 - 37].

Поки Україна не матиме власної кормової бази, як Польща чи Данія, доти ми не матимемо дешевої форелі. Але проблема не лише із кормами. В Україні гостро бракує їхтіологів, рибних ветеринарів. Тому в більшості форельних господарств воліють закуповувати вже готового малька і вирощувати на збут [32 -34].

Наразі форель не особливо затребувана в Україні. Напевно, найважливішим питанням для господарств, які її вирощують останнім часом є можливість постійного збуту. Господарство «Шипіт», яке існує з 3062 року, набуло статусу селекційного. Завдяки цьому ми маємо можливість спеціалізуватися на вирощуванні та продажу мальків. Реалізуємо близько півмільйона тонн рибопосадкового матеріалу на рік. Ставки, в яких вирощується форель, знаходяться на висоті 800 метрів над рівнем моря, використовуємо тільки чисту проточну воду природних високогірних річок, тому харчові якості закарпатської форелі дуже високі.

ВИСНОВКИ

Лососеві риби - це велике сімейство з різними середовищами проживання. Всі різновиди лососевих риб є масовими мешканцями Атлантичного і Тихого океанів. Також вони зустрічаються у водоймах із прісною водою, що знаходяться у північній півкулі. Найпопулярніші види цього сімейства - це лосось, форель, нерка, горбуша, сьомга та кижуч. Вони славляться смаковими якостями та активно використовуються в кулінарії. З лососевих виготовляють усіма відому червону ікру, яка користується великим попитом. Інтенсивна ловля цих риб призвела до різкого скорочення чисельності. Для відновлення популяції сімейства лососевих вдалися до штучного розведення.

Багато представників цього сімейства - промислові риби. Вони високо цінуються за делікатесне м'ясо, смачну, корисну червону ікру. М'ясо рожевого червоного кольору відрізняється невисокою калорійністю. При цьому воно дуже ніжне, жирне, містить велику кількість макро-мікроелементів, вітамінів. Найбільш цінною за своїми смаковими якостями є риба, що виростає в природних умовах.

Найкращим об'єктом холодноводного розведення є саме райдужна форель. Вона порівняно добре росте, має цінне, багате на білок м'ясо (їстівна частина 78-80%). М'ясо містить 18 незамінних для людини амінокислот, значну кількість жирних поліненасичених кислот. Крім того, від форелі одержують цінну ікру. Нині в Україні форель водиться у гірських річках Прикарпаття, Закарпаття, а також у гірських річках Криму. Форелеві господарства переважно будують біля джерел, на гірських річках, артезіанських свердловинах. Інтенсивне форелеве господарство має дуже високу продуктивність, але потребує великих обсягів води гарної якості, повноцінних кормів та механізації основних виробничих процесів.

У структурі імпорту переважна більшість посідає лосося і форель. Зокрема, торік частка лосося становила 69%, у форелі – 30%. Постачання інших видів риби незначні – близько 1%.

Наразі форель не особливо затребувана в Україні. Напевно, найважливішим питанням для господарств, що її вирощують, останнім часом є можливість постійного збуту. Ставки, в яких вирощується форель, знаходяться на висоті 800 метрів над рівнем моря, використовують тільки чисту проточну воду природних високогірних річок, тому харчові якості форелі закарпатської дуже високі. Але розширювати виробництво за рахунок створення штучних водойм немає сенсу, оскільки навряд чи найближчим часом з'явиться можливість збільшити продажі товарної форелі. Нині її купують місцеві споживачі – із Закарпаття та сусідніх областей. Але тим, хто захоче серйозно зайнятися промисловим вирощуванням форелі, насамперед слід подумати про ринок збуту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шевченко П.Г., Пилипенко Ю.В., Рудик-Леуська Н.Я., Халтурин М.Б., Макаренко А.А., Климковецький А.А., Чередніченко І.С. Іхтіологія (загальна і спеціальна). У двох томах: Підручник. Т. II. Іхтіологія (спеціальна). Херсон: Олді-Плюс, 2036. 934 с.
2. Семейство лососевых рыб с описанием и фото [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kempfish.ru/semejstvo-lososevyh-ryb-s-opisaniem-i-foto/>
3. Артамонова В.С., Махров А.А. Генетические методы в лососеводстве и форелеводстве: от традиционной селекции до нанобиотехнологий. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2015. 128 с.
4. Систематика семейства лососевых и описание его представителей [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://salmon-friend.ru/spravochnik/vzroselaya-versiya-spravochnika.html?showall=&start=1>
5. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького [Текст]. Т. 12. №2(44), ч. 3. — Львів : ЛНУВМ та БТ, 2010. — 294 с. — (Серія "Сільськогосподарські науки").
6. Глубоковский М.К. Г 55 Эволюционная биология лососевых рыб М Наука, 3095 343 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/salmon/Глубоковский%20-%20Эволюционная%20биология%20лососевых%20рыб.pdf>
7. АГРО–2012 : XXIV Міжнародна агропромислова виставка [Текст] : каталог. — К. : Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2012. — 520 с.
8. Збірник доповідей на науково-практичних семінарах, проведених під час виставки "FishExpo" у 2011 та 2012 рр. [Текст]. — К. : Державний комітет рибного господарства України, 2012. — 178 с.

9. Актуальні проблеми розвитку галузей тваринництва та рибиництва : Перша науково-практична конференція студентів магістратури ННІ тваринництва та водних біоресурсів (16-18 листопада 2010 р.) [Текст] : збірник праць. Ч. 2. — К. : НУБіПУ, 2010. — 74 с.

