

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Біотехнологічний факультет

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Допускається до захисту:
Завідувач кафедри водних біоресурсів
та аквакультури
д. б. н., проф. _____ Роман НОВІЦЬКИЙ
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістр на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
«AQUATIC» (м. ДНІПРО) ШЛЯХОМ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДНИХ ФОРМ
ЦФННИХ ВИДІВ РИБ**

Здобувач другого (магістерського)
рівня вищої освіти _____ Віктор ВАКАЛ

Керівниця кваліфікаційної роботи,
к. б. н., доцентка _____ Надія ГУБАНОВА

Дніпро – 2025

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Біотехнологічний факультет
Спеціальність 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
Освітній ступінь – «Магістр»
Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри, д. б. н.,
професор _____ Роман НОВІЦЬКИЙ

“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ на дипломну
роботу здобувачу
Вакалу Віктору Вікторовичу

Тема роботи: «Підвищення рентабельності фермерського господарства
«AQVATIC» (м. Дніпро) шляхом вирощування гібридних
форм цінних видів риб»

Затверджена наказом по університету від “ 5 ” листопада 2025 р. № 3317.
Термін здачі здобувачем завершеної роботи “1 ” грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Короткий зміст роботи - перелік питань, що розробляються в роботі:

1. Формування видових властивостей гідробіонтів в умовах фермерського господарства
2. Застосування різних технологій вирощування цінних риб в умовах господарства

4. Перелік графічного матеріалу _____ немає_____

5. Консультант по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

6. Дата видачі завдання: “ _____ ” _____ 20__ р.

Керівниця

Надія ГУБАНОВА

Завдання прийняв до виконання

Віктор ВАКАЛ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Етапи дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Опрацювання літературних джерел	вересень	
2.	Технологічні особливості проведення дослідження	Вересень, жовтень	
3.	Проведення експериментальних робіт водоймі	жовтень	
4.	Проведення економічного обґрунтування проведеної роботи та написання розділів роботи.	листопад	
5.	Підведення підсумків роботи та формування висновків	листопад	
6.	Оформлення роботи до захисту та підготовка презентації	грудень	

Здобувач вищої освіти _____

Віктор ВАКАЛ

Керівниця роботи _____

Надія ГУБАНОВА

АНОТАЦІЯ

Дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «Магістр» студента II курсу навчання кафедри водних біоресурсів та аквакультури заочної форми навчання біотехнологічного факультету ДДАЕУ Вакала Віктора Вікторовича «Підвищення рентабельності фермерського господарства «AQVATIC» (м. Дніпро) шляхом вирощування гібридних форм цінних видів риби».

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технології вирощування осетрових (*Acipenseridae*) риби на прикладі гібрида *бестер* в умовах фермерського господарства, що функціонує на базі системи рециркуляційного водопостачання (УЗВ). Актуальність теми зумовлена зростаючим попитом на високоякісну рибну продукцію, обмеженими природними ресурсами осетрових порід та необхідністю впровадження інноваційних інтенсивних технологій, що забезпечують стабільні показники росту, виживаності та економічної рентабельності.

Робота містить 81 сторінку машинописного тексту, вміщує 25 таблиць, 12 рисунків та 29 джерел (15 англомовних), складається з розділів: вступу, огляду літератури, умов, матеріалів та методів виконання роботи, результатів власних досліджень, питань вирощування осетрових риби в умовах фермерського господарства, безпеки в надзвичайних ситуаціях та охороні праці, висновків та пропозицій щодо поліпшення процесів вирощування цінних видів риби.

Ключові слова: водні біоресурси, осетер, бестер, технологія вирощування.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1. Філогенія та гібридизація родини осетрових, переваги гібридів в аквакультури на прикладі гібрида бестер.....	8
1.2. Біотехнологія вирощування гібрида бестер.....	14
1.3. Роль бестера для осетрових, значення для рибництва та екологічні перспективи	44
2.МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ.....	46
3.РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	47
3.1. Вплив глибини води, на продуктивність вирощування гібрида бестер.....	47
3.2 Вплив вмісту кисню, на продуктивність вирощування гібрида бестер.....	51
3.3. Вплив температури води, на продуктивність вирощування гібрида бестер.....	55
3.4. Вплив роботи біофільтра на продуктивність вирощування гібрида бестер.....	60
4.ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	69
5.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

ВСТУП

Осетрові (*Acipenseridae*) риби займають особливе місце у світовій аквакультурі завдяки високій біологічній та економічній цінності, що зумовлено виробництвом делікатесної продукції - м'яса та чорної ікри. Природні популяції осетрових (*Acipenseridae*) за останні десятиліття зазнали значного антропогенного тиску, включно з надмірним промислом, руйнуванням місць нересту та погіршенням екологічного стану водойм. У результаті більшість видів осетрових занесено до Червоної книги Міжнародного союзу охорони природи (IUCN), що актуалізує потребу розвитку штучного відтворення та промислового вирощування цих риб у контрольованих умовах [12].

Сучасне інтенсивне рибництво дедалі більше переходить до використання систем рециркуляційного водопостачання (УЗВ), які дозволяють значно знизити водоспоживання та підтримувати стабільні умови утримання протягом усього циклу вирощування. Водночас ефективність росту та виживаності осетрових у таких системах істотно залежить від технологічних параметрів - рівня розчиненого кисню, температури, якості води, оптимального кормового режиму та продуктивності біофільтраційної системи. Недотримання цих показників може призвести до зниження темпів росту, погіршення фізіологічного стану риб та зменшення економічної ефективності виробництва

Тому удосконалення технології вирощування осетрових в УЗВ є важливим завданням як з наукової, так і з практичної точки зору. Комплексний аналіз технологічних процесів, впливу гідрохімічних факторів, ефективності годівлі та стану риб дозволяє оптимізувати умови утримання й отримати стабільно високі показники приросту та виживаності.

Метою роботи було дослідити особливості вирощування, розведення та біологічні характеристики представників родини осетрових (*Acipenseridae*) на

прикладі гібрида бестер (*Huso. Huso+Acipenser ruthenus*). Надати наукове обґрунтування та практичне підвищення рентабельності фермерського господарства «AQVATIC» М. Дніпро. шляхом вирощування гібрида бестер в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) із визначенням оптимальних параметрів водного середовища, годівельних показників та продуктивності біофільтрації [7].

Для досягнення мети передбачено вирішення таких завдань:

1. Проаналізувати біологічні особливості бестера та сучасні технології його вирощування.
2. Дослідити вплив глибини басейнів, рівня розчиненого кисню, температури та інших гідрохімічних факторів на інтенсивність росту та виживаність риб.
3. Оцінити ефективність роботи біофільтра в процесі вирощування бестера в УЗВ.
4. Розрахувати кормовий коефіцієнт (FCR) та встановити залежність конверсії корму від виробничих умов.
5. Сформулювати практичні рекомендації щодо вдосконалення технологічних параметрів вирощування гібрида бестер у фермерських господарствах.

Отримані результати мають значний практичний потенціал для підвищення продуктивності, мінімізації витрат та ефективного управління рибницькими процесами в умовах рециркуляційних систем.

Метою роботи є підвищення ефективності вирощування гібрида бестер шляхом оптимізації гідрохімічних показників, глибини басейнів, температурного режиму, насиченням кисню та продуктивності роботи біофільтра УЗВ. У досліді використано три групи бестера по 100 особин, навіскою 12,5 г. вирощуваних у басейнах об'ємом 1,5 м³ за різних рівнів розчиненого кисню (5,0; 6,5 та 8,0 мг/л). Проведено комплекс досліджень, що включали аналіз динаміки росту, визначення конверсії кормів (FCR), оцінку

виживаності, контроль вмісту амонію, нітритів, рН, температури та загальну оцінку роботи біофільтраційної системи.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Філогенія та гібридизація родини осетрових, переваги гібридів в аквакультури на прикладі гібрида бестер

Осетрові (*Acipenseridae*) становлять одну з найбільш давніх гілок костистих риб, які зберегли низку архаїчних морфологічних та анатомічних ознак. Ці риби, існують близько 200–250 млн років та формувалися ще у тріасовому періоді. Тому осетрові є унікальними «живими викопними», що дозволяють простежити ранні етапи еволюції хребетних.

До сучасних видів риб (*Acipenseriformes*) належать дві родини: (*Acipenseridae*) осетрові, (*Polyodontidae*) рибопили. У процесі еволюції вони зберегли; хрящовий тип скелета, гетероцеркальний хвіст, висувний ротовий апарат без зубів у дорослих особин, зовнішні кісткові щитки скутелли, слабку осифікацію внутрішнього скелета. Такі особливості роблять осетрових високоспеціалізованими донними фільтраторами та хижаками, адаптованими до різних прісноводних і анадромних екосистем.

Таксономічна структура родини (*Acipenseridae*) включає два основні сучасні роди, рід (*Acipenser*) що налічує близько 17–19 видів, серед яких; стерлядь (*Acipenser ruthenus*), осетер російський (*A. gueldenstaedtii*), осетер сибірський (*A. baerii*), осетер американський (*A. transmontanus*), осетер європейський (*A. sturio*) тощо.

Види роду (*Acipenser*) характеризуються помірними розмірами (до 200 кг), більш прісноводним або анадромним типом життя, раннішим статевим дозріванням у порівнянні з *Huso*, високою здатністю до формування гібридів. Рід (*Huso*) включає лише два види; білуга (*Huso huso*) і калуга (*Huso dauricus*). Це найбільші прісноводні риби планети: маса білуги може перевищувати 1 тону, калуги — до 500–700 кг. Для представників роду властиві; пізнє статеве

дозрівання (у білуги 12–20 років), значна частка жирових тканин, висока якість ікри, низька природна чисельність та чутливість до антропогенних факторів.

Осетрові одна з небагатьох груп риб, у яких є еволюційні передумови гібридизації та генетична пластичність міжвидової й навіть міжродової гібридизації. Це зумовлено; повільними темпами еволюції генному, збереженням подібної хромосомної структури, відсутністю жорстких репродуктивних бар'єрів, широким перекриттям нерестових температурних і фізіологічних діапазонів. Такі види як (*Acipenser*) та (*Huso*) здатні давати життєздатне потомство, яке інколи перевершує батьківські форми. Підсумком таких експериментів став бестер.

Бестер як унікальний продукт міжродової гібридизації. був створений у 1950–1960-х роках у СРСР професорами Ніколюкіним Н. І. та Тимофєєвою Н. А. у Теплівському рибозасаднику Саратовської області. у результаті схрещування самки білуги (*Huso huso*)

Домен: Еукаріоти (Eukaryota)

Царство: Тварини (Animalia)

Тип: Хордові (Chordata)

Клас: Променепері (Actinopterygii)

Ряд: Осетроподібних (Acipenseriformes)

Сім'я: Осетрові (Acipenseridae)

Рід: Білуга (рід) (*Huso*)

Вид: Білуга (*Huso. huso*)



Малюнок 1.1 - Білуга (*Huso. huso*)

Домен: Ядерні (Eukaryota)

Царство: Тварини (Animalia)

Підцарство: Справжні багатоклітинні (Eumetazoa)

Тип: Хордові (Chordata)

Підтип: Черепні (Craniata)

Надклас: Щелепні (Gnathostomata)

Клас: Променепері (Actinopterygii)

Підклас: Хрящові ганоїди (Chondrostei)

Ряд: Осетроподібних (Acipenseriformes)

Сім'я: Осетрові (Acipenseridae)

Підродина: (Acipenserinae)

Рід: Осетер (Acipenser)

Вид: Стерлядь (*Acipenser ruthenus*)



Малюнок.1.2 Стерлядь (*Acipenser ruthenus*)

Завданням селекціонерів було отримати гібрид із високою швидкістю росту як у білуги (*Huso. huso*), раннім дозріванням як у стерляді (*Huso. huso*), витривалістю до коливань умов середовища, придатністю до умов інтенсивної аквакультури. Так народився бестер (*Huso. Huso+Acipenser ruthenus*).

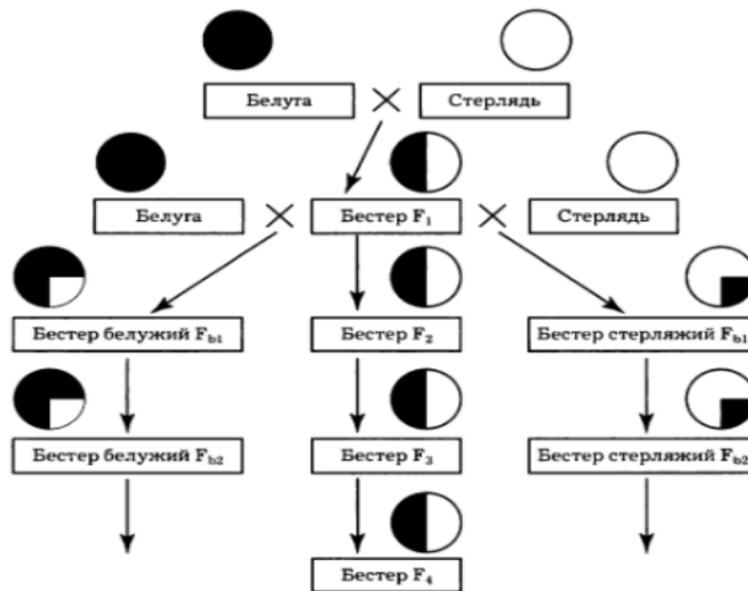


Малюнок 1.3 Бестер (*Huso. Huso+Acipenser ruthenus*)

У результаті вдалося створити вид гібриду, який успадкував швидкорослість і масивність від білуги (*Huso. huso*), раннє дозрівання та невибагливість від стерляді (*Acipenser ruthenus*).

У бестера - є 5 рядів кісткових жучків: 1 дорсальний, 2 бічних і 2 вентральних жучків. Рилю в розрізі закруглене. Є дві пари вусиків, як у білуги, іноді з легкою хвилястістю або зазубреною на кінці, листові придатки і бахрома відсутні. Бризкальці добре розвинені. Зяброві перетинки зрослися з міжзябровим проміжком, утворивши на місці приросту малопомітну складку. Форма рота проміжна між білугою (півмісячна) і стерляддю (поперечна). У спинному плавці 51-54 променів; в анальному 28-30; зябрових тичинок на 1-й дузі 17-20. Забарвлення коливається від стерляжого до білужого від світло-сірого до чорного, від світло-коричневого до сіро-коричневого і коричневого. Зазвичай спостерігається різкий контраст між темною спинною і світлою черевною частинами тіла.

Окрім бестера, у процесі гібридизації було виведено іще два гібрида це бестер білужий та бестер стерляжій, але вони не набули такої популярності у рибних господарств.



Малюнок 1.4 Схема споріднених форм бестера.

Порівняльні характеристики між видами показують, що білуга цінний, але складний у вирощуванні вид, нерентабельний у типових фермерських УЗВ. Стерлядь проста у вирощуванні, але має невисоку рентабельність через повільний ріст і малий розмір ікри. Бестер оптимальний вид для аквакультури, який успадкував найкращі риси обох батьків: швидкий ріст, добру конверсію корму, достатньо крупну та якісну ікру, а також високу виживаність.

Таблиця 1.1

Порівняльна характеристика білуги, стерляді та бестера

Показники	Білуга	Стерлядь	Бестер
Таксономічна належність	Рід <i>Huso</i>	Рід <i>Acipenser</i>	Міжродовий гібрид
Максимальна маса	800–1200 кг	6–16 кг	20–40 кг (іноді > 50 кг)
Темп росту	Дуже високий, але повільніший у молоді	Повільний	Високий, особливо у молоді

Статеве дозрівання	Дуже пізні: самки 12–20 років	Ранні: 4–7 років	Проміжні: самки 6–8 років
Показники	Білуга	Стерлядь	Бестер
Плодючість	Дуже висока (до 5 млн ікринок)	Низька–середня (20–140 тис.)	Висока, ближче до білуги
Тривалість життя	До 100+ років	25–30 років	35–50 років
Вимоги до умов вирощування	Високі, чутлива до гідрохімії	Невибаглива, добре переносить УЗВ	Дуже добра адаптація до інтенсивних систем (УЗВ)
Переносимість низького кисню	Погана	Середня	Краща, ніж у обох батьків
Температурний оптимум	18–22 °С	16–22 °С	20–26 °С
Якість м'яса	Висока, жирна	Дієтична, менш жирна	Висока, комбінована
Якість ікри	Найдорожча чорна ікра	Невеликий обсяг, нижча вартість	Висока, наближена до білуги
Швидкість росту в УЗВ	Помірна, залежить від кисню	Помірна	Найвища
FCR (кормовий коефіцієнт)	1,4–1,8	1,0–1,3	0,8–1,2 (найкращий)
Стійкість до хвороб	Середня	Підвищена	Найвища серед трьох
Складність розведення	Дуже складне	Легке	Помірне

1.2. Біотехнологія вирощування гібрида бестер

Одним із найбільш перспективних об'єктів сучасної аквакультури є гібрид *бестер* (*Huso. Huso+Acipenser ruthenus*) - результат схрещування *білуги* (*Huso huso*) мати, та *стерляді* (*Acipenser ruthenus*) батько. Поєднання цінних біологічних якостей обох батьківських форм забезпечує високі темпи росту, раннє статеве дозрівання та добру адаптивність до умов замкнених водних систем. Бестер (*Huso. Huso+Acipenser ruthenus*) характеризується стійкістю до коливань гідрохімічних параметрів, відносно низькою вибагливістю до кормів та ефективним використанням простору у фермерських господарствах, що робить його одним з найпоширеніших гібридів у товарному вирощуванні.

Інтенсивне вирощування у системах УЗВ (RAS); вважаються оптимальною технологією для майже усіх осетрових, особливо бестера.

Для інтенсивної аквакультури, бестер є найбільш прийнятним вибором, оскільки витримує високу щільності посадки (60–120 кг/м³), має достатньо низькі вимоги до освітлення, добре реагують на автоматизоване дозування корму, ефективно росте при стабільній температурі 20–26 °С, демонструють низьку конверсію кормів (FCR) — 0,8–1,2. Також гібрид бестер має смачне м'ясо, якісну ікру та привабливий зовнішній вигляд, що робить його затребуваним та конкурентно спроможним об'єктом аквакультури. Досвід використання гібрида бестер демонструє найвищу продуктивність серед гібридних форм у УЗВ, також він перевершує стерлядь і навіть сибірського осетра.

На практиці технологія вирощування гібрида бестер. (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*), майже ні чим не відрізняється від технології вирощування усіх осетрових (*Acipenseridae*) і складається з декількох етапів:

1. Підготовка плідників.
2. Штучна зимівля.
3. Нерест бестера.

4. Початкове вирощування личинок.
5. Підрощування молоді (0–5 г).
6. Дорощування (5–50 г).
7. Нагул до товарної маси (0.5–2 кг).
8. Фінішний нагул та передтоварне дорощування.
9. Утримання плідників (для відтворення)

Підготовка плідників гібрида бестер (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) є ключовим етапом у біотехнології відтворення осетрових риб. Від повноцінності цього процесу залежать якість статевих продуктів, рівень заплідненості ікри та життєздатність отриманого потомства. Плідники бестера поєднують у собі особливості фізіології білуги (*Huso huso*) та стерляді (*Acipenser ruthenus*), що потребує врахування специфічних умов вирощування, годівлі та стимуляції статевого дозрівання. Для проведення відтворювальних робіт у фермерських умовах використовують самок віком 6–8 років, масою 8–18 кг (залежно від умов вирощування, темпів росту) та самців віком 4–6 років, масою 3–6 кг. До вибраковки відносять риб із деформаціями тіла, хронічними хворобами, пошкодженнями спинного плавця (місця ін'єкцій), а також особин із низькими показниками фізіологічної кондиції, а саме; занижка вага відносно віку, в'ялість, пасивність в споживанні кормів та таке інше.

Штучна зимівля .мета даного етапу сформувати групу риб із високим фізіологічним статусом для безпечного входження у період зимівлі. Відбирають здорових особин без зовнішніх пошкоджень, середньою масою 3–10 кг (залежно від віку). Проводять клінічний огляд; оцінка шкіри, грудних плавців, наявності ектопаразитів. Дегельмінтизація за необхідності (фенбендазол, празиквантел - за ветеринарними рекомендаціями). Потім відбувається голодна пауза 24–48 годин перед пересадженням у зимувальні ємності. Сортування за статтю та розміром, якщо це передбачено технологією господарства.

-Підготовка зимувальних ємностей. Мета: створення стабільних умов для мінімізації обмінних процесів риби. Основні вимоги до обладнання:

-Ємності з об'ємом 3–10 м³ (басейни, УЗВ-резервуари або стави).

-Система аерації: підтримка O₂ = 6,5–8,0 мг/л.

-Біофільтр та механічна фільтрація для видалення амонію та завислих частинок.

-Рівномірний водообмін: 1–2 об'єми на добу.

-Захист від світла: зимувальні приміщення затемнені, освітлення мінімальне (0,1–0,3 лк).

-Поступове зниження температури. Мета зменшити метаболізм плідників без стресових реакцій. Виконується за температурною схемою:

-Початково: 18–20 °С (температура вирощування).

-Зниження температури: на 1–1,5 °С за добу.

-Цільова зимова температура: 6–8 °С.

-На рівні 10–12 °С практично припиняють годування.

-Контроль поведінки: риба стає менш рухомою, тримається біля дна.

При різкому зниженні >3 °С/добу можливий температурний шок, зниження імунної активності та масова загибель.

-Утримання риби в зимовий період. Мета підтримати стабільні умов мінімального метаболізму.

Основні параметри:

-Температура: 6–8 °С (допустимо 4–10 °С).

-Кисень: O₂ 6,5–8 мг/л, насичення >80 %.

-рН 6,8–7,5.

-Амоній (NH₄⁺+NH₃): <0,1 мг/л, нітрити <0,05 мг/л.

-Освітленість: мінімальна, до 1 % природного світла.

- Гібрид бестер у фазі зимівлі не годується або отримує мінімальні порції (0,1–0,3 % маси тіла) 1 раз на 1–2 тижні при $T > 8$ °С. Корм – високоенергетичний, повільно тонучий. Контроль стану: 1–2 рази на тиждень – візуальна оцінка активності. 1 раз на 10–14 днів – контроль маси 3–5 % вибірки. Профілактика стресу: мінімум шумів, вібрацій, світла.

-Профілактика хвороб у період зимівлі. Основні заходи: Регулярна санація біофільтра та механічної очистки. Недопущення накопичення мулу та органіки у кутках ємності. Постійний моніторинг концентрації амонію та нітритів (раз на 2–3 дні). Застосування солі 0,3–0,5 % при легкому стресі (за ветеринарним протоколом). Забезпечення резервної подачі кисню 24/7.

-Підготовка до виходу із зимівлі. Метою є відновити активність обміну речовин і підтримати подальшу репродуктивну готовність. Потребує наступних кроків: Поступове підвищення температури на 1–2 °С на добу, відновлення годування при температурі 8–10 °С, стартова норма 0,3–0,5 % маси тіла, через 5–7 днів – до 1–1,5 %. У в цей період відбувається поступове збільшення освітлення, переведення до стандартних умов утримання при 16–18 °С.

-Оцінка фізіологічного стану перед переведенням у нерестові групи. На даному етапі відбувається моніторинг після зимівлі

На 10–14 день після виходу: Аналіз крові (гематокрит, глюкоза, кортизол – за можливості), Оцінка вгодованості та маси, Перевірка зрілості статевих продуктів шляхом катетеризація самок (взяття проби ікри катетером для визначення зрілості), пальпація самців (легке натискання на череву для перевірки виділення молока).

Нерест бестера поєднує біологічні особливості двох вихідних видів білуги (*Huso huso*) та стерляді (*Acipenser ruthenus*) і характеризується високою пластичністю, швидким дозріванням та можливістю отримання зрілої ікри вже у віці 5–7 років при інтенсивному утриманні. Процес нересту бестера включає

формування статевих продуктів, підготовку виробників, стимуляцію, дозрівання гонад, ікрометання і подальше відновлення риб.

-Статеве дозрівання та формування гонад. Формування яйцеклітин самки (ооцитів) відбувається у три основні стадії:

I – жовткове ядро,

II – жовткове накопичення,

III – переднерестове дозрівання (гаметогенез).

Ікра досягає повної зрілості зазвичай при III–IV стадії зрілості, коли діаметр ооцита становить 2,8–3,2 мм. Умовою завершення дозрівання є зимівля природна або штучна. Сперма самців формується швидше, ніж ікра. Готовність до нересту визначається за наявністю молочки, що виділяються при легкій пальпації черевця.

-Переднерестова підготовка виробників. Перед нерестом бестера переводять у басейни або УЗВ з контрольованими параметрами температури 14–16 °С для самок (щоб уникнути передчасного дозрівання). Кисень: ≥ 7 мг/л. Освітленість: приглушена, мінімальний стрес. Годування високобілкове, корми (40–48% протеїну) з жирністю 12–16% протягом цього періоду. Проводять УЗІ-діагностику для визначення стадії дозрівання та толерантності самок. Біопсію яєчників (катетеризацію) Катетер вводять у яйцепровід, відбирають кілька ооцитів і визначають їх діаметр та стадію розвитку.

-Гормональна стимуляція нересту проводиться для синхронного дозрівання статевих продуктів і запуску овуляції. Для цього використовують препарати; суспензія гіпофіза коропа (ГСК); синтетичні гонадотропіни (ЛГ-РГ, СГЛРГ-А) у комбінації з домперидоном.

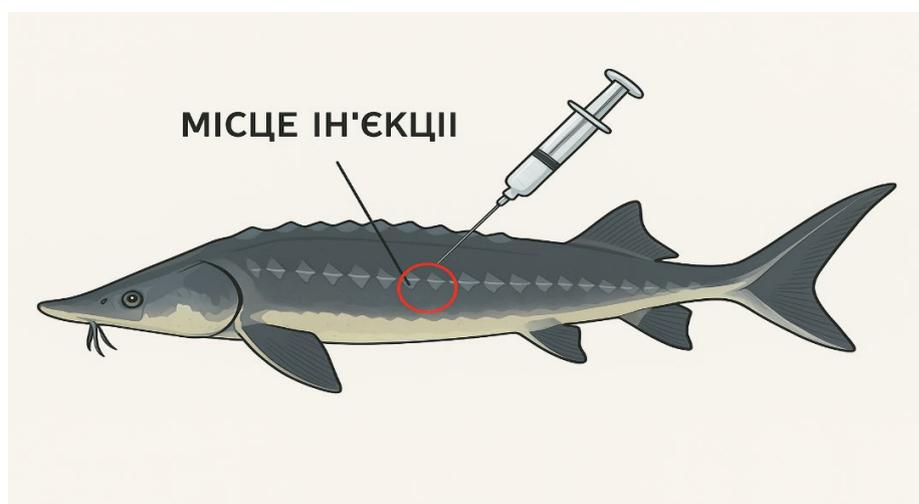
Схеми ін'єкцій самки;

-1-ша ін'єкція — підготовча (10–15% від загальної дози).

-2-га ін'єкція — основна (85–90%).

Інтервал між ін'єкціями: 10–12 год при 18–20 °С, або 14–16 год при 15–16 °С.

Самці получують ін'єкцію одноразово (0,5 дози від самки), за 10–12 год до відбору молок. Ін'єкцію виконують в м'язовий масив спини під бічною лінією, кут 45°, голка — 1–1,5 см.



Малюнок 1.5 Місце стимулюючої ін'єкції

Дози можуть коригуватися залежно від маси риби, температури води та ступеня зрілості гонад. У бестера нерестова реакція найкраща при $t = 18\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$ та стабільному кисні $>7\text{ мг/л}$. Самців рекомендується ін'єкувати за 10–12 год до очікуваної овуляції самок, щоб отримати максимально активну сперму.

Таблиця 1.2.

Схема гормональної стимуляції нересту бестера:

етап	препарат	Доза(мг /кг)	Ін'єкції	Спосіб введення	Час до овуляції
Попередня (прайм) ін'єкція	Гіпофіз коропа (ГК)	0,5–1,0 мг/кг (самки)	Підготовка яєчників до завершального дозрівання	Внутрішньо м'язово у спинний м'яз	—
Основна (індукційна) ін'єкція	ГК або СГЛ/Овопел	4–5 мг/кг (самки)	Викликання овуляції ооцитів	Внутрішньо м'язово	12–16 год при 18–20 °С / 8–12 год при 20–22 °С

ін'єкція для самців.	ГК	Активізація сперматогенезу, підвищення рухливості сперми	Внутрішньо м'язово	За 12 год до відбору сперми	Активізація сперматогенезу, підвищення рухливості сперми
Альтернативний препарат	Овопел (1 гранула / 1 кг)	Активізація сперматогенезу, підвищення рухливості сперми	Внутрішньо м'язово	За 12 год до відбору сперми	Активізація сперматогенезу, підвищення рухливості сперми
Антагоніст допаміну + ГнРГ	Суперфакт + Домперидон	20–30 мкг/кг + 5–10 мг/кг	Посилення овуляційної відповіді	Внутрішньо м'язово	10–16 год

- Овуляція у самки бестера відбувається через 10–14 год після останньої ін'єкції при 18–20 °С. Ознаки готовності розм'якшення черевної стінки; яйця легко виходять при легкому натисканні; видно “жовтий канал” - сформований яйцепровід. Молоки самця стають більш рідкими, легко виділяються при пальпації.

-Отримання статевих продуктів (штучне ікрометання) самки проводять методом “підрізання” яйцепроводу, роблять невеликий поздовжній надріз (0,5–1,0 см) у зоні клоаки спеціальними ножицями, або скальпелем; ікра стікає самопливом у сухий, знежирений таз; механічне “видушування” заборонене — призводить до травм.



Малюнок 1.6 Штучне ікрометання

У самців (відбір молок) молеку збирають у сухі стерильні пробірки; уникають контакту з водою (сперматозоїди активуються миттєво і гинуть через 30–60 с).



Малюнок 1.7 Відбір молок

- При штучному заплідненні ікри *бестера* застосовується сухий метод а саме до ікри додають молеку (5–10 мл на 1 кг ікри), додають активуючий розчин (вода або слабкий соляний розчин 0,5% NaCl), акуратно перемішують 1–2 хв. Після запліднення промивають кілька разів для видалення клейкості (глинистий розчин, танін, або “Трифен”).