10. Роль лососевых в экосистеме [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://salmon-friend.ru/spravochnik/vzroselaya-versiya-spravochnika.html?showall=&start=24>

11. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького [Текст]. Т. 12. №3(45), ч. 3. — Львів : ЛНУВМ та БТ, 2010. — 280 с. — (Серія "Сільськогосподарські науки").

12. Басейновый метод вирощування лососевих риб: на прикладі форелі. - М.: Агропромиздат, 3090. - 156 с. ISBN5-10-000993-4 [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/salmon/Цуладзе%20-%20Бассейновый%20метод%20выращивания%20лососевых%20рыб.pdf>

13. Разведение лосося в УЗВ [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://zarabatyvayemsami.ru/razvedeniye-lososya-biznes/>

14. Лососевые рыбы для УЗВ [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://fishindustry.com.ua/lososevye-ryby-dlya-uzv/>

15. І. Ю. Бузевич // Рибе господарство, 2004. Вип.63. С.16-18. Годівля риб : підручник / [Шерман І. М., Гринжевський М.В., Желтов Ю. О. та ін.]. К.: Вища освіта, 2001. 269 с

16. Искусственное разведение лососем и связанные с ним проблемы [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://losos.arktifikish.com/index.php/ugrozy-lososyam-kamchatki2/4-iskusstvennoe-razvedenie-losej-i-svyazannye-s-nim-problemy>

17. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького [Текст]. Т. 12.

№1(43). — Львів : ЛНУВМ та БТ, 2010. — 656 с. — (Серія "Економічні науки").

18. Разведение о выращивание форелей и других лососевых [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://losos.arktifiksh.com/index.php/lososi-v-akvakulture/111-razvedenie-o-vyrashchivanie-forelej-i-drugikh-lososevykh>

19. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького [Текст]. Т. 12. №2(44), ч. 5. — Львів : ЛНУВМ та БТ, 2010. — 304 с. — (Серія "Економічні науки").

20. Woynarovich, A. Small-scale rainbow trout farming [Выращивание мелкой радужной форели] [Text] / A. Woynarovich, G. Hoitsy, T. Moth-Poulsen. — Rome : FAO, 2011. — 81 p. — (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper ; No. 561).

21. AquAdvantage лосось [Электронный ресурс] – Режим доступа:https://en.wikipedia.org/wiki/AquAdvantage_salmon

22. Генетически модифицированный лосось [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.livingoceans.org/initiatives/salmon-farming/issues/genetically-modified-salmon>

23. Базалій В. В., Шерман І. М., Пилипенко Ю. В. Основи рибогосподарської генетики: Навч. посібник. – Херсон: Олди-плюс, – 2007. – 279 с.

24. Генетически модифицированный лосось в Канаде [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://polit.ru/article/2017/08/07/ps_salmon/

25. Рыбный маркетинг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://commons.princeton.edu/patagonia/jon-c/>

26. Лососевое хозяйство в Чили [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://borgenproject.org/salmon-farming-in-chile/>

27. Лососевая аквакультура Чили [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.fish-technology.ru/allnews/news/7.htm>

28. AquAdvantage лосось [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://aquavitro.org/2017/08/34/aquadvantage-losos/>
29. Опыт выращивания лососей в Чили [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://fishindustry.com.ua/opyt-vyrashhivaniya-lososej-v-chili/>
30. Норвежский лосось [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uifsa.ua/ru/about-fish/norwegian-salmon/how-the-norwegian-fish-became-the-best-in-the-world>
31. Норвежский лосось [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uifsa.ua/en/about-fish/norwegian-salmon/12-questions-and-answers-about-norwegian-farmed-salmon>
32. Наукові основи сталого розвитку агроєкосистем України [Текст]. Т. 1. Екологічна безпека агропромислового виробництва / ред. О. І. Фурдичко. — К. : ДІА, 2012. — 352 с.
33. Алимов С. І. Рибне господарство України: стан і перспективи / С. І. Алимов. К. : Вища освіта, 2003. 336 с.
34. Разведение форели на Закарпатье [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakarpattya.net.ua/News/49648-Na-Zakarpate-raduzhnuiu-forel-razvodiat-v-5-y-khoziaistvakh>
35. Гринжевський М. В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти) / М. В. Гринжевський. К. : Вільна Україна, 3098. 364 с.
36. Радужная форель: разведение в Украине [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.zerno-ua.com/journals/2009/avgust-2009-god/raduzhnaya-forel-kak-ee-razvodyat-i-vyrashchivayut-v-ukraine/>
37. Загороднюк, Оксана Вікторівна. Формування та розвиток ринку риби і рибної продукції України [Текст] : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук : 08.00.03 — економіка та управління національним господарством / О. В. Загороднюк ; Національний науковий центр "Інститут аграрної економіки". — К., 2012. — 20 с.
38. Аквакультура Канади [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ru.wikibrief.org/wiki/Aquaculture_in_Canada

39. Опыт развития аквакультуры в Канаде [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://fishnews.ru/rubric/lichnoe-mnenie/2707>

40. Ризики захворювання ГМО AquAdvantage Salmon [Электронный ресурс] – Режим доступа: Avoid Disease-Prone GMO AquAdvantage Salmon from AquaBounty! – Real Food Houston