-Інкубація ікри протікає у інкубаційних апаратах (Вейса або Осетр) при температурі $t = 14\text{--}18\text{ }^{\circ}\text{C}$, кисень 7–8 мг/л проточність середня, без утворення “мертвих зон”. Інкубація триває 80–120 год залежно від температури.



Малюнок 1.8. Апарат «Вейса»



Малюнок 1.9 Апарат «Осетр»

Після виходу личинок їх переводять у стартові басейни для подальшого дорощування.

-Післянерестова реабілітація самок після нересту потребують 3–5 місяців на відновлення гонад. Температуру знижують до 16–18 °С. Надають годування з високобілковим раціоном (45–50%). Повільно відбувається поступове повернення до стандартного режиму утримання.

Початкове вирощування личинок. Біологічні особливості личинок гібрида бестер (*Acipenser ruthenus* × *Huso huso*) характеризуються високою чутливістю до умов середовища в перші дні життя. Після вилуплення вони мають жовтковий мішок, який забезпечує їх поживними речовинами до моменту переходу на зовнішнє живлення. Тривалість резорбції жовтка становить у середньому 5–7 діб залежно від температури води. Особливістю личинок осетрових є низька рухливість у перші години після вилуплення та поступове активізування при збільшенні обмінних процесів. Протягом цього періоду необхідно підтримувати максимально стабільні гідрохімічні показники.

-Умови утримання на початковому етапі. Оптимальна температура вирощування личинок бестера становить 18–20 °С. Підвищення температури вище 22 °С прискорює обмін речовин, але може підвищувати ризик деформацій та зниження виживаності.

Кисневий режим дуже важливий фактор, личинки чутливі до вмісту розчиненого кисню, тому аерацію потрібно забезпечувати з перших годин після посадки. Рекомендований рівень O_2 7-8 мг/л.

Освітлення має бути розсіяним, помірним, оскільки надмірне світло викликає стрес та хаотичну поведінку. Оптимальний світловий день – 12–14 год.

Гідродинаміка води. Бестер на початкових стадіях потребує плавного руху води, який утримує личинок у підвішеному стані, запобігає осіданню на дно та сприяє змішуванню кормових частинок.

-Початкове годування. Перехід від ендогенного до екзогенного живлення На момент, коли приблизно 70–80 % жовткового мішка резорбовано, личинки починають проявляти інтерес до зовнішньої їжі. Це відбувається на 5–6 добу після вилуплення, саме в цей період необхідно починати перші підкормки.

-Першими кормами для бестера є живі корми: наупліуси артемії, коловертки, мотиль, личинки комах. Мікрокапсульовані корми розміром 100–300 мкм. Жива артемія є незамінним стартовим кормом завдяки високій поживності, рухливості та стимулюючому впливу на харчову активність.

-Режим годування повинні бути дрібнопорційним кожні 2–3 години, оскільки личинки не мають розвиненого шлунка, а травлення йде за рахунок кишкової секреції. Добова норма живого корму – 50–100 % від маси личинок бестера.

-Виживаність личинок залежить від стабільності температури, якості хімічного складу води (амоній < 0,1 мг/л, нітрити < 0,05 мг/л), достатньої кількості кисню 6,5-8 мг/л., наявності живого корму протягом усього світлового дня.

-Сортування проводиться на 10–14 добу, перше сортування за розмірами, для запобігання канібалізму та нерівномірному росту.

-Перехід до стадії малька, після досягнення маси 0,15–0,25 г та повного переходу на штучний стартовий корм личинки вважаються мальками. В цей

період підвищують швидкість течії, збільшують об'єм басейнів та переводять рибу до систем дорощування. Параметри початкового вирощування у таблиці.

Таблиця 1.3.

Параметри початкового вирощування

показники	значення
Температура	18–20 °С
Кисень	6,5–8 мг/л
Освітлення	12–14 год
Початок годування	5–6 доба
Стартовий корм	Артемія, мікрогранули
Частота годування	Кожні 2–3 год
Перше сортування	10–14 доба
Перехід до стадії малька	0,15–0,25 г маси

Підрощування молоді бестера від маси 0,02–0,05 г (віком 7–10 діб після переходу на екзогенне живлення) до досягнення товарної молоді масою 3–5 г є ключовим технологічним етапом, що визначає подальшу продуктивність системи вирощування. Саме на даній стадії закладаються темпи росту, формуються механізми адаптації до штучних кормів, стабілізується фізіологічний стан мальків та їх стійкість до технологічних стресів. У системах інтенсивного вирощування (УЗВ та стави з контрольованими параметрами) основними завданнями підрощування є забезпечення оптимальних умов годівлі та водного середовища, зниження падежу, швидкий перехід на гранульовані корми, а також підтримання високої швидкості росту (4–7 %/добу).

-Технологічні умови утримання молоді такі як гідрохімічні показники води для ранньої молоді бестера (0–5 г) надзвичайно важливе стабільне середовище. Допустимі параметри приведені у таблиці 1.4

Таблиця 1.4.

Параметри підрощування молоді (0–5 г)

Показник	Оптимум	Критичне значення
Температура	22–24 °С	<18 °С або >27 °С
Розчинений кисень	7–9 мг/л	<5 мг/л
pH	6.8–7.6	<6.5 або >8.2
Амоній (NH ₄ ⁺)	<0.5 мг/л	>1 мг/л
Нітрити (NO ₂ ⁻)	<0.1 мг/л	>0.2 мг/л
Солоність у прісній воді	0–0.5 ‰	–

Підтримка стабільних параметрів дозволяє знизити стрес, попередити ерозію плавців і некрози та забезпечити високий рівень виживання.

-Ємності також відіграє важливу роль. Для підрощування зазвичай використовують прямокутні або круглі басейни об'ємом 0,5–2,0 м³, системи УЗВ з повною механічною та біологічною фільтрацією, мікроколивальний або проточний тип водообміну.

-Щільність посадки початкова посадка (маса 0,02–0,05 г) 5–8 тис. екз/м³, після 2-го тижня 2–4 тис. екз/м³, фінальна перед сортуванням (3–5 г) 1–2 тис шт/м³.

Підвищена щільність спричиняє уповільнення росту, посилення канібалізму; погіршення якості шкіри та плавців.

-Перехід на штучні корми перші 3–5 діб після всмоктування жовткового мішка личинок утримують на наупліях, артемії, мотиль, личинки комах, а також мікродиференційованих кормах 200–300 мкм. Поступовий перехід проводять за схемою показаною у таблиці 1.5

Таблиця 1.5.

Параметри кормління молоді (0–5 г)

День	Artemia (%)	Комбікорм (%)
1	100	0
2	70	30
3	50	50
4	20	80
5	0	100

Гранульовані корми: гранулометрія вміст білка жиру, та норми годівлі для молоді 0–5 г представлені у таблиці:

Таблиця 1.6.

Параметри кормління молоді (0–5 г)

Маса риби; гр	Розмір гранули; мм	Білок (%)	Жир (%)
0.02–0.2	0.2–0.4	48–52	12–16
0.2–1	0.4–0.6	46–50	14–18
1–5	0.6–1.0	44–48	16–20

Частота годівлі: 6–12 разів на добу у перерахунку на добовий раціон 8–15 % маси риби.

-Поступове зниження норм годівлі: при 0.1 г – 12–15 %, при 1.0 г – 8–10, % при 5.0 г – 4–6 %

Ріст, розвиток та біотехнічні операції. Динаміка росту за оптимальних умов СГР молоді бестера становить 5–7 %/добу. Приклад типової динаміки росту риби представлені у таблиці 1.7:

Таблиця 1.7.

Динаміка росту риби (0–5 г)

Вік, діб	Середня маса (г)
10	0.05
20	0.2

30	1.0
40	3.0
50	5.0

Реальна швидкість росту може змінюватися залежно від якості корму, кисню та щільності посадки.

-Сортування молоді проводять кожні 7–10 днів для, зниження канібалізму, вирівнювання групи за розміром, оптимізації годівлі.

Для сортування молоді використовують сортувальні сита з комірками 3–7 мм.

Невідсортована молодь втрачає до 20–25 % через канібалізм.

-Профілактичні заходи: Під час підрощування застосовують обробки слабким розчином кухонної солі (2–3 г/л, 3–5 хв), вітамінні добавки (вітамін С, Е) та підвищення аерації у періоди стресу.

-Фактори, що знижують виживаність. Кисень <6 мг/л, надлишкові корми, NH_4^+ >0.5 мг/л, несвоєчасне сортування.

-Коефіцієнт конверсії корму (FCR). Для молоді 0–5 г: FCR = 0.8–1.2 (в УЗВ).

-Співвідношення довжина/маса. Оптимальний індекс стану: $K = 0.30\text{мм.} - 0.40\text{г.}$, що свідчить про гарний розвиток тіла.

Підрощування молоді бестера до маси 3–5 г є критичним етапом, де важливо забезпечити; високу якість води, багатократну годівлю високобілковими мікрогранулами, регулярне сортування та стабільний кисень на рівні 7–9 мг/л. Досягнення живої маси 5 г із високою виживаністю (>85 %) свідчить про правильну організацію технологічного процесу та гарантує успішне подальше вирощування у стадії дорощування та нагулу.

Дорощування молоді бестера масою 5–50 г. також є важливим технологічним етапом, що визначає подальшу продуктивність риби при нагулі або товарному вирощуванні. У цей період відбувається інтенсивний ріст, активне формування органів травлення та перехід молоді до стабільного споживання гранульованих комбікормів. Основним завданням етапу є

забезпечення оптимальних умов утримання, високої якості кормів та мінімального стресового впливу на гібрид.

Бестер, як міжвидовий гібрид білуги (*Huso huso*) та стерляді (*Acipenser ruthenus*), характеризується високою пластичністю до умов утримання, прискореним темпом росту в ранньому віці, добрим засвоєнням екструдованих кормів, підвищеною чутливістю до коливань кисню та амонійного азоту.

Таблиця 1.8.

Оптимальні показники утримання молоді масою 5–50 г.

Показник	Норма	Коментар
Температура	20–24 °С	Максимальний ріст при 23–24 °С
Розчинений кисень	≥ 6,5 мг/л	Оптимум 7,5–8,0 мг/л
pH	6,8–7,5	Допустима межа 6,5–8,2
Амонійний азот (NH ₄ ⁺ + NH ₃)	< 0,1 мг/л	При >0,2 мг/л — токсичність
Нітрит-іони (NO ₂ ⁻)	< 0,05 мг/л	При 0,15 мг/л — ризик метогемоглобінемії
Нітрат-іони (NO ₃ ⁻)	< 30 мг/л	Для УЗВ контроль щотижня
Солоність (за потреби)	0,5–1%	Підвищує стійкість до стресу

-Біотехнологічні параметри системи утримання складаються з

Щільність посадки: старт (5–10 г): 15–25 кг/м³; середній період (10–30 г): 25–35 кг/м³; завершення (30–50 г): 35–50 кг/м³. Проточність води: за маси (5–10 г) 5–7 об'ємів басейну/добу; (10–50 г) 7–12 об'ємів/добу.

Аерація та гідродинаміка. Молодь чутлива до застійних зон, тому рекомендовано використання донних аераторів з дрібно пазирчастою подачею, та тангенціального закручування потоку (бажано круглі басейни).

Особливості годівлі молоді бестера масою 5–50 г. Тип кормів та гранулометрія
 Рекомендовані екструдовані корми для осетрових з високим рівнем протеїну.
 Дані приведені у таблиці.

Таблиця 1.9.

Вміст рекомендованих екструдованих кормів

Маса риби; гр	Розмір гранули; мм	Протеїн; %	Жир; %	Частота годування
5–10	1,0–1,5	48–50	12–16	8–10 разів/добу
10–20	1,5–2,0	46–48	14–18	6–8 разів/добу
20–50	2,0–3,0	43–46	16–20	4–6 разів/добу

Треба відмітити що бестер має швидкі темпи росту, тому перехід до крупніших гранул слід проводити поступово (3–5 днів).

Таблиця 1.10.

Оптимальна добова норма корму

Температура, °C	Добова норма, % від маси тіла	Очікуваний FCR
20–21	3,0–3,5	1,0–1,2
22–23	3,5–4,0	1,1
24	4,0–4,5	1,1–1,3

Темп росту молоді на етапі 5–50 г. Динаміка маси у типових умовах УЗВ ($t=23$ °C, $O_2=7,5$ мг/л) середні темпи приросту становлять;

-5–10 г → 10–12 діб

-10–20 г → 12–15 діб

-20–50 г → 18–25 діб

Загальний період дорощування від 5 до 50 г: 45–55 діб. показники росту молоді становлять:

Таблиця 1.11.

Показники росту молоді(5–50 г)

Показник	Значення
Середньодобовий приріст (SGR)	2,5–3,2 %/добу
Конверсія корму (FCR)	1,0–1,2
Вживаність	94–98 %
Коефіцієнт варіації маси	8–12 %

-Сортування бестеру у ранньому віці демонструє високу неоднорідність маси, швидку появу домінантів, конкуренцію за корм. Щоб уникнути канібалізму (5–20 г) та затримки росту, сортування проводять: перше – на масі (8–12 г.), друге (20–25 г.), третє за потреби (40–50 г.)

Обладнання для сортування; решітчасті сортувальні ванни, барабанні сортувальники, похилі сортувальні столи, сита з калібрацією 8–25 мм.

-Профілактика хвороб та стрес-факторів. Основними ризиками у даному віці являються:

1. Гіпоксія ($CO_2 < 5,5$ мг/л) миттєве зниження апетиту, масові загибелі
2. Амонійна інтоксикація -порушення рівноваги, темні плавці,
3. Порушення годівлі - перегодовування забруднення води.
4. Мікротравми під час сортування.

Профілактичні заходи включають в себе:

1. Використання сольових ванн (NaCl 0,3–0,5 %) на 3–5 хв після сортування;
2. Додавання пробіотиків (*Bacillus spp.*) у корм;
3. Дезінфекція обладнання (йодовмісні препарати, хлоргексидин); карантин нових партій.

Розрахунки виробничих показників етапу дорощування риби, (SGR) показує, на скільки відсотків за добу збільшується маса риби, розраховується по формулі:

$$SGR = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t} \times 100; \text{ де}$$

W_1 — початкова маса риби (г),

W_2 — кінцева маса (г),

t — тривалість вирощування (днів),

\ln — натуральний логарифм.

Що показує:

2-3%/доба — хороший темп росту для бестера 5–50 г.

>3 %/доба — дуже швидкий ріст, оптимальні умови.

<2 %/доба — риба недоотримає корму або є проблеми з якістю води.

Розрахунок коефіцієнту конверсії кормів (FCR), показує, скільки кілограмів корму потрібно для отримання 1 кг приросту маси риби:

$$FCR = \frac{F}{W_2 - W_1} \times 100; \text{ де}$$

F — кількість згодowanego корму (кг),

W_1 — початкова маса риби (кг),

W_2 — кінцева маса риби (кг),

$W_2 - W_1$ — приріст біомаси.

При згодowaniu 45 кг корму при прирості 40 кг біомаси:

Орієнтовна FCR на даному етапі росту риби, складає приблизно

1,0–1,2 — відмінний показник для бестера.

1,3–1,5 — задовільний (нормальні умови).

1,6 — неефективна годівля, втрати корму або погані умови води.

<1,0 — майже не буває, окрім стартових фаз або при контрольних групах.

На етапі дорощування бестера від 5 до 50 г забезпечується формування високопродуктивного молодняка з рівномірними темпами росту, високою виживаністю та оптимальними показниками FCR.

Правильно організована система годівлі, стабільні показники якості води, регулярне сортування та профілактика захворювань є ключовими технологічними умовами для досягнення продуктивності до 50 кг/м³ та виживаності понад 95 %.

Нагул до товарної маси (0.5–2 кг). Загальна характеристика етапу нагулу бестера від маси 0,5 до 2,0 кг є завершальним і найбільш тривалим етапом технологічного циклу вирощування. Основною метою цього періоду є отримання високоякісної товарної риби із оптимальними показниками конверсії корму (FCR), темпів росту (SGR) і виживаності, а також формування стабільної товарної партії з мінімальною різноманітністю показників мас. Бестер (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) демонструє такі переваги на етапі нагулу; висока інтенсивність росту при температурах 20–24 °С, стабільне засвоєння екструдованих кормів, низька захворюваність при якісній аерації та проточності води, висока пластичність до умов УЗВ, садків або ставів. Умови утримання на етапі нагулу. Гідрохімічні параметри води показані у таблиці

Таблиця 1.12.

Гідрохімічні параметри води

Показник	Оптимум	Допустимий рівень
Температура	20–22 °С	18–24 °С
Кисень (DO)	6,5–8,0 мг/л	≥ 6,0 мг/л
pH	6,8–7,5	6,5–8,2

Амонійний азот (NH ₄ ⁺ + NH ₃)	<0,05 мг/л	до 0,1 мг/л
Нітрит (NO ₂ ⁻)	<0,05 мг/л	до 0,15 мг/л
Нітрат (NO ₃ ⁻)	<40 мг/л	до 60 мг/л

Для УЗВ газовий баланс контролюють за СО₂ (< 15–20 мг/л), обмін води підтримують на рівні 8–12 об'ємів/добу, дегазація - через біофільтри та колонні дегасери.

-Щільність посадки. Рекомендована щільність залежить від маси риби у басейнах, дані показані у таблиці 1.13

Таблиця 1.13.

Рекомендована щільність

Маса риби	Щільність (кг/м ³)
0,5–1,0 кг	50–70
1,0–1,5 кг	70–90
1,5–2,0 кг	90–110

У садках 20–30 кг/м³ (на течії до 40 кг/м³)

У ставках 800–1200 кг/га при інтенсивному годуванні.

-Годівля на періоді нагулу. Вибір кормів Для інтенсивного нагулу використовують екструдовані корми для осетрових Дані представлені у таблиці:

Таблиця 1.14.

Корми для інтенсивного нагулу

Параметр	Значення
----------	----------

Протеїн	40–45 %
Ліпіди	18–22 %
Клітковина	<3 %
Зольність	<12 %
Вітамін С	≥ 250 мг/кг

Гранулометрія:

-3–4 мм — риба 300–600 г

-4–6 мм — 600–1200 г

-6–8 мм — >1,2 кг

Таблиця 1.15.

Норми годівлі

Температура води	Добова норма корму (% від маси)	FCR
18–19 °С	0,8–1,2 %	1,4–1,6
20–22 °С	1,2–1,8 %	1,2–1,4
23–24 °С	1,5–2,0 %	1,3–1,5

-Оптимальна частота годівлі: УЗВ 3–5 разів/добу, садки 2–3 рази/добу стави 1–2 рази/добу, бажано використання автоматичних годівниць.

-Показники росту та продуктивності. Темп росту. в середньому бестер досягає: 0,5 1,0 кг за 90–120 діб, 1,0 2,0 кг за 120–180 діб.

Загальний період нагулу до 2 кг: 7–10 місяців, залежно від; температури, корму, кисню, щільності посадки.

-Розрахункові показники росту обчислюють по наступним формулам:

$$SGR = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t} \times 100;$$

де: W_1 — початкова маса риби (г),

W_2 — кінцева маса (г),

t — тривалість вирощування (днів),

\ln — натуральний логарифм.

Для нагулу SGR становить:

Таблиця 1.16.

Розрахункові показники росту

Маса риби	SGR, %/добу
0,5–1,0 кг	0,7–1,4
1,0–2,0 кг	0,4–0,9
Маса	SGR, %/добу

Розрахунок коефіцієнту конверсії кормів (FCR), показує, скільки кілограмів корму потрібно для отримання 1 кг приросту маси риби:

$$FCR = \frac{F}{W_2 - W_1} \times 100;$$

де:

F — кількість згодованого корму (кг),

W₁ — початкова маса риби (кг),

W₂ — кінцева маса риби (кг),

W₂ – W₁ — приріст біомаси.

Типові значення:

Таблиця 1.17.

Розрахунок коефіцієнту конверсії кормів (FCR)

Маса риби	SGR, %/добу
0,5–1,0 кг	0,7–1,4
1,0–2,0 кг	0,4–0,9
Маса	SGR, %/добу

-Технологічні операції при нагулі

-Сортування. У періоді 0,5–2 кг маса неоднорідна, тому проводять; перше сортування при досягненні 600–800 г, друге 1,2–1,5 кг, третє (за потреби) 1,8–

2,0 кг. Сортування знижує; конкуренцію, затримку росту «слабших» особин, ризик хвороб через стрес. Переведення риби між басейнами проводять раз на 30–45 днів для; вирівнювання біомаси в басейнах, підтримання стабільної проточності, зменшення тиску на біофільтр.

-Профілактика захворювань. Основні ризики; гіпоксія (недостатньо $\text{CO}_2 < 5,5$ мг/л), амонійна інтоксикація, нітритна токсикація, температурний стрес бактеріальні інфекції: аеромоноз, псевдомоноз. Паразити в садках ставках: триходина, іхтіофтироз. Профілактичні заходи; підтримання $\text{CO}_2 \geq 6,5$ мг/л, регулярна чистка донних відстійників, застосування пробіотиків у кормах (*Bacillus spp.*), санація обладнання (йод розчини 0,5%), карантин нових партій, сольові ванни при стресі або після транспортування (NaCl 0,3% / 5–7 хв).

Продуктивність нагулу. Типові виробничі результати представлені в таблиці:

Таблиця 1.18.

Орієнтовна продуктивність нагулу

Показник	Значення
Виживаність	90–97 %
Продуктивність УЗВ	80–120 кг/м ³
Середній FCR	1,2–1,4
Якість м'яса	висока, чистий смак, значний вміст жиру
Варіабельність маси	10–15 %

Етап нагулу від 0,5 до 2 кг є визначальним для досягнення високої товарної якості бестера. Дотримання оптимальних умов утримання, раціональна годівля, ефективна аерація та регулярне сортування забезпечують отримання товарної риби з FCR 1,2–1,4, середньодобовим приростом 0,5–1,2 % та виживаністю понад 92 %. Завдяки росту, невибагливості та високій рентабельності бестер є перспективним об'єктом інтенсивного аквакультури.

Для забезпечення максимальних приростів у фінішній фазі необхідно підтримувати наступні умови:

Таблиця 1.19.

Гідрохімічні параметри води

Показник	Оптимальні значення	Допустимі
Температура	20–22 °С	18–24 °С
Розчинений кисень	6,5–8,0 мг/л	≥ 6,0 мг/л
pH	6,8–7,5	6,5–8,2
Амоній (NH ₄ ⁺ /NH ₃)	< 0,05 мг/л	до 0,1 мг/л
Нітрит	<0,05 мг/л	до 0,15 мг/л
Нітрат	<40 мг/л	до 60 мг/л

У системах УЗВ додатково контролюють; ефективність біофільтрації, рівень піни (органіка), швидкість обороту води — 8–12 об'ємів/добу.

-Щільність посадки: Передтоварне дорощування (1,0–2,0 кг) УЗВ: 40–60 кг/м³, садки: 15–25 кг/м³, став: 500–800 кг/га.

Фінішний нагул (1,0–2,0 кг): УЗВ: 70–110 кг/м³, садки: 20–35 кг/м³, став: до 1200 кг/га. Збільшення щільності можливе лише при стабільній аерації та ефективному видаленні амонію/нітриту.

-Годівля на передтоварному та фінішному етапах.

Гранулометрія: 3–4 мм — 300–500 г, 4–6 мм — 500–1000 г, 6–8 мм — >1 кг.

На етапі передтоварного дорощування та фінішного нагулу використовують корми з наступними характеристиками:

Таблиця 1.20.

Характеристика кормів

Показник	Рекомендоване значення
Протеїн	40–45 %
Жири	18–22 %

Вуглеводи	До 20 %
Клітковина	≤ 3 %
Зольність	≤ 12 %
Вітамін С	≥ 250 мг/кг

Рекомендації частоти кормління: УЗВ - 3–5 рази/добу, садки - 2–3 рази/добу, став - 1–2 рази/добу. бажано використання автоматичних годівниць.

-Показники росту та ефективності нагулу. Визначення SGR:

$$SGR = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t} \times 100;$$

де W_1 — початкова маса риби (г),

W_2 — кінцева маса (г),

t — тривалість вирощування (днів),

\ln — натуральний логарифм.

Таблиця 1.21.

Типові показники SGR для бестера

Етап	SGR, %/добу
Передтоварне дорощування (0,3–0,5 кг)	1,0–1,8
Фінішний нагул (1,0–2,0 кг)	0,4–0,9

Визначення FCR

$$FCR = \frac{F}{W_2 - W_1} \times 100;$$

де: F — кількість згодваного корму (кг),

W_1 — початкова маса риби (кг),

W_2 — кінцева маса риби (кг),

$W_2 - W_1$ — приріст біомаси.

Таблиця 1.22.

Типові показники FCR для бестера

Система	FCR
УЗВ	1,2–1,4
Садки	1,4–1,6
Став	1,8–2,4

-Прирости маси бестера у середньому досягає: 1,0 → 2,0 кг за 120–180 днів

Тривалість залежить від температури, кормів та кисневої насиченості.

-Технологічні операції

Сортування проводять через нерівномірність росту. Рекомендовані маси; при переході 1,0 - 1,5 кг., 1,2 - 1,5 кг., 2 і більше кг. Завдання сортування; зменшити варіабельність маси, знизити конкуренцію за корм, покращити FCR на 5–12 %, попередити травми й канібалізм у щільних стадах.

-Роботи з біофільтрами та водообігом в УЗВ. На фінішному етапі навантаження на біофільтр максимальне. Тому проводять, промивання губчастих або пластикових носіїв, контроль нітрифікації ($\text{NO}_2^- < 0,05$ мг/л), проводять видалення мулу з донних зон, тонке механічне фільтрування (40–80 мкм). Продуктивність системи дегазації повинна забезпечувати видалення CO_2 зі швидкістю $> 50\text{--}60$ г/год на 1 м³ води.

Підготовка риби до реалізації. Перед виловом риби до для реалізації проводять голодування (stress-free fasting) термін триває; 15–24 години в УЗВ, 12–18 годин у садках, 8-12 годин у ставках. Проводиться охолодження води до 16–18°C для зменшення метаболізму.

Профілактика та контроль захворювань. До найтипівіших проблем на фінішному етапі можна віднести Гіпоксія та CO_2 -стрес-підвищення смертності, пригнічення росту, зниження апетиту, підвищений амоній та нітрит - метогемоглобінемія, стовбурові гіпоксичні ефекти, бактеріальні інфекції аеромоноз, псевдомоноз, флексибактеріоз, паразитарні інвазії; триходина, іхтіофтироз (садки/стави).

Профілактичні заходи мають суттєве значення і включають в себе наступні заходи; кисень $\geq 6,5$ мг/л, регулярна дезінфекція, планові сольові процедури, введення пробіотиків у раціон, вітамінізація корму, уникнення різких температурних змін.

Таблиця 1.23.

Продуктивність фінішного нагулу

Показник	Типове значення
Виживаність	90–97 %
FCR	1,2–1,4 (УЗВ)
Період нагулу	6–10 місяців
Товарна маса	1,0–2,0 кг
Вихід товарної риби	90–95 %
Варіабельність мас	10–15 %

-Фінішний нагул та передтоварне дорощування. Даний етап є ключовим в вирощуванні *бестера*, від якого залежить економічна ефективність всього циклу. Підтримання стабільних гідрохімічних показників, оптимальна щільність посадки, збалансована годівля та регулярне сортування забезпечують отримання риби товарної маси 1,0–2,0 кг з високою виживаністю та FCR 1,2–1,4. Комплексний контроль кормів, води та технологічних операцій дозволяє отримати продукцію високої якості, придатну для реалізації.

Утримання плідників (для відтворення). Загальні принципи утримання плідників гібрида бестера є ключовим технологічним етапом, що визначає якість отриманих статевих продуктів, рівень заплідненості та життєздатності майбутньої молоді. Плідники осетрових характеризуються пізнім дозріванням, високою вибірковістю до умов утримання та чутливістю до стресу, тому технологія їх вирощування повинна забезпечувати стабільні гідрохімічні

параметри води, достатній об'єм плавального простору, повноцінну годівлю, мінімізацію стресових впливів, біобезпеку та профілактику захворювань. Плідники утримуються окремо від товарної риби та молоді, у спеціалізованих басейнах або садках, що дозволяє проводити регулярний моніторинг фізіологічного стану, індексацію та формування нерестових груп.

-Вимоги до умов утримання. Гідрохімічні показники води для плідників бестера підтримуються стабільні, оптимальні параметри, що сприяють нормальному функціонуванню ендокринної системи та формуванню статевих продуктів.

Таблиця 1.24.

Оптимальні параметри води для плідників бестера

Показник	Оптимум	Допустимі коливання	Значення для репродуктивної функції
Температура, °C	16–18	12–20	Сприяє фізіологічному дозріванню
Кисень (DO), мг/л	6,5–8,5	>6,0	Забезпечує активний метаболізм
pH	7,0–7,5	6,8–8,0	Оптимальний баланс pH
NH ₄ ⁺ /NH ₃ , мг/л	≤0,2 / ≤0,02	≤0,5 / ≤0,05	Запобігає інтоксикації
NO ₂ ⁻ , мг/л	≤0,1	≤0,2	Чутливість осетрових до нітритів дуже висока
NO ₃ ⁻ , мг/л	≤50	≤80	Хронічна інтоксикація при перевищенні
Солоність (за потреби), ‰	0–3	–	Покращує загальний тонус риб

Осетрові погано переносять різкі коливання параметрів води, тому зміни температури або концентрації кисню повинні здійснюватись поступово (не більше 1 °C/год). при умові переведення бестера до умов штучної зимівлі перед підготовкою плідників до нересту.

Ставкове утримання, переваги: природний кормовий раціон підвищує якість гамет, мінімальний стрес, низька собівартість.

Недоліки складність їх вилову, складність контролю температури та гідрохімічних параметрів, ризик паразитарних інвазій, сезонність нересту.

Басейнове утримання (УЗВ або проточні системи).

переваги: повний контроль над умовами вирощування, можливість цілорічного відтворення, прискорення дозрівання, полегшена селекційно-облікова робота.

Недоліки: висока вартість утримання, вимоги до стабільної роботи біофільтрів, а також енергозалежність системи.

Садкове утримання має переваги: природна вода з низькою собівартістю достатня циркуляція та насичення киснем.

Недоліки: ризик травмування при вилові, залежність від стану водойми, ризик паразитарних інвазій, сезонність нересту.

Правильна годівля визначає якість ікри та сперми, а також тривалість репродуктивного циклу.

-Основні принципи годівлі. Основні принципи годівлі-це використання кормів з високою часткою білка (45–52%), жировий компонент повинна бути на позначці 12–18% (лінолева і ліноленова кислота обов'язкові), вітамінний премікс для осетрових: А, Д₃, Е, С, К, В-комплекс, каротиноїди для покращення загального стану, а також мінерали: Са, Р, Mg, Zn, Se.

Таблиця 1.25.

Норми годівлі для плідників бестера

Пора року	Температура	Добова норма корму, % від маси	Особливості
Весна	12–16 °С	0,5–0,8%	Активація метаболізму
Літо	18–22 °С	1,0–1,5%	Максимальний ріст і розвиток гонад
Осінь	12–16 °С	0,8–1,0%	Формування вітамінних ресурсів
Зима	4–8 °С	0,3–0,5%	Метаболізм сповільнений

Надлишкове годування провокує ожиріння, що знижує заплідненість та якість гамет.

-Формування нерестових груп

Критерії відбору самок; рівномірний розвиток яєчників (УЗД або катетеризація), відсутність запалень, деформацій, нормальний гепатосоматичний індекс (ГСІ), маса тіла від 8–25 кг.

Катетеризація самок — метод відбору проб ікри катетером для визначення стадії зрілості.

Критерії відбір самців; наявність зрілої сперми при пальпації, активність сперматозоїдів >70%, маса 3–10 кг.

Пальпація самців(легке натискання на черевце для перевірки виділення молок)

-Біотехнічні вимоги; співвідношення самок і самців: 1:2–1:3, відокремлене утримання (зниження передчасної зрілості), мінімізація стресу перед нерестом (темрява, аерація, тиха подача води).

-Здоров'я та біобезпека плідників. Плідники повинні утримуватися в умовах високої санітарії повинні відбуватися наступні дії; дезінфекція обладнання, карантин для нових особин (21–30 діб), профілактичні обробки від паразитів (формалін, хлорофос за потреби), регулярний моніторинг історії хвороб (найпоширеніші загрози: іхтіофтіріоз, бронхіомікоз, ураження моногенетиками, бактеріальні інфекції).

-Управління фізіологічним циклом плідників

Фотоперіод в УЗВ дозволяє регулювати світловий день (8–16 год), подовження дня стимулює розвиток гонад, температурний режим (для активації нересту температуру підвищують до 15–17 °С), зимівля 4–6 °С (штучна або природна).

-Підготовка до нересту включає в себе дієту з підвищеним вмістом омега-3, підвищення вітаміну Е, зниження стресу, профілактику інфекцій.

-Утримання плідників бестера також є відповідальним етапом у технології відтворення осетрових. Правильна організація умов утримання, оптимальні

параметри води, збалансована годівля, своєчасний контроль репродуктивного стану та профілактика захворювань забезпечують; високу якість гамет, високу заплідненість ікри, стабільний вихід життєздатної молоді та ефективність рибницького процесу загалом.

1.3. Роль бестера для осетрових, значення для рибництва та екологічні перспективи

У порівнянні з іншими міжвидовими гібридами бестер характеризується відносною генетичною стабільністю та високою виживаністю потомства. У природних умовах бестер рідко формує стійкі репродуктивні групи та не здатен витіснити аборигенні види. Це мінімізує ризики генетичного забруднення та конкуренції з дикими популяціями стерляді, осетра чи білуги, тому він вважається екологічно безпечним видом для зариблення порівняно з більш агресивними за поведінкою чи біологією видами.

- Бестер широко застосовується в програмах підтримувального штучного відтворення, які спрямовані на збереження генофонду осетрових. Його личинки та мальки використовують для тимчасового підсилення чисельності осетрових у водоймах, де природні умови стали несприятливими для самовідтворення, створення проміжних маточних стад, які дозволяють зменшити риболовний тиск на природні популяції білуги та стерляді, формування резервних генофондних ліній, що забезпечують стійкість аквакультурної галузі до епізоотій та зміни умов довкілля. У більшості країн басейну Дунаю, Дніпра, та інших річкових систем бестер використовується як проміжний вид, що покриває потребу у виробництві харчової продукції без прямого вилову рідкісних аборигенних осетрових.

-Зменшення антропогенного тиску на природні популяції. Оскільки бестер є високопродуктивним гібридом, його вирощування в умовах аквакультури забезпечує ринок цінною рибною продукцією та ікрою без необхідності вилову диких осетрових. Це суттєво знижує браконьєрське навантаження на білугу та

стерлядь, сприяє збільшенню відновлювального потенціалу природних стад, дає змогу рибним господарствам переходити на повністю штучні цикли вирощування. Бестер фактично виконує роль «буферного виду», який зменшує економічний інтерес до експлуатації зникаючих природних ресурсів.

-Переваги бестера у відновленні популяцій у трансформованих екосистемах. У багатьох річкових системах умови стали непридатними для повноцінного нагулу та міграцій осетрових через зарегульованість, забруднення та втрату нерестилищ. Бестер, як вид з широкою екологічною пластичністю, здатний виживати в умовах підвищеної температури, коливань кисню, помірного забруднення, змінених гідрологічних режимів. Це робить його ефективним інструментом для реабілітації екосистем, де відновлення чистокровних осетрових поки що є неможливим.

-Значення бестера у збереженні генетичного різноманіття осетрових. Хоча бестер є гібридом, він дозволяє зберегти у штучних умовах цінні генетичні елементи обох батьківських видів. Завдяки цьому створюються резервні популяції для майбутніх селекційних програм, зберігається частина генофонду білуги — одного з найбільш зникаючих видів у Червоному списку МСОП, забезпечується довгострокова стабільність аквафермерських систем.

Такі резервні групи можуть слугувати базою для майбутніх програм реінтродукції після відновлення екологічних умов у природних водоймах. Бестер є стратегічно важливим видом у відновленні та збереженні природних популяцій осетрових. Завдяки високій життєздатності, адаптивності, біотехнічній ефективності та відносній екологічній безпеці він забезпечує можливість зменшити антропогенний тиск на дикі види, зберегти генетичний потенціал роду осетра *Acipenser* та підтримати стабільність рибницьких господарств. Використання *бестера* у програмах відновлення осетрових є доцільним тимчасовим і компенсаційним заходом, який сприяє екологічній рівновазі та збереженню біорізноманіття.

2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослідження виконувалися на базі фермерського господарства «AQVATIC» (м. Дніпро), яке спеціалізується на інтенсивному вирощуванні осетрових в установках замкненого водопостачання (УЗВ). Господарство обладнане сучасними технологічними комплексами, що включають механічну та біологічну фільтрацію, системи автоматичної аерації та оксигенації, УФ-знезараження, дегазаційні колони та автоматичні контролери параметрів води (температура, рН. І таке інше).

Технологічний процес господарства дозволяє підтримувати постійний контроль за параметрами водного середовища, що забезпечує стабільні умови вирощування чутливих до екологічних змін осетрових риб.

-Об'єктом дослідження була взята молодь гібрида бестер (*Huso. Huso+Acipenser ruthenus*) віком 65 діб, початковою масою 15–20 г (середня - 18 г). Рибо-посадковий матеріал був сформований зі здорових особин з рівномірним розподілом маси.

Умови утримання. Риби утримувалися у трьох поліпропіленових круглих басейнах об'ємом 1,5 м³, кожен з яких мав окрему систему УЗВ. У басейнах підтримувалися однакові параметри; температура води - $22 \pm 0,2$ °С, рН - 7,0, кисень 8 мг/л. амоній - < 0,2 мг/л, підміна води - 10 %/добу освітлення - 12/12 год. Годування здійснювалося за допомогою стартового корму Coppens виробництва Голландія У процесі досліджень використовувалися наступні інструменти; електронний термометр, оксиметр Lovibond OxyGuard, електронні ваги, рН вимірювач, Lovibond MD 600, MD100 Ammonia (прибор для вимірювання рівня амонію у воді), рулетка, сачок для вилову риби, робочий стіл.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив глибини води, на продуктивність вирощування гібрида бестер.

Глибина води у вирощувальних басейнах є важливим технологічним параметром, що визначає характер середовища та, відповідно, біологічні показники риб. Осетрові та їх гібриди характеризуються придонним способом життя, чутливо реагують на структуру водного простору, рівномірність течії, освітлення та доступність корму. У системах інтенсивного вирощування (УЗВ чи проточних установках) глибина води може прямо впливати на; поведінку риби, ефективність годівлі, розподіл кисню та температури, конверсію корму, темпи росту, виживаність.

Метою проведеного дослідження було встановлення оптимальної глибини води для росту та продуктивності молоді гібрида осетра за інтенсивної технології вирощування.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили у трьох круглих басейнах об'ємом 1,5 м³, які мали однакові конструкційні особливості, проте різну глибину водного шару:

Таблиця 3.1.

Показники глибини по групах

Група	Глибина, м
1	0,9 м
2	1,2 м
3	1,5 м

У кожний басейн висаджували по 100 особин віком молоді гібрида бестера 60 діб середня маса особин $18 \pm 0,2$ г.

Гідрохімічні та технологічні параметри, цілком однакові.

Методи визначення продуктивності включали вплив глибини води проводили такі вимірювання:

- масові зважування (кожні 15 діб),
- визначення середньої маси, абсолютного та відносного приросту,
- розрахунок специфічної швидкості росту (SGR),
- визначення виживаності (%),
- розрахунок коефіцієнта конверсії корму (FCR),
- оцінка поведінки риби та рівномірності її розподілу у водному об'ємі.
- тривалість експерименту становила 60 діб.

Результати дослідження. Після контрольного зважування, можемо стверджувати що різна глибина води у басейнах вплинула на показники росту гібрида осетра. Найвищі темпи приросту спостерігали у групі 2 з глибиною 1,2 м, де риба мала достатню вертикальну свободу руху та оптимальні умови для підбору корму.

Підсумкові показники росту представлені у таблиці:

Таблиця 3.2.

Підсумкові показники росту

Група	Глибина, м	Маса (середня) початкова, г	Маса (середня) кінцева, г	Приріст маси, г	SGR, %/добу
1	0,9	18,0	69,2	+51,8	2,53
2	1,2	18,0	73,5	+55,4	2,61
3	1,5	18,0	71,1	+53,1	2,56

Найвищу специфічну швидкість росту ($SGR = 2,61$ %/добу) продемонструвала група 2 з глибиною 1,2 м.

Глибина 0,9 м, хоча і забезпечила добрий приріст, виявилася менш оптимальною, очевидно через підвищену горизонтальну скупченість риб.

Варіант 1,5 м показав значення дещо нижчі за оптимум, що може пояснюватися; повільним водообігом (із за більшого об'єму), можливими

локальними зонами слабкої течії, складністю у подоланні глибини (так як бестер є донною рибою).

Виживаність риби. Рівень виживаності був достатньо високим у всіх трьох групах, але все ж не однаковим. Результати дослідження представлені у таблиці.

Таблиця 3.3.

Результати дослідження виживаності риби

Група	Глибина, м	Виживаність, %
1	0,9	96
2	1,2	98
3	1,5	97

Максимальна виживаність у групі 1,2 м, імовірно пов'язана зі зниженим рівнем стресу та оптимальними поведінковими умовами. Найнижчий FCR = 1,14 зафіксовано у групі 2 1,2 м, що підтверджує найвищу економічну ефективність.

Таблиця 3.4.

Коефіцієнт конверсії корму (FCR)

Група	Глибина, м	FCR
1	0,9	1,22
2	1,2	1,14
3	1,5	1,18

Поведінкові характеристики група 1 0,9 м спостерігали підвищену активність під час годівлі, часткова конкуренція у горизонтальному шарі, інколи хаотичні переміщення при різких звуках.

-Група 2. 1,2 м (оптимальна) рівномірний розподіл по всій товщі води, спокійна поведінка, чітка реакція на корм, мінімальна конкуренція прі годівлі (риба мала змогу підбирати корм як с поверхні, так і з дна), риба швидко адаптувалася.

-Група 3. 1,5 м риба переважно трималася нижнього горизонту, частково затримувала підбір корму, особливо крупних гранул, у нижніх зонах інколи спостерігалися зони слабкої течії.

Отримані результати підтверджують вплив глибини на продуктивність гібридного осетра. Оптимальна глибина повинна забезпечувати; стабільний кисневий режим, рівномірний розподіл корму, природне горизонтального розміщення риби, відсутність зон застою.

Глибина 1,2 м є найбільшою мірою збалансованою; достатній вертикальний простір, оптимальна швидкість течії, покращений доступ до корму, мінімум стресових ситуацій, найкращі показники росту та FCR.

Мінімальна глибина (0,9 м) призводила до більшої жорсткості конкуренції, хоча загалом не знижувала показники до критичних рівнів. Максимальна глибина (1,5 м) з одного боку створювала природніші умови, проте мала певні технологічні недоліки — складніший підбір корму, зони уповільненого водообміну, що знижувало ефективність.

Глибина води має прямий та істотний вплив на ріст, виживаність і кормову ефективність гібрида осетра при інтенсивному вирощуванні.

-Найкращий приріст маси (+55,4 г), найвищу SGR (2,61 %/добу) та найкращий FCR (1,14) отримано у групі з глибиною 1,2 м.

-Глибина 0,9 м забезпечує задовільні показники, але дещо погіршує поведінкові характеристики та конкурентність за корм.

-Глибина 1,5 м створює умови близькі до природних, але може знижувати ефективність годівлі.

3.2 Вплив вмісту кисню, на продуктивність вирощування гібрида бестер.

Концентрація розчиненого кисню у воді є одним із ключових факторів, що визначає інтенсивність метаболічних процесів, темпів росту, рівень стресу та загальну життєздатність осетрових риб. Гібриди та чисті види осетрів характеризуються високою чутливістю до зниження кисню, особливо за інтенсивного промислового вирощування. Недостатній вміст O_2 призводить до зниження активності, погіршення конверсії корму, гіпоксичного стресу та підвищення ризику захворюваності, тоді як оптимальний рівень забезпечує стабільний ріст та високий коефіцієнт виживання.

Оцінити вплив різних рівнів концентрації розчиненого кисню на продуктивність вирощування осетра в умовах замкнутої рециркуляційної системи (УЗВ) провести аналітичний розрахунок FCR.

Дослідження проводилися впродовж 60 діб на базі трьох однакових за конструкцією та параметрами басейнів об'ємом $1,5 \text{ м}^3$, глибиною 1,2 м. У кожний басейн помістили по 100 особин осетра середньою початковою масою 71,4 г.

Протягом експерименту фізико-хімічні показники води підтримували на стабільному рівні; температура $22 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, рН 7,0, амоній (NH_4^+): $< 0,2 \text{ мг/л}$, підміна води: 10 %/добу, освітлення: 12/12 год. Експериментальні групи з єдиним змінним фактором концентрація розчиненого кисню O_2 годування здійснювалося за допомогою високопродуктивного корму *Aller* виробництва Данія.

Таблиця 3.5.

Результати дослідження впливу кисню

Група	К-ть риб	O_2 , мг/л	Кінцева маса(середня) г.
1 (низький O_2)	100	5,0 мг/л	118,2
2 (середній O_2)	100	6,5 мг/л	132,5
3 (високий O_2)	100	8,0 мг/л	141,7

Концентрацію кисню контролювали за допомогою оксиметра Lovibond / OxyGuard кожні 4 години з автоматичним коригуванням роботи аераторів

Динаміка приросту маси. Початкова середня маса риб становила 71,4 г. Поведінка риби у басейнах на первинних етапах експерименту майже не відрізнялась, апетит добрий рухливість риби в нормі, але на більш пізніх етапах, були помічені відмінності, це як і вага, апетит, так кормова поведінка. У басейна з меншим вмістом кисню появлялась помутніння води, що вказувало на неповне поїдання корму рибою, показники амонію були завищені

Наприкінці 60-добового вирощування спостерігали показники які приведені у таблиці:

Таблиця 3.6.

Результати приросту ваги та (SGR)%

Група	Середня маса кінцева, г	Абсолютний приріст, г	Середньодобовий приріст (SGR), %
1 – 5 мг/л	118,2	+44,8	0,82
2 – 6,5 мг/л	132,5	+59,1	1,03
3 – 8 мг/л	141,7	+68,3	1,11

Найвищий приріст спостерігався у групі з рівнем кисню 8 мг/л, що свідчить про оптимізацію метаболізму та стабільну активність риб. Найнижчі показники — у групі з 5 мг/л, де риби демонстрували знижену рухливість та менш активне харчування.

Аналітичний розрахунок FCR

Середня біомаса по групах розраховуємо по формулі:

$$M_c = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Де M_c – середня маса.

M_1 – початкова маса.

M_2 – кінцева маса.

Група 1 (5 мг/л O_2)

$$M_c = \frac{71,4 + 118,2}{2} = 94,8 \text{ г.}$$

Загальна біомаса:

$$94,8 \times 100 = 9480 \text{ г} = 9,48 \text{ кг.}$$

Маса корму за 60 діб:

$$9,48 \times 0,02 \times 60 = 11,37 \text{ кг}$$

Група 2 (6,5 мг/л O_2)

$$M_c = \frac{71,4 + 132,5}{2} = 101,9 \text{ г.}$$

Загальна біомаса:

$$101,9 \times 100 = 10190 \text{ г} = 10,19 \text{ кг.}$$

Маса корму за 60 діб:

$$10,19 \times 0,02 \times 60 = 12,230 \text{ кг}$$

Група 3 (8,0 мг/л O_2)

$$M_c = \frac{71,4 + 141,7}{2} = 106,5 \text{ г.}$$

Загальна біомаса:

$$106,5 \times 100 = 10650 \text{ г} = 10,650 \text{ кг.}$$

Маса корму за 60 діб:

$$10,650 \times 0,02 \times 60 = 12,78 \text{ кг}$$

Розрахунок FCR. Розраховується по формулі:

$$FCR = \frac{M_k}{M_r}$$

Де: M_k – маса корму

$$M_r \text{ – приріст всієї групи} = (118,2 - 71,4) \times 100 = 4680 \text{ г} = 4,68 \text{ кг.}$$

Група 1. (5 мг/л O_2)

$$FCR = \frac{11,37}{4,68} = 2,5.$$

Група 2. (6.5 мг/л O₂) (132,5-71,4)×100=6110г.=6,11кг

$$FCR = \frac{12,23}{6,11} = 2.$$

Група 3. (8 мг/л O₂) (141,7-71,4)×100=7030г.=7,03кг.

$$FCR = \frac{12,78}{7,03} = 1,81.$$

Коефіцієнт конверсії корму (FCR)

Таблиця 3.7.

Результати конверсії корму FCR

Група	Кисень, мг/л	Корм, кг	Приріст, кг	FCR
1	5,0	11,37	4.68	2,5
2	6,5	12,23	6,11	2,0
3	8,0	12,78	7,03	1,81

Аналітичний висновок

-При 5 мг/л FCR значно гірший (2,5), що свідчить про стрес та низьку ефективність харчування.

-При 6,5 мг/л FCR краще ніж 5 мг/л (2,0), що свідчить про більш високу та приємну ефективність.

-Оптимальні значення досягнуто при 8 мг/л — FCR = 1.89, що на 26% ефективніше порівняно з групою 1.

Підвищення концентрації кисню, покращує ефективній процес вирощування бестера та знижає конверсію корму.

3.3. Вплив температури води, на продуктивність вирощування гібрида бестер

Об'єкт дослідження молодь гібрида бестер (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*), відібраний зі зрівняльної популяції. Початкова середня маса риб у всіх групах становила 130 г, кількість риб у кожній групі — 100 особин.

Мета дослідження: Дослідити вплив температури на ефективність вирощування гібрида бестер, в умовах УЗВ.

Інструменти. для дослідження даного експерименту використовувалися; термометр електронний, ваги електронні, сачок, стіл робочий. Умови утримання риби. Всі три групи утримувались у циліндричних басейнах об'ємом 1,5 м³ в умовах УЗВ.

Параметри водного середовища (однакові у всіх трьох групах): Розчинений кисень (O₂): 8,0 мг/л, рН: 7,0, амоній (NH₄⁺): < 0,2 мг/л, підміна води: 10 %/добу, освітлення: 12/12 год (світло/темрява)

-Годування: комерційний екструдований корм для осетрових Velda виробництво Нідерландів, норма годівлі однакова для всіх груп.

Єдиний змінний фактор: є температура води:

Таблиця 3.8.

Показники температури

Група	Температура
1	22 °С
2	24 °С
3	26 °С

Тривалість дослідження 60 діб. Зважування проводили на початку та в кінці експерименту, а також проміжно (кожні 20 діб) для моніторингу динаміки росту. Результати досліджень представлені у таблиці.

Результати дослідження впливу температури

Показник	1 група 22 °С	2 група 24 °С	3 група 26 °С
Початкова маса, г	130	130	130
Кінцева маса, г	215	245	272
Абсолютний приріст, г	85	115	142
DGR, г/добу	1,42	1,92	2,37
SGR, %/добу	0,83	1,02	1,14
Виживаність, %	98	97	95
Біомаса в кінці, кг	21,07	23,76	25,84
Біомаса, кг/м ³	14,05	15,8	17,2
Кількість скормленого корму Кг.	14,2	14,2	14,5

Аналітичні розрахунки кінцевих параметрів.

Група 1. (Т-22 °С) Абсолютний приріст розраховується по формулі;

$$AP = W_n - W_0;$$

Де: AP — абсолютний приріст маси, г

W_n — кінцева середня маса риби, г

W_0 — початкова середня маса риби, г

$$AP = 215 - 130 = 85$$

Середньодобовий приріст (DGR) розраховується по формулі;

$$DGR = \frac{W_n - W_0}{t};$$

Де: t – час експерименту.

$$DGR = \frac{215 - 130}{60} = 1,42 \text{ г/добу}$$

Відносний темп росту (SGR) розраховується по формулі;

$$SGR = \frac{\ln W_n - \ln W_0}{t} \times 100;$$

Де \ln — математична константа. Натуральні логарифми використовуються у біології росту, тому що ріст риби є експоненційним, а логарифм дозволяє коректно порівнювати приріст у відсотках

$$\ln 130 = 4,867$$

$$\ln 215 = 5,371$$

$$\text{SGR} = \frac{5,371 - 4,867}{60} \times 100 = 0,84\%/\text{добу};$$

Біомаса початкова: $100 \times 130 = 13 \text{ кг}$.

Кінцева 22°C: $100 \times 215 = 21,5 \text{ кг}$.

Біомаса на м^3 розраховується по формулі:

$$B = \frac{M}{V_0};$$

Де B – біомаса ($\text{кг}/\text{м}^3$)

M – маса всієї риби в кінці періоду (кг)

V_0 – об'єм басейну (м^3)

$$B = \frac{21,07}{1,5} = 14,05 \text{ (кг}/\text{м}^3)$$

коефіцієнт конверсії корму (FCR) розраховується по формулі:

$$\text{FCR} = \frac{F}{W_n - W_0};$$

Де: F — кількість згодowanego корму (кг),

$W_n - W_0$ — приріст маси риби (кг) за період.

$$\text{FCR} = \frac{14,5}{21,5 - 13} = 1,7$$

Група 2. (Т-24 °С) Абсолютний приріст розраховується по формулі;

$$\text{AP} = 215 - 130 = 115$$

Середньодобовий приріст (DGR) розраховується по формулі;

$$\text{DGR} = \frac{245 - 130}{60} = 1,92 \text{ г}/\text{добу}$$

Відносний темп росту (SGR) розраховується по формулі;

$$\text{SGR} = \frac{\ln W_n - \ln W_o}{t} \times 100;$$

$$\ln 130 = 4,867$$

$$\ln 215 = 5,501$$

$$\text{SGR} = \frac{5,501 - 4,867}{60} \times 100 = 1,05\%/\text{добу};$$

Біомаса початкова: $100 \times 130 = 13 \text{ кг}$.

Кінцева 22°C: $100 \times 245 = 24,5 \text{ кг}$.

Біомаса на м³ розраховується по формулі:

$$B = \frac{M}{V_0};$$

$$B = \frac{23,76}{1,5} = 15,84 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

коефіцієнт конверсії корму (FCR) розраховується по формулі:

$$\text{FCR} = \frac{F}{W_n - W_o};$$

$$\text{FCR} = \frac{14,5}{24,5 - 13} = 1,2$$

Група 3. (Т-26 °С)

Абсолютний приріст розраховується по формулі;

$$\text{AP} = 272 - 130 = 142$$

Середньодобовий приріст (DGR) розраховується по формулі;

$$\text{DGR} = \frac{272 - 130}{60} = 2,37 \text{ г/добу}$$

Відносний темп росту (SGR) розраховується по формулі;

$$\text{SGR} = \frac{\ln W_n - \ln W_o}{t} \times 100;$$

$$\ln 130 = 4,867$$

$$\ln 272 = 5,606$$

$$\text{SGR} = \frac{5,606 - 4,867}{60} \times 100 = 1,23\%/\text{добу};$$

Біомаса початкова: $100 \times 130 = 13 \text{ кг}$.

Кінцева 22°C: $100 \times 272 = 27,2$ кг.

Біомаса на м³ розраховується по формулі:

$$B = \frac{M}{V_0};$$

$$B = \frac{27,2}{1,5} = 18,13 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

коефіцієнт конверсії корму (FCR) розраховується по формулі:

$$FCR = \frac{F}{W_n - W_0};$$

$$FCR = \frac{14,5}{27,2 - 13} = 1,02$$

Таблиця 3.10.

Результати аналітичних розрахунків

Показник	1 група 22 °С	2 група 24 °С	3 група 26 °С
Абсолютний приріст, г	85	115	142
DGR, г/добу	1,42	1,92	2,37
SGR, %/добу	0,83	1,02	1,14
Біомаса в кінці, кг	21,07	23,76	25,84
Біомаса, кг/м ³	14,05	15,8	17,2
FCR	1,7	1,2	1,02
Показник	22 °С	24 °С	26 °С
Абсолютний приріст, г	85	115	142
DGR, г/добу	1,42	1,92	2,37

Результати експерименту демонструють чітку залежність продуктивності вирощування гібрида бестер від температури води. Підвищення температури від 22 до 26 °С супроводжувалося активізацією метаболізму, зростанням швидкості перетравлення корму та, як наслідок, збільшенням приростів маси.

Температура води має істотний вплив на продуктивність вирощування гібрида бестер у системах УЗВ. Найвищі темпи росту спостерігались у групі при 26 °С, де SGR був максимальним. Найкраще співвідношення «приріст/виживаність» виявлено при 24 °С, що дозволяє вважати цей температурний режим оптимальним для промислового вирощування. Температура 22 °С є допустимою, але менш ефективною для інтенсивного нагулу. За підвищених температур 26 °С потрібно суворо контролювати вміст кисню та амонію в УЗВ.

В завершені експерименту, можемо побачити, що показники, отримані дослідницьким шляхом майже повністю збігаються з аналітичними підрахунками.

3.4. Вплив роботи біофільтра на продуктивність вирощування гібрида бестер.

У системах замкненого водопостачання (УЗВ) якість води є визначальним фактором для забезпечення стабільного росту та високої виживаності осетрових, зокрема гібрида бестер. Одним із ключових елементів підтримання оптимальних умов є біофільтр, який забезпечує біологічне окиснення токсичних азотних сполук, що утворюються внаслідок метаболізму риб. Ефективність роботи біофільтра напряду залежить від типу та площі поверхні біозавантаження.

Мета дослідження: Дослідити ефективність біофільтра з трьома різними типами біозагрузки, та вплив на продуктивність вирощування. Провести аналітичний розрахунок та дослідити опитним шляхом ефективність трьох різних типів біозагрузки, а також провести порівняння цих двох методів дослідження.

Матеріали та методи дослідження: У досліді використовували 100 особин гібрида бестер середньою масою 244 г. Загальна біомаса становила:

$$M=100 \times 0,244=24,4 \text{ кг.}$$

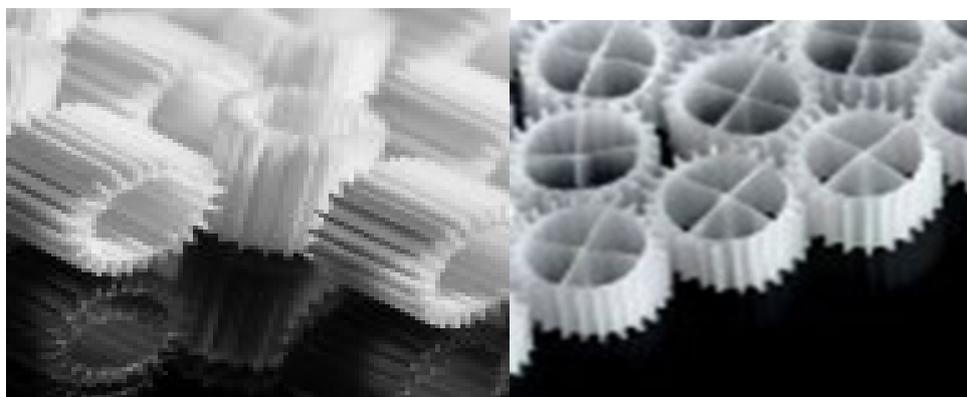
Загальні умови: Кількість риби: 100 особин. Середня маса на початку дослідів: 244 г. Температура води: 24 °С. Вміст кисню: 8 мг/л. Тривалість дослідів: 60 діб. Добовий раціон: 1,2 % від біомаси. Протеїн у кормі: 47 %. Коефіцієнт переходу білкового азоту в амоній: $KN = 0,092$. Об'єм біофільтрації (біозавантаження): 25 л. Усі умови вирощування були однакові, для усіх трьох груп риб, змінювався лише тип біозавантаження. Усі технологічні параметри були ідентичними, що дозволяло оцінити чистий вплив біофільтра. Годівля в даному експерименті відбувалася за допомогою корму вітчизняного виробництва Roucher AQUA виробництва Одеська область.

Для дослідження використовувалися портативний фотометр та колориметри (кюветні тести) що визначають NH_4-N за кольоровим методом.

Таблиця 3.11.

Дослідні групи

Група	Тип біозавантаження	Питома площа поверхні, m^2/m^3	Об'єм, л	Ефективна площа, m^2
1	Біозагрузка №1	500	25	12,5
2	Біозагрузка №2	720	25	18,0
3	Біозагрузка №3	850	25	21,25



Малюнок 3.1 - Біремакс SX50 S-500 m^2/m^3 та SX720 S-720 m^2/m^3



Малюнок 3.2 - HEL-X S850 S-850 м²/м³

Аналітичні розрахунки навантаження на біофільтр

Розрахунок добової кількості корму $F=M \times R$

Де M — загальна маса риб, кг

R — добовий раціон, частка від маси

$$F=24,4 \times 0,012=0,2928 \text{ кг}=292,8 \text{ г/добу}$$

Розрахунок надходження білкового азоту

Визначення кількості білка в добовій порції корму:

$$P=F \times 0,47$$

$$P=292,8 \times 0,47=137,6 \text{ г.білка}$$

Визначення кількості азоту.

Вміст азоту (за табличними даними) в білку становить приблизно 16 %, тому:

$$N=P \times 0,16$$

$$N=P \times 0,16=137,6 \times 0,16=22,02 \text{ г.азоту}$$

Розрахунок кількості амонійного азоту.

Коефіцієнт переходу білкового азоту в амоній - 0,092

$$N_{\text{nh4}}=N \times 0,092$$

$$N_{\text{nh4}}=22,02 \times 0,092=2,026 \text{ г. NH}_4^+ \text{ N/добу.}$$

Отже, біофільтр має окиснити близько 2,03 г амонійного азоту щодня.

Теоретична продуктивність біофільтра залежить від; площі поверхні біозавантаження та швидкості нітрифікації на одиницю площі. У середньому,

нітрифікаційні бактерії у рибницьких УЗВ обробляють 0,25–0,40 г NH₄⁺-N на м² поверхні за добу. Для розрахунку приймаємо консервативне, середнє значення: 0,30 г NH₄⁺-N/м²·добу

Фактичну площу робочої поверхні біозавантаження розрахуємо по формулі:

$$S=V \times s$$

Де: S — сумарна площа поверхні, м².

s — питома площа, м²/м³; V — об'єм загрузки який дорівнює 0,025м³.

Група 1. (Біремакс SX50 S-500 м²/м³) S₁=0,025×500=12,5м².

Група 2. (Біремакс SX720 S-720 м²/м³) S₂=0,025×720=18м².

Група 3. (HEL-X S850 S-850 м²/м³) S₃=0,025×850=21,25м².

Розрахунок максимальної пропускної здатності біофільтрів:

$$Q=S \times 0,30$$

Де: Q — потенційна добова здатність до окиснення амонію, г/добу.

0,30 — Кількість нітрифікації бактеріями NH₄⁺-N на м² поверхні за добу в умовах УЗВ.

Група 1 Q₁=12,5×0,30=3,75г.

Група 2 Q₂=18×0,30=5,4г.

Група 3 Q₃=21,25×0,30=6,375г.

Порівняння теоретичної здатності з фактичним навантаженням

Добове надходження амонію: 2,03 г.

Таблиця 3.12.

Показники добове надходження амонію

Група	Потенційна здатність, г/добу Окислення NH ₄ ⁺ -N	Запас потужності, %
1	3,75	185 %
2	5,40	266 %
3	6,38	314 %

ADG — Середньодобовий приріст риби розраховується за формулою:

$$ADG = \frac{W_k - W_o}{t}$$

де: W_k — кінцева середня маса риби, г В даному випадку, показник W_k

W_o — початкова середня маса риби, г

t — тривалість дослід, діб

У даному випадку беремо за підсумками зважування риби продовж досліді і має наступні показники представлені. У таблиці представлені підсумки зважувань за якими розрахована ADG:

Таблиця 3.13.

Середньодобовий приріст риби (ADG)

Група	Розрахунок	ADG
1	$(304-244)/60$	1,0 г/добу
2	$(316-244)/60$	1,2 г/добу
3	$(325-244)/60$	1,35 г/добу

Показники кінцевої маси риби W_k риби розраховується за формулою:

$$W_k = W_o + ADG \times t$$

Де: W_k — кінцева середня маса риби, г

W_o — початкова середня маса риби, г

t — час проведення досліді.

ADG — Середньодобовий приріст

Група 1 — ADG дорівнює 1,0 г/добу $W_k = 244 + 1,0 \times 60 = 304$ г.

Група 2 — ADG дорівнює 1,2 г/добу $W_k = 244 + 1,2 \times 60 = 316$ г.

Група 3 — ADG дорівнює 1,35 г/добу $W_k = 244 + 1,35 \times 60 = 325$ г.

Специфічний темп росту (SGR, %/добу) SGR показує, на скільки % від маси риба виростає щодня.

$$SGR = \frac{\ln W_k - \ln W_o}{t} \times 100$$

Де: \ln — натуральний логарифм. \ln використовується для опису природного, біологічного (експоненційного) росту риби.

W_k — кінцева маси

W_o — початкова маси

t — час проведення досліду.

Група 1

$$SGR_1 = \frac{\ln 304 - \ln 244}{60} \times 100$$

$$SGR_1 = \frac{5,71538 - 5,49717}{60} \times 100$$

$$SGR_1 = 0,364\%/\text{добу}.$$

Група 2

$$SGR_2 = \frac{\ln 316 - \ln 244}{60} \times 100$$

$$SGR_2 = \frac{5,75574 - 5,49717}{60} \times 100$$

$$SGR_2 = 0,431\%/\text{добу}.$$

Група 3

$$SGR_3 = \frac{\ln 325 - \ln 244}{60} \times 100$$

$$SGR_3 = \frac{5,78448 - 5,49717}{60} \times 100$$

$$SGR_3 = 0,431\%/\text{добу}.$$

Розрахунок конверсія корму (FCR) відбуваються за формулою:

$$FCR = \frac{F}{(W_k - W_o) \times 100}$$

Де: W_k — кінцева маси

W_o — початкова маси

F — кількість згодowanego корму за період розраховується за

формулою
$$F_{\text{day}} = M \times R$$

Де: M — загальна біомаса риб, кг

R — добовий раціон, частка від маси

$$F_{\text{day}} = 24,4 \times 0,012;$$

$$F_{\text{day}} = 0,2928 \text{ кг/добу};$$

$$F_{\text{day}} = 0,2928 \text{ кг} = 292,8 \text{ г/добу}.$$

$$F = 292,8 \times 60 = 17568 \text{ г}$$

Група 1.
$$FCR = \frac{17568}{(304-244) \times 100} = \frac{17568}{6000} = 2,923.$$

Група 2.
$$FCR = \frac{17568}{(316-244) \times 100} = \frac{17568}{7200} = 2,44.$$

Група 3.
$$FCR = \frac{17568}{(325-244) \times 100} = \frac{17568}{8100} = 2,17.$$

Усі аналітичні дані зведені у загальну таблицю продуктивності вирощування бестера при різних типах біозавантаження.

Таблиця 3.14.

Продуктивність вирощування бестера при різних типах біозавантаження

Показник	Група 1	Група 2	Група 3
Тип біозавантаження (м ² /м ³)	500	720	850
Початкова маса, г	244	244	244
Кінцева маса, г	304	316	325
Приріст однієї риби, г	60	72	81
Приріст групи, г	6000	7200	8100
Добовий приріст ADG, г/добу	1,00	1,20	1,35
SGR, %/добу	0,363	0,430	0,476
Загальна кількість корму за 60 діб, кг	17 568	17 568	17 568
FCR (конверсія корму)	2,93	2,44	2,17

В наступній таблиці відображенні дані зведені у загальну таблицю продуктивності вирощування бестера на базі вимірів у ході досліджень при різних типах біозавантаження.

Таблиця 3.15.

Продуктивність вирощування бестера при різних типах біозавантаження

Показник	Група 1	Група 2	Група 3
Тип біозавантаження (м ² /м ³)	500	720	850
Початкова маса, г (середня)	244	244	244
Кінцева маса, г (середня)	302	313	327
Приріст однієї риби, г.	58	70	83
Приріст групи, г.	5 800	7 000	8 300
Добовий приріст ADG, г/добу.	0,96	1,18	1,37
SGR, %/добу.	0,361	0,428	0,478
Загальна кількість корму за 60 діб, кг.	17 568	17 568	17 568
FCR (конверсія корму)	2,92	2,43	2,18

-SGR зменшився, що абсолютно нормально при збільшенні маси риби.

-ADG залишився сталим, що показує відсутність стресу та адекватні умови.

-FCR не змінився, що означає стабільну ефективність конверсії корму.

-Група 3 з біозавантаженням 850 м²/м³ і надалі показує найкращі показники росту.

У проведеному дослідженні проаналізовано вплив ефективності біофільтра з трьома типами біозавантаження на продуктивність вирощування гібрида бестер за однакових умов культивування. Аналітичні розрахунки показали, що збільшення площі біозавантаження прямо впливає на інтенсивність нітрифікації та очищення води від амонійного азоту, що в свою

чергу позначається на прирості маси риби та ефективності використання корму.

У всіх групах спостерігалася позитивна динаміка росту, проте її інтенсивність різнилася. У першій групі зі біозавантаженням $500 \text{ м}^2/\text{м}^3$ середній приріст однієї риби становив 60 г за 60 діб, $\text{ADG} = 1,0 \text{ г/добу}$, а $\text{SGR} = 0,363 \text{ \%/добу}$. У другій групі ($720 \text{ м}^2/\text{м}^3$) ці показники покращилися: приріст збільшився до 72 г, ADG — до $1,20 \text{ г/добу}$, SGR — до $0,430 \text{ \%/добу}$. Найкращі показники відмічено у третій групі з біозавантаженням $850 \text{ м}^2/\text{м}^3$: приріст 81 г, $\text{ADG} = 1,35 \text{ г/добу}$, $\text{SGR} = 0,476 \text{ \%/добу}$.

Показники конверсії корму (FCR) також демонстрували чітку тенденцію до зниження зі збільшенням ефективності біофільтра. У першій групі FCR становив 2,92, у другій - 2,43, а у третій - 2,18, що свідчить про кращу засвоюваність корму та стабільніші показники якості води при збільшенні площі біозавантаження. Навіть з урахуванням статистичної похибки 2–4 % між аналітичним розрахунком та дослідним (практичним) методом загальна динаміка зберігається, а відмінності між групами залишаються статистично значущими. Отже, результати дослідження підтверджують, що збільшення питомої площі біозавантаження від 500 до $850 \text{ м}^2/\text{м}^3$ забезпечує підвищення ефективності біофільтра, покращує гідрохімічні умови у системі та позитивно впливає на продуктивність вирощування гібрида бестер. Найвищі показники росту та найкраща конверсія корму отримані у третій групі, що дозволяє рекомендувати використання біозавантаження з питомою площею $850 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для інтенсивних систем УЗВ при вирощуванні бестера.

4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вирощування осетрових риб, зокрема гібрида *бестер*, у сучасних умовах фермерських господарств потребує особливої уваги до питань охорони навколишнього середовища. Осетрові є видом, чутливим до якості води, коливань фізико-хімічних параметрів та антропогенних впливів, а тому екологічні ризики при інтенсивному рибництві значно вищі порівняно з іншими видами аквакультури.

Екологічна безпека у системах замкненого водопостачання (УЗВ), у проточних та напівпроточних господарствах базується на зниженні негативного впливу на довкілля, раціональному використанні водних ресурсів, мінімізації утворення стічних вод та їх якісному очищенні. Тому розробка та впровадження удосконалених технологічних рішень у вирощуванні бестера повинна розглядатися не лише з економічної, а й з екологічної точки зору.

Під час вирощування *бестера* основними джерелами потенційного негативного впливу на довкілля є стічні води та метаболіти риб. До складу стоків входять; аміак ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), нітрити та нітрати, завислі органічні речовини, фосфати та залишки кормів, мікробіологічні забруднювачі.

Без очищення такі стоки здатні спричиняти евтрофікацію природних водойм та порушення екологічного балансу.

Ще одно джерело це використання комбікормів при надлишковому або нераціональному годуванні відбувається наступне; підвищення рівня органічного забруднення води, зростання біохімічного споживання кисню (БСК) та збільшення навантаження на біофільтри.

До наступного джерела можемо віднести енергоспоживання. Функціонування насосів, компресорів, систем опалення, та систем ультрафіолетової стерилізації, все це може суттєво збільшувати вуглецевий слід господарства.

Біологічні ризики до яких належать; поширення збудників хвороб, ризик потрапляння вирощуваних форм у природні водойми що веде за собою можливе генетичне змішування зі зникаючими популяціями диких осетрових.

Екологічно безпечні технологічні рішення у вирощуванні бестера

Для вирішення виниклих проблем, використовують ефективні біофільтри, удосконалюють технології що передбачають застосування біофільтрів з різними видами біозавантаження, що у свою чергу забезпечують; інтенсивну нітрифікацію та денітрифікацію, зниження амонійного навантаження, стабілізацію вмісту розчиненого кисню, довготривалу біологічну рівновагу.

Ротаційні та рухомі біозавантаження (MBBR) дозволяють забезпечити високий рівень очищення навіть при збільшених щільностях посадки. Раціоналізація годівлі яка включає в себе; використання високоякісних комбікормів з оптимальним вмістом протеїну, застосування автоматичних або дозованих годівниць, контроль коефіцієнта конверсії корму (FCR), зменшення залишків корму у воді. Все це дозволяє зменшити викиди азоту та фосфору на 15–30 %.

Системи аерації та киснепостачання дає стабільне забезпечення оптимального рівня O_2 (6–8 мг/л) покращує метаболізм риб і зменшує утворення токсичних продуктів обміну.

Енергоощадні рішення такі як економічні вентиляторні компресори, інжекторні оксигенатори, кисневі конуси з рекуперацією газу.

Дезінфекція та біобезпека, використання; УФ-стерилізаторів, озонування (у контрольованих дозах), механічна фільтрація дрібних часток. Все це зменшує зараженість хворобами на 70–90 %.

Повторне використання води (рециркуляція) Система УЗВ дозволяє скоротити водоспоживання на 90–95 % порівняно з традиційними методами вирощування. Вода після механічного, біологічного та фізико-хімічного очищення може повторно використовуватися у технологічному циклі.

Комплексне очищення води перед скиданням у навколишнє середовище є ключовою умовою екологічної безпеки.

Основні етапи очищення; Механічне очищення (барабанні фільтри, сита, відстійники для видалення завислих речовин), біологічне очищення (нітрифікаційні біофільтри, денітрифікаційні секції). Фізико-хімічне очищення (адсорбція, коагуляція, використання активованого вугілля), дезінфекція; (УФ, озон або пероксидні технології).

Поводження з органічними відходами включає в себе; осад від механічних фільтрів може компостуватися та використовуватися як органічне добриво, рециркуляція частини відходів у біореактори для отримання біогазу, мінімізація обсягів твердих відходів за рахунок попереднього згущення а також в якості кормової добавки для вирощування личинок комах (наприклад опариш мухи) який в свою чергу, може бути використано у якості кормової білкової добавки, для виготовлення комбікормів.

Захист природних популяцій осетрових, це унеможливлення потрапляння риб із господарства у природні водойми (подвійні сітки) контроль за генетичною чистотою маточного стада, реєстрація та облік інкубаційного матеріалу.

Профілактика хвороб включає в себе карантин для нових партій рибопосадкового матеріалу, регулярний ветеринарний контроль, використання пробіотиків та імуностимуляторів замість антибіотиків.

Енергозбереження включає в себе оптимізацію технологій, які дозволяють зменшити енергоспоживання систем, до них можна віднести використання частотних перетворювачів для насосів, теплообмінників та рекуператорів, LED-освітлення, сонячних колекторів або теплових насосів.

Функціонування рибницьких господарств повинно відповідати вимогам законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», водний кодекс України, Закон України «Про аквакультуру», державні санітарні

норми та правила щодо якості води, норми гранично допустимих скидів (ГДС) для водойм рибогосподарського призначення, вимоги ветеринарно-санітарних норм щодо осетрових господарств. Дотримання нормативів забезпечує екологічну стійкість виробництва та мінімізує ризики для довкілля.

Екологічна ефективність удосконаленої технології вирощування бестера, такі як оптимізація роботи біофільтрів, точна система годівлі, інтеграція енергоефективного обладнання, впровадження системи рециркуляції води, дозволяє отримати результати які представлені у таблиці:

Таблиця 4.1.

Зменшення навантаження на довкілля за рахунок вдосконалення

Показник	До удосконалення	Після удосконалення
Скорочення споживання води	–	до 95 %
Зниження амонійного навантаження	–	30–60 %
Зниження концентрації завислих речовин	–	40–70 %
Зменшення FCR	1,5–1,7	1,1–1,3
Скорочення об'єму стічних вод	–	60–80 %
Зменшення енергоспоживання	–	10–25 %

Використання сучасних біофільтрів та систем рециркуляції води значно знижує антропогенний вплив на довкілля і забезпечує стабільні умови вирощування бестера. Раціональна годівля, енергоощадне обладнання та системи біобезпеки дозволяють зменшити об'єм відходів, підвищити якість води та поліпшити економічні результати господарства. Дотримання природоохоронного законодавства та норм ГДС гарантує екологічну відповідальність фермерського підприємства.

Удосконалена технологія вирощування бестера є екологічно безпечною, ресурсозберігаючою та сприяє сталому розвитку аквакультури в умовах фермерського господарства.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Загальні положення щодо охорони праці на рибницькому господарстві.

Охорона праці у фермерському господарстві, що спеціалізується на вирощуванні осетрових риб, включає комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників та попередження виробничих ризиків.

Основою є дотримання наступних вимог:

- Закону України «Про охорону праці»;
- Кодексу цивільного захисту України;
- Державних санітарних норм і правил для підприємств аквакультури;
- Правил пожежної безпеки (НАПБ А.01.001-2014);
- Галузевих стандартів щодо роботи в УЗВ та цехах рибництва.

Вирощування осетрових у системах замкненого водопостачання (УЗВ) та відкритих басейнах має низку специфічних небезпек: робота з електрообладнанням у вологому середовищі, ризики утоплення, можливість травмування при переміщенні обладнання, небезпека біологічного зараження, контакт з хімічними реагентами та кисневими балонами.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Фізичні фактори

- Підвищена вологість повітря у рибницьких цехах може призводити до утворення конденсату, що збільшує ризик ураження струмом та ковзання підлоги.
- Шум від компресорів та насосів (70–85 дБ) впливає на слух та нервову систему працівників.
- Підвищена температура повітря у приміщеннях УЗВ влітку (28–30 °С).
- Ризик утоплення під час роботи біля басейнів, резервуарів або водойм.
- Використання кисневих балонів, що має ризик вибуху при порушенні інструкцій.

Хімічні фактори:

- Контакт з дезінфікуючими засобами, реагентами для корекції рН, розчинами солей.
- Робота з озоном та УФ-стерилізаторами, що потребує спеціальних заходів захисту.

Біологічні фактори:

- Контакт працівників із патогенами риб, бактеріальними та грибовими інфекціями.
- Можливість передачі зоонозів (рідко, але ризик існує).

Електротехнічні фактори:

- Робота електроприладів у зоні підвищеної вологості.
- Ризик короткого замикання та ураження електрострумом.

Організаційні заходи з охорони праці.

Проведення навчання та інструктажів з охорони праці:

- вступного;
- первинного;
- повторного;
- позапланового при зміні обладнання;
- цільового при виконанні робіт підвищеної небезпеки.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) є необхідною вимогою в технологічному процесі вирощування риби. Працівники мають бути забезпечені наступним комплектом заходів гумові та діелектричні рукавиці, фартухи, спецодяг, чоботи, окуляри та маски при роботі з хімією, навушники або беруші в шумових зонах.

Також мають необхідність такі речі як розробка паспортів ризиків на кожен технологічну ділянку, організація санітарно-побутових умов: душові,

вентиляція, освітлення не менше 300 лк, забезпечення медичних оглядів відповідно до Наказу МОЗ №246.

Технічні заходи безпеки. Електробезпека в приміщеннях з високою вологістю, потребує підвищеної та більш ретельної уваги до виконання норм безпеки ф мають умови до підбору технологічного обладнання. Використання в УЗВ лише з обладнанням IP44–IP67, усі насоси, компресори та автоматика мають бути заземлені, встановлення диференційних автоматів (УЗО), підлога повинна бути нековзною, з ухилом до дренажу.

Вентиляція та мікроклімат. В приміщеннях УЗВ повинна бути припливно-витяжна вентиляція з урахуванням волого виділення та з надходження CO₂. Температура повинна бути комфортна (18–22 °С) вологість не повинна перевищувати відмітки 60–80 %.

Робота з хімічними реагентами

- Хімікати зберігаються в маркованій тарі в окремому приміщенні.
- Створення зони змішування з локальною витяжкою.
- Обов'язкове використання респіраторів та окулярів.

Кисневі системи

- Балони мають бути закріплені у вертикальному положенні.
- Заборонено нагрівати, ударяти або транспортувати без візків.
- Приміщення повинно мати датчики контролю кисню (>23 % — небезпека загоряння).

Пожежна безпека. Особа увага приділяється саме цій небезпеки, оскільки більшість обладнання несе пожежну небезпеку, це і електрообладнання, киснева система, електричні шафи і таке інше. Також треба відмітити, що більшість обладнання виготовлено з горючих матеріалів (поліпропілен, пластик, хімічні сполуки), тому на дане виробництво повинно бути укомплектоване двома видами вогнегасників порошкових, розташовуються

біля електрообладнання та електроцитів, а також вуглекислотних які розташовуються у місцях зберігання хімічних речовин.

Також з метою пожежної безпеки необхідно забезпечення запасних виходів, та проведення щорічних тренувань з метою евакуації працівників та боротьбою і локалізацією пожеж та перевірок систем пожежогасіння.

Безпека технологічних процесів у рибництві. Переміщення риби вручну на великі відстані заборонено, для цього повинні використовуватися садки, підсаки, ківші. Заборонено застосування антистресового освітлення (синій спектр) під час знаходження робітників на робочому місці.

Годування. Процеси годування бажано виконувати в автоматичному режимі, за допомогою автоматичні годівниці, маючи датчики рівня корму, а також застосовувати періодичність годівлі, що дає змогу знизити ризики для працівників, пов'язаних з виконання робіт, особливо у нічний період. Не допускається нахил через басейн без страхувального бар'єру.

Санітарна обробка обладнання. УФ-лампи включаються лише при відсутності персоналу. Озонування повинне проводитися у закритих камерах. Надзвичайні ситуації на рибницькому господарстві. Пожежа. Під час виникнення пожежі треба діяти згідно ППБ: відключення електрики, евакуація, використання вогнегасників повідомлення органам МЧС. Заборонено гасити електрообладнання водою.

До них можна віднести; протікання реагентів, кристалізація солей, неконтрольоване дозування. Під час хімічних аварій необхідна локалізація, провітрювання, нейтралізація відповідними розчинами, кислоти нейтралізуються лужними розчинами.

Випадки біологічної небезпеки. До таких відносяться спалах інфекційних хвороб риб. В таких випадках необхідні дії; карантин, ізоляція басейнів, підвищення санобробки, консультація ветеринарів.

Повінь або підтоплення. Потребує попереднє проектування де установка насосів-дренажів передбачається на відповідних відмітках висоти, а також захист електрики від коротких замикань.

План цивільного захист. Господарства передбачає розробку паспортів потенційних небезпек, визначення осіб, відповідальних за ЦЗ та евакуацію, наявність плану оповіщення і засобів комунікації, створення місця збору персоналу, наявність аптечки, рятувальних жилетів, носилок, а також періодичні тренування (2–3 рази на рік).

Вирощування гібрида бестер у фермерському господарстві пов'язане з низкою професійних ризиків, що вимагають комплексної системи охорони праці. Дотримання організаційних, інженерних та технічних заходів значно зменшує ймовірність нещасних випадків. Впровадження сучасних систем контролю мікроклімату, електробезпеки та біобезпеки підвищує рівень безпеки працівників. План реагування на надзвичайні ситуації забезпечує захист персоналу, рибного поголів'я та матеріальних ресурсів. Раціонально організована система охорони праці є невід'ємною складовою удосконаленої технології вирощування осетрових риб.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Результати дослідження визначають оптимальні умови для вирощування бестера в умовах УЗВ, а також необхідної площі біоагрузки для біофільтра. Вивчені особливості утримання гібрида бестер та параметрів його середовища, що дозволяє розробити рекомендації для початкових фермерських господарств та спеціалістів у галузі аквакультури щодо утримання даного гібрида.

Наведено заходи, які відбуваються в умовах УЗВ, відкривають нові перспективи для фермерських господарств. Результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення методик утримання та розведення гібрида бестер. Рекомендується введення автоматизованих систем контролю якості води, що забезпечить точне та своєчасне моніторингове втручання.

Створення зв'язків з науково-дослідницькими установами сприятиме ефективному обміну знаннями та спільним дослідженням задля розвитку нових та ефективних методів утримання та розведення *бестера* та інших гібридів осетрових. Необхідно розробляти та впроваджувати норми та принципи при роботі з живими організмами. Дотримання цих принципів забезпечить ефективність вирощування *бестера* та інших гібридів осетрових.

Основною умовою успіху утримання та розведення гібрида *бестер* залежить від кваліфікації та навичок персоналу. Постійний обмін досвідом та навчальні програми, можуть надати професійних навичок при роботі, з даним гібридом.

Завдяки мінімізації антропогенного впливу на довкілля треба забезпечити довгострокове заміщення вилову червонокнижних сортів осетрових на штучні гібриди шляхом зариблення до досягання стабільності популяцій. З урахуванням вище вказаного можна зробити висновок, що існує реалістична можливість забезпечення ефективного та етичного утримання і розведення представників гібрида *бестер* та заміщення подібними гібридами представників прекрасних доісторичних риб, сімейства осетрових.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрющенко А.І. Осетрівництво: навчальний посібник. – Київ: НУБіП України, 2018. – 256 с.
2. Байдак Л.А., Губанова Н.Л. Застосування мікрководоростей як засіб оптимізації вирощування гідробіонтів // Міжнародної науково-практичної конференції до 100-річчя Дніпровського державного аграрно-економічного університету (1922–2022 рр.). – 2022. – С. 266-268
3. Борисенко Ю.В. Вирощування гібрида бестера в УЗВ: оцінка росту та конверсії корму. Наукові записки НУБіП, 2019. – Т. 21. – С. 78–84.
4. ВНИРО цифрова бібліотека з осетрівництва та УЗВ
5. ДСТУ 4948:2008. Вирощування риби в УЗВ. Основні вимоги
6. Журавльова О.М. Аквакультура: технології вирощування риб. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 320 с.
7. Закон України «Про аквакультуру». – Київ, 2013.
8. Інструкція з вирощування риби в установках замкнутого водопостачання. Міністерство аграрної політики, 2016.
9. Кравченко С.М. Особливості годівлі гібрида бестер на ранніх етапах онтогенезу. Вісник аграрної науки, 2021. – №4. – С. 34–40.
10. Сидоренко К.Є., Чубченко Є.А., Губанова Н.Л. Якість води як основний фактор в аквакультурі // Актуальні проблеми підвищення якості та безпеки виробництва й переробки продукції тваринництва та аквакультури. -2022. – С. 185-187
11. Чебанов М.С., Галич Е.В. (ред.) Sturgeon Hatchery Manual. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. FAO, Rome, 2013. – 308 p.
12. Andrei, R.C.G., et al. The influence of different stocking densities on growth performance of bester hybrid. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation – Bioflux. 2016. 9(4): 824–833.
13. Arlati, G., Bronzi, P. Feeding techniques and growth performance in hybrid sturgeon. Italian Journal of Aquaculture, 2018.

14. Fopp-Bayat, D., et al. Viability of diploid and triploid larvae of Siberian sturgeon and hybrids. *Aquaculture Research*, 2015. 46(2): 331–338.
15. FAO/OIE. *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals (Sturgeon chapters)*. – 2021.
16. FAO. *Aquaculture Development Series: Sturgeon Aquaculture*. FAO Fisheries Department, 2020. – 152 p.
17. FAO. *Sturgeon Aquaculture — Global Status and Trends*. FAO Fisheries Reports, 2022.
18. Gessner, J. et al. *Sturgeon Aquaculture in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): Performance, bottlenecks and solutions*. Aquaculture Europe, 2019.
19. Gisbert, E., Williot, P. Development and behaviour of early life stages of Siberian sturgeon and bester hybrid. *Aquaculture International*, 2014. 22: 1531–1547.
20. Hossain, M.A. et al. Nutritional requirements and feed utilization in sturgeon species. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2020.
21. Hubanova, N. L., Novitskiy, R. O., Horchanok, A. V., Bajdak, L. A., & Prysiazniuk, N. M. (2021). Analysis of the death causes in sturgeon fish on a farming environment. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(3), 160–164. <https://doi.org/10.32819/2021.93024>
22. Kolman, R., et al. Growth dynamics and feed efficiency in sturgeon hybrids. *Journal of Applied Ichthyology*, 2017. 33(6): 1153–1160.
23. Ludwig, A. Sturgeon genetics and conservation status. *Journal of Applied Ichthyology*, 2021.
24. Piper R.G. et al. *Fish Hatchery Management*. 2nd Edition. USDA, 2010. – 624 p.
25. Rehbein, H., et al. DNA-based identification of sturgeon hybrids. *Food Control*, 2018
26. Rowland, S.J. Feed management strategies for farmed sturgeon. *Aquaculture Nutrition*, 2015.

27. Szerow, A. Health management in recirculating aquaculture systems for sturgeon. *Aquaculture Health Studies*, 2019.
28. Vasil'eva, E.D., et al. Hybridization in sturgeon aquaculture: prospects and limitations. *Russian Journal of Genetics*, 2017.
29. Wuertz, S., et al. Influence of water quality and oxygen regimes on growth and welfare of juvenile sturgeon. *Aquaculture*, 2016. 458: 45–52.